Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Toxicidade de agroquímicos recomendados para a produção integrada de citros
sobre o ácaro predador *Euseius concordis* (Chant) (Acari: Phytoseiidae)

Aline Aparecida Franco

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Área de concentração: Entomologia

Piracicaba
2016

Aline Aparecida Franco
Engenheira Agrônoma

Toxicidade de agroquímicos recomendados para a produção integrada de citros sobre o ácaro predador *Euseius concordis* (Chant) (Acari: Phytoseiidae)

Orientador:
Prof. Dr. **PEDRO TAKAO YAMAMOTO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Área de concentração: Entomologia

Piracicaba
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Franco, Aline Aparecida

Toxicidade de agroquímicos recomendados para a produção integrada de citros sobre o ácaro predador *Euseius concordis* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) / Aline Aparecida Franco. - - Piracicaba, 2016.

141 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. *Euseius concordis* 2. Controle biológico 3. Agroquímicos 4. Seletividade
5. Capacidade de predação 6. Manejo integrado de pragas I. Título

A Deus, por estar presente em todos os momentos da minha vida.

Agradeço

Aos meus pais Mauricio Tomaz Franco e Helita Aparecida Franco, e ao meu irmão Rafael Tomaz Franco pelas orações, amizade e amor incondicional.

Dedico

Ao meu noivo Johny Silva Soares por todo amor e apoio dedicados.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Pedro Takao Yamamoto pela oportunidade, orientação, ensinamentos, confiança e apoio na realização desse trabalho.

Ao amigo Dr. Odimar Zanuzo Zanardi pelo primordial auxílio na condução dos bioensaios e análises estatísticas.

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, especialmente ao Departamento de Entomologia e Acarologia ESALQ/USP por toda a infraestrutura fornecida. Aos professores do Departamento de Entomologia e Acarologia ESALQ/USP, pelos ensinamentos, e a todos os funcionários pela dedicação aos serviços prestados, em especial a Andréa, Marta e Carol.

A Fundecitrus e a CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão da bolsa de estudos.

Aos servidores do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro pelo apoio e concessão de afastamento para finalizar o doutorado.

A todos colegas e amigos de Pós-graduação em Entomologia e Acarologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, em especial as amigas Fernanda Canassa, Mariana Durigan, Carina Aparecida Silva, Mariana Bossi, Maria Angélica Ono, Mayara Araújo e Letícia Henrique de Azevedo.

A todos os amigos do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, em especial Cynthia Renata de Oliveira Jacob, Jéssica Jacob, Monique Bárbara de Oliveira, Ana Clara Ribeiro, Thaís Fagundes Matioli, Camila Gächter Skanata, Kênia Fernanda Aguiar Santos, Gabriel Rodrigo Rugno, Vitor Hugo Beloti, Gustavo Rorigues Alves, Lucas Silva Barros, Mateus Nishimura Narazaki, Gabriela Pavan Bordini, Matheus Rovere de Moraes.

A todas as amigas sólidas construídas durante esse período, em especial a Karine Gênova Campo, Camila Campêlo, Patrícia Dias e Beatriz Nastaro.

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT	10
1 INTRODUÇÃO.....	11
Referências	14
2 EFEITOS LETAL E SUBLETAIS DE INSETICIDAS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO INTEGRADA DE CITROS SOBRE <i>Euseius concordis</i> (CHANT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE)	21
Resumo	21
Abstract.....	22
2.1 Introdução.....	23
2.2 Material e métodos	25
2.2.1 Ácaros.....	25
2.2.2 Inseticidas.....	26
2.2.3 Bioensaios.....	28
2.2.4. Efeito de inseticidas sobre adultos de <i>E. concordis</i>	28
2.2.5. Duração da atividade nociva dos inseticidas.....	29
2.2.6. Efeito transgeracional	30
2.2.7. Tabela de vida da progênie	30
2.2.8. Efeito de inseticidas sobre ovos de <i>E. concordis</i>	31
2.2.9. Efeito de inseticidas sobre larvas de <i>E. concordis</i>	32
2.2.10. Análise dos dados	33
2.3 Resultados.....	33
2.4 Discussão	43
2.5 Conclusões.....	47
Referências	47
3 IMPACTO DE ACARICIDAS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO INTEGRADA DE CITROS SOBRE <i>Euseius concordis</i> (CHANT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE)	59
Resumo	59
Abstract.....	59
3.1 Introdução.....	60
3.2 Material e métodos	62
3.2.1. Ácaros.....	62
3.2.2 Acaricidas	63
3.2.3 Bioensaios	65
3.2.4 Efeito de acaricidas sobre adultos de <i>E. concordis</i>	65
3.2.5. Duração da atividade nociva dos acaricidas	66
3.2.6 Efeito transgeracional	67
3.2.7 Tabela de vida da progênie	67

3.2.8 Efeito de acaricida sobre ovos de <i>E. concordis</i>	68
3.2.9 Efeito de acaricida sobre larvas de <i>E. concordis</i>	69
3.2.10 Análise dos dados	70
3.3 Resultados	70
3.4 Discussão	79
3.5 Conclusões	83
Referências	83
4 IMPACTO DE FUNGICIDAS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO INTEGRADA DE CITROS SOBRE <i>Euseius concordis</i> (CHANT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE)	89
Resumo.....	89
Abstract	89
4.1 Introdução	90
4.2 Material e métodos.....	92
4.2.1 Ácaros	92
4.2.2 Fungicidas	92
4.2.3 Bioensaios	94
4.2.4 Efeito de fungicidas sobre adultos de <i>E. concordis</i>	94
4.2.5 Duração da atividade nociva dos fungicidas	95
4.2.6 Efeito transgeracional	96
4.2.7 Tabela de vida da progênie	96
4.2.8 Efeito de fungicidas sobre ovos de <i>E. concordis</i>	97
4.2.9 Efeito de fungicidas sobre larvas de <i>E. concordis</i>	98
4.2.10 Análise dos dados	99
4.3 Resultados.....	99
4.4 Discussão	109
4.5 Conclusões	112
Referências	113
5 INTERFERÊNCIA DE AGROQUÍMICOS NA CAPACIDADE DE PREDÇÃO DO ÁCARO <i>Euseius concordis</i> (CHANT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE)	119
Resumo.....	119
Abstract	120
5.1 Introdução	120
5.2 Material e métodos.....	123
5.2.1. Ácaros	123
5.2.1.1 Criação de <i>E. concordis</i>	123
5.2.1.2 Criação de <i>P. citri</i>	123
5.2.2 Avaliação da capacidade de predação de imaturos de <i>P. citri</i> por fêmeas de <i>E. concordis</i>	124
5.2.3 Agroquímicos avaliados	125
5.2.4 Interferência de agroquímicos na capacidade de predação de ninfas de <i>P. citri</i> por <i>E. concordis</i>	127

5.2.5 Análise dos dados	128
5.3 Resultados.....	128
5.4 Discussão.....	130
5.5 Conclusões.....	132
Referências	133
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	141

RESUMO

Toxicidade de agroquímicos recomendados para a produção integrada de citros sobre o ácaro predador *Euseius concordis* (Chant) (Acari: Phytoseiidae)

As plantas cítricas brasileiras são acometidas por inúmeros artrópodes praga e agentes fitopatógenos causadores de doenças, que exigem pulverizações frequentes de agroquímicos para reduzir as perdas econômicas ocasionada por eles. No entanto, esse intenso uso de compostos químicos podem ocasionar desequilíbrios no agroecossistema, como a mortalidade de agentes de controle biológico. Neste sentido, objetivou-se com esse estudo avaliar os efeitos letal e subletais de inseticidas, acaricidas e fungicidas recomendados para a produção integrada de citros sobre o ácaro predador *Euseius concordis* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) em condições de laboratório, além de estudar as interferências transgeracionais destes agroquímicos em aspectos de desenvolvimento e reprodução, estimando os parâmetros de tabela de vida da progênie das fêmeas de *E. concordis* que mantiveram contato residual, avaliando também a duração do efeito nocivo dos agroquímicos sobre adultos de *E. concordis* em condições de semi-campo, e para ter resultados mais completos, avaliou a capacidade de predação do *E. concordis* sobre formas jovens de *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) em condições laboratoriais o que subsidiou os estudos de interferência de agroquímicos sobre a capacidade de predação de *E. concordis*. Os resultados demonstraram que ~ 73% dos inseticidas avaliados foram considerados moderadamente nocivos à espécie em estudo, além disso, muitos dos inseticidas estudados tiveram interferência negativa nos parâmetros de tabela de vida da progênie (efeito transgeracional), e outros, como o imidacloprido, tiametoxam e lambda-cialotrina elevaram significativamente a taxa líquida de reprodução (R_0), taxa intrínseca de crescimento (rm) e razão finita de aumento (λ), podendo indicar um possível efeito de hormese desses inseticidas à população de *E. concordis*. Já nos bioensaios com acaricidas, verificou que 50% dos avaliados foram considerados nocivos, causando altas mortalidades às fêmeas do ácaro estudado, destacando nesse grupo de agroquímicos o efeito transgeracional do acaricida etoxazol, que foi considerado inócuo a fêmeas adultas de *E. concordis*, no entanto, a progênie destas fêmeas teve mortalidade de 100% no estágio larval. Dos fungicidas avaliados, aproximadamente 70% foram considerados inócuos ou levemente nocivos às fêmeas de *E. concordis* (classe 1 e 2, segundo IOBC/ WPRS), sendo o grupo de agroquímicos menos nocivos ao ácaro em estudo. No presente trabalho, os resultados indicaram que, mesmo os agroquímicos considerados pouco nocivos ao ácaro predador *E. concordis* podem alterar o comportamento de busca e predação, como foi observado para as fêmeas que mantiveram contato residual com o fungicida tebuconazol e os inseticidas piriproxifem e tebufenozida, que reduziram significativamente a predação às ninfas de *P. citri*. Para tanto, esse estudo oferece informações que podem ser utilizadas em programas de manejo integrado de pragas, que preconize aliar controle químico com o biológico, com propósito de reduzir o uso de pesticida para controle de ácaros-praga, baseado na conservação do ácaro *E. concordis* nos pomares, além de fornecer informações pertinentes para estudos dessa natureza, direcionando para que os estudos de toxicidade sejam mais completos,

baseando-se também nos efeitos transgeracionais e comportamentais que um pesticida pode causar a uma população de inimigos naturais.

Palavras-chave: Ácaro predador; Controle biológico; Seletividade; Fertilidade; Comportamento; MIP

ABSTRACT

Toxicity of agrochemicals recommended for citrus integrated production on predator mite *Euseius concordis* Chant (Acari: Phytoseiidae)

Brazilian citriculture are affected by numerous pest arthropods and phytopathogenic agents causing diseases that require frequent sprays of agrochemicals to reduce the economic losses caused by them. However, the intensive use of chemicals compounds can cause imbalances in the agroecosystem, like the mortality of biological control agents, for instance. In this sense, this study aimed to evaluate the lethal and sublethal effects of insecticides, acaricides and fungicides recommended for the integrated production of citrus on the predatory mite *Euseius concordis* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) under laboratory conditions, in addition to studying the transgenerational interference of these agrochemicals in aspects of development and reproduction, estimating the life table parameters of the progeny of *E. concordis* females who kept contact with the residues, also evaluating the duration of the harmful effects of agrochemicals on adult *E. concordis* in semi-field, and have more complete results, evaluated the capacity predation of *E. concordis* on young stages of *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) in laboratory conditions, that supported pesticide interference studies on the predation of *E. concordis*. The results showed that ~ 73% of the insecticides were moderately harmful to harmful, concerning the studied species, and that many of the agrochemicals studied have negative interference in the life table parameters of progeny (transgenerational effect). Others, such as imidacloprid, thiamethoxam and lambda-cyhalothrin significantly increased the net reproductive rate (R_0), intrinsic rate of increase (rm) and finite rate of increase (λ), which may indicate a possible hormesis effect of these insecticides to the population of *E. concordis*. But, in cases of the bioassays with acaricides, it was found that 50% of the evaluated ones were considered harmful, causing high mortality to the female of this mite, highlighting in this group of agrochemicals the transgenerational effect of etoxazole, which was considered harmless to adult females of *E. concordis*, however, the offspring of these females had 100% of mortality in the larval stage. From the fungicides evaluated, approximately 70% were considered harmless or slightly harmful to *E. concordis* females (class 1 and 2, according IOBC / WPRS), being, these ones, the less harmful agrochemicals group to mite study. This study also assessed that even agrochemicals considered less harmful to predatory mite *E. concordis* can change the search and predation behavior, as observed for females who have maintained residual contact with fungicides tebuconazole and insecticides pyriproxyfen and tebufenozide, which significantly reduced predation of *P. citri* nymphs. Therefore, this study provides information that can be used in integrated pest management programs, which would include combining chemical with biological control, with the purpose of reducing the use of pesticide to control pest mites, based on the conservation of *E. concordis* in the groves, as well as providing relevant information for such studies, directing that the toxicity studies are more complete, also based on transgenerational and behavioral effects that a pesticide can cause in a population of natural enemies.

Keywords: Predator mite; Biological control; Selectivity; Fertility; Behavior; IPM

1. INTRODUÇÃO

A agricultura é um dos pontos fortes do setor econômico no Brasil, gerando emprego e renda para o país. No entanto, os artrópodes-praga e doenças são os principais fatores que levam à redução da qualidade e da quantidade da produção agrícola. Os artrópodes-praga chegam a causar uma perda média anual de, aproximadamente, 7,7% na produção brasileira, que em números isso significa uma redução de aproximadamente 25 milhões de toneladas de alimentos, fibras e biocombustíveis, e perdas econômicas anuais totais podem atingir mais de 17 bilhões de dólares, sendo que na cultura do citros, por exemplo, as perdas podem chegar a 10% do total de frutas produzidas (OLIVEIRA et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2014), em decorrência da grande diversidade de artrópodes-praga que atacam a cultura, causando danos diretos às plantas ou danos indiretos, como a transmissão de fitopatógenos causadores de doenças, que prejudicam seriamente o desenvolvimento e a produtividade do pomar (PARRA; OLIVEIRA; PINTO, 2003; YAMAMOTO et al., 2009; RIBEIRO et al., 2014). Dentre os métodos de controle das pragas e doenças nos sistemas de produções brasileiro, não diferente para a citricultura, os agroquímicos sintéticos são os mais utilizados (YAMAMOTO; PARRA, 2005; YAMAMOTO et al., 2009; BELASQUE-JR et al., 2010), sendo os citros uma das culturas em que mais se utiliza defensivos, tanto acaricidas, inseticidas como fungicidas (NEVES et al., 2010).

Apesar dos agroquímicos atuarem na redução populacional das pragas, como forma de abrandar os danos causados pelos artrópodes-praga e pelas doenças, a aplicação frequentes destes podem causar inúmeros efeitos indesejados no agroecossistema, como a mortalidade de organismos benéficos, seleção de populações resistentes aos ingredientes ativos, ressurgência de pragas alvo de controle e surtos de pragas consideradas secundárias para determinada cultura (OMOTO; ALVES; RIBEIRO, 2000; CAMPOS; OMOTO, 2002; DUTCHER, 2007; SZCZEPANIEC; RAUPP, 2011; BIONDI et al., 2012; CORDEIRO et al., 2013; GUEDES; CUTLER, 2014; GUEDES et al., 2016). Os desequilíbrios causados pelo uso constante dos agroquímicos tendem a aumentar os custos de produção, reduzir a qualidade e a quantidade produzida, por ocasionar redução da eficácia de controle, comprometendo a sustentabilidade do sistema produtivo (RIBEIRO et al., 2014).

Um caso de desequilíbrio por uso excessivo de agroquímicos é o do ácaro purpúreo, *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae), em citros, que até a pouco anos atrás era uma praga de baixa ocorrência nos pomares (OLIVEIRA; PATTARO, 2008), mas que, após o aumento do uso de agroquímicos nos pomares cítricos, principalmente de inseticidas utilizados no controle do inseto vetor *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), associado com a

doença haunglongbing (HLB), foi verificado um aumento significativo deste ácaro, passando a ser uma praga de importância econômica, exigindo controle (YAMAMOTO; ZANARDI, 2013; RIBEIRO et al., 2014).

Portanto, no sentido de buscar alternativas que reduzam o uso de agroquímicos no controle de artrópodes-praga em um sistema produtivo, destaca-se a utilização do controle biológico, um dos principais componentes do manejo integrado de pragas (MIP), capazes de manter a população de pragas abaixo do nível de controle (ZAPPALÀ et al., 2013; MAOZ et al., 2014; ASPLEN et al., 2015), se forem oferecidas condições para a manutenção destes na área. Entre os agentes de controle biológico, os ácaros predadores se destacam pela eficiência na supressão populacional dos ácaros fitófagos que causam danos diretos e indiretos (SATO, 2005).

Dentre os ácaros predadores que exercem importante papel na regulação populacional de ácaros-praga, destacam-se pela eficiência e abundância nos pomares cítricos os da família Phytoseidae (MORAES, 1991; MORAES, 2002; MATIOLI; OLIVEIRA, 2007). Nos pomares de citros, em levantamento realizado por Silva, Sato e Oliveira (2012) no estado de São Paulo, *Euseius concordis* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) foi a espécie mais abundante, correspondendo a ~ 98% dos espécimes da família dos fitoseídeos encontradas na área, sendo ainda, observado uma correlação significativa entre as densidades populacionais desse ácaro predador e a redução dos níveis populacionais de importantes ácaros-praga deste agroecossistema, como *P. citri*, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) e *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) (Acari: Eryophiidae). Uma fêmea de *E. concordis* chega a preda durante a vida, em média, 351 ovos ou 302 formas jovens de *B. phoenicis*, confirmando o potencial deste predador a um dos principais ácaro-praga dos pomares cítricos brasileiros (KOMATSU; NAKANO, 1988; SILVA; SATO; OLIVEIRA, 2012). A eficiência na predação e a abundância dos ácaros do gênero *Euseius* é explicado por serem considerados predadores do Tipo IV, generalistas, alimentando-se de diversas espécies de ácaros, além de incluir em sua dieta o pólen e exsudatos de plantas (GRAFTON-CARDWELL; OUYANG, 1996; McMURTRY; CROFT, 1997; CROFT; BLACKWOOD; McMURTRY, 2004).

Apesar do grande potencial de *E. concordis* como agente de controle biológico de ácaros-praga, o uso de agroquímicos para o manejo de insetos-praga, especialmente de *D. citri*, pode reduzir os níveis populacionais e a eficácia do predador nos pomares, o que aumenta os custos de produção e reduz a eficácia da técnica e a sustentabilidade ambiental do sistema. Portanto, para que seja possível integrar o controle químico e o biológico em um pomar é necessário que seja estudado a seletividade dos agroquímicos ao agente de controle biológico, avaliando seus efeitos letais e subletais (BAKKER; JACAS, 1995; STERK et al., 1999; POZZEBON et al., 2015).

A seletividade nos programas de MIP deve ser um critério importante no momento da escolha do defensivo ou da maneira de aplicá-lo para preservar inimigos naturais, sendo que, os agroquímicos dentro desses programas devem ter a característica de regular as populações de pragas aos níveis abaixo daqueles que causam danos econômicos sem suprimir totalmente as populações, para garantir o alimento para os inimigos naturais da área (HULL; BEERS, 1985; YAMAMOTO; PARRA, 2005).

Diversos estudos têm demonstrado a toxicidade aguda e os efeitos subletais de agroquímicos sobre ácaros predadores (REIS et al., 1998; CASTAGNOLI et al., 2005; SILVA; OLIVEIRA, 2006; SILVA; OLIVEIRA, 2007; POLETTI et al., 2007; POLETTI et al., 2008; STAVRINIDES; MILLS, 2009; BERNARD et al., 2010; POZZEBON; BORGO; DUSO, 2010; BEERS; SCHMIDT, 2014; POZZEBON et al., 2015), mas, poucos desses estudos consideram os parâmetros biológicos, transgeracionais e populacionais como requisitos para avaliação dos impactos dos agroquímicos sobre uma população de organismos benéficos (COSTA et al., 2014). A estimativa dos parâmetros populacionais tem sido uma ferramenta importante para análise dos efeitos de agroquímicos sobre ácaros predadores (STARK; BANKSI, 2003; DESNEUX et al., 2004; DESNEUX; O'NEIL; YOO, 2006; ABBES et al., 2015; BIONDI et al., 2015; ZANARDI et al., 2016), porque esses parâmetros refletem os efeitos sobre a sobrevivência, desenvolvimento e reprodução do inimigo natural (SOUTHWOOD; HANDERSON, 2000), contribuindo para o entendimento das variações na densidade e na dinâmica populacional dos ácaros predadores (ZANARDI et al., 2016).

Além disso, quando se trata de avaliar o efeito de agroquímicos sobre inimigos naturais, predadores e parasitoides, é necessário avaliar a interferência desses produtos na capacidade destes organismos em exercer o controle biológico das pragas (MANZONI et al., 2006; POLETTI; MAIA; OMOTO, 2007; POLETTI; COLLETTE; OMOTO, 2008; ADEL; EL-ELA, 2014; BEERS; SCHMIDT, 2014), pois, além da mortalidade, a exposição dos ácaros aos agroquímicos também pode afetar a capacidade predatória, mobilidade, orientação e atividade de alimentação dos ácaros predadores (JOHNSON; TABASHNIK, 1999; TEODORO et al., 2005; DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007; REIS; FRANCO; SILVA, 2011; TUELHER et al., 2014; GUEDES et al., 2016) e reduzindo os serviços de biocontrole exercidos por eles (BIONDI et al., 2015; ZANARDI et al., 2016).

Diante da necessidade de estabelecer um manejo integrada de pragas (MIP) na cultura dos citros, preconizando a utilização de agroquímicos seletivos ao ácaro predador *E. concordis*, com intuito de conservar este na área, objetivou-se com este estudo avaliar:

Os efeitos letal e subletais de inseticidas, acaricidas e fungicidas recomendados para a produção integrada de citros (PICitros) sobre o ácaro predador *E. concordis* em condições laboratoriais;

As interferências transgeracionais dos inseticidas, acaricidas e fungicidas em aspectos de desenvolvimento e reprodução, estimando os parâmetros de tabela de vida da progênie das fêmeas de *E. concordis* que mantiveram contato com os resíduos dos agroquímicos em condições laboratoriais;

A duração do efeito nocivos de inseticidas, acaricidas e fungicidas em adultos de *E. concordis* em condições de semi-campo;

A capacidade de predação do *E. concordis* sobre formas jovens de *P. citri* em condições laboratoriais;

A interferência de agroquímicos recomendados para produção integrada de citros (PICitros) sobre a capacidade de predação de *E. concordis* em condições laboratoriais.

Referências

- ABBES, K.; BIONDI, A.; KURTULUS, A.; RICUPERO, M.; RUSSO, A.; SISCARO, G.; CHERMITI, B.; ZAPPALÀ, L. Combined non-target effects of insecticide and high temperature on the parasitoid *Bracon nigricans*. **Plos One**, San Francisco, v. 10, n. 9, p. e0138411, 2015.
- ADEL, A.; EL-ELA, A. Efficacy of five acaricides against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch and their side effects on some natural enemies. **The Journal of Basic & Applied Zoology**, Cairo, v. 67, p. 13–18, 2014.
- ASPLEN, M.K.; ANFORA, G.; BIONDI, A.; CHOI, D-S.; CHU, D.; DAANE, K.M.; GIBERT, P.; GUTIERREZ, A.P.; HOELMER, K.A.; HUTCHISON, W.D.; ISAACS, R.; JIANG, Z-L.; KÁRPÁTI, Z.; KIMURA, M.T.; PASCUAL, M.; PHILIPS, C.R.; PLANTAMP, C.; PONTI, L.; VÉTEK, G.; VOGT, H.; WALTON, V.M.; YU, Y.; ZAPPALÀ, L.; DESNEUX, N. Invasion biology of spotted wing Drosophila (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. **Journal of Pest Science**, Berlin, v. 88, n. 3, p. 469-494, 2015.
- BAKKER, F.M.; JACAS, J.A. Pesticides and phytoseiid mites: Strategies for risk assessment. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 32, n. 1, p. 58-67, 1995.
- BEERS, E.H.; SCHMIDT, R.A. Impacts of orchard pesticides on *Galendromus occidentalis*: lethal and sublethal effects. **Crop Protection**, Guildford, v. 56, p. 16-24, 2014.

- BELASQUE-JR, J.; BASSANEZI, R.B.; YAMAMOTO, P.T.; AYRES, A.J.; TACHIBANA, A.; VIOLANTE, A.R.; TANK-JUNIOR, A.; DI GIORGI, F.; TERSI, F.E.A.; MENEZES, G.M.; DRAGONE, J.; JANK-JUNIOR, R.H.; BOVÉ, J.M. Lessons from huanglongbing management in São Paulo state, Brazil. **Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 92, n. 2, p. 285-302, 2010.
- BERNARD, M.B.; COLE, P.; KOBELT, A.; HORNE, P.A.; ALTMANN, J.; WRATTEN, S.D.; YEN, A.L.; ALAN, L. Reducing the impact of pesticides on biological control in Australian vineyards: pesticide mortality and fecundity effects on an indicator species, the predatory mite *Euseius victoriensis* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 103, n. 6, p. 2061-2071, 2010.
- BIONDI, A.; DESNEUX, N.; SISCARO, G.; ZAPPALÀ, L. Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: selectivity and side effects of 14 pesticides on predator *Orius laevigatus*. **Chemosphere**, Oxford, v. 87, n. 7, p. 803-812, 2012.
- BIONDI, A.; CAMPOLO, O.; DESNEUX, N.; SISCARO, G.; PALMERI, V.; ZAPPALÀ, A. Life stage-dependent susceptibility of *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae) to two pesticides commonly used in citrus orchards. **Chemosphere**, Oxford, v. 128, p. 142-147, 2015.
- CAMPOS, F.J.; OMOTO, C. Resistance to hexythiazox in *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) from Brazilian citrus. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 26, p. 243-251, 2002.
- CASTAGNOLI, M.; LIGUORI, M.; SIMONI, S.; DUSO, C. Toxicity of some insecticides to *Tetranychus urticae*, *Neoseiulus californicus* and *Tydeus californicus*. **BioControl**, Dordrech, v. 50, n. 4, p. 611-622, 2005.
- CORDEIRO, E.M.G.; MOURA, I.L.T.; FADINI, M.A.M.; GUEDES, R.N.C. Beyond selectivity: are behavioral avoidance and hormesis likely causes of pyrethroid-induced outbreaks of the Southern red mite *Oligonychus ilicis*? **Chemosphere**, Oxford, v. 93, n. 6, p. 1111-1116, 2013.
- COSTA, M.A.; MOSCARDINI, V.F.; GONTIJO, P.C.; CARVALHO, G.A.; OLIVEIRA, R.L.; OLIVEIRA, H. N. Sublethal and transgenerational effects of insecticides in developing *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ecotoxicology**, London, v. 23, p.1399–1408, DOI 10.1007/s10646-014-1282-y, 2014.

- CROFT, B.A.; BLACKWOOD, J.S.; McMURTRY, J.A. Classifying life-style types of phytoseiid mites: diagnostic traits. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 33, p. 247-260, 2004.
- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J.M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 52, p. 81-106, 2007.
- DESNEUX, N.; O'NEIL, R.J.; YOO, H.J.S. Suppression of population growth of the soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura, by predators: the identification of a key predator and the effects of prey dispersion, predator abundance, and temperature. **Environmental Entomology**, College Park, v. 35, n. 5, p. 1342-1349, 2006.
- DESNEUX, N.; WAJNBERG, E.; FAUVERGUE, X.; PRIVET, S.; KAISER, L. Oviposition behaviour and patch-time allocation in two aphid parasitoids exposed to deltamethrin residues. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 112, n. 3, p. 227-235, 2004.
- DUTCHER, J.D. A review of resurgence and replacement causing pest outbreaks in IPM. In: CIANCIO, A.; MUKERJI, K.G. (Ed.). **General Concepts in Integrated Pest and Disease Management**. Amsterdam: Springer, 2007. Chap. 2, p. 27-43.
- GRAFTON-CARDWELL, E.E.; OUYANG, Y. Influence of citrus leaf nutrition on survivorship, sex ratio, and reproduction of *Euseius tularensis* (Acari: Phytoseiidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 25, p. 1020-1025, 1996.
- GUEDES, R.N.C.; CUTLER, G.C. Insecticides-induced hormesis and arthropod pest management. **Pest Management Science**, Sussex, v. 70, n. 5, p. 690-697, 2014.
- GUEDES, R.N.C.; SMAGGHE, G.; STARK, J.D.; DESNEUX, N. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 61, p. 43-62, 2016.
- HULL, L.A.; BEERS, E.H. Ecological selectivity: Modifying chemical control practices to preserve natural enemies. In: HOY, M.A.; HERZOG, D.C. (Ed.). **Biological control in agricultural IPM systems**. New York: Academic Press Inc., 1985. p. 103-122.
- JOHNSON, M.W.; TABASHNIK, B.E. Enhanced biological control through pesticide selectivity, p. 297-317. In: BELLOWS, T.S.; FISHER, T.W. (Ed.), **Handbook of biological control**. San Diego: Academic Press, 1999. 1046p.
- KOMATSU, S.S.; NAKANO, O. Estudos visando o manejo do ácaro da leprose em citros através do ácaro predador *Euseius concordis* (Acari: Phytoseiidae). **Laranja**, Cordeirópolis, v. 1, n. 9, p. 125-146, 1988.

- MANZONI, C.G.; GRÜTZMACHER, A.D.; GIOLO, F.P.; LIMA, C.A.B.de.; NÖRNBERG, S.D.; MÜLLER, C.; HÄRTER, W.R. Susceptibilidade de Adultos de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) a Fungicidas Utilizados no Controle de Doenças da Macieira. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 223-230, 2006.
- MAOZ, Y.; GAL, S.; ARGOV, Y.; DOMERATZKY, S.; MELAMED, E.; GAN-MOR, S.; COLL, M.; PALEVSKY, E. Efficacy of indigenous predatory mites (Acari: Phytoseiidae) against the citrus rust mite *Phyllocoptruta oleivora* (Acari: Eriophyidae): augmentation and conservation biological control in Israeli citrus orchards. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 63, n. 3, p. 295-312, 2014.
- MATIOLI, A.L.; OLIVEIRA, C.A.L. de. Biologia de *Agistemus brasiliensis* Matioli, Ueckermann & Oliveira (Acari: Stigmaeidae) e sua potencialidade de predação sobre *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 557-582, 2007.
- MORAES, G. J. de. Controle biológico de ácaros fitófagos com ácaros predadores. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Eds). **Controle biológico no Brasil - parasitóides e predadores**. Barueri: Manole, 2002. p. 225-237.
- MORAES, G.J. de. Controle biológico de ácaros fitófagos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15, n. 167, p. 56-62, 1991.
- OLIVEIRA, C.A.L. de; PATTARO, F.C. Citros: Manejo de ácaros fitófagos na cultura. In: YAMAMOTO, P.T. (Org.). **Manejo Integrado de pragas dos citros**. Piracicaba: ESALQ, 2008, cap. 4, p. 81-125.
- OLIVEIRA, C.M.; AUAD, A.M.; MENDES, S.M.; FRIZZAS, M.R. Economic impact of exotic pest in Brazilian agriculture. **Journal and Applied Entomology**, Berlin, v. 137, n. 1/2, p. 1-15, 2013.
- OLIVEIRA, C.M.; AUAD, A.M.; MENDES, S.M.; FRIZZAS, M.R. Crop losses and the economic impact of insect pest on Brazilian agriculture. **Crop Protection**, Guildford, v. 56, n. 1, p. 50-54, 2014.
- OMOTO, C.; ALVES, E.B.; RIBEIRO, P.C. Detecção e monitoramento da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) ao dicofol. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 29, p. 757-764, 2000.
- PARRA, J.R.P.; OLIVEIRA, H.N.; PINTO, S.N. **Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos dos citros**. Piracicaba, SP, 2003. 140p.
- POLETTI, M.; MAIA, A.H.; OMOTO, C. Toxicity of neonicotinoid insecticides to *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) and their impact on functional

- response to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Biological Control**, Orlando, v. 40, n. 1, p. 30–36, 2007.
- POLETTI, M.; COLLETTE, L.P.; OMOTO, C. Compatibilidade de agrotóxicos com os ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae). **BioAssay**, Piracicaba, v. 3, n. 3, p. 14, 2008.
- POZZEBON, A.; BORGIO, M.; DUSO, C. The effects of fungicides on non-target mites can be mediated by plant pathogens. **Chemosphere**, Oxford, v. 79, n. 1, p. 8-12, 2010.
- POZZEBON, A.; TIRELLO, P.; MORET, R.; PEDERIVA, M.; DUSO, C. A Fundamental step in IPM on grapevine: evaluating the side effects of pesticides on predatory mites. *Insects*, Basel, v. 6, n. 4, p. 847-857, 2015.
- McMURTRY, J.A.; CROFT, B.A. Life styles of phytoseiid mites and their roles as biological control agents. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 42, p. 291-321, 1997.
- NEVES, M.F.; TROBIM, V.G.; MILAN, P.; LOPES, F.F.; CRESSONI, F.; KALAKI, R. **O retrato da citricultura brasileira**. Dados do Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola - SINDAG. Ribeirão Preto: Markestrat, 2010. 137 p.
- REIS, P.R.; CHIAVEGATO, L.G.; MORAES, G.J. de; ALVES, E.B.; SOUSA, E.O. Seletividade de agroquímicos ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 265-274. 1998.
- REIS, P.R.; FRANCO, R.A.; SILVA, F.M.A. Selectivity of rynaxypyr for three species of phytoseiid mites relevant to coffee in Brazil. *Coffee Science*, Lavras, v. 6, n. 3, p. 212-216, 2011.
- RIBEIRO, L.P.; ZANARDI, O.Z.; VENDRANMIM, J.D.; YAMAMOTO, P.T. Comparative toxicity of na acetogenin-based extract and comercial pesticides against citrus red mite. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 64, n. 1, p. 87-98, 2014.
- SATO, M.E. Perspectivas do uso de ácaros predadores no controle biológico de ácaros-praga na citricultura. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 26, n. 2, p. 291-305, 2005.
- SILVA, M.Z. da; OLIVEIRA, C.A.L. Seletividade de alguns agrotóxicos em uso na citricultura ao ácaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 205-208, 2006.
- SILVA, M.Z. da; OLIVEIRA, C.A.L. de. Toxicidade de alguns agrotóxicos recomendados na citricultura sobre *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 085-090, 2007.

- SILVA, M.Z. da; SATO, M.E; OLIVEIRA, C.A.L.; VERONEZ, B. Toxicidade de agroquímicos ao ácaro-da-leprose dos citros *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) e ao ácaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Tenuipalpidae, Phytoseiidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 3, p. 363-370, 2012.
- SOUTHWOOD, T.R.E; HENDERSON, P.A. Ecological Methods. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. 575p.
- STARK, J.D.; BANKS, J.E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 48, p. 505-519, 2003.
- STAVRINIDES, M.C.; MILLS, N.J. Demographic effect of pesticides on biological control of Pacific spider mite (*Tetranychus pacificus*) by the western predatory mite (*Galendromus occidentalis*). **Biological Control**, Orlando, v. 48, n. 3, p. 267–273. 2009.
- STERK, G.; HASSAN, S.A.; BAILLOD, M.; BAKKER, F.; BIGLER, F.; BLÜMEL, S.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BROMAND, B.; BRUN, J.; CALIS, J.N.M.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; GARRIDO, A.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HOKKANEN, H.; JACAS, J.; LEWIS, G.; MORETH, L.; POLGAR, L.; ROVERSTI, L.; SAMSOE-PETERSEN, L.; SAUPHANOR, B.; SCHAUB, L.; STÄUBLI, A.; TUSET, J.J.; VAINIO, A.; VAN DE VEIRE, M.; VIGGIANI, G.; VIÑUELA, E.; VOGT, H. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group “Pesticides and Beneficial Organisms”. **BioControl**, Dordrecht v. 44, n. 1, p. 99-117, 1999.
- SZCZEPANIEC, A.; RAUPP, M.J. Direct and indirect effects of imidacloprid on fecundity and abundance of *Eurytetranychus buxi* (Acari: Tetranychidae) on boxwoods. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 59, n. 3, p. 307-318, 2013.
- TEODORO, A.V.; FADINI, M.A.M.; LEMOS, W.R.P; GUEDES, R.N.C.; PALLINI, P. Lethal and sub-lethal selectivity of fenbutatin oxide and sulfur to the predator *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) and its prey, *Oligonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae), in Brazilian coffee plantations. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 36, n. 1-2, p. 61-70, 2005.
- TUELHER, E.S.; VERNON, M.; GUEDES, R.N.C.; PALLINI, A. Toxicity of organic-coffee-approved products to the Southern red mite *Oligonychus ilicis* and to its predator *Iphiseiodes zuluagai*. **Crop Protection**, Guildford, v. 55, n. 1, p. 28-34, 2014.
- YAMAMOTO, P.T.; PARRA, J.R.P. Manejo integrado de praga dos citros. In: MATOS JUNIOR, D. NEGRI, J.R.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundag, 2005. p.729-768.

- YAMAMOTO, P.T.; FELIPPE, M.R.; SANCHES, A.; COELHO, J.H.C.; GARBIM, L.F.; XIMENES, N. Eficácia de inseticidas para o manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em citros. **BioAssay**, Piracicaba, v. 4, n. 4, p. 1-9, 2009.
- YAMAMOTO, P.T.; ZANARDI, O.Z. Atualização de manejo do ácaro purpúreo *Panonychus citri*. **Revista Citricultura Atual**, Cordeirópolis, v. 96, p. 16-17, 2013.
- ZANARDI, O.Z.; BORDINI, G.P.; FRANCO, A.A.; JACOB, C.R.O.; YAMAMOTO, P.T. Sublethal effects of pyrethroid and neonicotinoid insecticides on *Iphiseiodes zuluagai* Denmark and Muma (Mesostigmata: Phytoseiidae). **Ecotoxicology**, London, 2016 (*in press*).
- ZAPPALÀ, L.; BIONDI, A.; ALMA, A.; AL-JBOORY, I.J.; ARNÒ, J.; BAYRAM, A.; CHAILLEUX, A.; EL-ARNAOUTY, A.; GERLING, D.; GUENAOUI, Y.; SHALTIEL-HARPAZ, L.; SISCARO, G.; STAVRINIDES, M.; TAVELLA, L.; AZNAR, R.V.; URBANEJA, A.; DESNEUX, N. Natural enemies of the South American moth, *Tuta absoluta*, in Europe, North Africa and Middle East, and their potential use in pest control strategies. **Journal of Pest Science**, Berlin, v. 86, n. 4, p. 635-647, 2013.

2 EFEITOS LETAL E SUBLETAIS DE INSETICIDAS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO INTEGRADA DE CITROS SOBRE *Euseius concordis* (CHANT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

Resumo

Euseius concordis (Chant) (Acari: Phytoseiidae) é um abundante ácaro predador dos pomares de citros. No entanto, o uso intenso de inseticidas para o controle de insetos-praga, principalmente da *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Hemiptera: Liviidae), pode alterar a densidade populacional e afetar a ação desse predador no controle biológico de ácaros-praga. Assim, objetivou-se com esse estudo, avaliar a toxicidade de 19 inseticidas recomendados para o controle de insetos-praga para o sistema de produção integrada de citros sobre adultos de *E. concordis*, além de determinar a duração da atividade nociva (dos inseticidas mais tóxicos) e estimar os efeitos nocivos sobre a progênie das fêmeas que tiveram contato com os resíduos, avaliando duração dos estádios de desenvolvimento, aspectos reprodutivos e parâmetros de tabela de vida. Os resultados demonstraram que os inseticidas fosmete, cloridrato de formetanato e dimetoato foram altamente nocivos para adultos do ácaro *E. concordis* (classe 4). Sendo que, a grande maioria dos outros inseticidas avaliados (carbosulfano, espinosade, lambda-cialotrina, lambda-cialotrina + tiametoxam, óleo mineral, tiometoxam, imidacloprido, diflubenzurom, fenpropatrina, óleo vegetal) foram classificados como moderadamente nocivos, por causar considerável mortalidade e por alguns ainda interferirem na fertilidade (classe 3). Já os inseticidas beta-cipermetrina, deltametrina, etofenproxi, piriproxi-fem e tebufenozida foram considerados levemente nocivos às fêmeas de *E. concordis*, ocasionando mortalidade que variaram de 20-32%. Ao avaliar a duração do efeito nocivo, verificou que os inseticidas fosmete, cloridrato de formetanato e carbosulfano apresentaram alta persistência, pois, causaram 94, 100 e 74% de mortalidade de adultos, respectivamente, 30 dias após a pulverização (DAP). A viabilidade de ovos, em teste com os compostos mais tóxicos aos adultos, foi afetada apenas pelo óleo mineral (~ 84% de eclosão de larvas). Ao estimar os efeitos dos inseticidas sobre a progênie de *E. concordis*, verificou que os óleos mineral e vegetal reduziram a duração de vida das fêmeas, e a maioria dos compostos avaliados reduziram a fecundidade dessa geração (exceto, beta-cipermetrina, espinosade, imidacloprido, lambda-cialotrina, lambda-cialotrina + tiametoxam, tiametoxam). As estimativas dos parâmetros de tabela de vida da progênie, indicaram que imidacloprido, tiametoxam e lambda-cialotrina + tiametoxam apresentaram a taxa líquida de reprodução (R_0), taxa intrínseca de crescimento (rm) e razão finita de aumento (λ) significativamente maior que o controle. O parâmetro estimado do tempo médio entre gerações (T) da progênie de *E. concordis*, foi reduzido por quase todos inseticidas testados (exceto beta-cipermetrina, fenpropatrina e imidacloprido). Já as progênies que os seus parentais tiveram contato com etofenproxi, diflubenzurom e óleos mineral e vegetal apresentaram a taxa líquida de reprodução (R_0) significativamente menor que a estimada no controle. Progênie que tiveram influência do carbosulfano, deltametrina, diflubenzurom, etofenproxi, gama-cialotrina, piriproxi-fem, óleos mineral e vegetal tiveram redução na taxa intrínseca de crescimento (rm) e na razão finita de aumento (λ). Estes resultados indicam a toxicidade de alguns dos inseticidas utilizados na produção integrada de citros e fornece subsídios para o uso mais

critérios destes compostos em pomares que objetivam conservar o ácaro predador *E. concordis*.

Palavras-chave: Ácaros fitófagos; Toxicidade aguda; Persistência; Efeito transgeracional; Manejo Integrado de Pragas; Tabela de vida

Abstract

Euseius concordis (Chant) (Acari: Phytoseiidae) is an abundant predatory mite of citrus groves. However, intensive use of insecticides to control insect pests, mainly *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Hemiptera: Liviidae), can change the density and affect the action of this predator in the biological control of pest mites. Thus, the aim of this study was to evaluate the toxicity of 19 insecticides recommended for the control of insect pests for citrus integrated production system on *E. concordis* adults, to determine the duration of harmful activity (those most toxic insecticides) and to estimate the adverse effects on the offspring of females who had contact with residues, evaluating duration of developmental stages, reproductive aspects and life table parameters. The results showed that the insecticides phosmet, formetanate hydrochloride and dimethoate were highly harmful to *E. concordis* adult mites (Class 4). And most of the other insecticides (carbosulfan, spinosad, lambda-cyhalothrin, lambda-cyhalothrin + thiamethoxam, mineral oil, thiomethoxam, imidacloprid, diflubenzuron, fenpropathrin, vegetable oil) were classified as moderately harmful, because they cause substantial mortality in addition to interference in fertility (class 3). On the other hand, beta-cypermethrin, deltamethrin, etofenproxi, pyriproxyfen and tebufenozide were considered slightly harmful to *E. concordis* females, causing mortality ranging from 20-32%. When evaluating the duration of the harmful effect, it was found that the insecticides phosmet, formetanate hydrochloride and carbosulfan showed high persistence, by causing 94, 100 and 74% of adult mortality, respectively, 30 days after spray (DAS). The viability of eggs in the test with the most toxic compounds to adults, was affected only by the mineral oil (~ 84% hatching larvae). While estimating the effects of insecticides on the progeny of *E. concordis*, it was found that the mineral and vegetable oils reduced the life duration of females, and most of the compounds evaluated reduced the fertility of this generation (except, beta-cypermethrin, spinosad, imidacloprid, lambda-cyhalothrin, lambda-cyhalothrin + thiamethoxam, thiamethoxam). Estimates of the progeny life table parameters indicated that imidacloprid, thiamethoxam and lambda-cyhalothrin + thiamethoxam showed net reproductive rate (R_0), intrinsic rate of increase (rm) and finite rate of increase (λ) significantly higher than the control. The estimated parameter of the mean generation time (T) of the progeny of *E. concordis* was reduced by almost all tested insecticides (except beta-cypermethrin, fenpropathrin and imidacloprid). But the progenies which their parents were in contact with etofenproxi, diflubenzuron and mineral and vegetable oils, showed a net reproductive rate (R_0) significantly lower than the estimated one in control. Progenies that were influenced by carbosulfan, deltamethrin, diflubenzuron, etofenproxi, gamma-cyhalothrin, pyriproxyfen, mineral and vegetable oils showed reduced intrinsic rate of increase (rm) and finite rate of increase (λ). These results indicate the toxicity of some of the insecticides used in integrated production of citrus and provides subsidies for the use of these compounds more judicious in groves that aim to conserve the predatory mite *E. concordis*.

Keywords: Phytophagous mites; Acute toxicity; Persistence; Transgenerational effect; Integrated Pest Management; Life table

2.1 Introdução

O controle biológico, exercido pelos predadores e parasitoides, tem sido um dos principais componentes de programas de manejo integrado de pragas (MIP), cujo objetivo principal é reduzir a população das pragas para níveis inferiores àqueles capazes de causar danos econômicos (ZAPPALÀ et al., 2013; MAOZ et al., 2014; ASPLEN et al., 2015). Entre os agentes de controle biológico, os ácaros predadores têm sido muito importante nos sistemas de produção, pelo seu papel na supressão populacional dos ácaros fitófagos que causam danos diretos ou que atuam como vetores de patógenos nas culturas. Além disso, a conservação desses agentes de controle biológico nos agroecossistemas pode reduzir o número de pulverizações de agroquímicos para o controle de pragas (SATO, 2005). Entre os ácaros predadores que exercem importante papel na regulação populacional de ácaros-praga, os fitoseídeos têm sido os mais abundantes e frequentemente encontrados em pomares cítricos (MORAES, 1991; MORAES, 2002; MATIOLI; OLIVEIRA, 2007). Em levantamento realizado por Silva, Sato e Oliveira (2012) no estado de São Paulo, *Euseius concordis* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) foi a espécie mais abundante, correspondendo a 98,3% dos espécimes da família Phytoseiidae encontrado nos pomares cítricos. Esses autores também observaram uma correlação significativa entre as densidades populacionais desse ácaro predador com a redução dos níveis populacionais dos ácaros-praga *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae), *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) e *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) (Acari: Eryophiidae) que causam sérios prejuízos à citricultura. Além da atividade predatória, *E. concordis* pode se alimentar de pólen e exsudados de plantas (GRAFTON-CARDWELL; OUYANG, 1996; McMURTRY; CROFT, 1997; CROFT; BLACKWOOD; McMURTRY, 2004; MORAES; FLECHTMANN, 2008), o que permite sua sobrevivência e reprodução em período de baixa disponibilidade de presas. O uso de alimentos alternativos também permite a manutenção e a multiplicação do ácaro em condições laboratoriais para posterior liberação inoculativa ou inundativa nas áreas de produção (ALBUQUERQUE; MORAES, 2008).

Apesar do grande potencial de *E. concordis* como agente de controle biológico de ácaros-praga, o uso de inseticidas para o manejo de insetos-praga, especialmente de *Diaphorina citri* (Kuwayama) (Hemiptera: Liviidae), vetor das bactérias “*Candidatus Liberibacter spp.*” associadas ao huanglongbing (HLB), pode reduzir os níveis populacionais e a eficácia do predador nos pomares cítricos. Além disso, o uso sucessivo desses agroquímicos pode induzir a ressurgência da

praga alvo de controle, favorecer surtos de pragas secundárias e a seleção de populações resistentes aos ingredientes ativos (DUTCHER, 2007; MEISSE et al., 2010; CUTLER et al., 2009; SZCZEPANIEC et al., 2011; LU et al., 2012; BIONDI et al., 2012; CORDEIRO et al., 2013; GUEDES; CUTLER, 2014; ZHAN et al., 2015; GUEDES et al., 2016), o que aumenta os custos de produção e reduz a eficácia da técnica e a sustentabilidade ambiental do sistema. Como o uso desses inseticidas nos pomares cítricos é praticamente indispensável, o conhecimento dos efeitos destes sobre *E. concordis* é extremamente importante para os programas de manejo de pragas (BAKKER; JACAS, 1995; STERK et al., 1999; POZZEBON et al., 2015) para possibilitar a adoção de estratégias que reduzem os impactos desses compostos sobre os organismos benéficos que atuam nos sistemas de produção (ROUBOS; RODRÍGUEZ-SAONA; ISAACS, 2014).

Além da mortalidade, a exposição dos ácaros aos agroquímicos também pode afetar o desenvolvimento do estágio imaturo, reduzir a fecundidade, fertilidade e longevidade, alterar a proporção de fêmeas e machos na população (razão sexual), reduzir a capacidade predatória, mobilidade, orientação e atividade de alimentação dos ácaros predadores (JOHNSON; TABASHNIK, 1999; TEODORO et al., 2005; DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007; REIS; FRANCO; SILVA, 2011; TUELHER et al., 2014; GUEDES et al., 2016) e reduzir os serviços de biocontrole exercidos por eles (BIONDI et al., 2015; ZANARDI et al., 2016). No entanto, o uso de inseticidas seletivos pode ser uma alternativa para reduzir os impactos causados por eles e viabilizar o controle biológico exercidos pelos ácaros predadores nos agroecossistemas (YAMAMOTO et al., 1992; GENTZ; MURDOCH; KING, 2010; RODRIGUES et al., 2013; ZANARDI et al., 2016).

Diversos estudos têm demonstrado a toxicidade aguda e os efeitos subletais de agroquímicos sobre ácaros predadores (REIS et al., 1998; CASTAGNOLI et al., 2005; SILVA; OLIVEIRA, 2006; SILVA; OLIVEIRA, 2007; POLETTI; MAIA; OMOTO, 2007; POLETTI, COLLETTE; OMOTO, 2008; STAVRINIDES; MILLS, 2009; BERNARD et al., 2010; POZZEBON; BORGIO; DUSO, 2010; BEERS; SCHMIDT, 2014; POZZEBON et al., 2015), mas poucos estudos consideram os parâmetros biológicos, transgeracionais e populacionais como requisitos para avaliação dos impactos dos agroquímicos sobre uma população de organismos benéficos (COSTA et al., 2014). A estimativa dos parâmetros populacionais tem sido uma ferramenta importante para análise dos efeitos de agroquímicos sobre ácaros predadores (STARK; BANKSI, 2003; DESNEUX et al., 2004; DESNEUX; O'NEIL; YOO, 2006; ABBES et al., 2015; BIONDI et al., 2015; ZANARDI et al., 2016), pois, esses parâmetros refletem os efeitos sobre a sobrevivência, desenvolvimento e reprodução do inimigo natural

(SOUTHWOOD; HANDERSON, 2000). Além disso, contribui para o entendimento das variações na densidade e na dinâmica populacional dos ácaros predadores (ZANARDI et al., 2016). Assim, objetivou-se com esse estudo, avaliar os efeitos letal e subletais de 19 inseticidas utilizados para o manejo de insetos-praga na produção integrada de citros (PICitros, 2012) sobre o ácaro predador *E. concordis*. Além disso, determinou-se a duração da atividade nociva dos inseticidas sobre adultos de *E. concordis* e estimou-se os efeitos transgeracionais dos agroquímicos (parâmetros biológicos e populacionais da progênie). Também foi avaliado o efeito sobre a fase de ovo (estágio considerado mais protegido do efeito dos agroquímicos) e sobre as larvas (estágio mais susceptível a ação tóxica dos agroquímicos). Os resultados obtidos serão importantes para o entendimento dos efeitos desses compostos sobre o ácaro predador *E. concordis*, bem como auxiliar na adoção de futuras táticas de manejo que visam explorar a ação desse agente de controle biológico nos sistemas de produção citrícola.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Ácaros

A colônia de *E. concordis* foi estabelecida a partir de espécimes cedidas pelo Dr. Mário Eidi Sato, do Laboratório de Entomologia Econômica do Centro Experimental Central do Instituto Biológico, Campinas, São Paulo, Brasil. Para criação do ácaro foi utilizado folhas de acalifa [*Acalypha wilkesiana* Muell (Euphorbiaceae)] colocadas com a face abaxial voltada para cima sobre uma camada de espuma umedecida com água deionizada em bandejas plásticas ($38,5 \times 24,5 \times 6,0$ cm de comprimento, largura e altura, respectivamente). Tiras de algodão hidrófilo umedecido foram utilizadas nas bordas das folhas para a manutenção da sua turgescência e impedir a fuga dos ácaros. No centro de cada arena foram colocados fios de algodão hidrófilo para servir de abrigo e local de oviposição aos ácaros. Como alimento, foi utilizado pólen de taboa [*Typha angustifolia* L. (Typhaceae)] disponibilizado sobre lamínulas de vidro de 2×2 cm (4 cm^2) o qual foi substituído a cada 48 horas. A criação foi mantida em sala climatizada (temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa do ar (UR) de $60 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14 L: 10 E horas).

2.2.2 Inseticidas

Dezenove inseticidas recomendados para o manejo de insetos-pragas pela produção integrada de citros (PICitros, 2012) foram avaliados sobre *E. concordis*. Todos os compostos foram testados nas maiores concentrações recomendadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para controle de pragas. Os ingredientes ativos, produtos comerciais, grupos químicos, modo de ação e concentrações (mg i.a. L⁻¹) dos inseticidas utilizadas nos bioensaios estão listados na Tabela 1.

Tabela 1. Inseticidas testados nos bioensaios.

Ingrediente ativo	Produto comercial	Grupo químico	Modo de ação	Fabricante	Concentração (mg i.a. L ⁻¹)
Beta-cipermetrina	Akito 100 EC	Piretroide	Modulador dos canais de sódio	Arysta	30
Carbosulfano	Marshal Star 400 EC	Carbamato	Inibidor da acetilcolinesterase	FMC	200
Cloridrato de formetanato	Dicarzol 500 SP	Carbamato	Inibidor da acetilcolinesterase	Cross Link	145,5
Deltametrina	Decis Ultra 100 EC	Piretroide	Modulador dos canais de sódio	Bayer	7,5
Diflubenzurom	Micromite 240 SC	Benzoilureia	Inibidor da biosíntese de quitina	Chemtura	120
Dimetoato	Perfekthion 400 EC	Organofosforado	Inibidor da acetilcolinesterase	Basf	800
Espinosade	Tracer 480 SC	Spinosina	Modulador dos receptores da acetilcolina	Dow	72
Etofenproxi	Trebon 100 SC	Piretroide	Modulador dos canais de sódio	Sipcam Agro	0,025
Fenpropatrina	Danimen 300 EC	Piretroide	Modulador dos canais de sódio	Iharabras	150
Fosmete	Imidan 500 WP	Organofosforado	Inibidor da acetilcolinesterase	Cross Link	750
Gama-cialotrina	Nexide 150 CS	Piretroide	Modulador dos canais de sódio	Cheminova	7,5
Imidacloprido	Provado 200 SC	Neonicotinoide	Agonista dos receptores da acetilcolina	Bayer	100
Lambda-cialotrina	Karate Zeon 50 CS	Piretroide	Modulador dos canais de sódio	Syngenta	10
Lambda-cialotrina + Tiametoxam	Engeo Pleno SC	Piretroide + Neonicotinoide	Modulador dos canais de sódio + Agonista dos receptores da acetilcolina	Syngenta	26,6 + 35,2
Óleo mineral	OPPA BR EC	Óleo	-	Petrobras	12000
Óleo vegetal	Óleo Vegetal Nortox	Óleo	-	Nortox	18600
Piriproxifen	Tiger 100 CE	Piriproxifen	Análogo do hormônio juvenil	Sumitomo	100
Tebufenozide	Mimic 240 SC	Diacilhidrazina	Agonista dos receptores de ecdisteroides	Dow	120
Tiametoxam	Actara 250 WG	Neonicotinoide	Agonista dos receptores da acetilcolina	Syngenta	50

2.2.3 Bioensaios

Os bioensaios foram realizados em sala climatizada com temperatura de 25 ± 2 °C, UR de $60 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14 L: 10 E horas. Durante o período de avaliação, os ácaros foram alimentados com pólen de taboa disponibilizado sobre lamínulas de vidro de $0,5 \times 0,5$ cm ($0,25$ cm²).

2.2.4 Efeito de inseticidas sobre adultos de *E. concordis*

Para avaliação do efeito dos inseticidas sobre adultos de *E. concordis*, folhas de laranjeira-doce ‘Valência’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Rutaceae)] foram pulverizadas com 2 mL de solução, do respectivo tratamento, em torre de Potter (Burkard Scientific Co., Uxbridge, UK), ajustada a uma pressão de 68 kPa, resultando na deposição de $1,8 \pm 0,1$ mg cm⁻² de resíduo fresco, estando de acordo com os critérios estabelecidos pelo grupo de trabalho da International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants, West Palaearctic Regional Section (IOBC/WPRS) para estudos de toxicologia de agroquímicos sobre inimigos naturais (HASSAN et al., 1994). Água deionizada (solvente utilizado para diluição/solubilização dos agroquímicos) foi utilizada como tratamento controle. Após a pulverização dos tratamentos, as folhas foram mantidas em sala climatizada por três horas para secagem dos resíduos. Decorrido esse período, unidades experimentais (4,0 cm de diâmetro) foram feitas com folhas de laranjeira-doce ‘Valência’ colocadas sobre uma camada de espuma (~ 1 cm de altura) umedecida com água deionizada em bandejas plásticas (38,5 × 24,5 × 6,0 cm de comprimento, largura e altura, respectivamente) e acondicionadas em sala climatizada. Feito isso, 10 fêmeas acasaladas (< 24 horas de idade) de *E. concordis* foram liberadas em cada unidade experimental. Para cada tratamento foram utilizadas cinco repetições ($n = 50$). A mortalidade das fêmeas (efeito letal) foi avaliada a cada 24 horas por um período de oito dias após a liberação das fêmeas nas unidades experimentais. Foram considerados mortos os ácaros que não reagiram ao toque de um pincel de cerdas macias.

Durante as avaliações, o número de ovos depositados pelas fêmeas (fecundidade) nas unidades experimentais foi contado e utilizado para avaliação dos efeitos subletais. Após a contagem, os ovos foram removidos das unidades experimentais e colocados em placas de Petri para avaliação da fertilidade (número de larvas eclodidas). A fertilidade das fêmeas foi avaliada quatros dias após a oviposição.

Com base nos dados de mortalidade (efeito letal), fecundidade e fertilidade das fêmeas (efeitos subletais), um coeficiente de redução (E_x) foi calculado para cada inseticida utilizando a fórmula $E_{x(\%)} = 100 - (100 - Mc) \times E_r$ proposta por Biondi et al. (2012), onde: Mc = mortalidade total do estágio imaturo corrigida pela fórmula de Abbott (1925) e E_r = efeito na reprodução calculado como: $E_r = R_1 \times R_2$, sendo: R_1 = razão entre a fecundidade total média das fêmeas que desenvolveram sobre os resíduos de inseticidas e o controle e R_2 = razão entre a fertilidade total média das fêmeas que desenvolveram sobre os resíduos de inseticidas e o controle. Com base no coeficiente de redução, os inseticidas foram classificados de acordo com as escalas de toxicidade proposta pela IOBC/WPRS para testes de laboratório estendido (VAN DE VEIRE et al., 2002), sendo: classe 1: inócuo ($E_x < 25\%$); classe 2: levemente nocivo ($25\% \leq E_x \leq 50\%$); classe 3: moderadamente nocivo ($51\% \leq E_x \leq 75\%$) e classe 4: altamente nocivo ($E_x > 75\%$).

2.2.5 Duração da atividade nociva dos inseticidas

A duração da atividade nociva dos inseticidas que foram classificados como moderadamente nocivos e altamente nocivos (Classes 3 e 4 segundo critérios da IOBC/WPRS, respectivamente) no bioensaio de toxicidade aguda (item 3.4) foram avaliados sobre adultos de *E. concordis*. Para isso, seedlings de laranjeira-doce ‘Valência’ cultivadas em vasos (12 L) em casa de vegetação foram utilizadas como substrato para pulverização dos tratamentos. Os seedlings foram pulverizados com um volume de calda correspondente a 100 mL m^{-3} de copa, resultando na deposição de $\sim 1.8 \text{ mg cm}^{-2}$ resíduo fresco sobre a superfície foliar, utilizando um pulverizador manual modelo Jacto® PJH (Jacto do Brasil S.A, Pompeia, São Paulo, Brasil) equipado com bico cone cheio FL-5VS (Teejet Technologies Company, São Paulo, Brasil). Para cada tratamento foram utilizados 5 seedlings. Decorridos 3, 7, 10, 17, 24 e 31 dias após a pulverização dos tratamentos (DAP), uma folha de cada seedling foi destacada aleatoriamente e levadas ao laboratório para confecção das unidades experimentais conforme descrito no item 3.4. Feito isso, 10 fêmeas (< 24 horas de idade) de *E. concordis* foram transferidas para cada unidade experimental. Para cada tratamento e data de avaliação foram utilizadas 5 repetições ($n = 50$). A mortalidade foi avaliada 24 horas após a liberação das fêmeas nas unidades experimentais. Quando os inseticidas causaram mortalidade inferior a 25%, foram classificados de acordo com a escala de persistência proposta pela IOBC/WPRS em: classe 1: vida curta (< 5 dias); 2: levemente

persistente (5-15 dias); 3: moderadamente persistente (16-30 dias) e 4: persistente (> 30 dias) (HASSAN; ABDELGADER, 2001).

2.2.6 Efeito transgeracional

O efeito transgeracional (desenvolvimento e reprodução da progênie de *E. concordis*) foi avaliado para todos os inseticidas avaliados, com exceção de cloridrato de formetanato, dimetoato e fosmete que causaram 100% de mortalidade das fêmeas, 24 horas após a exposição. Para isso, 12 ovos de cada fêmea sobrevivente após oito dias de exposição aos resíduos de inseticidas foram transferidos para novas unidades experimentais, feitas com folhas de laranjeira-doce livres de resíduos, similarmente ao descrito no item 3.4. Para cada tratamento foram utilizadas 5 repetições ($n = 60$). A sobrevivência e a duração dos estádios de desenvolvimento imaturo (larva, protoninfa e deutoninfa) foram avaliadas a cada 12 horas até a obtenção dos adultos.

Os adultos obtidos em cada tratamento foram separados por sexo, formados casais e transferidos para novas unidades experimentais (livres de resíduos) para avaliação dos parâmetros do estágio adulto. Durante esse período, as unidades experimentais foram substituídas a cada cinco dias (para evitar a desidratação dos discos foliares). O período de pré-oviposição, oviposição, fecundidade e longevidade das fêmeas e dos machos foram avaliados a cada 24 horas. Quando a morte dos machos ocorreu antes das fêmeas, novos machos provenientes da criação foram liberados nas unidades experimentais. No entanto, os dados desses machos não foram utilizados nas análises. A fertilidade das fêmeas foi determinada com base no número de larvas eclodidas em cada unidade experimental. Para isso, os ovos foram colocados em placas de Petri de 3,5 cm de diâmetro $\times$ 0,7 cm de altura tampadas com filme de policloreto de vinila (PVC) e acondicionadas em sala climatizada. O número de larvas eclodidas em cada placa foi avaliado quatro dias após a transferência dos ovos.

2.2.7 Tabela de vida da progênie

Com base nos dados de duração e sobrevivência do estágio imaturo, período de pré-oviposição, fecundidade, fertilidade e longevidade de machos e fêmeas da progênie, foram estimados os parâmetros de tabela de vida do ácaro para cada tratamento. A tabela de vida foi elaborada com base nos dados de todos os indivíduos (incluindo as fêmeas, os machos e os

indivíduos que morreram durante o desenvolvimento do estágio imaturo) conforme proposto por Chi (1988). Os dados originais de todos os indivíduos foram analisados de acordo com o modelo teórico proposto por Chi e Liu (1985) utilizando o programa TWSEXMSChart (<http://140.120.197.173/ecology/Download/TWSEX-MSChart.rar>) (CHI, 2014). Para cada tratamento foram estimadas:

A taxa líquida de reprodução (R_o):

$$R_o = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$$

A taxa intrínseca de crescimento (r):

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1$$

O tempo médio entre gerações (T):

$$T = \ln R_o / r$$

A razão finita de aumento (λ):

$$\lambda = e^r$$

As médias e os erros padrões de cada parâmetro populacional foram estimados pelo método de bootstrap seguindo o procedimento proposto por Huang e Chi (2012). Durante o procedimento de bootstrap, os dados de cada parâmetro populacional foram reamostrados 10.000 vezes. As médias de cada parâmetro populacional foram comparadas pelo teste de bootstrap pareado com seus respectivos intervalos de confiança (EFRON; TIBSHIRANI, 1993; ZANARDI et al. 2016).

2.2.8 Efeito de inseticidas sobre ovos de *E. concordis*

A toxicidade residual de inseticida classificados como moderadamente nocivos e altamente nocivos (classes 3 e 4, respectivamente) quanto ao efeito nocivo em adultos de *E. concordis*, foi avaliada sobre ovos de *E. concordis* (estádio de vida menos susceptível à ação dos agroquímicos). Para isso, arenas foram confeccionadas com folha de laranjeira ‘Valência’, utilizando discos (4,0 cm de diâmetro) de algodão hidrófilo para delimitar o espaço. No centro de cada arena foram colocados fios de algodão hidrófilo para servir de abrigo e local de oviposição aos ácaros, e como alimento para as fêmeas pólen de taboa foram servidos sobre uma lamínula. Posteriormente, foram transferidas para cada arena 20 fêmeas do ácaro provenientes da criação mantida em laboratório. Após 24 horas da infestação, as fêmeas foram retiradas das arenas e os

ovos contados e submetidos à pulverização de 2 mL de solução dos respectivos tratamentos, em torre de Potter (Burkard Scientific Co., Uxbridge, UK), ajustada a uma pressão de $0,7 \text{ kg cm}^{-2}$, propiciando deposição de $1,8 \pm 0,1 \text{ mg resíduo fresco cm}^{-2}$ de folha, estando de acordo com os critérios estabelecidos pelo grupo de trabalho da International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants, West Palaearctic Regional Section (IOBC/WPRS) para estudos de toxicidade de agroquímicos sobre inimigos naturais (HASSAN et al., 1994). Água deionizada (solvente utilizado para diluição dos inseticidas) foi utilizada como tratamento controle. Após a pulverização, o algodão com os ovos foi transferido para unidades experimentais (4,0 cm de diâmetro), livre de resíduos, feitas com folhas de laranjeira-doce ‘Valência’ colocadas sobre uma camada de espuma ($\sim 1 \text{ cm}$ de altura) umedecida com água deionizada em bandejas plásticas ($38,5 \times 24,5 \times 6,0 \text{ cm}$ de comprimento, largura e altura, respectivamente) e acondicionadas em sala climatizada. Para cada tratamento foram utilizadas 5 repetições ($n \sim 50$). As avaliações foram realizadas a cada 12 horas, durante quatro dias, contando o número de larvas eclodidas em cada arena. Foram considerados inviáveis os ovos que após quatro dias de avaliação não originaram larvas. O efeito dos inseticidas sobre os ovos foi calculado utilizando a fórmula proposta por Henderson e Tilton (1955).

2.2.9 Efeito de inseticidas sobre larvas de *E. concordis*

A toxicidade residual de inseticidas classificados como levemente nocivos e moderadamente nocivos (classe 2 e 3, respectivamente) quanto ao efeito nocivo em adultos de *E. concordis*, foi avaliada sobre larvas de *E. concordis* (estádio mais suscetível de ácaros). Para isso, folhas de laranjeira ‘Valência’ foram pulverizadas com os respectivos tratamentos em torre de Potter, similar ao descrito no item 3.4. Após a aplicação dos tratamentos, as folhas foram mantidas em sala climatizada por duas horas para a secagem dos resíduos. Decorrido esse período, arenas foram confeccionadas com folha de laranjeira ‘Valência’, utilizando discos (4,0 cm de diâmetro) de algodão hidrófilo para delimitar o espaço (unidades experimentais) conforme descrito no item 3.4, e imediatamente infestadas com 10 larvas (recém-emergidas) de *E. concordis* provenientes da criação mantida em laboratório. Após a infestação, as arenas foram acondicionadas em sala climatizada. Para cada tratamento foram utilizadas 5 repetições ($n = 50$). A mortalidade das larvas foi avaliada a cada 24 horas, por um período de dois dias após a liberação das larvas nas unidades experimentais. Foram consideradas mortas as larvas que não

reagiram ao toque de um pincel de cerdas macias. A toxicidade dos inseticidas para larvas de *E. concordis* foi calculada pela fórmula de Abbott (1925).

2.2.10 Análise dos dados

Modelos lineares generalizados (NELDER; WEDDERBURN, 1972) com distribuição quase-binomial foram usados para análise dos dados de proporção de mortalidade e distribuição quase-Poisson para análise dos dados de fecundidade. A qualidade do ajuste foi feita por meio do gráfico meio normal com envelope de simulação (HINDE; DEMÉTRIO, 1998). Quando houve diferenças significativas entre os tratamentos, múltiplas comparações, com o teste de Tukey ($p < 0,05$) foram feitas com a função "glht" do pacote "multcomp", com ajustes nos valores de p . Regressões não lineares usando o tempo [dias após a pulverização (DAP)] como pseudorepetições foram feitas para comparar a atividade nociva dos inseticidas. Todas essas análises foram realizadas no software estatístico "R", versão 3.1.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015).

2.3 Resultados

Os resultados indicaram que os inseticidas recomendados para o manejo de insetos-praga para a produção integrada de citros (PICitros, 2012) afetou a sobrevivência e/ou reprodução do ácaro predador *E. concordis*, sendo que, os níveis de toxicidade foram dependentes dos inseticidas testados. Os inseticidas cloridrato de formetanato, dimetoato e fosmete causaram 100% de mortalidade das fêmeas que mantiveram contato com os resíduos, sendo considerados altamente nocivos para esse predador estudado (Classe 4, $E_x > 75\%$) (Tabela 2.2). Já os inseticidas carbosulfano, diflubenzurom, imidacloprido, fenpropatrina, gama-cialotrina, lambda-cialotrina, lambda-cialotrina + tiametoxam, óleo mineral e vegetal, espinosade e tiametoxam causaram mortalidades entre 42 a 78%, sendo considerado moderadamente nocivo a esse ácaro predador (Classe 3, $51\% \leq E_x \leq 75\%$) (Tabela 2).

Os óleos mineral e vegetal e tiametoxam reduziram significativamente a fecundidade do predador *E. concordis*. No entanto, não foi observado nenhum efeito significativo sobre a fertilidade das fêmeas que mantiveram contato com os resíduos desses agroquímicos (Tabela 2). Com base nos efeitos letais e subletais, calculou-se o coeficiente de redução (E_x), e esses inseticidas foram considerados moderadamente nocivos ao predador (Tabela 2). Por outro lado,

beta-cipermetrina, deltametrina, etofenproxi, piriproxifeno e tebufenozida causou mortalidade de 20 a 32% de fêmeas *E. concordis*, sendo semelhante ao do controle, que foi utilizando água deionizada, sendo considerados levemente nocivos ao ácaro predador *E. concordis* (Classe 2, $25\% \leq E_x \leq 50\%$) (Tabela 2).

Quanto a persistência do efeito nocivo dos inseticidas sobre o ácaro *E. concordis*, verificou-se que carbosulfam, cloridrato de formetanato e fosmete causaram mortalidade $\geq 74\%$ das fêmeas, expostas aos 31 dias após a pulverização (DAP), sendo considerados altamente persistente (Tabela 3). No entanto, dimetoato causou 22% de mortalidade aos 24 DAP e foi considerado moderadamente persistente, enquanto que, espinosade, gama-cialotrina, lambda-cialotrina e lambda-cialotrina + tiametoxam foram ligeiramente persistentes (mortalidade $\leq 14\%$, 17 DAS), e diflubenzuron, fenpropatrina, imidacloprido, óleos mineral e vegetal e tiametoxam foram considerados de baixa persistência (mortalidade $\leq 12\%$, 3 DAP) para o predador *E. concordis* (Tabela 3).

Neste trabalho também foi avaliado o efeito transgeracional dos inseticidas, verificando que os inseticidas testados não influenciaram o tempo de desenvolvimento das fases imaturas (ovo, larva, protoninfa e deutoninfa) da geração F1, ao contrário, imidacloprido e tiametoxam aumentaram a longevidade de fêmeas (20,50 e 15,50 dias) (Tabela 4). Para machos, as maiores longevidades nos tratamentos com lambda-cialotrina + tiametoxam, beta-cipermetrina e imidacloprido, (16,00; 15,00 e 15,25 dias) (Tabela 4). Já as menores médias de longevidade de adultos, para fêmeas, foi observada nos tratamentos com os óleos mineral e vegetal (Tabela 4), enquanto que, os outros inseticidas testados não afetaram a duração de adultos fêmeas e machos, sendo que as médias foram semelhante ao tratamento controle (Tabela 4).

Tabela 2. Mortalidade, fecundidade, fertilidade e coeficiente de redução de inseticidas utilizados na produção integrada de citros sobre fêmeas de *Euseius concordis*.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Mortalidade total acumulada ¹ (%)	Fecundidade ² (n° ovos fêmea ⁻¹)	Fertilidade ¹ (%) (n° larvas eclodidas)	³ R ₁	⁴ R ₂	⁵ E _x (%)	Classe ⁶ (IOBC/WPRS)
Controle	-	14,00 ± 2,45 c	8,10 ± 0,09 a	98,55 ± 0,90 ab	-	-	-	-
Beta-cipermetrina	30	32,00 ± 3,74 bc	5,30 ± 0,04 ab	97,33 ± 1,39 ab	0,65	0,99	47,1	2
Carbosulfano	200	78,00 ± 9,69 ab	6,25 ± 0,08 a	98,67 ± 1,19 ab	0,77	1,00	72,4	3
Cloridrato de formetanato	145,5	100,00 ± 0,00 a	-	-	-	-	100,0	4
Deltametrina	7,5	30,00 ± 5,48 bc	5,50 ± 0,04 ab	95,93 ± 1,20 ab	0,68	0,97	44,5	2
Diflubenzurom	120	58,00 ± 3,74 ab	5,70 ± 0,04 ab	92,83 ± 0,76 b	0,70	0,94	63,9	3
Dimetoato	800	100,00 ± 0,00 a	-	-	-	-	100,0	4
Espinosade	72	72,00 ± 3,74 ab	6,41 ± 0,08 a	97,00 ± 0,94 ab	0,79	0,98	67,4	3
Etofenproxi	0,025	22,00 ± 4,90 bc	6,00 ± 0,05 a	98,18 ± 0,55 ab	0,74	1,00	32,1	2
Fenpropatrina	150	54,00 ± 2,45 ab	5,50 ± 0,04 ab	87,48 ± 1,65 b	0,68	0,89	63,8	3
Fosmete	750	100,00 ± 0,00 a	-	-	-	-	100,0	4
Gama-cialotrina	7,5	50,00 ± 6,32 b	5,85 ± 0,02 ab	94,79 ± 1,19 b	0,72	0,96	55,9	3
Imidacloprido	100	62,00 ± 8,00 ab	6,00 ± 0,05 a	91,96 ± 3,09 b	0,74	0,93	73,8	3
Lambda-cialotrina	10	76,00 ± 5,10 ab	9,00 ± 0,18 a	91,04 ± 1,88 b	1,11	0,92	61,0	3
Lambda-cialotrina + Tiametoxam	26,6 + 35,2	72,00 ± 5,83 ab	7,31 ± 0,14 a	96,04 ± 1,73 ab	0,90	0,97	63,1	3
Óleo mineral	12000	58,00 ± 9,52 ab	4,95 ± 0,09 b	99,50 ± 0,44 a	0,62	1,01	65,1	3
Óleo vegetal	18600	42,00 ± 9,68 bc	4,82 ± 0,05 b	97,52 ± 1,49 ab	0,59	0,99	57,8	3
Piriproxifem	100	20,00 ± 0,63 c	5,60 ± 0,03 ab	96,06 ± 0,91 ab	0,69	0,97	36,7	2
Tebufenozida	120	20 ± 5,48 c	5,09 ± 0,05 ab	98,62 ± 0,76 ab	0,63	1,00	40,8	2
Tiametoxam	50	72 ± 5,83 ab	4,90 ± 0,11b	97,78 ± 1,42 ab	0,60	0,99	74,8	3
F		23,66	2,49	1,94				
g.l.		19, 80	16, 68	16, 68				
Valor de <i>p</i>		< 0,001	< 0,001	0,03				

¹Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, $p < 0,05$); ²Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-Poisson, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, $p < 0,05$); ³Efeito na fecundidade; ⁴Efeito na fertilidade;

⁵Coeficiente de redução calculado pela fórmula $E_{x(\%)} = 100 - (100 - M_c) \times R_1 \times R_2$ proposta por Biondi et al., 2012; ⁶Classes de toxicidade proposta pela IOBC/WPRS para estudos de laboratório estendido: 1: inócuo ($E_x < 25\%$); classe 2: levemente nocivo ($25\% \leq E_x \leq 50\%$); classe 3: moderadamente nocivo ($51\% \leq E_x \leq 75\%$) e classe 4: altamente nocivo ($E_x > 75\%$) (VAN DE VEIRE et al., 2002).

Tabela 3. Duração da atividade nociva (dias) dos inseticidas utilizados na produção integrada de citros sobre *Euseius concordis*.

Tratamento	Concentração (mg a.i. L ⁻¹)	Mortalidade (%) ¹ /Dias após a pulverização (DAP)						Classe de persistência ²
		3	7	10	17	24	31	
Controle	-	2 ± 1,79 c	0 ± 0,00 d	0 ± 0,00 d	2 ± 1,79 c	0 ± 0,00 c	2 ± 1,79 c	-
Carbosulfano	200	88 ± 3,35 a	66 ± 4,56 a	66 ± 4,56 b	68 ± 3,35 a	96 ± 2,19 a	74 ± 2,19 a	4
Cloridrato de formetanato	145,5	100 ± 0,00 a	100 ± 0,00 a	100 ± 0,00 a	100 ± 0,00 a	100 ± 0,00 a	100 ± 0,00 a	4
Diflubenzurom	120	8 ± 5,21 c	10 ± 2,83 cd	12 ± 1,79 c	0 ± 0,00 c	0 ± 0,00 c	2 ± 1,79 c	1
Dimetoato	800	98 ± 4,43 a	80 ± 2,82 a	80 ± 4,90 a	26 ± 2,83 b	30 ± 6,93 b	22 ± 1,79 b	3
Espinosade	72	42 ± 7,48 b	46 ± 4,56 b	46 ± 4,56 bc	14 ± 2,19 bc	4 ± 2,19 c	0 ± 0,00 c	2
Fenpropatrina	150	12 ± 3,35 c	4 ± 2,19 cd	6 ± 2,19 d	10 ± 2,83 bc	0 ± 0,00 c	8 ± 1,79 bc	1
Fosmete	750	100 ± 0,00 a	100 ± 0,00 a	100 ± 0,00 a	96 ± 3,58 a	98 ± 1,79 a	94 ± 3,58 a	4
Gama-cialotrina	7,5	38 ± 1,79 b	2 ± 1,79 cd	4 ± 2,19 d	4 ± 2,19 c	0 ± 0,00 c	2 ± 1,79 c	1
Imidacloprido	100	12 ± 1,79 c	14 ± 2,19 c	10 ± 2,83 cd	10 ± 2,83 bc	6 ± 2,19 c	4 ± 2,19 c	1
Lambda-cialotrina	10	20 ± 4,00 bc	26 ± 4,56 bc	24 ± 2,19 c	12 ± 3,35 bc	4 ± 2,19 c	0 ± 0,00 c	2
Lambda-cialotrina + Tiametoxam	26,6 + 35,2	34 ± 3,58 b	14 ± 2,19 c	14 ± 2,19 cd	2 ± 1,79 c	0 ± 0,00 c	2 ± 1,79 c	1
Óleo mineral	12000	8 ± 3,35 c	4 ± 2,19 cd	4 ± 2,19 d	4 ± 2,19 c	2 ± 1,79 c	0 ± 0,00 c	1
Óleo vegetal	18600	6 ± 2,19 c	7 ± 3,59 cd	6 ± 2,19 d	4 ± 2,19 c	0 ± 0,00 c	2 ± 1,79 c	1
Tiametoxam	50	8 ± 3,35 c	6 ± 3,67 cd	6 ± 3,58 d	10 ± 2,83 bc	0 ± 0,00 c	2 ± 1,79 c	1
F		38,8	38,7	54,3	41,9	109,0	51,9	
g.l.		14,60	14,60	14,60	14,60	14,60	14,60	
Valor de p		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	

¹Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, $p < 0,05$); ²Quando os inseticidas reduzirem, em menos de 25% a mortalidade dos ácaros em comparação ao controle, foram classificados de acordo com as classes de persistência proposta pela IOBC/WPRS em: 1: vida curta (< 5 dias); 2: levemente persistente (5-15 dias); 3: moderadamente persistente (16-30 dias) e 4: persistente (> 31 dias) (HASSAN; ABDELGADER, 2001).

Tabela 4. Duração (dias) dos estádios de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto fêmea e macho da progênie provenientes de fêmeas de *Enseius concordis* expostas ao contato residual de inseticidas utilizados na produção integrada de citros.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Estádio de desenvolvimento do ácaro (média ± EP) ¹					
		Ovo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Adulto fêmea	Adulto macho
Controle	-	1,25 ± 0,06	1,00 ± 0,00	1,13 ± 0,05	1,21 ± 0,06	12,61 ± 1,84 b	10,72 ± 0,60 ab
Beta-cipermetrina	30	1,11 ± 0,08	1,00 ± 0,00	1,18 ± 0,06	1,24 ± 0,06	11,75 ± 1,84 b	15,00 ± 1,98 a
Carbosulfano	200	1,27 ± 0,08	1,00 ± 0,00	1,26 ± 0,07	1,22 ± 0,07	6,08 ± 1,07 bc	7,28 ± 0,73 b
Deltametrina	7,5	1,33 ± 0,10	1,00 ± 0,00	1,28 ± 0,08	1,19 ± 0,07	12,37 ± 1,82 b	13,43 ± 1,73 ab
Diflubenzurom	120	1,57 ± 0,09	1,00 ± 0,00	1,32 ± 0,07	1,52 ± 0,11	7,40 ± 0,50 bc	13,00 ± 1,15 ab
Espinosade	72	1,26 ± 0,07	1,00 ± 0,00	1,33 ± 0,10	1,33 ± 0,11	9,81 ± 1,71 bc	6,00 ± 0,79 b
Etofenproxi	0,025	1,05 ± 0,03	1,04 ± 0,03	1,35 ± 0,12	1,21 ± 0,11	8,20 ± 0,94 bc	7,43 ± 0,90 b
Fenpropatrina	150	1,63 ± 0,09	1,00 ± 0,00	1,40 ± 0,13	1,40 ± 0,13	14,07 ± 2,14 ab	11,17 ± 1,26 ab
Gama-cialotrina	7,5	1,33 ± 0,10	1,00 ± 0,00	1,48 ± 0,11	1,26 ± 0,10	9,22 ± 1,86 bc	11,92 ± 0,83 ab
Imidacloprido	100	1,19 ± 0,10	1,00 ± 0,00	1,33 ± 0,09	1,26 ± 0,09	20,50 ± 1,94 a	15,25 ± 1,84 a
Lambda-cialotrina	10	1,41 ± 0,07	1,00 ± 0,00	1,30 ± 0,10	1,56 ± 0,12	10,96 ± 0,96 b	8,56 ± 1,97 ab
Lambda-cialotrina + Tiametoxam	26,6 + 35,2	1,40 ± 0,07	1,00 ± 0,00	1,23 ± 0,09	1,19 ± 0,09	12,96 ± 2,00 ab	16,00 ± 2,94 a
Óleo mineral	12000	1,32 ± 0,09	1,07 ± 0,05	1,05 ± 0,03	1,02 ± 0,02	5,36 ± 1,43 c	5,84 ± 1,35 b
Óleo vegetal	18600	1,11 ± 0,05	1,00 ± 0,00	1,07 ± 0,04	1,35 ± 0,07	5,50 ± 1,04 c	5,80 ± 0,66 b
Piriproxfem	100	1,48 ± 0,10	1,00 ± 0,00	1,17 ± 0,07	1,40 ± 0,10	8,92 ± 1,49 bc	14,87 ± 1,72 ab
Tebufenozida	120	1,27 ± 0,06	1,00 ± 0,00	1,14 ± 0,07	1,22 ± 0,08	10,82 ± 1,09 bc	8,47 ± 1,68 ab
Tiametoxam	50	1,65 ± 0,08	1,00 ± 0,00	1,32 ± 0,09	1,31 ± 0,09	15,50 ± 1,75 a	12,87 ± 1,52 ab
F		0,846	0,630	0,407	0,141	11,29	5,02
g.l.		16, 238	16, 238	16, 238	16, 238	16, 238	16, 238
Valor de <i>p</i>		0,6315	0,9998	0,98	1	<0,001	<0,001

¹Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição Gaussiana, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, *p* < 0,05).

No presente estudo, identificou-se que as progênie fêmeas de *E. concordis* dos quais os parentais mantiveram contato com resíduos de diflubenzurom, fenpopatrina, tebufenozida, piriproxifem e etofenproxi tiveram um maior período de pré-oviposição (4,10; 3,71; 3,53; 3,46 e 3,44 dias, respectivamente) em comparação com o controle (2,03 dias) (Tabela 5). Os resultados demonstraram que o período de oviposição foi reduzido significativamente na progênie pelos tratamentos com carbosulfano, diflubenzurom, espinosade, etofenproxi, lambda-cialotrina, óleos mineral e vegetal, piriproxifem e tebufenozida, sendo que os outros inseticidas avaliados não afetaram este parâmetro (Tabela 5).

A fecundidade da progênie também foi reduzida significativamente pelos inseticidas fenpopatrina, deltametrina, gama-cialotrina, tebufenozida, piriproxifen, etofenproxi, carbosulfano, diflubenzurom, lambda-cialotrina, óleo mineral e vegetal (5,86; 5,50; 5,33; 4,75; 3,61; 3,24; 2,84; 2,50; 2,36 e 2,09 ovos fêmea⁻¹) enquanto que, os tratamentos com tiametoxam apresentou média de fecundidade superior ao controle (16,44 ovos fêmea⁻¹), já os outros inseticidas não diferiram significativamente da média de fecundidade apresentada pelo controle (Tabela 5).

Outros resultados que auxiliaram no entendimento do efeito transgeracional desses inseticidas ao ácaro predador *E. concordis* foi o estudo da tabela de vida da progênie. Os dados obtidos nesse estudo indicaram que houve diferenças significativas nos parâmetros de taxa líquida de reprodução (R_0), tempo médio entre geração (T), taxa intrínseca de crescimento (rm) e razão finita de aumento (λ) entre os tratamentos e o controle (Tabela 6). As progênie cujos seus parentais tiveram contato com os resíduos de imidacloprido, tiametoxam e lambda-cialotrina + tiametoxam apresentaram a taxa líquida de reprodução ($R_0 = 8,3; 7,6$ e $6,6$, respectivamente), taxa intrínseca de crescimento ($rm = 0,13; 0,15$ e $0,14$, respectivamente) e razão finita de aumento ($\lambda = 1,20$, para os três inseticidas) significativamente maior que o tratamento controle (Tabela 6). Já as progênie que os seus parentais tiveram contato com os inseticidas etofenproxi, óleos vegetal e mineral e diflubenzurom apresentaram a taxa líquida de reprodução significativamente menor que a estimada no controle ($R_0 = 1,3; 1,3; 1,4$ e $1,4$, respectivamente) (Tabela 6).

Para o parâmetro estimado da tempo médio entre gerações (T) da progênie de *E. concordis*, observa-se que todos inseticidas testados (exceto beta-cipermetrina, fenpopatrina e imidacloprido) reduziram significativamente esse parâmetro, no entanto, a redução foi mais acentuada na progênie que teve influência dos óleos mineral e vegetal (Tabela 6), e os inseticidas carbosulfano, deltametrina, diflubenzurom, etofenproxi, gama-cialotrina, os óleos mineral e vegetal e piriproxifem tiveram influência negativa nos parâmetros estimado de taxa líquida de

crescimento (rm) e razão finita de aumento (λ) da progênie do ácaro predador *E. concordis* (Tabela 6).

Nesse trabalho também foi avaliado o efeito dos inseticidas considerados mais nocivos a fase adulta de *E. concordis* sobre os ovos dessa espécie, considerada o estágio mais protegido do efeito tóxico dos agroquímicos, sendo observado que o óleo mineral interferiu significativamente sobre a viabilidade dos ovos, apresentando 84,16% de larvas eclodidas do total de ovos expostos aos resíduos, sendo que os outros tratamentos não diferiram do controle, que apresentou 100% de viabilidade (Tabela 7).

Para a obtenção de resultados mais completos a respeito da toxicidade dos inseticidas avaliados nesse trabalho, foram realizados testes de seletividade de inseticidas considerados levemente nocivos a fase adulta de *E. concordis* ao estágio de desenvolvimento de larva dessa mesma espécie, seguindo as normas estabelecidas pela IOBC/WPRS, sendo verificado ao final deste bioensaio que nenhum dos inseticidas avaliados, deltametrina, etofenproxi, piriproxi-fem e tebufenozida, causaram mortalidade significativamente diferente do controle, sendo mais uma evidência da baixa toxicidade desses inseticidas a essa espécie de ácaro predador (Tabela 8).

Tabela 5. Período médio de pré-oviposição e oviposição e a fecundidade média da progênie provenientes de fêmeas de *Euseius concordis* expostas ao contato residual de inseticidas utilizados na produção integrada de citros.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Período (média dias $\pm$ EP) ¹		Fecundidade (n° ovos fêmea ⁻¹) ²
		Pré-oviposição	Oviposição	
Controle	-	2,03 $\pm$ 0,25 c	8,82 $\pm$ 1,66 ab	8,70 $\pm$ 2,84 b
Beta-cipermetrina	30	3,25 $\pm$ 0,58 ab	7,62 $\pm$ 1,55 ab	6,25 $\pm$ 1,19 b
Carbosulfano	200	2,75 $\pm$ 0,19 ab	2,42 $\pm$ 0,79 b	2,84 $\pm$ 0,97 c
Deltametrina	7,5	3,12 $\pm$ 0,51 ab	7,62 $\pm$ 1,60 ab	5,50 $\pm$ 1,32 c
Diflubenzurom	120	4,10 $\pm$ 0,36 a	3,20 $\pm$ 0,67 b	2,50 $\pm$ 0,47 c
Espinosade	72	2,56 $\pm$ 0,15 ab	6,31 $\pm$ 1,32 b	6,31 $\pm$ 1,79 b
Etofenproxi	0,025	3,44 $\pm$ 0,29 a	3,28 $\pm$ 0,90 b	3,24 $\pm$ 0,72 c
Fenpropatrina	150	3,71 $\pm$ 0,55 a	8,86 $\pm$ 1,89 ab	5,86 $\pm$ 1,39 c
Gama-cialotrina	7,5	2,67 $\pm$ 0,21 ab	6,00 $\pm$ 1,86 b	5,33 $\pm$ 1,79 c
Imidacloprido	100	3,10 $\pm$ 0,36 ab	14,80 $\pm$ 1,86 a	13,30 $\pm$ 2,16 b
Lambda-cialotrina	10	2,12 $\pm$ 0,21 bc	6,71 $\pm$ 1,53 b	10,24 $\pm$ 1,39 b
Lambda-cialotrina + Tiametoxam	26,6 + 35,2	2,46 $\pm$ 0,14 b	12,27 $\pm$ 2,33 a	12,08 $\pm$ 1,93 b
Óleo mineral	12000	2,63 $\pm$ 0,14 ab	2,10 $\pm$ 1,16 b	2,09 $\pm$ 1,33 c
Óleo vegetal	18600	2,67 $\pm$ 0,24 ab	2,00 $\pm$ 0,82 b	2,36 $\pm$ 0,88 c
Piriproxifem	100	3,46 $\pm$ 0,44 a	4,54 $\pm$ 1,16 b	3,61 $\pm$ 1,18 c
Tebufenozida	120	3,53 $\pm$ 0,29 a	4,29 $\pm$ 0,93 b	4,75 $\pm$ 0,66 c
Tiametoxam	50	2,18 $\pm$ 0,21 bc	13,25 $\pm$ 2,09 a	16,44 $\pm$ 2,21 a
F		3,49	6,44	6,85
g.l.		16, 238	16, 238	16, 238
Valor de <i>p</i>		<0,001	<0,001	<0,001

¹Médias ($\pm$ erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição Gaussiana, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, $p < 0,05$);

²Médias ($\pm$ erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-Poisson, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, $p < 0,05$).

Tabela 6. Estimativa dos parâmetros de tabela de vida da progênie de *Euseius concordis* provenientes de fêmeas expostas aos resíduos de inseticidas utilizados na produção integrada de citros.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Parâmetro populacional ^{1,2}			
		Taxa líquida de reprodução (fêmea fêmea ⁻¹) (R_0)	Tempo médio entre gerações (dias) (T)	Taxa intrínseca de crescimento (fêmea fêmea ⁻¹ dia ⁻¹) (rm)	Razão finita de aumento (indivíduos fêmea ⁻¹ dia ⁻¹) (λ)
Controle	-	3,6 ± 0,87 b	16,1 ± 0,56 a	0,08 ± 0,002 b	1,08 ± 0,002 b
Beta-cipermetrina	30	2,8 ± 0,92 bc	14,7 ± 1,14 a	0,07 ± 0,003 b	1,07 ± 0,003 b
Carbosulfano	200	1,7 ± 0,44 bc	13,3 ± 1,20 b	0,04 ± 0,003 c	1,04 ± 0,004 c
Deltametrina	7,5	1,8 ± 0,69 bc	14,7 ± 0,44 b	0,04 ± 0,003 c	1,04 ± 0,003 c
Diflubenzurom	120	1,4 ± 0,27 c	11,2 ± 1,94 b	0,03 ± 0,003 c	1,04 ± 0,004 c
Espinosade	72	2,9 ± 0,86 bc	13,2 ± 1,12 b	0,08 ± 0,002 b	1,07 ± 0,003 b
Etofenproxi	0,025	1,3 ± 0,42 c	13,1 ± 1,77 b	0,02 ± 0,002 c	1,02 ± 0,003 c
Fenpropatrina	150	2,7 ± 0,80 bc	16,6 ± 0,83 a	0,06 ± 0,002 b	1,06 ± 0,002 b
Gama-cialotrina	7,5	1,5 ± 0,67 bc	13,5 ± 1,77 b	0,02 ± 0,002 c	1,03 ± 0,004 c
Imidacloprido	100	8,3 ± 2,09 a	16,3 ± 0,73 a	0,13 ± 0,002 a	1,20 ± 0,002 a
Lambda-cialotrina	10	4,2 ± 0,85 ab	13,0 ± 0,45 b	0,11 ± 0,002 a	1,10 ± 0,002 a
Lambda-cialotrina + Tiametoxam	26,6 + 35,2	6,6 ± 1,28 a	13,5 ± 0,49 b	0,14 ± 0,001 a	1,20 ± 0,002 a
Óleo mineral	12000	1,4 ± 0,44 c	9,6 ± 1,74 c	0,03 ± 0,003 c	1,03 ± 0,004 c
Óleo vegetal	18600	1,3 ± 0,39 c	9,6 ± 1,46 c	0,02 ± 0,002 c	1,00 ± 0,003 c
Piriproxifem	100	1,7 ± 0,53 bc	13,3 ± 2,25 b	0,03 ± 0,002 c	1,04 ± 0,003 c
Tebufenozida	120	2,4 ± 0,52 bc	12,5 ± 0,56 b	0,07 ± 0,002 b	1,07 ± 0,002 b
Tiametoxam	50	7,3 ± 1,63 a	13,2 ± 0,53 b	0,15 ± 0,002 a	1,20 ± 0,002 a

¹Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de bootstrap emparelhado ($p < 0,05$).

²Pelo teste bootstrap os dados são amontrados 40.000 vezes, sendo que o software seleciona automaticamente dados para um $p < 0,05$.

Tabela 7. Efeito de inseticidas sobre a viabilidade de ovos de *Euseius concordis*.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Viabilidade dos ovos (%) (n° de ovos n° larvas eclodidas ⁻¹) ¹
Controle	-	100,00 ± 0,00 a
Carbosulfano	200	100,00 ± 0,00 a
Cloridrato de formetanato	145,5	100,00 ± 0,00 a
Dimetoato	800	97,50 ± 2,24 ab
Espinosade	72	98,18 ± 1,63 ab
Fosmete	750	97,50 ± 2,24 ab
Imidacloprido	100	98,00 ± 1,79 ab
Óleo mineral	12000	84,16 ± 8,20 b
Tiametoxam	50	95,00 ± 4,47 ab
F		1,63
g.l		8,36
Valor de p		0,151

¹Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, $p < 0,05$).

Tabela 8. Efeito de inseticidas sobre a sobrevivência de larvas de *Euseius concordis*.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Mortalidade de larvas (%) (média ± EP) ¹
Controle	-	2,00 ± 1,79
Deltametrina	7,5	2,00 ± 1,79
Etofenproxi	0,025	10,00 ± 2,83
Piriproxi-fem	120	4,00 ± 2,19
Tebufenozida	50	2,00 ± 1,79
F		1,47
g.l		4,20
Valor de p		0,248

¹Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, $p < 0,05$).

2.4 Discussão

Os resultados obtidos no presente estudo, indicaram que os inseticidas testados afetaram parâmetros biológicos (sobrevivência e/ou reprodução) e/ou populacionais do ácaro predador *E. concordis*. A exposição de fêmeas de *E. concordis* aos resíduos de cloridrato de formetanato, dimetoato e fosmete indicou que estes agroquímicos foram altamente nocivos (100% de mortalidade) para fêmeas de ácaro predador estudado. Da mesma forma, Poletti, Collette e Omoto (2008) verificaram alta suscetibilidade de fêmeas de *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) expostas aos resíduos do cloridrato de formetanato. Para dimetoato, resultados semelhantes de alta toxicidade aguda também foi observada em fêmeas de *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae), *Hypoaspis aculeifer* (Canestrini) (Acari: Laelapidae), *Hypoaspis miles* (Berlese) (Mesostigmata: Hypoaspidae) e *Agistemus brasiliensis* (Matioli, Ueckermann & Oliveira) (Acari: Stigmaeidae) (MILES; DUTTON 2003; SILVA; OLIVEIRA; SATO, 2009). Igualmente, fosmete foi considerado altamente tóxico para fêmeas de *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma) (Acari: Phytoseiidae) e *Anystis baccharum* (Linnaeus) (Acari: Anystidae) (REIS et al., 1998; LAURIN; BOSTANIAN, 2007). A elevada toxicidade destes inseticidas pode reduzir as populações de ácaros predadores, causando desequilíbrio no agroecossistema, exigindo aplicações frequente de acaricidas para evitar o aumento populacional de ácaros-praga em pomares de citros.

Além disso, cloridrato de formetanato, dimetoato e fosmete mantiveram a sua atividade nociva por mais de 24 dias após a pulverização (DAP), o que indica que estes inseticidas são altamente persistentes e pode suprimir a população *E. concordis* e limitar o potencial do predador como agente de controle biológico de pragas de ácaros em pomares de citros no Brasil. Embora estes inseticidas sejam considerados, em primeiro momento, incompatíveis com programas de manejo integrado de pragas, eles podem ser utilizados em períodos de baixa mobilidade e densidade populacional do predador, com o objetivo de explorar a seletividade ecológica destes compostos. Em condições brasileiras, os níveis populacionais mais baixos dos ácaros predadores são observados durante o inverno e primavera (SILVA et al., 2012). Portanto, a utilização destes compostos durante este período minimiza os impactos causados sobre o ácaro predador, além de contribuir para a melhoria dos programas de rotação de ingredientes ativos e reduzir os casos de ressurgência da praga alvo de controle, os surtos de pragas secundárias e a seleção de populações de pragas resistentes aos principais inseticidas utilizados atualmente em pomares de citros (YAMAMOTO; ZANARDI, 2013; GUEDES et al., 2016; ZANARDI et al., 2016).

Como observado no presente trabalho, lambda-cialotrina também apresentou toxicidade aguda à *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) (Acari: Phytoseiidae) e às fêmeas de *I. zuluagai* (BEERS; SCHMIDT, 2014; ZANARDI et al., 2016) e fenpropatrina à *P. macropilis* (SILVA; OLIVEIRA, 2006). Carbosulfano, assim como para *E. concordis*, também foi considerado nocivo para a *Neoseiulus baraki* (Acari: Phytoseiidae) (LIMA et al., 2013). Já o óleo mineral, que neste estudo foi considerado moderadamente nocivo para o ácaro *E. concordis*, foi considerado altamente nocivo para *I. zuluagai*, causando mortalidade de 100% de fêmeas adultas que mantiveram contato residual (REIS et al., 1998). Imidacloprido, similarmente ao presente estudo, foi considerado moderadamente nocivo para fêmeas de *Tydeus californicus* (Banks) (Acari: Tydeidae) e *N. fallacis* (CASTAGNOLI et al. 2005; VILLANUEVA; WALGENBACH, 2005) e da mesma forma, tiametoxam também apresentou efeito nocivo moderado às fêmeas de *P. persimilis* e *Kampimodromus aberrans* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae) (DUSO et al., 2008; TIRELLO; POZZEBON; DUSO, 2013; DUSO et al., 2014). Ao contrário do observado nesse trabalho, imidacloprido e tiametoxam foram levemente nocivos para adultos de *I. zuluagai* (ZANARDI et al., 2016), demonstrando que *E. concordis* é mais sensível aos inseticidas neonicotinoides do que *I. zuluagai*. Essa toxicidade aguda observada pode estar associada a diferentes níveis de susceptibilidade entre as espécies de ácaros predadores, ocasionada pelas diferenças na capacidade de penetração de ingredientes ativos no tegumento de diferentes espécies e também a maior afinidade dos inseticidas piretroides e neonicotinoides ao sítio alvo (LIMA et al., 2013), ou ainda pela menor atividade alimentar do ácaro predador causada por inseticidas neonicotinoides (DE BOER et al., 2005; DUKAS, 2008). Por isso, estudos mais detalhados que explorem os impactos destes agroquímicos em ácaros predadores devem ser realizados para verificar a sua compatibilidade com os programas de manejo integrado de pragas na cultura dos citros.

Neste estudo verificou-se que os inseticidas beta-cipermetrina, imidacloprido, tiametoxam, óleo mineral e óleo vegetal reduziram a fecundidade das fêmeas expostas ao contato direto com os resíduos, sendo que, a redução nos parâmetros reprodutivos de ácaros predadores (especialmente fecundidade) tem sido frequentemente relatadas em estudos toxicológicos com inseticidas piretroides (HOYT et al., 1978; ZWICK; FIELDS, 1978; BOSTANIAN; BELANGER; RIVARD, 1985; CROFT, 1990; POLETTI; COLLETTE; OMOTO, 2008; BEERS; SCHMIDT, 2014; ZANARDI et al., 2016) e neonicotinoides (BOSTANIAN et al., 2009; BOSTANIAN et al., 2010; DÖKER et al., 2014; POZZEBON et al., 2015; ZANARDI et al., 2016). Essa menor oviposição pelas fêmeas pode também estar associado com o aumento na mobilidade do ácaro predador quando são expostos a resíduos de inseticidas piretroides (efeito irritante ou repelente) e alterações fisiológicas que afetam a formação e qualidade dos ovos

produzidos por neonicotinoides (BOSTANIAN et al., 2009; ZENG; WANG, 2010). Por outro lado, os inseticidas neonicotinoides podem ocasionar aumento significativo nos parâmetros ligados à reprodução, resultante possivelmente do efeito de hormese que estes agroquímicos causam a uma população de artrópodes (COHEN, 2006; GUEDES; MAGALHÃES; COSME, 2009; SZCZEPANIEC; RAUPP, 2013; GUEDES; CUTLER, 2014; DUKE, 2014), como foi observado no presente estudo para a fecundidade e parâmetros de tabela de vida da progênie de fêmeas de *E. concordis* que mantiveram contato residual com imidacloprido, lambda-cialotrina + tiametoxam e tiametoxam. Da mesma forma, Smith et al. (2013) determinaram que a fecundidade de *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae) foi aumentada em ~ 70% após aplicações foliares de tiametoxam em algodoeiro. Da mesma forma, James (1997) verificou que a fecundidade do ácaro *Amblyseius victoriensis* (Womersley) (Acari: Phytoseiidae) foi significativamente superior após fêmeas manterem contato com resíduo de imidacloprido. Este incremento na fecundidade ocasionada por neonicotinoides pode ser decisivo na permanência deste inimigo natural em áreas de uso intenso de agroquímicos.

Já os agroquímicos diflubenzuron, etofenproxi, óleo vegetal e óleo mineral afetaram negativamente os parâmetros estimados de tabela de vida da progênie, ressaltando a importância de estimar esses parâmetros para organismos benéficos como forma de auxiliar na compreensão dos efeitos sobre a densidade e dinâmica populacional (GUEDES; MAGALHÃES; COSME, 2009; ZANARDI et al., 2016), assegurando informações que direcionem na escolha dos agroquímicos usados na área, evitando o completo desaparecimento destes organismos (STARK; BANKS, 2003), e os decorrentes desequilíbrios no agroecossistema (YAMAMOTO; ZANARDI, 2013).

Ressalta-se também que, neste trabalho, os inseticidas diflubenzuron, gama-cialotrina, fenprotrina, imidacloprido, lambda-cialotrina, óleo mineral, óleo vegetal e tiametoxam que, apesar de terem apresentado alta toxicidade aos adultos do ácaro *E. concordis*, apresentaram baixa persistência, pois 3 dias após a pulverização (DAP) já foram observadas baixa mortalidade nesses tratamentos. Da mesma forma, Zanardi et al. (2016) verificaram que imidacloprid e thiamethoxam apresentaram baixa persistência do efeito nocivo ao ácaro *I. zuluagai*, e esses autores destacam que utilização de agroquímicos de baixa persistência é um aliado importante na integração dos controles biológico e químico, já que esses produtos de baixa persistência apresentam um efeito pontual, mantendo-se por pouco tempo causando efeitos letais (praga e inimigo natural), permitindo a breve recolonização do ácaro benéfico na área.

Com base nos efeitos agudos dos inseticidas sobre fêmeas de *E. concordis*, os resultados revelaram que agroquímicos etofenproxi, piriproxi-fem e tebufenozida foram classificados como

levemente nocivo, podendo ser utilizados em pomares com o objetivo de preservar as populações de *E. concordis*. Similarmente, Kaplan, Yorulmaz e Ay (2012) verificaram que o piriproxifem foi considerado inócuo para larvas e levemente nocivo para fêmeas adultas de *N. californicus*. Da mesma forma, foi relatado baixa toxicidade do tebufenozida ao ácaro predador *Amblyseius andersoni* (Chant) (Acari: Phytoseiidae), não afetando o crescimento populacional deste ácaro predador em campo (POZZEBON et al., 2015), assim como o observado para população *Euseius victoriensis* (Womersley) (Acari: Phytoseiidae) (BERNARD et al., 2010). A baixa toxicidade de piriproxifem e tebufenozida aos ácaros predadores pode estar relacionado à ação específica desses inseticidas à algumas ordens de artrópodes-praga, sendo que piriproxifem é um mímico sintético do hormônio juvenil (HJ), agindo especificamente na inibição da síntese natural desse hormônio pelas *corpora allata* de insetos, estimulando a atividade de HJ endógeno e provocando uma forte supressão da embriogênese, metamorfose e formação dos adultos (ISHAAYA et al., 1994; TOSCANO et al., 2001), já tebufenozida, mimetiza o hormônio ecdisona, agindo especificamente sobre a fase larval de lepidópteros, ocasionando mortalidade pela ecdise prematura (DHADIALLA; CARLSON; LE, 1998; CARLSON, 2000).

Os resultados obtidos neste trabalho também indicaram que os inseticidas que foram considerados nocivos aos adultos de *E. concordis*, carbosulfato, cloridrato de formetanato, dimetoato, espinosade, fosmete, imidacloprido, óleo mineral e tiametoxam, não afetaram o desenvolvimento e sobrevivência do embrião, resultados estes também observado por Holland e Chapman (1994) e Oliveira (1998) que avaliaram a toxicidade de esfenvalerate e deltametrina sobre diferentes estádios de desenvolvimento de *Tetranychus urticae* (Koch) e *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae), respectivamente. No entanto, esses inseticidas reduziram a sobrevivência dos ácaros, sendo observada maior mortalidade nos estágios imaturos, assim como foi observado no presente estudo, que após a eclosão ocorreu alta mortalidade das larvas ao terem contato com os resíduos. A maior susceptibilidade dos estágios imaturos aos inseticidas do grupo piretroides é conferida, em hipótese, ao menor grau de esclerotização da cutícula, que constitui a barreira de defesa dos ácaros aos agroquímicos (ZANARDI et al., 2015).

Os resultados obtidos neste estudo contribuem para o entendimento da abundância e da dinâmica populacional do ácaro predador no agroecossistema após a aplicação de agroquímicos, auxiliando na definição de estratégias de manejo que visam integrar o controle químico aliado ao biológico nos pomares de citros. Dentre os inseticidas testados, destacam-se piriproxifem, tebufenozida e etofenproxi, podendo integrar programas de manejo de pragas em citros, pois, além de causar baixa mortalidade de fêmeas adultas de *E. concordis*, não afetaram

significativamente a fertilidade e fecundidade, o tempo de duração das fases de desenvolvimento da progênie.

2.5 Conclusões

Os inseticidas fosmete, cloridrato de formetanato e carbosulfano apresentam alta toxicidade aos adultos do ácaro predador *E. concordis*;

Os inseticidas beta-cipermetrina, deltametrina, etofenproxi, piriproxi-fem e tebufenozida são os menos nocivos aos adultos de *E. concordis*;

Os inseticidas fosmete, cloridrato de formetanato e carbosulfano apresentam alta persistência do efeito nocivo (> 30 DAP);

Os inseticidas gama-cialotrina, imidacloprido, lambda-cialotrina + tiametoxam, óleo mineral, óleo vegetal e tiametoxam apresentam baixa persistência do efeito nocivo (< 5 DAP);

A progênie de *E. concordis* que tiveram influência dos inseticidas imidacloprido, tiametoxam e lambda-cialotrina + tiametoxam apresentam valores estimados de taxa líquida de reprodução (R_0), taxa intrínseca de crescimento (rm) e razão finita de aumento (λ) maiores que os do controle;

Os óleos mineral e vegetal reduziram o tempo médio entre gerações (T) da progênie do ácaro predador *E. concordis*;

A progênie do ácaro *E. concordis* que teve influência dos inseticidas carbosulfano, deltametrina, diflubenzurom, etofenproxi, gama-cialotrina, piriproxi-fem e dos óleos mineral e vegetal tem a estimativa da taxa líquida de crescimento (rm) e da razão finita de aumento (λ) reduzida.

Referências

- ABBES, K.; BIONDI, A.; KURTULUS, A.; RICUPERO, M.; RUSSO, A.; SISCARO, G.; CHERMITI, B.; ZAPPALÀ, L. Combined non-target effects of insecticide and high temperature on the parasitoid *Bracon nigricans*. **Plos One**, San Francisco, v. 10, n. 9, p. e0138411, 2015.
- ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 18, n. 1, p. 265-267, 1925.

- ALBUQUERQUE, F.A.; MORAES, G.J. de. Perspectivas para a criação massal de *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 37, n. 3, p. 328-333, 2008.
- ASPLEN, M.K.; ANFORA, G.; BIONDI, A.; CHOI, D-S.; CHU, D.; DAANE, K.M.; GIBERT, P.; GUTIERREZ, A.P.; HOELMER, K.A.; HUTCHISON, W.D.; ISAACS, R.; JIANG, Z-L.; KÁRPÁTI, Z.; KIMURA, M.T.; PASCUAL, M.; PHILIPS, C.R.; PLANTAMP, C.; PONTI, L.; VÉTEK, G.; VOGT, H.; WALTON, V.M.; YU, Y.; ZAPPALÀ, L.; DESNEUX, N. Invasion biology of spotted wing Drosophila (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. **Journal of Pest Science**, Berlin, v. 88, n. 3, p. 469-494, 2015.
- BAKKER, F.M.; JACAS, J.A. Pesticides and phytoseiid mites: Strategies for risk assessment. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 32, n. 1, p. 58–67, 1995.
- BEERS, E.H.; SCHMIDT, R.A. Impacts of orchard pesticides on *Galendromus occidentalis*: lethal and sublethal effects. **Crop Protection**, Guildford, v. 56, p. 16-24, 2014.
- BERNARD, M.B.; COLE, P.; KOBELT, A.; HORNE, P.A.; ALTMANN, J.; WRATTEN, S.D.; YEN, A.L.; ALAN, L. Reducing the impact of pesticides on biological control in Australian vineyards: pesticide mortality and fecundity effects on an indicator species, the predatory mite *Euseius victoriensis* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 103, n. 6, p. 2061–2071, 2010.
- BIONDI, A.; DESNEUX, N.; SISCARO, G.; ZAPPALÀ, L. Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: selectivity and side effects of 14 pesticides on predator *Orius laevigatus*. **Chemosphere**, Oxford, v. 87, n. 7, p. 803-812, 2012.
- BIONDI, A.; CAMPOLO, O.; DESNEUX, N.; SISCARO, G.; PALMERI, V.; ZAPPALÀ, A. Life stage-dependent susceptibility of *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae) to two pesticides commonly used in citrus orchards. **Chemosphere**, Oxford, v. 128, p. 142-147, 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 12 set. 2013.
- BOSTANIAN, N.J.; BELANGER, A.; RIVARD, I. Residues of four synthetic pyrethroids and azinphos-methyl on apple foliage and their toxicity to *Amblyseius fallacis* (Acari: Phytoseiidae). **The Canadian Entomologist**, Quebec, v. 117, n. 2, p. 143-152, 1985.

- BOSTANIAN, N.J.; THISTLEWOOD, H.M.A.; HARDMAN, J.M.; LAURIN, M.C.; RACETTE, G. Effect of seven new orchard pesticides on *Galendromus occidentalis* in laboratory studies. **Pest Management Science**, Sussex, v. 65, n. 6, p. 635-639, 2009.
- BOSTANIAN, N.J. HARDMAN, J.M.; THISTLEWOOD, H.A.; RACETTE, G. Effects of six selected orchard insecticides on *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) in the laboratory. **Pest Management Science**, Sussex, v. 66, n. 11, p. 1263-1267, 2010.
- CORDEIRO, E.M.G.; MOURA, I.L.T.; FADINI, M.A.M.; GUEDES, R.N.C. Beyond selectivity: are behavioral avoidance and hormesis likely causes of pyrethroid-induced outbreaks of the Southern red mite *Oligonychus ilicis*? **Chemosphere**, Oxford, v. 93, n. 6, p. 1111-1116, 2013.
- CARLSON, G.R. Tebufenozide: a novel caterpillar control agent with unusually high target selectivity. In: ANASTAS, P.T.; HEINE, L.G.; WILLIAMSON, T.C. (Eds). **Green Chemical Synthesis and Processes**. Washington: American Chemical Society, 2000. p. 8-17.
- CASTAGNOLI, M.; LIGUORI, M.; SIMONI, S.; DUSO, C. Toxicity of some insecticides to *Tetranychus urticae*, *Neoseiulus californicus* and *Tydeus californicus*. **BioControl**, Dordrech, v. 50, n. 4, p. 611-622, 2005.
- CHI, H.; LIU, H. Two new methods for the study of insect population ecology. **Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica**, Taipei, v. 24, n. 2, p. 225-240, 1985.
- CHI, H. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. **Environmental Entomology**, College Park, v. 17, n. 4, p. 26-34, 1988.
- CHI, H. **TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis**, 2012. Disponível em: <<http://www.140.120.197.173/Ecology/>>. Download em: 07 jun. 2014.
- COHEN, E. Pesticides-mediated homeostatic modulation in arthropods. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 85, n. 1, p. 21-27, 2006.
- HOLLAND, J.M.; CHAPMAN, R.B. A comparison of the toxic and sub-lethal effects of fluvalinate and esfenvalerate on the twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 18, n. 1, p.3-22, 1994.
- LAURIN, M.-C.; BOSTANIAN, N.J. Laboratory studies to elucidate the residual toxicity of eight insecticides to *Anystis baccarum* (Acari: Anystidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 100, n. 4, p. 1210-1214, 2007.

- OLIVEIRA, C.A.L. Efeito de deltametrina na biologia de *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) em laboratório. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.27, n. 3, p.459-467, 1998.
- COSTA, M.A.; MOSCARDINI, V.F.; GONTIJO, P.C.; CARVALHO, G.A.; OLIVEIRA, R.L.; OLIVEIRA, H.N. Sublethal and transgenerational effects of insecticides in developing *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ecotoxicology**, London, v. 23, n. 8, p. 1399-1408, 2014.
- CROFT, B.A. Arthropod biological control agents and pesticides. New York: John Wiley & Sons, 1990. 723p.
- CROFT, B.A.; BLACKWOOD, J.S.; McMURTRY, J.A. Classifying life-style types of phytoseiid mites: diagnostic traits. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 33, n. 4, p. 247-260, 2004.
- CUTLER, G.C.; RAMANAIDU, K.; ASTATKIE, T.; ISMAN, M.B. Green peach aphid, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae), reproduction during exposure to sublethal concentrations of imidacloprid and azadirachtin. **Pest Management Science**, Sussex, v. 65, n. 2, p. 205–209, 2009.
- DE BOER, J.G.; SNOEREN, T.A.L.; DICKE, M. Predatory mites learn to discriminate between plant volatiles induced by prey and nonprey herbivores. **Animal Behaviour**, London, v. 69, n. 4, p. 869-879, 2005.
- DESNEUX, N.; WAJNBERG, E.; FAUVERGUE, X.; PRIVET, S.; KAISER, L. Oviposition behaviour and patch-time allocation in two aphid parasitoids exposed to deltamethrin residues. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 112, n. 3, p. 227-235, 2004.
- DESNEUX, N.; O'NEIL, R.J.; YOO, H.J.S. Suppression of population growth of the soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura, by predators: the identification of a key predator and the effects of prey dispersion, predator abundance, and temperature. **Environmental Entomology**, College Park, v. 35, n. 5, p. 1342–1349, 2006.
- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J.M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 52, p. 81-106, 2007.
- DHADIALLA, T.S.; CARLSON, G.R.; LE, D.P. New insecticides with ecdysteroidal and juvenile hormone activity. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 43, p. 545-569, 1998.
- DÖKER, I.; PAPPAS, M.L.; SAMARAS, K.; TRIANTAFYLLOU, A.; KAZAC, C. BROUFAS, G.D. Compatibility of reduced-risk insecticides with the non-target predatory mite *Iphiseius*

- degenerans* (Acari: Phytoseiidae). **Pest Management Science**, Sussex, v. 71, n. 9, p. 1267-1273, 2014.
- DUKAS, R. Evolutionary biology of insect learning. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 53, p. 145-160, 2008.
- DUKE, S.O. Hormesis with Pesticides. **Pest Management Science**, Sussex, v. 70, n. 5, p. 689, 2014.
- DUSO, C.; MALAGNINI, V.; POZZEBON, A.; CASTAGNOLI, M.; LIGUORI, M.; SIMONI, S. Comparative toxicity of botanical and reduced-risk insecticides to Mediterranean populations of *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae). **Biological Control**, Orlando, v. 47, n. 1, p. 16-21, 2008.
- DUSO, C.; AHMAD, S.; TIRELLO, P.; POZZEBON, A.; KLARIC, V. BALDESSARI, M.; MALAGNINI, V.; ANGELI, G. The impact of insecticides applied in apple orchards on the predatory mite *Kampimodromus aberrans* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 62, n. 3, p. 391- 414, 2014.
- DUTCHER, J.D. A review of resurgence and replacement causing pest outbreaks in IPM. In: CIANCIO, A.; MUKERJI, K.G. (Ed). **General Concepts in Integrated Pest and Disease Management**. Amsterdam: Springer, 2007. Chap. 2, p. 27-43.
- EFRON, B.; TIBSHIRANI, R.J.A. **An introduction to the bootstrap**. New York: London, 1993. v. 1. 430p.
- GENTZ, M.C; MURDOCH, G; KING, G.F. Tandem use of selective insecticides and natural enemies for effective, reduced-risk pest management. **Biological Control**, Orlando, v. 52, n. 3, p. 208-215, 2010.
- GRAFTON-CARDWELL, E.E.; OUYANG, Y. Influence of citrus leaf nutrition on survivorship, sex ratio, and reproduction of *Euseius tularensis* (Acari: Phytoseiidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 25, n. 5, p. 1020-1025, 1996.
- GUEDES, R.N.C.; MAGALHÃES, L.C.; COSME, L.V. Stimulatory sublethal response of a generalist predator to permethrin: hormesis, hormoligosis, or homeostatic regulation? **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 102, n. 1, p.170-176, 2009.
- GUEDES, R.N.C.; CUTLER, G.C. Insecticides-induced hormesis and arthropod pest management. **Pest Management Science**, Sussex, v. 70, n. 5, p. 690-697, 2014.
- GUEDES, R.N.C.; SMAGGHE, G.; STARK, J.D.; DESNEUX, N. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 61, p.43-62, 2016.

- HASSAN, S.A.; BIGLER, F.; BOGENSCHUTZ, H.; BOLLER, E.; BRUN, J.; CALIS, J.N.M.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HELYER, N.; HOKKANEN, H.; LEWIS, G.B.; MANSOUR, F.; MORETH, L.; POLGAR, L.; SAMSØE-PETERSEN, L.; SAUPHANOR, B.; STAUBLI, A.; STERK, G.; VAINIO, A.; VAN DE VEIRE, M.; VIGGIANI, G.; VOGT, H. Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS – Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". **Entomophaga**, Paris, v. 39, n. 1, p. 107-119, 1994.
- HASSAN, S.A.; ABDELGADER, H.A. sequential testing program to assess the effects of pesticides on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). **IOBC/WPRS Bulletin**, Versailles, v. 24, n. 4, p. 71-81, 2001.
- HENDERSON, C.F.; TILTON, E. W. Tests with acaricides against the brow wheat mite. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 48, p. 157-161, 1955.
- HINDE, J.; DEMÉTRIO, C. Overdispersion: models and estimation. **Computational Statistics and Data Analysis**, Amsterdam, v. 27, n. 2, p. 151–170, 1998.
- HOYT, S.C.; WESTIGARD, P.H.; BURTS, E.C. Effects of two synthetic pyrethroids on the codling moth, pear psylla, and various mite species in Northwest apple and pear orchards. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 71, n. 3, p. 431-434, 1978.
- HUANG, Y.B.; CHI, H. Age-stage, two-sex life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) with a discussion on the problem of applying female age-specific life tables to insect populations. **Insect Science**, Elmsford, v. 19, n. 2, p. 263-273, 2012.
- ISHAAYA, I.; DE COCK, A.; DEGHEELE, D. Pyriproxyfen, a potent suppressor of egg hatch and adult formation of the greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 87, n. 5, p. 1185-1189, 1994.
- JAMES, D.G. Imidacloprid increase egg production in *Amblyseius victoriensis* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 21, n. 2, p. 75-82, 1997.
- JOHNSON, M.W.; TABASHNIK, B.E. Enhanced biological control through pesticide selectivity, p. 297-317. In: BELLOWS, T.S.; FISHER, T.W. (Eds.), **Handbook of biological control**. San Diego: Academic Press, 1999. 1046p.
- LIMA, D.B.; MONTEIRO, V.B.; GUEDES, R.N.C.; SIQUEIRA, H.A.A.; PALLINI, A.; GONDIM, M.G.C. Acaricide toxicity and synergism of fenpyroximate to the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. **BioControl**, Dordrecht, v. 58, n. 5, p. 595-605, 2013.
- KAPLAN, P.; YORULMAZ, S.; AY, R. Toxicity of insecticides and acaricides to the predatory mite *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **International Journal of Acarology**, Oak Park, v. 38, n. 8, p. 699–705, 2012.

- LU, Y.; WU, K.; JIANG, Y.; GUO, Y.; DESNEUX, N. Widespread adoption of Bt cotton and insecticide decrease promotes biocontrol services. **Nature**, London, v. 487, p. 362-365, 2012.
- MAOZ, Y.; GAL, S.; ARGOV, Y.; DOMERATZKY, S.; MELAMED, E.; GAN-MOR, S.; COLL, M.; PALEVSKY, E. Efficacy of indigenous predatory mites (Acari: Phytoseiidae) against the citrus rust mite *Phyllocoptruta oleivora* (Acari: Eriophyidae): augmentation and conservation biological control in Israeli citrus orchards. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 63, n. 3, p. 295-312, 2014.
- MATIOLI, A.L.; OLIVEIRA, C.A.L. de. Biologia de *Agistemus brasiliensis* Matioli, Ueckermann & Oliveira (Acari: Stigmaeidae) e sua potencialidade de predação sobre *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 557-582, 2007.
- McMURTRY, J.A.; CROFT, B.A. Life styles of phytoseiid mites and their roles as biological control agents. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 42, p. 291-321, 1997.
- MEISSE, M.; MOURON, P.; MUSA, T.; BIGLER, F.; PONS, X.; VASILEIADIS, V.P.; OTTO, S.; ANTICHI, D.; KISS, J.; PA'LINKA'S, Z.; DORNER, Z.; VAN DER WEIDE, R.; GROTEN, J.; CZEMBOR, E.; ADAMCZYK J.; THIBORD, J.B.; MELANDER, B.; NIELSEN, G.C.; POULSEN, R.T.; ZIMMERMANN, O.; VERSCHWELE, A.; OLDENBURG, E. Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 134, n. 5, p.357–375, 2010.
- MILES, M.; DUTTON, R. Testing the effects of spinosad to predatory mites in laboratory, extended laboratory, semi-weld and weld studies. **Pesticides and Beneficial Organisms, IOBC/WPRS Bulletin**, Avignon, v. 26, n. 5, p. 9–20. 2003.
- MORAES, G.J. de. Controle biológico de ácaros fitófagos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15, n. 167, p. 56-62, 1991.
- MORAES, G. J. de. Controle biológico de ácaros fitófagos com ácaros predadores. In: PARRA, J.R.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Eds). **Controle biológico no Brasil - parasitóides e predadores**. Manole: Barueri, 2002. p. 225-237.
- MORAES, G. J. de; FLECHTMAN, C.H.W. Aspectos biológicos dos principais grupos de ácaros de importância agrícola. In: MORAES, G.J. de; FLECHTMAN, C.H.W. (Eds.) **Manual de Acarologia: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil**. Holos: Ribeirão Preto, 2008. 73p.
- NELDER, J.A.; WEDDERBURN, R.W.M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v. 135, p. 370-384, 1972.

- POLETTI, M.; MAIA, A.H.; OMOTO, C. Toxicity of neonicotinoid insecticides to *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) and their impact on functional response to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Biological Control**, Orlando, v. 40, n. 1, p. 30–36, 2007.
- POLETTI, M.; COLLETTE, L.P.; OMOTO, C. Compatibilidade de agrotóxicos com os ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae). **BioAssay**, Piracicaba, v. 3, n. 3, p. 14, 2008.
- POZZEBON, A.; BORGIO, M.; DUSO, C. The effects of fungicides on non-target mites can be mediated by plant pathogens. **Chemosphere**, Oxford, v. 79, n. 1, p. 8-12, 2010.
- POZZEBON, A.; TIRELLO, P.; MORET, R.; PEDERIVA, M.; DUSO, C. A Fundamental step in IPM on grapevine: evaluating the side effects of pesticides on predatory mites. *Insects*, Basel, v. 6, n. 4, p. 847-857, 2015.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. 2014.
- REIS, P.R.; CHIAVEGATO, L.G.; MORAES, G.J. de; ALVES, E.B.; SOUSA, E.O. Seletividade de agroquímicos ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 265-274. 1998.
- REIS, P.R.; FRANCO, R.A.; SILVA, F.M.A. Selectivity of rynaxypyr for three species of phytoseiid mites relevant to coffee in Brazil. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 3, p. 212-216, 2011.
- RODRIGUES, A.R.S. TORRES, J.B.; SIQUEIRA, H.A.A.; LACERDA, D.P.A. Inheritance of lambda-cyhalothrin resistance in the predator lady beetle *Eriopsis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control**, Orlando, v. 64, n. 3, p. 217-224. 2013.
- ROUBOS, C.R.; RODRÍGUEZ-SAONA, C.; ISAACS, R. Mitigating the effects of insecticides on arthropod biological control at field and landscape scales. **Biological Control**, Orlando, v. 75, p. 28–38, 2014.
- SATO, M.E. Perspectivas do uso de ácaros predadores no controle biológico de ácaros-praga na citricultura. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 26, n. 2, p. 291-305, 2005.
- SILVA, M.Z. da; SATO, M.E; OLIVEIRA, C.A.L.; VERONEZ, B. Toxicidade de agroquímicos ao ácaro-da-leprose dos citros *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) e ao ácaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Tenuipalpidae, Phytoseiidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 3, p. 363-370, 2012.

- SILVA, M.Z. da; SATO, M.E.; OLIVEIRA, C.A.L. de. Diversidade e dinâmica populacional de ácaros em pomar cítrico. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 210-218, 2012.
- SILVA, M.Z. da; OLIVEIRA, C.A.L. de; SATO, M.E. Seletividade de produtos fitossanitários sobre o ácaro predador *Agistemus brasiliensis* Matioli, Ueckermann & Oliveira (Acari: Stigmaeidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 388-396, 2009.
- SILVA, M.Z. da; OLIVEIRA, C.A.L. de. Toxicidade de alguns agrotóxicos recomendados na citricultura sobre *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 085-090, 2007.
- SILVA, M.Z. da; OLIVEIRA, C.A.L. de. Seletividade de alguns agrotóxicos em uso na citricultura ao ácaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 205-208, 2006.
- SMITH, J.F.; CATCHOT, A.L.; MUSSER, F.R.; GORE, J. Effects of aldicarb and neonicotinoid seed treatments on twospotted spider mite on cotton. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 106, n. 2, p. 807-815, 2013.
- SOUTHWOOD, T.R.E.; HENDERSON, P.A. Ecological Methods. 3. ed. Oxford: Blackwell Science, 2000. 575p.
- STARK, J.D.; BANKS, J.E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 48, p. 505-519, 2003.
- STAVRINIDES, M.C.; MILLS, N.J. Demographic effect of pesticides on biological control of Pacific spider mite (*Tetranychus pacificus*) by the western predatory mite (*Galendromus occidentalis*). **Biological Control**, Orlando, v. 48, n. 3, p. 267-273. 2009.
- STERK, G.; HASSAN, S.A.; BAILLOD, M.; BAKKER, F.; BIGLER, F.; BLÜMEL, S.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BROMAND, B.; BRUN, J.; CALIS, J.N.M.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; GARRIDO, A.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HOKKANEN, H.; JACAS, J.; LEWIS, G.; MORETH, L.; POLGAR, L.; ROVERSTI, L.; SAMSOE-PETERSEN, L.; SAUPHANOR, B.; SCHAUB, L.; STÄUBLI, A.; TUSET, J.J.; VAINIO, A.; VAN DE VEIRE, M.; VIGGIANI, G.; VIÑUELA, E.; VOGT, H. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group “Pesticides and Beneficial Organisms”. **BioControl**, Dordrecht, v. 44, n. 1, p. 99-117, 1999.
- SZCZEPANIEC, A.; CREARY, S.F.; LASKOWSKI, K.L.; NYROP, J.P.; RAUPP, M.J. Neonicotinoid insecticide imidacloprid causes outbreaks of spider mites on elm trees in urban landscapes. **Plos One**, San Francisco, v. 6, n. 2, p. e20018, 2011.

- SZCZEPANIEC, A.; RAUPP, M.J. Direct and indirect effects of imidacloprid on fecundity and abundance of *Eurytetranychus buxi* (Acari: Tetranychidae) on boxwoods. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 59, n. 3, p. 307-308, 2013.
- TEODORO, A.V.; FADINI, M.A.M.; LEMOS, W.R.P.; GUEDES, R.N.C.; PALLINI, P. Lethal and sub-lethal selectivity of fenbutatin oxide and sulfur to the predator *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) and its prey, *Oligonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae), in Brazilian coffee plantations. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 36, n. 1-2, p. 61-70, 2005.
- TIRELLO, P.; POZZEBON, A.; DUSO, C. The effect of insecticides on the non-target predatory mite *Kampimodromus aberrans*: laboratory studies. **Chemosphere**, Oxford, v. 93, n. 6, p. 1139-1144, 2013.
- TOSCANO, N.C.; PRABHAKER, N.; CASTLE, S.J.; HENNEBERRY, T.J. Interregional differences in baseline toxicity of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) to the insect growth regulators, buprofezin and pyriproxifen. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 94, n. 6, p. 1538-1546, 2001.
- TUELHER, E.S.; VERNON, M.; GUEDES, R.N.C.; PALLINI, A. Toxicity of organic-coffee-approved products to the Southern red mite *Oligonychus ilicis* and to its predator *Iphiseiodes zuluagai*. **Crop Protection**, Guildford, v. 55, n. 1, p. 28-34, 2014.
- VAN DE VEIRE, M.; STERK, G.; VAN DER STAAL, M.; RAMAKERS, P.M.J.; TIRRY, L. Sequential testing scheme for the assessment of the side-effects of plant protection products on the predatory bug *Orius laevigatus*. **BioControl**, Dordrecht, v. 47, n. 1, p. 101-113, 2002.
- VILLANUEVA, R.T.; WALGENBACH, J.F. Development, oviposition, and mortality of *Neoseiulus fallacis* (Acari: Phytoseiidae) in response to reduced-risk insecticides. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 98, n.6, p. 2114-2120, 2005.
- YAMAMOTO, P.T.; PINTO, A. de S.; PAIVA, P.E.B.; GRAVENA, S. Seletividade de produtos fitossanitários aos inimigos naturais de pragas dos citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 13, n. 2, p. 693-708, 1992.
- YAMAMOTO, P.T.; ZANARDI, O.Z. Atualização de manejo do ácaro purpúreo *Panonychus citri*. **Revista Citricultura Atual**, Cordeirópolis, v. 96, p. 16-17, 2013.
- ZANARDI, O.Z.; RIBEIRO, L.P.; ANSANTE, T.F.; SANTOS, M.S.; BORDINI, G.P.; YAMAMOTO, P.T.; VENDRAMIM, J.D. Bioactivity of a matrine-based biopesticide against four pest species of agricultural importance. **Crop Protection**, Guidford, v.67, p. 160-167, 2015.

- ZANARDI, O.Z.; BORDINI, G.P.; FRANCO, A.A.; JACOB, C.R.O.; YAMAMOTO, P.T. Sublethal effects of pyrethroid and neonicotinoid insecticides on *Iphiseiodes zuluagai* Denmark and Muma (Mesostigmata: Phytoseiidae). **Ecotoxicology**, London, 2016 (*in press*).
- ZENG, C.X.; WANG, J.J. Influence of exposure to imidacloprid on survivorship reproduction and vitellin content of the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus*. **Journal of Insect Science**, Arizona, v. 10, n. 20, p. 1-9, 2010.
- ZAPPALÀ, L.; BIONDI, A.; ALMA, A.; AL-JBOORY, I.J.; ARNÒ, J.; BAYRAM, A.; CHAILLEUX, A.; EL-ARNAOUTY, A.; GERLING, D.; GUENAOUI, Y.; SHALTIEL-HARPAZ, L.; SISCARO, G.; STAVRINIDES, M.; TAVELLA, L.; AZNAR, R.V.; URBANEJA, A.; DESNEUX, N. Natural enemies of the South American moth, *Tuta absoluta*, in Europe, North Africa and Middle East, and their potential use in pest control strategies. **Journal of Pest Science**, Berlin, v. 86, n. 4, p. 635-647, 2013.
- ZHAN, Y.; FAN, S.; ZHANG, M.; ZALOM, F. Modelling the effect of pyrethroid use intensity on mite population density for walnuts. **Pest Management Science**, Sussex, v. 71, n. 1, p. 159-164, 2015.
- ZWICK, R.W.; FIELDS, G.J. Field and laboratory evaluation of fenvalerate against several insect and mite pests of apple and pear in Oregon. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 71, n. 5, p. 793-796, 1978.

3 IMPACTO DE ACARICIDAS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO INTEGRADA DE CITROS SOBRE *Euseius concordis* (CHANT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

Resumo

Na citricultura brasileira é empregado uma grande quantidade de acaricidas para controlar os inúmeros ácaros-praga que causam danos econômicos nesta cultura, no entanto, o uso destes agroquímicos podem comprometer a manutenção dos ácaros predadores encontrados abundantemente nestes pomares, como o ácaro *Euseius concordis* (Chant) (Acari: Phytoseiidae), predador eficiente de várias espécies de ácaros fitófagos. Para tanto o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos letal sobre ovos, larvas e adultos e subletais sobre adultos, a persistência do efeito nocivo destes produtos a este ácaro assim como interferência dos acaricidas na tabela de vida da progênie dos ácaros que mantiveram o contato residual (efeito transgeracional). Os nossos resultados indicaram que os acaricidas enxofre, fenpiroximato e propargito foram altamente nocivos ao predador *E. concordis*, causando mortalidades, 76, 84 e 100%, respectivamente. Sendo que estes três acaricidas classificados como moderadamente persistente (mortalidade superior a 25% em período de 16-30 dias após a pulverização). Já o acaricida espiroclorfenol e flufenoxurom foram considerados levemente nocivos e etoxazol como inócuo às fêmeas de *E. concordis*. Outras informações importantes deste estudo é que o propargito além de causar efeitos negativos aos adultos que mantiveram contato direto com os resíduos, este ocasionou também interferências transgeracionais, reduzindo a duração média de vida de adultos fêmea e macho da progênie. Já o acaricida etoxazol, que não foi considerado nocivo aos adultos do ácaro em estudo, causou mortalidade de 100% das larvas da progênie e esta toxicidade a este estágio foi confirmada nos bioensaios avaliando o efeito residual do etoxazol sobre larvas. Os parâmetros estimados de tabela de vida da progênie foram alterados pelo enxofre e propargito, que reduziram o tempo médio entre gerações (T) e pelo espiroclorfenol, que reduziu a razão finita de aumento (λ). Estes resultados demonstram a importância de avaliar a seletividade de agroquímicos, tanto efeitos os efeitos letais e subletais, como também avaliar os efeitos transgeracionais, proporcionando informações mais completas sobre o implicações do uso de determinados acaricidas sobre a população de um inimigo natural, garantindo maior segurança na recomendação de produtos menos nocivos para o uso em uma área que preconiza o manejo integrado de pragas, associando com segurança o controle químico e biológico.

Palavras-chave: Phytoseiidae; Coeficiente de redução; Inócuo; Ação larvicida; Taxa intrínseca de crescimento; Proles

Abstract

The brazilian citriculture uses large amounts of acaricides to control many pest mites that causes economic damage in this culture; however, the use of these pesticides can compromise the maintenance of predatory mites abundantly found in

these groves, such as *Euseius concordis* (Chant) (Acari: Phytoseiidae), efficient predator of many species of phytophagous mites. Therefore, the purpose of the present study were to evaluate the lethal effects on eggs, larvae and adults; sublethal on adults; and the persistence of the harmful effects of these products to this mite, as well as interference of acaricides in life table progeny of mites that have maintained residual contact (transgenerational effect). Our results indicated that sulfur acaricides, fenpyroximate and propargite were highly harmful to the predator *E. concordis*, causing mortalities of 76, 84 and 100%, respectively. These three acaricides showed harmful effect and moderately persistent (mortality exceeding 25% in a period of 16-30 days after spraying). The acaricide spiroticlofen and flufenoxuron were considered slightly harmful. Etoxazol is harmless to *E. concordis* females. Another important information from this study, is that the propargite, besides having caused negative effects on adults that have maintained direct contact with the residues, also caused transgenerational interference, reducing the mean duration of the progenie female and male adult lives. But the etoxazole acaricide, which was not considered harmful to adult mite under study, caused 100% mortality of larvae of progeny, and this toxicity at this stage was confirmed in bioassays evaluating the residual effect of etoxazol on larvae. The estimated parameters of the progeny of the life table were changed by sulfur and propargite, which reduced the mean generation time (T) and the spiroticlofen, which reduced the finite rate of increase (λ). These results demonstrate the importance of evaluating the selectivity of agrochemicals, both the lethal and sublethal effects, as well as evaluating the transgenerational effects, providing more complete information on the implications of the use of certain acaricides on the population of a natural enemy, ensuring greater safety on the recommendation of less harmful products to be used in an area which would include integrated pest management, associating safe chemical control and biological control.

Keywords: Phytoseiidae; Reduction coefficient; Harmless; Larvicidal action; Intrinsic rate of increase; Offspring

3.1 Introdução

A citricultura brasileira e mundial é acometida por um relevante número de espécies de ácaros fitófagos, que causam danos diretos, aos frutos ou folhas, ou indiretos, pela transmissão de doenças, como as causadas por vírus (CASSINO; RODRIGUES, 2004). No Brasil são relatadas cerca de doze espécies de ácaros fitófagos de importância econômica, pertencentes principalmente às famílias Tetranychidae, Tenuipalpidae, Eriophyidae e Tarsonemidae (MORAES; FLECHTMANN, 2008; BOBOT et al., 2011), que incluem as espécies *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) (Acari: Eriophyidae), *Eutetranychus banksi* (McGregor), *Panonychus citri* (McGregor) e *Tetranychus mexicanus* (McGregor) (Acari: Tetranychidae), o ácaro branco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) e *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae), sendo que este último é transmissor do vírus da leprose dos citros, sendo estes ácaros também considerados pragas-chave no Estado da Flórida, Estados Unidos (BOBOT et al., 2011; ROGERS; STANSLY, 2016).

O ácaro *B. phoenicis* se destaca dentre os outros por transmitir o *Citrus leprosis virus* (CiLV), agente causal da leprose, que hoje é uma das principais doenças da citricultura, atingindo principalmente laranjeiras doces, sendo que para controlar essa praga custa todos os anos aos produtores mais de US\$ 80 milhões (BASTIANEL et al., 2010), além de causar mais prejuízos com a redução na produtividade do pomar se o controle não for realizados de forma eficiente, pois, a doença provoca lesões nos frutos, ramos e folhas, causando a queda prematura de frutos, desfolhamento e morte de ramos (RODRIGUES et al., 2003).

Naturalmente nos pomares de citros já existem espécies de inimigos naturais destes ácaros fitófagos, que são uma importante forma de controle, destacando os ácaros da família Phytoseiidae, que se avultam pela abundância e eficiência de predação de muitas espécies de ácaros-praga (ADEL; EL-ELA, 2014). As espécies de ácaros do gênero *Euseius* são predadores eficientes de ácaros fitófagos de várias espécies e em diversas culturas (REIS; ALVES, 1997). Em pomar de citros no município de Descalvado-SP, Silva, Sato e Oliveira (2012) observaram que a espécie *Euseius concordis* (Chant, 1959) correspondeu a 98,3% dos ácaros da família Phytoseiidae encontrados na área, além de identificar uma correlação significativa entre as densidades populacionais de *E. concordis* e as populações dos ácaros-praga *P. citri*, *B. phoenicis* e *P. oleivora*, mostrando uma provável influência do predador essas espécies de ácaros fitófagos.

Apesar do grande potencial do ácaro predador *E. concordis* como agente de controle biológico de ácaros-praga, o intenso uso de acaricidas para o manejo dos ácaros-praga em pomares comerciais, podem reduzir os níveis populacionais e a eficácia deste predador, além de aumentar os custos de produção pelos desequilíbrios causados no agroecossistema, como os surtos de pragas secundárias e seleção de populações resistentes aos ingredientes ativos utilizados (DUTCHER, 2007; MEISSLE et al., 2010; CUTLER et al., 2009; SZCZEPANIEC; RAUPP, 2011; BIONDI et al., 2012; CORDEIRO et al., 2013; GUEDES; CUTLER, 2014; ZHAN et al., 2015; GUEDES et al., 2016).

Para tanto, em um sistema produtivo de citros em que haja a necessidade de integrar o controle químico dos ácaros pragas e o controle biológicos pela ação dos ácaros predadores é necessário que seja estudado a seletividade dos agroquímicos recomendados para a cultura, verificando quais são os efeitos letal e subletais, como implicações sobre aspectos reprodutivos, tempo de vida do organismo, parâmetros estimados de tabela de vida, efeitos transgeracionais dos acaricidas, persistência do efeito nocivo (SATO et al., 1995; REIS et al., 1998; KIM; YOO, 2002; REIS et al., 2002; STARK; BANKS, 2003; STARK et al., 2004; REIS et al., 2006; REZAEI et al., 2007; MARTELLI et al., 2009; SILVA; OLIVEIRA; SATO, 2009; SILVA et al., 2012; MARSARO JÚNIOR et al., 2012; HUANG; CHI, 2012; BEERS; SCHMIDT, 2014;

POZZEBON et al., 2015) entre outros estudos que possibilitem verificar com veracidade os efeitos destes produtos sobre o organismo benéfico .

Dessa forma, objetivou com este estudo avaliar os efeito letal sobre ovos, larvas e adultos e subletais sobre adultos, assim como a persistência do efeito letal dos produtos mais nocivos aos adultos deste predador em testes de semi-campo de acaricidas utilizados para o manejo de ácaros-praga recomendados para a produção integrada de citros (PICitros, 2012), além de estimar os parâmetros de tabela de vida da progênie (efeito transgeracional), como mais uma ferramenta para verificar os efeitos nocivos de um agroquímico, visando contribuir para a compreensão mais ampla dos impactos destes compostos sobre o ácaro predador *E. concordis*, bem como auxiliar na definição de estratégias de manejo integrado de pragas que visam explorar esse agente de controle biológico em sistemas de produção de citros.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Ácaros

A colônia de *E. concordis* foi estabelecida a partir de espécimes cedidas pelo Dr. Mário Eidi Sato, do Laboratório de Entomologia Econômica do Centro Experimental Central do Instituto Biológico, Campinas, São Paulo, Brasil. Para criação do ácaro foi utilizado folhas de acalifa [*Acalypha wilkesiana* Muell (Euphorbiaceae)] colocadas com a face abaxial voltada para cima sobre uma camada de espuma umedecida com água deionizada em bandejas plásticas ($38,5 \times 24,5 \times 6,0$ cm de comprimento, largura e altura, respectivamente). Tiras de algodão hidrófilo umedecido foram utilizadas nas bordas das folhas para a manutenção da sua turgescência e impedir a fuga dos ácaros. No centro de cada arena foram colocados fios de algodão hidrófilo para servir de abrigo e local de oviposição aos ácaros. Como alimento, foi utilizado pólen de taboa [*Typha angustifolia* L. (Typhaceae)] disponibilizado sobre lamínulas de vidro de 2×2 cm (4 cm^2) o qual foi substituído a cada 48 horas. A criação foi mantida em sala climatizada (temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa do ar (UR) de $60 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14 L: 10 E horas).

3.2.2 Acaricidas

Seis acaricidas recomendados para o manejo de acaros-pragas pela produção integrada de citros (PI - Citros, 2012) foram avaliados sobre *E. concordis*. Todos os compostos foram testados nas maiores concentrações recomendadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para controle de pragas. Os ingredientes ativos, produtos comerciais, grupos químicos, modo de ação e concentrações (mg i.a. L⁻¹) dos acaricidas utilizadas nos bioensaios estão listados na Tabela 9.

Tabela 9. Acaricidas testados nos bioensaios.

Ingrediente ativo	Produto comercial	Grupo químico	Modo de ação	Fabricante	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)
Enxofre	Kumulus® DF 800	Inorgânico	-	Basf	4000
Espirodiclofeno	Envidor® 240 SC	Cetoenol	Inibidor de acetil CoA carboxilase	Bayer	60
Etoxazol	Borneo® 110 SC	Difenil oxazilina	Inibidor de crescimento de ácaros	Sumitomo	49,5
Fenpiroximato	Ortus® 50 SC	Pirazol	Inibidor do complexo da cadeia de transporte de elétrons na mitocôndrias	Arysta	50
Flufenoxurom	Cascade® 100 EC	Benzoiluréia	Inibidores da formação de quitina em lepidópteros	Basf	50
Propargito	Omite® 720 EC	Sulfito de alquila	Inibidores de ATP sintetase mitocondrial	Chemtura	720

3.2.3 Bioensaios

Os bioensaios foram realizados em sala climatizada com temperatura de 25 ± 2 °C, UR de $60 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14 L: 10 E horas. Durante o período de avaliação, os ácaros foram alimentados com pólen de taboa disponibilizado sobre lamínulas de vidro de $0,5 \times 0,5$ cm ($0,25$ cm²).

3.2.4 Efeito de acaricidas sobre adultos de *E. concordis*

Para avaliação do efeito dos acaricidas sobre adultos de *E. concordis*, folhas de laranjeira-doce ‘Valência’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Rutaceae)] foram pulverizadas com 2 mL de solução, do respectivo tratamento, em torre de Potter (Burkard Scientific Co., Uxbridge, UK), ajustada a uma pressão de 68 kPa, resultando na deposição de $1,8 \pm 0,1$ mg cm⁻² de resíduo fresco, estando de acordo com os critérios estabelecidos pelo grupo de trabalho da International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants, West Palaearctic Regional Section (IOBC/WPRS) para estudos de toxicologia de agroquímicos sobre inimigos naturais (HASSAN et al., 1994). Água deionizada (solvente utilizado para diluição/solubilização dos agroquímicos) foi utilizada como tratamento controle. Após a pulverização dos tratamentos, as folhas foram mantidas em sala climatizada por três horas para secagem dos resíduos. Decorrido esse período, unidades experimentais (4,0 cm de diâmetro) foram feitas com folhas de laranjeira-doce ‘Valência’ colocadas sobre uma camada de espuma (~ 1 cm de altura) umedecida com água deionizada em bandejas plásticas ($38,5 \times 24,5 \times 6,0$ cm de comprimento, largura e altura, respectivamente) e acondicionadas em sala climatizada. Feito isso, 10 fêmeas acasaladas (< 24 horas de idade) de *E. concordis* foram liberadas em cada unidade experimental. Para cada tratamento foram utilizadas cinco repetições (n = 50). A mortalidade das fêmeas (efeito letal) foi avaliada a cada 24 horas por um período de oito dias após a liberação das fêmeas nas unidades experimentais. Foram considerados mortos os ácaros que não reagiram ao toque de um pincel de cerdas macias.

Durante as avaliações, o número de ovos depositados pelas fêmeas (fecundidade) nas unidades experimentais foi quantificado e utilizado para avaliação dos efeitos subletais. Após a contagem, os ovos foram removidos das unidades experimentais e colocados em placas de Petri para avaliação da fertilidade (número de larvas eclodidas). A fertilidade das fêmeas foi avaliada quatro dias após a oviposição.

Com base nos dados de mortalidade (efeito letal), fecundidade e fertilidade das fêmeas (efeitos subletais), um coeficiente de redução (Ex) foi calculado para cada pesticida utilizando a fórmula $E_{x(\%)} = 100 - (100 - Mc) \times E_r$ proposta por Biondi et al. (2012), onde: Mc = mortalidade total do estágio imaturo corrigida pela fórmula de Abbott (1925) e Er = efeito na reprodução calculado como: $E_r = R_1 \times R_2$, sendo: R1 = razão entre a fecundidade total média das fêmeas que desenvolveram sobre os resíduos de acaricidas e o controle e R2 = razão entre a fertilidade total média das fêmeas que desenvolveram sobre os resíduos de acaricidas e o controle. Com base no coeficiente de redução, os acaricidas foram classificados de acordo com as escalas de toxicidade proposta pela IOBC/WPRS para testes de laboratório estendido (VAN DE VEIRE et al., 2002), sendo: classe 1: inócuo ($Ex < 25\%$); classe 2: levemente nocivo ($25\% \leq Ex \leq 50\%$); classe 3: moderadamente nocivo ($51\% \leq Ex \leq 75\%$) e classe 4: altamente nocivo ($Ex > 75\%$).

3.2.5 Duração da atividade nociva dos acaricidas

A duração da atividade nociva foi reestudada com acaricidas que apresentaram alta mortalidade (acima de 48%) no bioensaio de toxicidade aguda (item 8.4) sobre adultos de *E. concordis*. Para isso, seedlings de laranja-doce 'Valência' cultivadas em vasos (12 L), mantidos em casa de vegetação foram utilizadas como substrato para pulverização dos tratamentos. Os seedlings foram pulverizados com um volume de calda correspondente a 100 mL m⁻³ de copa, resultando na deposição de ~ 1.8 mg cm⁻² resíduo fresco sobre a superfície foliar, utilizando um pulverizador manual modelo Jacto® PJH (Jacto do Brasil S.A, Pompeia, São Paulo, Brasil) equipado com bico cone cheio FL-5VS (Teejet Technologies Company, São Paulo, Brasil). Para cada tratamento foram utilizados 5 seedlings. Decorridos 3, 7, 10, 17, 24 e 31 dias após a pulverização dos tratamentos (DAP), uma folha de cada seedling foi destacada aleatoriamente e levadas ao laboratório para confecção das unidades experimentais conforme descrito no item 2.3.1. Feito isso, 10 fêmeas (< 24 horas de idade) de *E. concordis* foram transferidas para cada unidade experimental. Para cada tratamento e data de avaliação foram utilizadas 5 repetições ($n = 50$). A mortalidade foi avaliada 24 horas após a liberação das fêmeas nas unidades experimentais. Quando os acaricidas causaram mortalidade inferior a 25%, foram classificados de acordo com a escala de persistência proposta pela IOBC/WPRS em: classe 1: vida curta (< 5 dias); 2: levemente

persistente (5-15 dias); 3: moderadamente persistente (16-30 dias) e 4: persistente (> 30 dias) (HASSAN; ABDELGADER, 2001).

3.2.6 Efeito transgeracional

O efeito transgeracional (desenvolvimento e reprodução da progênie de *E. concordis*) foi avaliado para todos os acaricidas avaliados quanto a seletividade. Para isso, 12 ovos de cada fêmea sobrevivente após oito dias de exposição aos resíduos de acaricidas foram transferidos para novas unidades experimentais, feitas com folhas de laranjeira-doce livres de resíduos, similarmente ao descrito no item 8.4. Para cada tratamento foram utilizadas 5 repetições ($n = 60$). A sobrevivência e a duração dos estádios de desenvolvimento imaturo (larva, protoninfa e deutoninfa) foram avaliadas a cada 12 horas até a obtenção dos adultos.

Os adultos obtidos em cada tratamento foram separados por sexo, formados casais e transferidos para novas unidades experimentais (livres de resíduos) para avaliação dos parâmetros do estágio adulto. Durante esse período, as unidades experimentais foram substituídas a cada cinco dias (para evitar a desidratação dos discos foliares). O período de pré-oviposição, oviposição, fecundidade e longevidade das fêmeas e dos machos foram avaliados a cada 24 horas. Quando a morte dos machos ocorreu antes das fêmeas, novos machos provenientes da criação foram liberados nas unidades experimentais. No entanto, os dados desses machos não foram utilizados nas análises. A fertilidade das fêmeas foi determinada com base no número de larvas eclodidas em cada unidade experimental. Para isso, os ovos foram colocados em placas de Petri de 3,5 cm de diâmetro $\times$ 0,7 cm de altura tampadas com filme de policloreto de vinila (PVC) e acondicionadas em sala climatizada. O número de larvas eclodidas em cada placa foi avaliado quatro dias após a transferência dos ovos.

3.2.7 Tabela de vida da progênie

Com base nos dados de duração e sobrevivência do estágio imaturo, período de pré-oviposição, fecundidade, fertilidade e longevidade de machos e fêmeas da progênie, foram estimados os parâmetros de tabela de vida do ácaro para cada tratamento. A tabela de vida foi elaborada com base nos dados de todos os indivíduos (incluindo as fêmeas, os machos e os indivíduos que morreram durante o desenvolvimento do estágio imaturo) conforme proposto

por Chi (1988). Os dados originais de todos os indivíduos foram analisados de acordo com o modelo teórico proposto por Chi e Liu (1985) utilizando o programa TWOSEXMSChart (<http://140.120.197.173/ecology/Download/TWOSEX-MSChart.rar>) (CHI, 2014). Para cada tratamento foram estimadas:

A taxa líquida de reprodução (R_o):

$$R_o = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$$

A taxa intrínseca de crescimento (r):

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1$$

O tempo médio entre gerações (T):

$$T = \ln R_o / r$$

A razão finita de aumento (λ):

$$\lambda = e^r$$

As médias e os erros padrões de cada parâmetro populacional foram estimados pelo método de bootstrap seguindo o procedimento proposto por Huang e Chi (2012). Durante o procedimento de bootstrap, os dados de cada parâmetro populacional foram reamostrados 10.000 vezes. As médias de cada parâmetro populacional foram comparadas pelo teste de bootstrap pareado com seus respectivos intervalos de confiança (EFRON; TIBSHIRANI, 1993; ZANARDI et al., 2016).

3.2.8 Efeito de acaricida sobre ovos de *E. concordis*

A toxicidade de acaricidas que apresentaram alta mortalidade (acima de 48%) no bioensaio de toxicidade aguda (item 8.4) sobre adultos de *E. concordis*, foi avaliada sobre ovos de *E. concordis* (estádio de vida mais protegido da ação de agroquímicos). Para isso, arenas foram confeccionadas com folha de laranjeira ‘Valência’, utilizando discos (4,0 cm de diâmetro) de algodão hidrófilo para delimitar o espaço. No centro de cada arena foram colocados fios de algodão hidrófilo para servir de abrigo e local de oviposição aos ácaros, e pólen de taboa sobre uma lamínula para servir de alimento para fêmeas. Feito isso, cada arena foi infestada com 20 fêmeas do ácaro provenientes da criação mantida em laboratório. Após 24 horas da infestação, as arenas foram desinfestadas e os ovos contados e submetidos à pulverização de 2 mL de solução, dos respectivos tratamentos, em torre de Potter (Burkard Scientific Co., Uxbridge, UK), ajustada

a uma pressão de $0,7 \text{ kg cm}^{-2}$, propiciando deposição de $1,8 \pm 0,1 \text{ mg resíduo fresco cm}^{-2}$ de folha, estando de acordo com os critérios estabelecidos pelo grupo de trabalho da International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants, West Palaearctic Regional Section (IOBC/WPRS) para estudos de toxicidade de agroquímicos sobre inimigos naturais (HASSAN et al., 1994). Água deionizada (solvente utilizado para diluição dos acaricidas) foi utilizada como tratamento controle. Após a pulverização, o algodão com os ovos foi transferido para unidades experimentais (4,0 cm de diâmetro), livre de resíduos, feitas com folhas de laranja-doce Valência colocadas sobre uma camada de espuma ($\sim 1 \text{ cm}$ de altura) umedecida com água deionizada em bandejas plásticas ($38,5 \times 24,5 \times 6,0 \text{ cm}$ de comprimento, largura e altura, respectivamente) e acondicionadas em sala climatizada. Para cada tratamento foram utilizadas 5 repetições ($n \sim 50$). As avaliações foram realizadas a cada 12 horas, durante quatro dias, contando o número de larvas eclodidas em cada arena. Foram considerados inviáveis os ovos que após quatro dias de avaliação não originaram larvas. O efeito dos acaricidas sobre os ovos foi calculado utilizando a fórmula proposta por Henderson e Tilton (1955).

3.2.9 Efeito de acaricida sobre larvas de *E. concordis*

A toxicidade residual de acaricidas classificados como inócuo e levemente nocivos (classe 1 e 2 segundo a IOBC/WPRS), quanto ao efeito nocivo em adultos de *E. concordis*, conforme estudo descrito no item 8.4, foi avaliada sobre larvas de *E. concordis* (estádio mais suscetível de ácaros). Para isso, folhas de laranja ‘Valência’ foram pulverizadas com os respectivos tratamentos em torre de Potter, similarmente ao descrito no item 8.4. Após a aplicação dos tratamentos, as folhas foram mantidas em sala climatizada por duas horas para a secagem dos resíduos. Decorrido esse período, arenas foram confeccionadas com folha de laranja ‘Valência’, utilizando discos (4,0 cm de diâmetro) de algodão hidrófilo para delimitar o espaço (unidades experimentais) conforme descrito no item 8.4, e imediatamente infestadas com 10 larvas (recém-emergidas) de *E. concordis* provenientes da criação mantida em laboratório. Após a infestação, as arenas foram acondicionadas em sala climatizada. Para cada tratamento foram utilizadas 5 repetições ($n = 50$). A mortalidade das larvas foi avaliada a cada 24 horas, por um período de dois dias após a liberação das larvas nas unidades experimentais. Foram consideradas mortas as larvas que não reagiram ao toque de um pincel de cerdas macias. A toxicidade dos acaricidas para larvas de *E. concordis* foi calculada pela fórmula de Abbott (1925).

3.2.10 Análise dos dados

Modelos lineares generalizados (NELDER; WEDDERBURN, 1972) com distribuição quase-binomial foram usados para análise dos dados de proporção de e distribuição quase-Poisson para análise dos dados de fecundidade. A qualidade do ajuste foi feita por meio do gráfico meio normal com envelope de simulação (HINDE; DEMÉTRIO, 1998). Quando houve diferenças significativas entre os tratamentos, múltiplas comparações, com o teste de Tukey ($p < 0,05$) foram feitas com a função "*glht*" do pacote "*multcomp*", com ajustes nos valores de p . Regressões não lineares usando o tempo [dias após a pulverização (DAP)] como pseudorepetições foram feitas para comparar a atividade nociva dos acaricidas. Todas essas análises foram realizadas no software estatístico "R", versão 3.1.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015).

3.3 Resultados

Avaliando o efeito letal e subletal dos acaricidas recomendados para a produção integrada de citros (PICitros, 2012) sobre fêmeas do ácaro predador *E. concordis*, verificou-se diferenças significativas entre as médias de mortalidade acumulada, fertilidade diária média e fecundidade diária média, em comparação ao controle (Tabela 10).

Os acaricidas propargito, fepiroximato e enxofre causaram alta mortalidade às fêmeas de *E. concordis* que mantiveram contato com esses resíduos em testes de laboratório estendido de acordo com os critérios estabelecidos pela IOBC/WRPS, destacando que a maioria das fêmeas expostas ao propargito morreram em menos de 48 horas, além disso, fenpiroximato e propargito interferiram negativamente na fecundidade total dessas fêmeas, sendo classificados a este organismo benéficos estudado, como nocivo, com coeficiente de redução ($Ex^0\%$) maior que 75% (Tabela 10).

Os acaricidas espirodiclofeno e flufenoxurom causaram mortalidades de 44 e 48%, respectivamente, às fêmeas de *E. concordis*, não apresentando interferência nos aspectos reprodutivos, fecundidade e fertilidade, sendo considerados pelos critérios da IOBC/WRPS como levemente nocivos ao ácaro *E. concordis* (Tabela 10).

Já o acaricida etoxazol foi classificado como inócuo às fêmeas adultas de *E. concordis*, pois apesar de ter causado mortalidade de 39% da população, apresentou uma fecundidade significativamente superior ao controle (etoxazol: média de 5,69 ovos fêmea⁻¹; controle: média de 3,47 ovos fêmea⁻¹ no período de avaliação) (Tabela 10).

Tabela 10. Mortalidade, fecundidade, fertilidade e coeficiente de redução de acaricidas utilizados na produção integrada de citros sobre fêmeas de *Euseius concordis*.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Mortalidade média acumulada ¹ (%)	Fecundidade ² (n° ovos fêmea ⁻¹)	Fertilidade ¹ (%) (n° larvas eclodidas)	³ R ₁	⁴ R ₂	⁵ E _x (%)	Classe (IOBC/WPRS) ⁶
Controle	-	16,00 ± 2,44 a	3,47 ± 0,02 bc	98,04 ± 0,47	-	-	-	-
Enxofre	4000	76,00 ± 5,10 c	2,15 ± 0,03 bc	99,50 ± 0,44	0,62	1,01	82,28	4
Espirodiclofeno	60	44,00 ± 4,00 b	3,33 ± 0,02 bc	98,87 ± 0,62	0,95	1,01	36,00	2
Etoxazol	49,5	39,00 ± 3,15 b	5,69 ± 0,05 a	99,72 ± 0,25	1,64	1,02	0,00	1
Fenpiroximato	50	84,00 ± 8,12 cd	3,82 ± 0,05 b	98,33 ± 0,96	1,10	1,00	79,04	4
Flufenoxurom	50	48,00 ± 8,60 b	3,30 ± 0,03 bc	95,25 ± 2,26	0,95	0,97	43,04	2
Propargito	720	100,00 ± 0,00 d	0,38 ± 0,03 c	97,67 ± 2,10	0,11	0,99	100,00	4
F		28,68	13,96	1,12	-	-	-	-
g.l.		6, 28	6, 28	6, 28	-	-	-	-
Valor de <i>p</i>		< 0,0001*	< 0,0001*	0,377	-	-	-	-

¹Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, $p < 0,05$); ²Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-Poisson, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, $p < 0,05$); ³Efeito na fecundidade; ⁴Efeito na fertilidade; ⁵Coeficiente de redução calculado pela fórmula $E_{x(\%)} = 100 - (100 - M_c) \times R_1 \times R_2$ proposta por Biondi et al., 2012;

⁶Classes de toxicidade proposta pela IOBC/WPRS para estudos de laboratório estendido: 1: inócuo ($E_x < 25\%$); classe 2: levemente nocivo ($25\% \leq E_x \leq 50\%$); classe 3: moderadamente nocivo ($51\% \leq E_x \leq 75\%$) e classe 4: altamente nocivo ($E_x > 75\%$) (VAN DE VEIRE et al., 2002).

Avaliando a duração do efeito nocivo letal dos acaricidas sobre fêmeas adultas do ácaro predador *E. concordis* observou-se que os acaricidas enxofre, fenpiroximato e propargito mantiveram causando mortalidade às fêmeas de *E. concordis* por um período de 17 a 24 dias, enquanto que no flufenoxurom observou-se baixa mortalidade já na primeira avaliação aos três dias após a pulverização dos seedlings (Tabela 11).

Os acaricidas enxofre e fenpiroximato causaram mortalidades maior que 25% (32 e 60%, respectivamente) de fêmeas de *E. concordis* até 17 dias após a pulverização (DAP) dos seedlings de laranja, após essa avaliação as mortalidade reduziram de forma significativa sendo considerado moderadamente persistente (Tabela 11).

Foi observado em nossos resultados que o acaricida propargito seguiu causando mortalidade acima de 25% até aos 24 dias após a pulverização (DAP), classificado como moderadamente persistente, considerando que na avaliação a 31 DAP foi observado uma mortalidade de apenas 8% da população exposta ao resíduo (Tabela 11).

Avaliando os dados de duração das fases de desenvolvimento da progênie de *E. concordis*, das quais seus parentais estiveram sob contato residual de acaricidas estudados nesse trabalho, observou-se que apenas na média de duração das fases de ovo e adultos fêmea e macho apresentaram interferência significativa dos tratamentos (Tabela 3.4). O acaricida etoxazol reduziu significativamente o tempo de desenvolvimento embrionário, com a média de 1,64 dias, enquanto que, o controle apresentou média de 1,88 dias. Entretanto, não foi possível avaliar a interferência desse acaricida no desenvolvimento das outras fases da progênie, pois, houve 100% de mortalidade no estágio larval (Tabela 12).

Já o tempo médio de duração dos adultos fêmea e macho foi reduzido significativamente pelo acaricida propargito (3,25 dias para fêmeas e 1,5 dias para machos), em comparação com o controle (10,70 dias para fêmeas e 6,86 dias para machos) (Tabela 12).

Nesse trabalho também foi avaliado a interferência dos acaricidas nos parâmetros de duração do período de pré-oviposição, oviposição e fecundidades da progênie das fêmeas de *E. concordis* que mantiveram contato residual com os acaricidas avaliados, sendo verificado que não houve interferência significativa entre as médias destes parâmetros entre os tratamentos com acaricidas e o controle (Tabela 13).

Tabela 11. Duração da atividade nociva (dias) dos acaricidas utilizados na produção integrada de citros sobre *Euseius concordis*.

Tratamento	Concentração usada (mg a.i. L ⁻¹)	Mortalidade (%) ¹ /Dias após a pulverização (DAP)						Classe de persistência ²
		3	7	10	17	24	31	
Controle	-	0 ± 0,00 c	2 ± 1,80 c	0 ± 0,00 b	0 ± 0,00 c	2 ± 1,80 c	0 ± 0,00 b	-
Enxofre	4000	46 ± 8,29 b	26 ± 3,58 b	28 ± 4,38 b	32 ± 8,19 b	8 ± 3,34 bc	4 ± 2,19 b	3
Fenpiroximato	50	98 ± 1,80 a	100 ± 0,00 a	64 ± 4,56 a	60 ± 3,16 a	22 ± 4,38 b	16 ± 2,19 a	3
Flufenoxurom	50	18 ± 3,35 c	10 ± 4,90 bc	8 ± 3,34 b	10 ± 2,83 c	2 ± 1,80 c	4 ± 2,19 b	1
Propargito	720	80 ± 6,32 a	90 ± 4,00 a	74 ± 4,56 a	52 ± 3,35 a	54 ± 5,37 a	8 ± 1,78 ab	3
F		67,3	45,3	19,3	35,2	16,8	7,11	
g.l.		4, 20	4, 20	4, 20	4, 20	4, 20	4, 20	
Valor de <i>p</i>		< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	

¹Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, $p < 0,05$); ²Quando os acaricidas reduzirem, em menos de 25% a mortalidade dos ácaros em comparação ao controle, foram classificados de acordo com as classes de persistência proposta pela IOBC/WPRS em: 1: vida curta (< 5 dias); 2: levemente persistente (5-15 dias); 3: moderadamente persistente (16-30 dias) e 4: persistente (> 31 dias) (HASSAN; ABDELGADER, 2001).

Tabela 12. Duração (dias) dos estádios de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto fêmea e macho da progênie provenientes de fêmeas de *Enseius concordis* expostas ao contato residual de acaricidas utilizados na produção integrada de citros.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Estádio de desenvolvimento do ácaro (média ± EP) ¹					
		Ovo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Adulto fêmea	Adulto macho
Controle	-	1,88 ± 0,04 a	1,00 ± 0,00	1,37 ± 0,07	1,20 ± 0,06	10,70 ± 1,38 a	6,86 ± 0,76 a
Enxofre	4000	1,79 ± 0,08 a	1,24 ± 0,09	1,00 ± 0,00	1,28 ± 0,09	8,14 ± 2,17 a	4,55 ± 0,52 a
Espirodiclofeno	60	1,82 ± 0,05 a	1,38 ± 0,08	1,00 ± 0,00	1,18 ± 0,07	7,00 ± 1,30 ab	5,30 ± 0,84 a
Etoxazol*	49,5	1,64 ± 0,03 b	-	-	-	-	-
Fenpiroximato	50	1,89 ± 0,05 a	1,04 ± 0,04	1,26 ± 0,09	1,38 ± 0,11	7,80 ± 1,51 ab	3,9 ± 0,83 a
Flufenoxurom	50	1,89 ± 0,05 a	1,40 ± 0,08	1,00 ± 0,00	1,19 ± 0,08	8,50 ± 1,50 a	3,9 ± 0,65 a
Propargito	720	1,67 ± 0,11 ab	1,00 ± 0,00	1,50 ± 0,14	1,14 ± 0,10	3,25 ± 1,67 b	1,5 ± 0,35 b
F		6,1	3,9	93,1	42,1	4,1	4,9
g.l.		6, 98	6, 98	6, 98	6, 98	6, 98	6, 98
Valor de <i>p</i>		<0,001	0,666	0,98	1	<0,001	<0,001

¹Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição Gaussiana, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, *p* < 0,05);

* Todos indivíduos morreram na fase larval, não sendo possível analisar os outros parâmetros.

Tabela 13. Período médio de pré-oviposição e oviposição e a fecundidade média da progênie provenientes de fêmeas de *Euseius concordis* expostas ao contato residual de acaricidas utilizados na produção integrada de citros.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Período (média dias $\pm$ EP) ¹		Fecundidade (nº ovos fêmea ⁻¹) ²
		Pré-oviposição	Oviposição	
Controle	-	1,80 $\pm$ 0,27	7,30 $\pm$ 1,42	7,91 $\pm$ 1,68
Enxofre	4000	1,14 $\pm$ 0,37	4,85 $\pm$ 1,91	4,71 $\pm$ 1,78
Espirodiclofeno	60	1,40 $\pm$ 0,35	4,00 $\pm$ 1,14	3,18 $\pm$ 0,98
Etoxazol*	49,5	-	-	-
Fenpiroximato	50	2,38 $\pm$ 0,66	5,00 $\pm$ 1,31	5,75 $\pm$ 1,72
Flufenoxurom	50	1,81 $\pm$ 0,52	5,36 $\pm$ 1,17	5,36 $\pm$ 1,26
Propargito**	720	-	-	-
F		2,24	1,01	0,86
g.l.		6, 98	6, 98	6, 98
Valor de <i>p</i>		0,08	0,41	0,49

¹Médias ($\pm$ erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição Gaussiana, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, $p < 0,05$);

²Médias ($\pm$ erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-Poisson, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, $p < 0,05$).

* Todos indivíduos morreram na fase larval, não sendo possível analisar os dados de reprodução.

** Adultos morreram antes do período de oviposição.

Avaliando os dados de tabela de vida da progênie das fêmeas de *E. concordis* que mantiveram contato direto com os resíduos dos acaricidas, verificou-se que houve diferença significativa nos parâmetros de tempo médio entre gerações (T) e razão finita de aumento (λ) entre os tratamentos (Tabela 14). A progênie cujos seus parentais tiveram contato com os resíduos dos acaricidas propargito e enxofre, apresentaram tempo médio entre gerações (T) significativamente menores (8,36 e 9,38 dias, respectivamente) que a o observado no controle (13,01 dias), reduzindo o tempo entre as gerações (Tabela 14).

Com relação ao parâmetro de razão finita de aumento (λ), que indica a capacidade da população em aumentar em número em uma determinada unidade de tempo (capacidade de uma população em multiplicar em uma determinada unidade de tempo), foi significativamente menor no tratamento com espirodiclofeno (0,95 indivíduos fêmea⁻¹ dia⁻¹), sendo que nos demais tratamentos não diferiram do controle (Tabela 14).

Já, os parâmetros taxa intrínseca de crescimento (rm) e taxa líquida de reprodução (R_0) da progênie do ácaro *E. concordis*, não foram alterados significativamente por nenhum dos acaricidas estudados que são recomendados para produção integrada de citros (PICitros, 2012) (Tabela 14).

Tabela 14. Estimativa dos parâmetros de tabela de vida da progênie de *Euseius concordis* provenientes de fêmeas expostas aos resíduos de acaricidas utilizados na produção integrada de citros

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Parâmetro populacional ^{1,2}			
		Taxa líquida de reprodução (fêmea fêmea ⁻¹) (R_0)	Tempo médio entre gerações (dias) (T)	Taxa intrínseca de crescimento (fêmea fêmea ⁻¹ dia ⁻¹) (r_m)	Razão finita de aumento (indivíduos fêmea ⁻¹ dia ⁻¹) (λ)
Controle	-	1,83 ± 0,52	13,01 ± 1,03 a	0,10 ± 0,002	1,05 ± 0,002 a
Enxofre	4000	1,01 ± 0,36	9,38 ± 1,55 b	0,08 ± 0,002	1,03 ± 0,005 ab
Espirodiclofeno	60	0,90 ± 0,36	11,34 ± 0,87 ab	0,07 ± 0,002	0,95 ± 0,004 b
Etoxazol*	49,5	-	-	-	-
Fenpiroximato	50	1,81 ± 0,67	12,99 ± 1,09 ab	0,06 ± 0,002	1,04 ± 0,003 ab
Flufenoxurom	50	1,31 ± 0,45	12,36 ± 1,00 ab	0,06 ± 0,002	1,02 ± 0,003 ab
Propargito	720	1,00 ± 0,36	8,36 ± 1,47 b	0,07 ± 0,003	1,00 ± 0,005 ab

¹Médias (± erro padrão) seguida pela mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de bootstrap emparelhado ($p < 0,05$).

²Pelo teste bootstrap os dados são amostrados 40.000 vezes, sendo que o software seleciona automaticamente dados para um $p < 0,05$.

* Todos indivíduos morreram na fase larval, não sendo possível analisar os parâmetros de tabela de vida.

Os acaricidas considerados nocivos (enxofre, fenpiroximato e propargito) e levemente nocivo (flufenoxurom, 48% de mortalidade de adultos) não afetaram significativamente a viabilidade dos ovos do ácaro predador *E. concordis*, apresentando alta taxa de eclosão de larvas (Tabela 15).

Tabela 15. Efeito de acaricidas sobre a viabilidade de ovos de *Euseius concordis*.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Viabilidade dos ovos (%) (n° de ovos n° larvas eclodidas ⁻¹) ¹
Controle	-	97,50 ± 2,24
Enxofre	4000	100,00 ± 0,00
Fenpiroximato	50	100,00 ± 0,00
Flufenoxurom	50	100,00 ± 0,00
Propargito	720	98,18 ± 1,63
F		0,75
g.l		4, 20
Valor de <i>p</i>		0,568

¹Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, *p* < 0,05).

Dentre os acaricidas considerados inócuos e levemente nocivos aos adultos de *E. concordis*, apenas o acaricida etoxazol causou alta mortalidade às larvas (100%) e diferiu significativamente do controle e dos outros acaricidas avaliados. Deve-se ressaltar que, quando se avaliou os efeitos desse acaricida nos parâmetros da tabela de vida da progênie foi verificada também alta mortalidade das larvas (Tabela 16).

Tabela 16. Efeito de acaricidas sobre a sobrevivência de larvas de *Euseius concordis*.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Mortalidade de larvas (%) (média ± EP) ¹
Controle	-	2,00 ± 1,79 b
Espirodiclofeno	60	2,00 ± 1,79 b
Etoxazol	49,5	100,00 ± 0,00 a
Flufenoxurom	50	12,00 ± 3,35 b
F		36,61
g.l		3, 16
Valor de <i>p</i>		<0,001

¹Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, *p* < 0,05).

3.4 Discussão

Nesse trabalho, verificou que os acaricidas avaliados apresentaram efeitos letal e subletais aos adultos do ácaro predador *E. concordis*, e efeito subletais na progênie das fêmeas que mantiveram contato com os resíduos, como influência negativa no tempo de desenvolvimento de algumas fases, como também alterou os parâmetros estimados de tabela de vida, que refletem a influência destes agroquímicos no crescimento populacional deste ácaro que é comumente encontrado em pomares de citros e é responsável pela redução populacional de importantes ácaros-praga deste sistema produtivo.

Destacando a importância de estudar os efeitos letais e subletais dos agroquímicos sobre organismos benéficos com o objetivo de planejar a aplicação de produtos mais seletivos, os resultados obtidos demonstraram que os acaricidas enxofre, fenpiroximato e propargito foram considerados nocivos às fêmeas do ácaro predador *E. concordis*. Para as espécies de ácaros predadores *Euseius alatus* (DeLeon), *Euseius citrifolius* (Denmark & Muma), *Amblyseius herbicolus* (Chant) e *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma) (Acari: Phytoseiidae), Reis et al. (2006) também verificaram que propargito foi nocivo para essas quatro espécies, causando mortalidade de 100% da população. Entretanto, enxofre foi nocivo somente para *E. alatus*, causando 100% de mortalidade, e para *E. citrifolius* e *A. herbicolus* foi classificado como levemente nocivo e considerado inócuo ao ácaro predador *I. zuluagai*. Deve-se destacar também que um acaricida apresenta toxicidade diferente de uma espécie para outra, como o demonstrado no trabalho de Ferla e Moraes (2006), que verificaram mortalidade de 100% dos adultos de *E. concordis* que mantiveram contato com propargito, já no mesmo estudo, para a espécie de ácaro predador *Neoseiulus anonymus* (Chant & Baker) (Acari: Phytoseiidae) foi observada uma mortalidade de 77% dos adultos. Da mesma forma, comparando os resultados do presente estudo e dos referenciados, verificou-se que a toxicidade de enxofre também foi diferencial em relação a espécie e o estágio de desenvolvimento testados, como demonstra os dados obtidos por Beers e Schmidt (2014), que, ao avaliar o efeito de enxofre sobre adultos e larvas de *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) (Acari: Phytoseiidae), verificou baixa mortalidade às fêmeas, afetando, porém, a fertilidade e causando alta mortalidade às larvas (94%). De maneira análoga aos resultados desse trabalho, Reis et al. (1998) também verificaram que o acaricida fenpiroximato foi classificado como nocivo às fêmeas adultas de *I. zuluagai*, causando mortalidade de 100%.

No presente estudo, espiroclorfenol e flufenoxurom foram considerados levemente nocivo às fêmeas adultas de *E. concordis*, baseando-se em dados de mortalidade e efeitos sobre a reprodução. Esses resultados corroboram os obtidos por Reis et al. (2006), que obtiveram

resultados similares para espirodiclofeno, que também foi considerado levemente nocivo para fêmeas das espécies *E. alatus*, *E. citrifolius* e para *Amblyseius herbicolus* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) e inócuo para *I. zuluagai*, e por Silva et al. (2012), que também observaram que espirodiclofeno e flufenoxurom não causou mortalidade de fêmeas adultas do ácaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). Entretanto, os dados obtidos para espirodiclofeno e flufenoxurom diferem dos obtidos por Silva, Oliveira e Sato (2009), que classificaram esse dois acaricidas nocivos para fêmeas adultas do ácaro predador *Agistemus brasiliensis* (Matioli, Ueckermann & Oliveira) (Acari: Stigmaeidae), causando mortalidade considerável e efeito na reprodução.

Já o acaricida etoxazol, com base na mortalidade e nos efeitos subletais (fecundidade e fertilidade), foi classificado como inócuo às fêmeas adultas de *E. concordis*. Resultados similares foram obtidos por Silva et al. (2012), que também observaram baixo efeito negativo deste acaricida aos adultos do ácaro predador *N. californicus*, com mortalidade de apenas 10% para esta espécie. No entanto, foi verificado nesse estudo que, etoxazol apesar de ser considerado inócuo aos adultos, causou alta mortalidade das larvas de *E. concordis*. Similarmente, Kim e Seo (2001) verificaram que o acaricida etoxazol também não afetou a sobrevivência e a reprodução de fêmeas adultas de *Amblyseius womersleyi* (Schicha) (Acari: Phytoseiidae), mas foi observada uma alta mortalidade de larvas de *E. concordis*. Da mesma forma, Silva et al. (2012) também estudaram o efeito do etoxazol em imaturos do ácaro predador *N. californicus*, verificando 100% de mortalidade nas larvas que entraram em contato com o resíduo desse acaricida. Este efeito é devido modo de ação do acaricida, que é considerado um inibidor de desenvolvimento de ácaro, com ação ovicida e larvicida, podendo interferir no desenvolvimento dos ovos e inibir o processo de ecdise dos estados juvenis (SILVA et al., 2012).

Destacando-se que dentro do controle biológico que objetiva a conservação de organismo benéficos da área, é importante além de avaliar os efeitos letais e subletais de um agroquímico, avaliar também a persistência destes efeitos negativos sobre estes organismos, oferecendo subsídios para o planejamento da viabilidade de utilização dos agroquímicos em um programa de manejo integrado. Para tanto, no presente estudo constatou-se que o enxofre, fenpiroximato e propargito apresentaram moderada persistência do efeito nocivo. Diferentemente desse trabalho, Reis et al. (2002) avaliaram que o enxofre apresentou alta persistência do efeito letal para o ácaro fitófago *B. phoenicis*, causando mortalidade de 100% das larvas, ninfas e adultos após 30 dias da pulverização das mudas de café arábica. Os estudos de Sato et al. (1995) também demonstraram maior persistência do enxofre às espécies da família phytoseiidae do que o observado para *E. concordis* neste trabalho, com redução populacional de

74% dos ácaros em campo por um período de 58 dias. Os resultados de Martelli et al. (2009) para a persistência do acaricida propargito sobre o ácaro *B. phoenicis* foram diferentes dos verificados para *E. concordis*, sendo que estes autores verificaram que o propargito seguiu causando mortalidade de 100% até 138 dias após a pulverização das plantas de citros, em testes de campo. Também diferentemente do avaliado para *E. concordis*, Costa et al. (2012) avaliaram a persistência do efeito letal do fenpiroximato ao ácaro predador *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae) em condições de semi-campo, e verificaram que o fenpiroximato é levemente persistente para *P. macropilis*, ocasionando mortalidade acima de 25% até o 14º dia após a pulverização (DAP) das plantas de morangueiro, apresentando após esse período uma redução na mortalidade causada pelos resíduos.

O acaricida flufenoxurom é um caso de um agroquímico de alta letalidade, mas que apresenta baixa persistência, sendo que compostos que apresentam esse desempenho é um aliado importante na integração dos controles biológico e químico, já que esses produtos de baixa persistência controlam a praga, com alta eficácia em um curto período, causando efeitos letais aos organismos benéficos por curto período de tempo, permitindo a recolonização do ácaro benéfico na área, possibilitando a implementação do controle biológico aplicado nos sistemas de produção (ZANARDI, 2015). Além disso, existe a possibilidade da utilização desde produtos em períodos de baixa mobilidade e densidade populacional do predador, com o objetivo de explorar a seletividade ecológica destes compostos de baixa persistência.

Além da mortalidade e da redução da fecundidade, a exposição de organismos benéficos a determinados agroquímicos pode resultar em outros prejuízos, que os estudos recomendados pela IOBC não evidenciam, tais como, alterações na duração dos estádios de desenvolvimento, mutações na prole, perda de peso, e mudanças nas taxas de fertilidade, alterações no comportamento, tempo de pré-oviposição, taxas de desenvolvimento, e razão sexual do organismo benéfico (STARK; BANKS, 2003; STARK et al., 2004), para tanto, a estimativa dos parâmetros de tabela de vida têm sido considerados uma importante ferramenta para análise e compreensão da interferência de agroquímicos no crescimento populacional de artrópodes (STARK et al., 1997; STARK et al., 2004; STARK; BANKEN; WALTHAL, 1998; REZAEI et al., 2007; HUANG; CHI, 2012), sendo que no presente estudo foi realizado a estimativa dos parâmetros de tabela de vida para identificar com maior realidade os efeitos dos acaricidas sobre a espécie *E. concordis*.

Apesar das vantagens dos estudos que se baseiam na estimativa de tabela de vida para avaliar os efeitos dos agroquímicos sobre artrópodes, especialmente sobre inimigos naturais, estes ainda são escassos (STARK et al., 1997; DUTTON et al., 2003; STARK; BANKS, 2003;

REZAEI et al., 2007), além dos métodos tradicionais de análise de tabela de vida levarem em consideração apenas a população de fêmeas, ignorando os machos e os diferentes estádios de desenvolvimento e as variações nas taxas de desenvolvimento entre indivíduos (HUANG; CHI, 2012; YIN et al., 2013), resultando em equívocos que podem comprometer a estimativa dos parâmetros demográficos da população (CHI; LIU, 1985). No entanto, Chi e Liu (1985) e Chi (1988) desenvolveram um modelo teórico de análise de tabela de vida que leva em consideração as diferentes idades-estádios e as taxas de desenvolvimento dos indivíduos de ambos os sexos, sendo que este modelo vem sendo utilizados para estudos de tabela de vida de ácaros (DANESHINIA; AKRAMI; ALEOSFOOR, 2013; YIN et al., 2013).

Neste estudo, verificou-se que alguns acaricidas interferiram no desenvolvimento e reprodução da progênie e em parâmetros de tabela de vida, e outros, como o flufenoxurom não interferiram nestes parâmetros. De forma análoga, Kim e Yoo (2002) verificaram que flufenoxurom também não interferiu em aspectos reprodutivos da progênie de fêmeas de *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae).

Os impactos que os acaricidas, assim como outros agroquímicos, podem causar na progênie de espécimes que mantiveram contato residual podem ser mais desastrosos para a manutenção e crescimento de uma população, em alguns casos, que os efeitos agudos (mortalidade) (HAMBY; ALIFANO; ZALOM, 2013). Portanto, em estudos que avaliam os impactos de agroquímicos sobre organismos benéficos deve-se considerar a persistência dos efeitos nocivos ao longo das gerações, com finalidade de prever adequadamente o impacto causado sobre essa população, a fim de evitar a supressão da população na área a longo prazo (KIM; YOO, 2002; HAMBY; ALIFANO; ZALOM, 2013), e isso em campo significa redução do inimigo natural e consequente desequilíbrio no agroecossistema, como a possibilidade de surtos de pragas secundárias, resultando em prejuízos na produção agrícola e consequentemente, a necessidade de mais pulverizações de agroquímicos.

Para conhecer os reais efeitos de um acaricida ao ácaro predador *E. concordis*, assim como a outros organismos benéficos, é de grande relevância ressaltar que não basta apenas avaliar efeitos letais, para que um agroquímico seja recomendado em um programa de manejo integrado de pragas, deve-se realizar estudo mais minuciosos, como efeitos subletais, estudo de tabela de vida, inclusive avaliar os prolongamentos dos efeitos nocivos na gerações seguintes, verificando também os efeitos negativos em diferentes fases de desenvolvimento do organismo benéfico, além de estudo de semi-campo e campo, avaliando de forma mais real a interação pesticida – praga – inimigo natural (KIM; YOO, 2002).

3.5 Conclusões

Os acaricidas enxofre, fenpiroximato e propargito são altamente nocivos e apresentam moderada persistência do efeito nocivo às fêmeas de *E. concordis*;

Propargito acarreta redução na duração do estágio adulto de fêmeas e machos de *E. concordis*;

Etoxazol é considerado inócuo às fêmeas do ácaro predador *E. concordis*, mas causa 100% de mortalidade de larvas;

Destaca-se a importância de estudar os efeitos transgeracionais e avaliar toxicidade em todos estádios de desenvolvimento de um organismo, para obter informações legítimas da toxicidade de um pesticida sobre um organismo benéfico.

Referências

- ADEL, A.; EL-ELA, A. Efficacy of five acaricides against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch and their side effects on some natural enemies. **The Journal of Basic & Applied Zoology**, Cairo, v. 67, p. 13–18, 2014.
- ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 18, n. 1, p. 265-267, 1925.
- BASTIANEL, M.; NOVELLI, V.M.; KITAJIMA, E.W.; KUBO, K.S.; BASSANEZI, R.B.; MACHADO, M.A.; FREITAS-ASTÚA, J. Citrus Leprosis: Centennial of an Unusual Mite-Virus Pathosystem. **Plant Disease**, Ames, v. 94, n. 3, p. 284-292, 2010.
- BEERS, E.H.; SCHMIDT, R.A. Impacts of orchard pesticides on *Galendromus occidentalis*: Lethal and sublethal effects. **Crop Protection**, Guildford, v. 56, p. 16–24, 2014.
- BIONDI, A.; DESNEUX, N.; SISCARO, G.; ZAPPALÀ, L. Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: selectivity and side effects of 14 pesticides on predator *Orius laevigatus*. **Chemosphere**, Oxford, v. 87, n. 7, p. 803-812, 2012.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 12 set. 2013.

- BOBOT, T. da E.; FRANKLIN, E.; NAVIA, D.; GASNIER, T.R.J.; LOFEGO, A.C.; OLIVEIRA, B.M. de. Mites (Arachnida, Acari) on *Citrus sinensis* L. Osbeck orange trees in the state of Amazonas, Northern Brazil. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 41, n. 4, p. 557-566, 2011.
- CASSINO, P.C.R.; RODRIGUES, W.C. Monitoramento de insetos fitófagos, ácaros e inimigos naturais. p. 149-157 In: CASSINO, P.C.R.; Rodrigues, W.C. (Coords.), **Citricultura Fluminense: principais pragas e seus inimigos naturais**. Seropédica: EDUR, 2004. 168p.
- CHI, H.; LIU, H. Two new methods for the study of insect population ecology. **Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica**, Taipei, v. 24, n. 2, p. 225-240, 1985.
- CHI, H. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. **Environmental Entomology**, College Park, v. 17, n. 4, p. 26-34, 1988.
- CHI, H. **TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis**, 2012. Disponível em: <<http://www.140.120.197.173/Ecology/>>. Download em: 07 jun. 2014.
- CUTLER, G.C.; RAMANAIDU, K.; ASTATKIE, T.; ISMAN, M.B. Green peach aphid, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae), reproduction during exposure to sublethal concentrations of imidacloprid and azadirachtin. **Pest Management Science**, Sussex, v. 65, n. 2, p. 205-209, 2009.
- COSTA, R.; ROCHA, L.C.D.; FREITAS, J.A.; COURA JÚNIOR, M.C.; SANTOS, O.M.; COUTO, E.C. Efeito de agrotóxicos usados na cultura do morangueiro sobre o predador *Phytoseiulus macropilis* (Banks) em laboratório, semicampo e campo no sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 4, n. 3, 2012.
- CROFT, B.A.; BLACKWOOD, J.S.; McMURTRY, J.A. Classifying life-style types of phytoseiid mites: diagnostic traits. **Experimental and Applied Acarology**. v. 33, p. 247-260, 2004.
- CORDEIRO, E.M.G.; MOURA, I.L.T.; FADINI, M.A.M.; GUEDES, R.N.C. Beyond selectivity: are behavioral avoidance and hormesis likely causes of pyrethroid-induced outbreaks of the Southern red mite *Oligonychus ilicis*? **Chemosphere**, Oxford, v. 93, n. 6, p. 1111-1116, 2013.
- DANESHINIA, N.; AKRAMI, M.A.; ALEOSFOOR, M. Life table parameters of fig mite, *Eotetranychus hirsti* (Acari: Tetranychidae) under laboratory conditions. **Persian Journal of Acarology**, Karaj, v. 2, n. 2, p. 277-286, 2013.
- DUTCHER, J.D. A review of resurgence and replacement causing pest outbreaks in IPM. In: CIANCIO, A.; MUKERJI, K.G. (Ed). **General Concepts in Integrated Pest and Disease Management**. Amsterdam: Springer, 2007. Chap. 2, p. 27-43.

- DUTTON, A.; KLEIN, H.; ROMEIS, J.; BIGLER, F. Prey-mediated effects of *Bacillus thuringiensis* spray on the predator *Chrysoperla carnea* in maize. **BiolControl**, Dordrecht, v. 26, p. 209-215, 2003.
- EFRON, B.; TIBSHIRANI, R.J.A. **An introduction to the bootstrap**. New York: London, 1993. v. 1. 430p.
- FERLA, N.J.; MORAES, G.J. de. Seletividade de acaricida e inseticidas a ácaros predadores (Acari: Phytoseiidae) encontrados em seringueira no centro-oeste do Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.357-362, 2006.
- GRAFTON-CARDWELL, E.E.; OUYANG, Y. Influence of citrus leaf nutrition on survivorship, sex ratio, and reproduction of *Euseius tularensis* (Acari: Phytoseiidae). **Environmental Entomology**, College Park, v. 25, p. 1020-1025, 1996.
- GUEDES, R.N.C.; CUTLER, G.C. Insecticides-induced hormesis and arthropod pest management. **Pest Management Science**, Sussex, v. 70, n. 5, p. 690-697, 2014.
- GUEDES, R.N.C.; SMAGGHE, G.; STARK, J.D.; DESNEUX, N. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 61, p. 43-62, 2016.
- HAMBY, K.A.; ALIFANO, J.A.; ZALOM, F.G. Total effects of contact and residual exposure of bifenthrin and λ -cyhalothrin on the predatory mite *Galendromus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae). **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 61, n. 2, p. 183-193, 2013.
- HASSAN, S.A.; BIGLER, F.; BOGENSCHUTZ, H.; BOLLER, E.; BRUN, J.; CALIS, J.N.M.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HELYER, N.; HOKKANEN, H.; LEWIS, G.B.; MANSOUR, F.; MORETH, L.; POLGAR, L.; SAMSØE-PETERSEN, L.; SAUPHANOR, B.; STAUBLI, A.; STERK, G.; VAINIO, A.; VAN DE VEIRE, M.; VIGGIANI, G.; VOGT, H. Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS – Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". **Entomophaga**, Paris, v. 39, n. 1, p. 107-119, 1994.
- HASSAN, S.A.; ABDELGADER, H.A. sequential testing program to assess the effects of pesticides on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). **IOBC/WPRS Bulletin**, Versailles, v. 24, n. 4, p. 71-81, 2001.
- HENDERSON, C.F.; TILTON, E. W. Tests with acaricides against the brow wheat mite, **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 48, p. 157-161, 1955.
- HINDE, J.; DEMÉTRIO, C. Overdispersion: models and estimation. **Computational Statistics and Data Analysis**, Amsterdam, v. 27, n. 2, p. 151–170, 1998.

- HUANG, Y.B.; CHI, H. Age-stage, two-sex life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) with a discussion on the problem of applying female age-specific tables to insect populations. **Insect Science**, Elmsford, v. 19, n. 2, p. 263-273, 2012.
- KIM, S.S.; SEO, S.G. Relative toxicity of some acaricides to the predatory mite, *Amblyseius womersleyi* and the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae). **Applied Entomology and Zoology**, v. 4, p. 509-514, 2001.
- KIM, S.S.; YOO, S.S. Comparative toxicity of some acaricides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* and the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*. **BioControl**, Dordrecht, v. 47, p. 563-573, 2002.
- MARTELLI, I.B.; FERREIRA, L.S.; PINHEIRO, E.K.L.; SCHINOR, E.H.; BASTIANEL, M.; AZEVEDO, F.A. Óleo mineral no controle do ácaro da leprose dos citros (*Brevipalpus phoenicis*). **Laranja**, Cordeirópolis, v.30, n.1-2, p.13-27, 2009.
- MARSARO JÚNIOR, A.L.; SATO, M.E.; AGUIAR, R.M. DE; VIEIRA, G.B.; SILVA JÚNIOR, R.J. DA.; MINEIRO, J.L. DE C. Efeito de acaricidas sobre *Schizotetranychus hindustanicus* (hirst) (Acari: Tetranychidae) e ácaros predadores em citros no estado de Roraima, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 1, p. 75-83, 2012.
- MEISSLE, M.; MOURON, P.; MUSA, T.; BIGLER, F.; PONS, X.; VASILEIADIS, V.P.; OTTO, S.; ANTICHI, D.; KISS, J.; PA'LINKA'S, Z.; DORNER, Z.; VAN DER WEIDE, R.; GROTEN, J.; CZEMBOR, E.; ADAMCZYK J.; THIBORD, J.B.; MELANDER, B.; NIELSEN, G.C.; POULSEN, R.T.; ZIMMERMANN, O.; VERSCHWELE, A.; OLDENBURG, E. Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 134, n. 5, p.357–375, 2010.
- McMURTRY, J.A.; CROFT, B.A. Life styles of phytoseiid mites and their roles as biological control agents. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 42, p. 291-321, 1997.
- MORAES, G.J.; FLECHTMANN, C.H.W. **Manual de Acarologia**: acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Ed. Holos, 2008. 308p.
- NELDER, J.A.; WEDDERBURN, R.W.M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v. 135, p. 370-384, 1972.
- POZZEBON, A.; TIRELLO, P.; MORET, R.; PEDERIVA, M.; DUSO, C. A Fundamental Step in IPM on Grapevine: Evaluating the Side Effects of Pesticides on Predatory Mites. **Insects**, Basel, v. 6, n. 4, p. 847-857, 2015.

- REZAEI, M.; TALEBI, K.; NAVEH, V.H.; KAVOUSHI, A. Impacts of the pesticides imidacloprid, propargite, and pymetrozine on *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae): IOBC and life table Assays. **BioControl**, Dordrecht, v. 52, p. 385–398, 2007.
- REIS, P.R.; CHIAVEGATO, L.G.; MORAES, G.J.de; ALVES, E.B.; SOUSA, E.O. Seletividade de agroquímicos ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Itabuna, v. 27, n. 2, p. 265-274. 1998.
- REIS, P.R.; SOUZA, J.C.; SOUSA, E.O.; TEODORO, A.V. Controle do *Brevipalpus phoenicis* em cafeeiro com produtos seletivos a ácaros predadores. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, Costa Rica, v. 64, p. 55 - 61, 2002.
- REIS, P.R.; E.B. ALVES. Biologia do ácaro predador *Euseius alatus* DeLeon (Acari: Phytoseiidae). **Anais da Sociedade Entomologica do Brasil**, Londrina, v. 26, p. 359-363, 1997.
- REIS, P. R.; FRANCO, R.A.; NETO, M.P.; TEODORO, A.V. Selectivity of Agrochemicals on Predatory Mites (Phytoseiidae) Found on Coffee Plants. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, p. 64-70. 2006.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014, 1706 p.
- RODRIGUES, J.C.V.; KITAJIMA, E.W.; CHILDERS, C.C.; CHAGAS, C.M. Citrus leprosis vírus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) on citrus in Brazil. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 30, n. 1-3, p. 161-179, 2003.
- ROGERS, M.E.; STANSLY, P.A. 2016 Florida Citrus Pest Management Guide: Ch. 10 Rust Mites, Spider Mites, and Other Phytophagous Mites. **Bulletin of The Institute of Food and Agricultural Sciences (UF/IFAS Extension)**. University of Florida, Gainesville, 2016, 7p.
- SATO, M.E.; CERÁVOLO, L.C.; ROSSI, A.C.; CEZÁRIO, A.C.; POTENZA, M.R.; RAGA, A. Avaliação do efeito de acaricidas sobre ácaros-predadores (Phytoseiidae) e outros artrópodos em citros. **Revista de Agricultura**, v. 70, n. 1, p. 57-69, 1995.
- SILVA, M. Z. da; OLIVEIRA, C. A. L.; SATO, M.E. Seletividade de Produtos Fitossanitários Sobre o Ácaro Predador *Agistemus brasiliensis* Mاتيoli, Ueckermann & Oliveira (Acari: Stigmaeidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 388-396, 2009.
- SILVA, M.Z. da; SATO, M.E.; OLIVEIRA, C.A. de. Diversidade e dinâmica populacional de ácaros em pomar cítrico. Campinas, **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 1-9, 2012.
- SILVA, M. Z. da; SATO, M.E; OLIVEIRA, C. A. L.; VERONEZ. Toxicidade de Agroquímicos ao Ácaro-da-leprose dos Citros *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) e ao Ácaro predador *Neoseiulus*

- californicus* (McGregor) (Acari: Tenuipalpidae, Phytoseiidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 3, p. 363-370, 2012.
- STARK, J.D., L. TANIGOSHI, M. BOUNFOUR AND A. ANTONELLI, 1997. Reproductive potential: its influence on the susceptibility of the species to pesticides. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 37, p. 273-279, 1997.
- STARK, J.D.; BANKEN, J.A.O.; WALTHAL, W.K. The importance of the population perspective for the evaluation of side effects of pesticides on beneficial species. In: HASKELL, P.T; MCEWEN, P. (eds), **Ecotoxicology: Pesticides and Beneficial Organisms**. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. pp. 348-359, 1998.
- STARK, J. D.; BANKS, J.E. Population-level effects and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 48, p. 505-519, 2003.
- STARK, J.D.; BANKS, J.E.; ACHEAMPONG, S. Estimating susceptibility of biological control agents to pesticides: influence of life history strategies and population structure. **BioControl**, Dordrecht, v. 29, p. 392-398, 2004.
- SZCZEPANIEC, A.; RAUPP, M.J. Direct and indirect effects of imidacloprid on fecundity and abundance of *Eurytetranychus buxi* (Acari: Tetranychidae) on boxwoods. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 59, n. 3, p. 307-318, 2013.
- VAN DE VEIRE, M.; STERK, G.; VAN DER STAAL, M.; RAMAKERS, P.M.J.; TIRRY, L. Sequential testing scheme for the assessment of the side-effects of plant protection products on the predatory bug *Orius laevigatus*. **BioControl**, Dordrecht, v. 47, n. 1, p. 101-113, 2002.
- YIN, W.D.; QIU, G.S.; YAN, W.T.; SUN, L.N.; ZHANG, H.J.; MA, C.S. ADAOBI, U.P. Age-stage two-sex life tables of *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae), on different apple varieties. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 106, n. 5, p. 2118-2125, 2013.
- ZANARDI, O.Z. **Mecanismos associados à ocorrência de surtos populacionais e manejo de *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) em pomares cítricos**. Piracicaba, 2015. 135p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo.
- ZANARDI, O.Z.; BORDINI, G.P.; FRANCO, A.A.; JACOB, C.R.O.; YAMAMOTO, P.T. Sublethal effects of pyrethroid and neonicotinoid insecticides on *Iphiseiodes zuluagai* Denmark and Muma (Mesostigmata: Phytoseiidae). **Ecotoxicology**, London, 2016 (*in press*).
- ZHAN, Y.; FAN, S.; ZHANG, M.; ZALOM, F. Modelling the effect of pyrethroid use intensity on mite population density for walnuts. **Pest Management Science**, Sussex, v. 71, n. 1, p. 159-164, 2015.

4 IMPACTO DE FUNGICIDAS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO INTEGRADA DE CITROS SOBRE *Euseius concordis* (CHANT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

Resumo

Os pomares cítricos brasileiros são acometidos por um relevante número de fungos fitopatogênicos que se não controlados geram uma grande quebra na produção de frutos. Sabe-se que o controle dos fungos causadores de doença é feito basicamente com uso de fungicidas, inorgânicos e orgânicos, e como os outros agroquímicos utilizados neste sistema de produção, podem afetar negativamente a população de ácaros predadores na área, destacando a importância e estudar a toxicidades dos fungicidas utilizados no sistema de produção de citros sobre o abundante e eficiente ácaro predador *Euseius concordis* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) encontrado nos pomares. Dessa forma, este estudo teve como o objetivo avaliar o efeito letal sobre ovos, larvas e adultos e subletais sobre adultos, assim como a persistência do efeito letal dos produtos mais nocivos aos adultos deste predador em testes de semi-campo de fungicidas utilizados para o manejo de doenças recomendados para a produção integrada de citros (PICitros, 2012), além de estimar os parâmetros de tabela de vida da progênie (efeito transgeracional) do ácaro predador *E. concordis*. Os resultados permitiram identificar que os fungicidas avaliados apresentam baixa toxicidade ao ácaro predador *E. concordis*, sendo que mais de 70% dos fungicidas foram considerados inócuos ou levemente nocivo a essa espécie. Os fungicidas difenoconazol, piraclostrobina e trifloxistrobina + tebuconazol foram considerados de vida curta e o hidróxido de cobre como levemente persistente, por ter causado mortalidade de 46% até 7 dias após a pulverização (DAP), sendo que já na avaliação de 10 DAP observou-se uma mortalidade de apenas 8%. Nas avaliações dos efeitos transgeracionais observou-se que o fungicida hidróxido de cobre aumentou significativamente o período embrionário e reduziu o tempo de vida de adultos (fêmea e macho), o período de oviposição e a fecundidade, além de interferir negativamente na taxa líquida de reprodução (R_0), taxa intrínseca de aumento (rm) e na razão finita de aumento (λ) estimados da progênie, podendo indicar que este fungicida deve ser usado com critérios em um programa de manejo integrado de pragas que pretenda conservar a população de *E. concordis* nos pomares de citros.

Palavras-chave: Fungos fitopatogênicos; Citros; Densidade populacional; Controle químico; Efeitos subletais; Ácaros predadores

Abstract

Brazilian citriculture are affected by a significant number of phytopathogenic fungi, that, if uncontrolled, generate a large break in fruit production. It is known that the control of fungi that causes diseases is basically done with the usage of fungicides (inorganic and organic) and, like other pesticides used in this production system, may adversely affect the population of predator mites in the area, highlighting the importance of studying the toxicities of fungicides used in citrus production system on the abundance and efficiency of the predator mite *Euseius concordis* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) found in the groves. Thus, this study aimed to

evaluate the lethal effect on eggs, larvae and adults; and sublethal on adults, as well as the persistence of the lethal effect of the most harmful products to adults of this predator in semi-field tests for fungicides recommended for the integrated production of citrus (PICitros, 2012) and used for the management of diseases, and to estimate the life table parameters of progeny (transgenerational effect) of the predator mite *E. concordis*. The results showed that the evaluated fungicides have low toxicity to the predator mite *E. concordis*, and more than 70% of fungicides were considered harmless or slightly harmful for this species. The fungicides difenoconazole, pyraclostrobin and trifloxystrobin + tebuconazole were considered to be short-lived, and copper hydroxide as slightly persistent, causing 46% mortality within 7 days after spraying (DAS), whereas the evaluation of 10 DAS observed a mortality of only 8%. In the evaluations of the effects transgenerational, it was observed that the copper hydroxide fungicide increased significantly the embryonic period, and reduced the life expectancy of adult (female and male), oviposition period and fecundity, and had a negative impact on the net reproductive rate (R_0), the intrinsic rate of increase (r_m) and the finite rate of increase (λ) estimated in the progeny, possibly indicating that the fungicide should be used with criteria in the integrated pest management program expecting to preserve the population of *E. concordis* in citrus groves.

Keywords: Phytopathogenic fungi; Citrus; Population density; Chemical control; Sublethal effects; Predator mite

4.1 Introdução

As plantas cítricas (*Citrus* spp.) são acometidas por um grande número de fungos fitopatógenos que todos os anos causam significativas reduções na produtividade, como a gomose, causada por fungos do gênero *Phytophthora*, a rubelose, causada pelo fungo *Corticium salmonicola*, a verrugose, causada por *Sphaceloma fawceti*, a melose, que tem como agente causal o *Phomopsis citri*, e a danosa pinta-preta, causada pela *Guignardia citricarpa*, além da *Alternaria alternata*, conhecida por causar a doença chamada de mancha marrom da alternaria (MMA) (GRAHAM; TIMMER, 1992; BEDENDO, 1995; ERWIM; RIBEIRO, 1996; FEICHTENBERGER, 2003; SPÓSITO, 2003; MELO; ANDRADE, 2006; FISCHER et al., 2007). A estratégia básica para o controle desses fungos causadores de doença em citros é o químico, com aplicações regulares de fungicidas, preventivos e curativos, necessários para uma garantir uma produtividade economicamente viável (FEICHTENBERGER et al., 2005; RODRIGUES et al., 2007).

Em um contexto amplo, sabe-se que dentre os produtos fitossanitários utilizados nos pomares de citros, os fungicidas são os menos nocivos aos organismos benéficos encontrados no pomar, como os ácaros predadores (CROFT; NELSON, 1972; TANIGOSHI; CONGDON, 1983; KOMATSU; NAKANO, 1988; YAMAMOTO et al., 1992, 1995; REIS et al.; 1998;

POLETTI et al., 2008), sendo que Reis et al. (1998) realizaram um trabalho de seletividade de agroquímicos utilizados na citricultura ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* (Denmark & Muma) (Acari: Phytoseiidae), e observaram que mais de 70% dos fungicidas avaliados foram inócuos a essa espécie.

No entanto, diante da diversidade de fungicidas utilizados nos pomares, alguns podem causar efeitos negativos a espécies de ácaros predadores encontrados naturalmente nos pomares de citros, como mortalidade elevada e/ou alterações no desenvolvimento biológico, o que prejudica a sua atividade regulatória de pragas (REIS et al. 1998; REIS et al. 2006; POLETTI et al., 2008; STAVRINIDES; MILLS, 2009; BERNARD et al., 2010), como o mancozeb, que apresenta baixa seletividade a algumas espécies de ácaros predadores (YAMAMOTO; BASSANEZI, 2003).

Sendo necessário, neste contexto, avaliar a toxicidade dos fungicidas mais utilizados no sistema para cada organismo benéfico da área, pois é constatado que há variações do efeito nocivo de um pesticida de espécie para espécie e também entre os estádios de desenvolvimentos destes (REIS et al., 1998; YAMAMOTO; BASSANEZI, 2003; REIS et al., 2006; POLETTI et al., 2008; STAVRINIDES; MILLS, 2009).

Para tanto, a toxicidade de fungicidas deve ser avaliada sobre espécies abundantes de ácaros predadores de importância no controle biológico de ácaros praga do sistema citrícola, como o ácaro predador *Euseius concordis* (Chant) (Acari: Phytoseiidae), que corresponde por mais de 70% dos ácaros dessa família nos pomares das regiões Norte e Sudeste do país (MARSARO JÚNIOR et al., 2012; SILVA; SATO; OLIVEIRA, 2012), além de ser muito eficiente na predação, chegando a consumir 40 ovos de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) por dia e predando durante a vida uma mais de 300 ovos e formas jovens do ácaro *B. phoenicis* (KOMATSU; NAKANO, 1988; SILVA; SATO; OLIVEIRA, 2012).

Para tanto, é necessário ter as informações sobre a seletividade dos fungicidas aplicados em pomares sobre a espécie *E. concordis*. Dessa forma, objetivou com este estudo avaliar os efeitos letal sobre ovos, larvas e adultos e subletais sobre adultos, assim como a persistência do efeito letal dos produtos mais nocivos aos adultos deste predador em testes de semi-campo de fungicidas utilizados para o manejo de doenças, recomendados para a produção integrada de citros (PICitros, 2012), além de estimar os parâmetros de tabela de vida da progênie (efeito transgeracional), sendo mais uma ferramenta para averiguar os efeitos nocivos de um agroquímico, visando contribuir para a compreensão mais ampla dos impactos destes compostos sobre essa espécie de ácaro predador, bem como auxiliar na definição de estratégias de manejo integrado de pragas que visam explorar esse agente de controle biológico em sistemas de produção de citros.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Ácaros

A colônia de *E. concordis* foi estabelecida a partir de espécimes cedidas pelo Dr. Mário Eidi Sato, do Laboratório de Entomologia Econômica do Centro Experimental Central do Instituto Biológico, Campinas, São Paulo, Brasil. Para criação do ácaro foi utilizado folhas de acalifa [*Acalypha wilkesiana* Muell (Euphorbiaceae)] colocadas com a face abaxial voltada para cima sobre uma camada de espuma umedecida com água deionizada em bandejas plásticas (38,5 × 24,5 × 6,0 cm de comprimento, largura e altura, respectivamente). Tiras de algodão hidrófilo umedecido foram utilizadas nas bordas das folhas para a manutenção da sua turgescência e impedir a fuga dos ácaros. No centro de cada arena foram colocados fios de algodão hidrófilo para servir de abrigo e local de oviposição aos ácaros. Como alimento, foi utilizado pólen de taboa [*Typha angustifolia* L. (Typhaceae)] disponibilizado sobre lamínulas de vidro de 2 × 2 cm (4 cm²) o qual foi substituído a cada 48 horas. A criação foi mantida em sala climatizada (temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa do ar (UR) de 60 ± 10% e fotoperíodo de 14 L: 10 E horas).

4.2.3 Fungicidas

Sete fungicidas recomendados para o manejo de fungos fitopatógenos na produção integrada de citros (PICitros, 2012) foram avaliados quanto ao efeito nocivos sobre *E. concordis*. Todos os compostos foram testados nas maiores concentrações recomendadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para controle de doenças. Os ingredientes ativos, produtos comerciais, grupos químicos, modo de ação e concentrações (mg i.a. L⁻¹) dos fungicidas utilizadas nos bioensaios estão listados na Tabela 17.

Tabela 17. Fungicidas testados nos bioensaios.

Ingrediente ativo	Produto comercial	Grupo químico	Modo de ação	Fabricante	Concentração (mg i.a. L ⁻¹)
Difenoconazol	Score® EC	Triazol	Inibidores da síntese de esteróis	Syngenta	50
Folpete	Folpan Agricur® 500 WP	Dicarboximida	Bloqueio da atividade da enzima NADH citocromo-c-redutase no processo respiratório	Milênia	950
Hidróxido de cobre	Kocide® WDG	Inorgânico	-	Du Pont	672,5
Piraclostrobina	Comet® EC	Estrobilirina	Inibição do Quinol (Qol)	Basf	37,5
Tebuconazol	Folicur® 200 EC	Triazol	Inibidores da síntese de esteróis	Bayer	150
Trifloxistrobina	Flint® 500 WG	Estrobilurina	Inibição do Quinol (Qol)	Bayer	50
Trifloxistrobina + Tebuconazol	Nativo® SC	Estrobilurina + Triazol	Inibição do Quinol (Qol) + Inibidores da síntese de esteróis	Bayer	40 80

4.2.3 Bioensaios

Os bioensaios foram realizados em sala climatizada com temperatura de 25 ± 2 °C, UR de $60 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14 L: 10 E horas. Durante o período de avaliação, os ácaros foram alimentados com pólen de taboa disponibilizado sobre lamínulas de vidro de $0,5 \times 0,5$ cm ($0,25$ cm²).

4.2.4 Efeito de fungicidas sobre adultos de *E. concordis*

Para avaliação do efeito dos fungicidas sobre adultos de *E. concordis*, folhas de laranjeira-doce ‘Valência’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Rutaceae)] foram pulverizadas com 2 mL de solução, do respectivo tratamento, em torre de Potter (Burkard Scientific Co., Uxbridge, UK), ajustada a uma pressão de 68 kPa, resultando na deposição de $1,8 \pm 0,1$ mg cm⁻² de resíduo fresco, estando de acordo com os critérios estabelecidos pelo grupo de trabalho da International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants, West Palaearctic Regional Section (IOBC/WPRS) para estudos de toxicologia de agroquímicos sobre inimigos naturais (HASSAN et al., 1994). Água deionizada (solvente utilizado para diluição/solubilização dos agroquímicos) foi utilizada como tratamento controle. Após a pulverização dos tratamentos, as folhas foram mantidas em sala climatizada por três horas para secagem dos resíduos. Decorrido esse período, unidades experimentais (4,0 cm de diâmetro) foram feitas com folhas de laranjeira-doce ‘Valência’ colocadas sobre uma camada de espuma (~ 1 cm de altura) umedecida com água deionizada em bandejas plásticas (38,5 × 24,5 × 6,0 cm de comprimento, largura e altura, respectivamente) e acondicionadas em sala climatizada. Feito isso, 10 fêmeas acasaladas (< 24 horas de idade) de *E. concordis* foram liberadas em cada unidade experimental. Para cada tratamento foram utilizadas cinco repetições ($n = 50$). A mortalidade das fêmeas (efeito letal) foi avaliada a cada 24 horas por um período de oito dias após a liberação das fêmeas nas unidades experimentais. Foram considerados mortos os ácaros que não reagiram ao toque de um pincel de cerdas macias.

Durante as avaliações, o número de ovos depositados pelas fêmeas (fecundidade) nas unidades experimentais foi quantificado e utilizado para avaliação dos efeitos subletais. Após a contagem, os ovos foram removidos das unidades experimentais e colocados em placas de Petri para avaliação da fertilidade (número de larvas eclodidas). A fertilidade das fêmeas foi avaliada quatro dias após a oviposição.

Com base nos dados de mortalidade (efeito letal), fecundidade e fertilidade das fêmeas (efeitos subletais), um coeficiente de redução (E_x) foi calculado para cada pesticida utilizando a fórmula $E_{x(\%)} = 100 - (100 - Mc) \times E_r$ proposta por Biondi et al. (2012), onde: Mc = mortalidade total do estágio imaturo corrigida pela fórmula de Abbott (1925) e E_r = efeito na reprodução calculado como: $E_r = R_1 \times R_2$, sendo: R_1 = razão entre a fecundidade total média das fêmeas que desenvolveram sobre os resíduos de fungicidas e o controle e R_2 = razão entre a fertilidade total média das fêmeas que desenvolveram sobre os resíduos de fungicidas e o controle. Com base no coeficiente de redução, os fungicidas foram classificados de acordo com as escalas de toxicidade proposta pela IOBC/WPRS para testes de laboratório estendido (VAN DE VEIRE et al., 2002), sendo: classe 1: inócuo ($E_x < 25\%$); classe 2: levemente nocivo ($25\% \leq E_x \leq 50\%$); classe 3: moderadamente nocivo ($51\% \leq E_x \leq 75\%$) e classe 4: altamente nocivo ($E_x > 75\%$).

4.2.5 Duração da atividade nociva dos fungicidas

A duração da atividade nociva dos fungicidas que foram classificados como levemente e moderadamente nocivos (Classes 2 e 3, segundo critérios da IOBC/WPRS, pois não teve fungicidas classificados como nocivos) no bioensaio de toxicidade aguda (item 13.4) foram avaliados sobre adultos de *E. concordis*. Para isso, seedlings de laranjeira-doce ‘Valência’ cultivadas em vasos (12 L) em casa de vegetação foram utilizadas como substrato para pulverização dos tratamentos. Os seedlings foram pulverizados com um volume de calda correspondente a 100 mL m⁻³ de copa, resultando na deposição de ~ 1.8 mg cm⁻² resíduo fresco sobre a superfície foliar, utilizando um pulverizador manual modelo Jacto[®] PJH (Jacto do Brasil S.A, Pompeia, São Paulo, Brasil) equipado com bico cone cheio FL-5VS (Teejet Technologies Company, São Paulo, Brasil). Para cada tratamento foram utilizados 5 seedlings. Decorridos 3, 7, 10, 17, 24 e 31 dias após a pulverização dos tratamentos (DAP), uma folha de cada seedling foi destacada aleatoriamente e levadas ao laboratório para confecção das unidades experimentais similarmente ao descrito no item 13.4. Feito isso, 10 fêmeas (< 24 horas de idade) de *E. concordis* foram transferidas para cada unidade experimental. Para cada tratamento e data de avaliação foram utilizadas 5 repetições ($n = 50$). A mortalidade foi avaliada 24 horas após a liberação das fêmeas nas unidades experimentais. Quando os fungicidas causaram mortalidade inferior a 25%, foram classificados de acordo com a escala de persistência proposta pela IOBC/WPRS em: classe 1:

vida curta (< 5 dias); 2: levemente persistente (5-15 dias); 3: moderadamente persistente (16-30 dias) e 4: persistente (> 30 dias) (HASSAN; ABDELGADER, 2001).

4.2.6 Efeito transgeracional

O efeito transgeracional (desenvolvimento e reprodução da progênie de *E. concordis*) foi avaliado para todos os fungicidas avaliados quanto a seletividade. Para isso, 12 ovos de cada fêmea sobrevivente após oito dias de exposição aos resíduos de fungicidas foram transferidos para novas unidades experimentais, feitas com folhas de laranjeira-doce livres de resíduos, similarmente ao descrito no item 13.4. Para cada tratamento foram utilizadas 5 repetições ($n = 60$). A sobrevivência e a duração dos estádios de desenvolvimento imaturo (larva, protoninfa e deutoninfa) foram avaliadas a cada 12 horas até a obtenção dos adultos.

Os adultos obtidos em cada tratamento foram separados por sexo, formados casais e transferidos para novas unidades experimentais (livres de resíduos) para avaliação dos parâmetros do estágio adulto. Durante esse período, as unidades experimentais foram substituídas a cada cinco dias (para evitar a desidratação dos discos foliares). O período de pré-oviposição, oviposição, fecundidade e longevidade das fêmeas e dos machos foram avaliados a cada 24 horas. Quando a morte dos machos ocorreu antes das fêmeas, novos machos provenientes da criação foram liberados nas unidades experimentais. No entanto, os dados desses machos não foram utilizados nas análises. A fertilidade das fêmeas foi determinada com base no número de larvas eclodidas em cada unidade experimental. Para isso, os ovos foram colocados em placas de Petri de 3,5 cm de diâmetro $\times$ 0,7 cm de altura tampadas com filme de policloreto de vinila (PVC) e acondicionadas em sala climatizada. O número de larvas eclodidas em cada placa foi avaliado quatro dias após a transferência dos ovos.

4.2.7 Tabela de vida da progênie

Com base nos dados de duração e sobrevivência do estágio imaturo, período de pré-oviposição, fecundidade, fertilidade e longevidade de machos e fêmeas da progênie, foram estimados os parâmetros de tabela de vida do ácaro para cada tratamento. A tabela de vida foi estimada com base nos dados de todos os indivíduos (incluindo as fêmeas, os machos e os indivíduos que morreram durante o desenvolvimento do estágio imaturo) conforme proposto

por Chi (1988). Os dados originais de todos os indivíduos foram analisados de acordo com o modelo teórico proposto por Chi e Liu (1985) utilizando o programa TWOSEXMSChart (<http://140.120.197.173/ecology/Download/TWOSEX-MSChart.rar>) (CHI, 2014). Para cada tratamento foram estimadas:

A taxa líquida de reprodução (R_o):

$$R_o = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$$

A taxa intrínseca de crescimento (r):

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1$$

O tempo médio entre gerações (T):

$$T = \ln R_o / r$$

A razão finita de aumento (λ):

$$\lambda = e^r$$

As médias e os erros padrões de cada parâmetro populacional foram estimados pelo método de bootstrap seguindo o procedimento proposto por Huang e Chi (2012). Durante o procedimento de bootstrap, os dados de cada parâmetro populacional foram reamostrados 10.000 vezes. As médias de cada parâmetro populacional foram comparadas pelo teste de bootstrap pareado com seus respectivos intervalos de confiança (EFRON; TIBSHIRANI, 1993; ZANARDI et al. 2016).

4.2.8 Efeito de fungicidas sobre ovos de *E. concordis*

A toxicidade residual de fungicidas classificados como levemente e moderadamente nocivos (classe 2 e 3 segundo a IOBC/WPRS), quanto ao efeito nocivo sobre adultos de *E. concordis*, foi avaliada sobre ovos de *E. concordis* (estádio de vida mais protegido do ácaro). Para isso, arenas foram confeccionadas com folha de laranjeira ‘Valência’, utilizando discos (4,0 cm de diâmetro) de algodão hidrófilo para delimitar o espaço. No centro de cada arena foram colocados fios de algodão hidrófilo para servir de abrigo e local de oviposição aos ácaros, e pólen de taboa sobre uma lamínula para servir de alimento para fêmeas. Feito isso, cada arena foi infestada com 20 fêmeas do ácaro provenientes da criação mantida em laboratório. Após 24 horas da infestação, as arenas foram desinfestadas e os ovos contados e submetidos à pulverização de 2 mL de solução, dos respectivos tratamentos, em torre de Potter (Burkard Scientific Co., Uxbridge, UK),

ajustada a uma pressão de $0,7 \text{ kg cm}^{-2}$, propiciando deposição de $1,8 \pm 0,1 \text{ mg resíduo fresco cm}^{-2}$ de folha, estando de acordo com os critérios estabelecidos pelo grupo de trabalho da International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants, West Palaearctic Regional Section (IOBC/WPRS) para estudos de toxicidade de agroquímicos sobre inimigos naturais (HASSAN et al., 1994). Água deionizada (solvente utilizado para diluição dos fungicidas) foi utilizada como tratamento controle. Após a pulverização, o algodão com os ovos foi transferido para unidades experimentais (4,0 cm de diâmetro), livre de resíduos, feitas com folhas de laranjeira-doce Valência colocadas sobre uma camada de espuma ($\sim 1 \text{ cm}$ de altura) umedecida com água deionizada em bandejas plásticas ($38,5 \times 24,5 \times 6,0 \text{ cm}$ de comprimento, largura e altura, respectivamente) e acondicionadas em sala climatizada. Para cada tratamento foram utilizadas 5 repetições ($n \sim 50$). As avaliações foram realizadas a cada 12 horas, durante quatro dias, contando o número de larvas eclodidas em cada arena. Foram considerados inviáveis os ovos que após quatro dias de avaliação não originaram larvas. O efeito dos fungicidas sobre os ovos foi calculado utilizando a fórmula proposta por Henderson e Tilton (1955).

4.2.9 Efeito de fungicidas sobre larvas de *E. concordis*

A toxicidade residual de fungicidas classificados como inócuo e levemente nocivo (Classe 1 e 2 segundo a IOBC/WPRS), quanto ao efeito nocivo em adultos de *E. concordis*, foi avaliada sobre larvas de *E. concordis* (estádio mais suscetível de ácaros). Para isso, folhas de laranjeira Valência foram pulverizadas com os respectivos tratamentos em torre de Potter, similar ao descrito no item 13.4. Após a aplicação dos tratamentos, as folhas foram mantidas em sala climatizada por duas horas para a secagem dos resíduos. Decorrido esse período, arenas foram confeccionadas com folha de laranjeira 'Valência', utilizando discos (4,0 cm de diâmetro) de algodão hidrófilo para delimitar o espaço (unidades experimentais) conforme descrito no item 13.4, e imediatamente infestadas com 10 larvas (recém-emergidas) de *E. concordis* provenientes da criação mantida em laboratório. Após a infestação, as arenas foram acondicionadas em sala climatizada. Para cada tratamento foram utilizadas 5 repetições ($n = 50$). A mortalidade das larvas foi avaliada a cada 24 horas, por um período de dois dias após a liberação das larvas nas unidades experimentais. Foram consideradas mortas as larvas que não reagiram ao toque de um pincel de cerdas macias. A toxicidade dos fungicidas para larvas de *E. concordis* foi calculada pela fórmula de Abbott (1925).

4.2.10 Análise dos dados

Modelos lineares generalizados (NELDER; WEDDERBURN, 1972) com distribuição quase-binomial foram usados para análise dos dados de proporção de mortalidade e distribuição quase-Poisson para análise dos dados de fecundidade. A qualidade do ajuste foi feita por meio do gráfico meio normal com envelope de simulação (HINDE; DEMÉTRIO, 1998). Quando houve diferenças significativas entre os tratamentos, múltiplas comparações, com o teste de Tukey ($p < 0,05$) foram feitas com a função "*glht*" do pacote "*multcomp*", com ajustes nos valores de p . Regressões não lineares usando o tempo [dias após a pulverização (DAP)] como pseudorepetições foram feitas para comparar a atividade nociva dos fungicidas. Todas essas análises foram realizadas no software estatístico "R", versão 3.1.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015).

4.3 Resultados

Avaliando os resultados do efeito letal e subletais dos fungicidas recomendados para a produção integrada de citros (PICitros, 2012) sobre as fêmeas do ácaro predador *E. concordis*, verificou-se que alguns dos produtos avaliados causaram mortalidade elevada, diferindo significativamente do controle (Tabela 18).

Os fungicidas folpete e hidróxido de cobre causaram alta mortalidade das fêmeas de *E. concordis* que mantiveram contato com estes resíduos (51,80 e 48,00%, respectivamente), porém, não causaram efeitos significativos na fecundidade e fertilidade dessas fêmeas, sendo classificados segundo as recomendações da IOBC/WPRS, para estudos em condições de laboratório estendido, como moderadamente nocivo ao ácaro em estudo, com coeficiente de redução (E_x) de 51,11% para o folpete e 59,30% para o hidróxido de cobre (Tabela 18).

Já os fungicidas trifloxistrobina + tebuconazol, difeconazol e trifloxistrobina causaram mortalidade de 36,70; 31,70 e 26,70%, respectivamente, não diferindo do controle e nem dos tratamentos de maior toxicidade à *E. concordis* (folpete e hidróxido de cobre), não interferindo na fecundidade e a fertilidade das fêmeas, apresentando coeficiente de redução de 38,47; 30,60 e 45,09%, respectivamente, sendo classificados como levemente nocivos à espécie estudada (classe 2, $25\% \leq E_x \leq 50\%$) (Tabela 18).

Os fungicidas piraclostrobina e tebuconazol causaram 36,80 e 13,40% de mortalidade, das fêmeas de *E. concordis* que mantiveram contatos com seus resíduos, respectivamente, no

entanto a piraclostrobina não afetou a fecundidade das fêmeas de *E. concordis*, sendo classificados como inócuos ao ácaro *E. concordis* ($E_x = 24,03$ e $15,36\%$, respectivamente) (Tabela 18).

Para tanto, os fungicidas que apresentaram maior mortalidade ao ácaro *E. concordis* em bioensaios de efeito letal foram submetidos a avaliação de persistência do efeito nocivo, sendo verificado que os fungicidas estudados apresentaram baixa persistência do efeito nocivo ao longo do período de avaliação, sendo que difenoconazol, piraclostrobina e trifloxistrobina+tebuconazol foram considerado de vida curta, por causarem mortalidade de menos de 25% da população mantida em contato com os resíduos em um período menor que 5 dias após a pulverização (DAP), e hidróxido de cobre foi considerado levemente persistente, por causar mortalidade de 46% até 7 DAP, sendo que na consecutiva avaliação causou apenas 8% de mortalidade (Tabela 19).

Tabela 18. Mortalidade, fecundidade, fertilidade e coeficiente de redução de fungicidas utilizados na produção integrada de citros sobre fêmeas de *Enseius concordis*.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Mortalidade total acumulada ¹ (%)	Fecundidade ² (n° ovos fêmea ⁻¹)	Fertilidade ¹ (%) (n° larvas eclodidas)	³ R ₁	⁴ R ₂	⁵ E _x (%)	Classe ⁶ (IOBC/WPRS)
Controle	-	16,70 ± 1,74 a	5,45 ± 0,68	95,87 ± 2,51	-	-	-	-
Difenoconazol	50	31,70 ± 3,31 ab	4,95 ± 0,62	89,33 ± 2,34	0,91	0,93	30,60	2
Folpete	950	51,80 ± 5,30 b	4,81 ± 0,60	92,50 ± 2,43	0,88	0,96	51,11	3
Hidróxido de cobre	672,5	48,00 ± 4,91 b	3,80 ± 0,50	89,36 ± 2,35	0,70	0,93	59,30	3
Piraclostrobina	37,5	36,80 ± 3,84 ab	5,60 ± 0,70	94,22 ± 2,47	1,02	0,98	24,03	1
Tebuconazol	150	13,40 ± 1,40 a	5,01 ± 0,62	88,50 ± 2,32	0,92	0,92	15,36	1
Trifloxistrobina	50	26,70 ± 2,78 ab	3,55 ± 0,44	92,10 ± 2,42	0,65	0,96	45,09	2
Trifloxistrobina + Tebuconazol	40 + 80	36,70 ± 3,74 ab	4,79 ± 0,60	88,21 ± 2,32	0,88	0,92	38,47	2
F		4,00	0,77	1,50				
g.l.		7, 40	7, 40	7, 40				
Valor de <i>p</i>		<0,001	0,596	0,206				

¹Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, *p* < 0,05); ²Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-Poisson, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, *p* < 0,05); ³Efeito na fecundidade; ⁴Efeito na fertilidade; ⁵Coeficiente de redução calculado pela fórmula $E_{x(\%)} = 100 - (100 - M_c) \times R_1 \times R_2$ proposta por Biondi et al., 2012;

⁶Classes de toxicidade proposta pela IOBC/WPRS para estudos de laboratório estendido: 1: inócuo ($E_x < 25\%$); classe 2: levemente nocivo ($25\% \leq E_x \leq 50\%$); classe 3: moderadamente nocivo ($51\% \leq E_x \leq 75\%$) e classe 4: altamente nocivo ($E_x > 75\%$) (VAN DE VEIRE et al., 2002).

Tabela 19. Duração da atividade nociva (dias) dos fungicidas utilizados na produção integrada de citros sobre *Enseius concordis*

Tratamento	Concentração usada (mg a.i. L ⁻¹)	Mortalidade (%) ¹ /Dias após a pulverização (DAP)						Classe de persistência ²
		3	7	10	17	24	31	
Controle	-	0 ± 0,00 b	2 ± 1,80 a	0 ± 0,00 b	0 ± 0,00	2 ± 1,80	0 ± 0,00	-
Difenoconazol	50	14 ± 4,56 a	2 ± 1,80 a	0 ± 0,00 b	2 ± 1,80	0 ± 0,00	0 ± 0,00	1
Hidróxido de cobre	672,5	32 ± 5,21 a	46 ± 6,69 b	8 ± 3,35 a	4 ± 2,19	4 ± 2,19	2 ± 2,19	2
Piraclostrobina	37,5	2 ± 1,80 b	2 ± 1,80 a	4 ± 2,19 ab	4 ± 2,19	2 ± 1,80	0 ± 0,00	1
Trifloxistrobina+Tebuconazol	40 + 80	2 ± 1,80 b	2 ± 1,80 a	4 ± 2,19 ab	4 ± 2,19	2 ± 1,80	0 ± 0,00	1
F		17,16	20,26	8,98	1,19	0,92	2,29	
g.l.		4, 20	4, 20	4, 20	4, 20	4, 20	4, 20	
Valor de <i>p</i>		< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,342	0,470	0,095	

¹Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, $p < 0,05$); ²Quando os fungicidas reduzirem, em menos de 25% a mortalidade dos ácaros em comparação ao controle, foram classificados de acordo com as classes de persistência proposta pela IOBC/WPRS em: 1: vida curta (< 5 dias); 2: levemente persistente (5-15 dias); 3: moderadamente persistente (16-30 dias) e 4: persistente (> 31 dias) (HASSAN; ABDELGADER, 2001).

Ao avaliar o efeito dos fungicidas no tempo de desenvolvimento dos estádios da progênie das fêmeas do ácaro *E. concordis* que mantiveram contato direto com os resíduos dos fungicidas, obteve-se que o fungicida hidróxido de cobre prolongou significativamente o período embrionário (1,86 dias), além de reduzir significativamente o tempo médio de duração dos adultos fêmea e macho, (6,20 e 4,30 dias, respectivamente), enquanto a progênie fêmeas e machos do controle apresentaram média de longevidade superior (16,80 e 11,90 dias, respectivamente). Os outros fungicidas não afetaram significativamente o tempo de desenvolvimento desse estágio (Tabela 20).

Já o estágio de larva da progênie não foi alterado significativamente por nenhum dos fungicidas avaliados em relação ao controle (Tabela 20).

No entanto, foi verificado neste estudo que os fungicidas tebuconazol e difenoconazol prolongaram significativamente as médias de duração da fase de protoninfa da progênie da espécie em estudo (1,26 e 1,25 dias, respectivamente) em comparação estatística com o controle (1,02 dia) (Tabela 20).

Neste mesmo bioensaio verificou-se também que trifloxistrobina + tebuconazol prolongaram significativamente o tempo médio de duração da fase de deutoninfa da progênie, 1,75 dias, enquanto que no controle a média foi de 1,05 dias (Tabela 20). Já o folpete e o tebuconazol reduziram de maneira significativa o tempo médio de duração do estágio de deutoninfa da progênie do ácaro *E. concordis* (1,00 dia) em comparação com o controle (1,05 dia), os outros fungicidas não alteram significativamente o tempo médio de duração em comparação ao controle (Tabela 20).

Ao avaliar os parâmetros reprodutivos da progênie de fêmeas de *E. concordis* que mantiveram contato residual com fungicidas recomendados para a produção integrada de citros (PICitros, 2012), verificou-se que o período de pré-oviposição das fêmeas não foram afetados por nenhum dos tratamentos testados, já o hidróxido de cobre afetou negativamente o tempo médio de oviposição (3,80 dias), em comparação estatística com o controle (14,80 dias), enquanto que, os outros fungicidas avaliados não afetaram significativamente esse parâmetro (Tabela 21).

Decorrente à redução do tempo médio do período de oviposição que o hidróxido de cobre ocasionou às progênes, observou também nos resultados, que a fecundidade foi afetada significativamente (2,90 ovos fêmea⁻¹), sendo que este parâmetro também foi afetado significativamente pelo fungicida piraclostrobina (7,80 ovos fêmea⁻¹) em relação ao controle (15,45 ovos fêmea⁻¹) (Tabela 21).

Avaliando os efeitos dos fungicidas recomendados para produção integrada de citros sobre os parâmetros estimados da tabela de vida da progênie, observou-se que a taxa líquida de

reprodução (R_0), que corresponde à contribuição média de cada fêmea para a geração seguinte, expresso em número de descendentes fêmeas por fêmea, foi significativamente maior em relação ao controle no tratamento com folpete ($R_0 = 11,17$ fêmea fêmea⁻¹), já o hidróxido de cobre reduziu significativamente a taxa líquida de reprodução ($R_0 = 1,12$ fêmea fêmea⁻¹), sendo que os outros tratamentos não afetaram significativamente este parâmetro de tabela de vida da progênie do ácaro *E. concordis* (Tabela 22).

Ao avaliar a taxa intrínseca de crescimento (rm) e razão finita de aumento (λ) da população de progênie de *E. concordis*, verificou-se que o hidróxido de cobre também reduziu estes parâmetros de tabela de vida ($rm = 0,02$ fêmea fêmea⁻¹ dia⁻¹ e $\lambda = 1,1$ indivíduos fêmea⁻¹ dia⁻¹), sendo que os outros tratamentos não afetaram de forma significativa estes parâmetros em relação ao controle ($rm = 0,16$ fêmea fêmea⁻¹ dia⁻¹ e $\lambda = 1,17$ indivíduos fêmea⁻¹ dia⁻¹) (Tabela 22).

Já o parâmetro de tempo médio entre geração (T) da progênie do *E. concordis* não apresentou diferença significativa entre os tratamentos avaliados e o controle (Tabela 22).

Tabela 20. Duração (dias) dos estádios de ovo, larva, protoninfa, deutoninfa, adulto fêmea e adulto macho da progênie provenientes de fêmeas de *Euseius concordis* expostas ao contato residual de fungicidas utilizados na produção integrada de citros.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Estádio de desenvolvimento do ácaro (média ± EP) ¹					
		Ovo	Larva	Protoninfa	Deutoninfa	Adulto fêmea	Adulto macho
Controle	-	1,25 ± 0,06 b	1,00 ± 0,00	1,02 ± 0,02 b	1,05 ± 0,03 b	16,80 ± 1,38 a	11,90 ± 1,39 ab
Difenoconazol	50	1,31 ± 0,06 b	1,12 ± 0,04	1,25 ± 0,06 a	1,19 ± 0,05 ab	12,50 ± 2,24 ab	13,64 ± 1,91 ab
Folpete	950	1,46 ± 0,08 ab	1,08 ± 0,05	1,00 ± 0,00 b	1,00 ± 0,00 c	18,30 ± 1,92 a	19,12 ± 0,80 a
Hidróxido de cobre	672,5	1,86 ± 0,05 a	1,19 ± 0,07	1,06 ± 0,04 b	1,12 ± 0,05 ab	6,20 ± 1,60 b	4,30 ± 0,76 c
Piraclostrobina	37,5	1,37 ± 0,07 ab	1,00 ± 0,00	1,05 ± 0,03 b	1,15 ± 0,06 ab	13,20 ± 4,17 a	15,10 ± 1,74 ab
Tebuconazol	150	1,31 ± 0,06 b	1,00 ± 0,00	1,26 ± 0,07 a	1,25 ± 0,07 ab	12,50 ± 1,39 ab	11,43 ± 1,67 ab
Trifloxistrobina	50	1,17 ± 0,05 b	1,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00 b	1,00 ± 0,00 c	12,50 ± 1,45 ab	15,40 ± 2,19 ab
Trifloxistrobina + Tebuconazol	40 + 80	1,06 ± 0,03 b	1,13 ± 0,05	1,08 ± 0,04 b	1,75 ± 0,14 a	14,92 ± 1,84 a	11,10 ± 1,72 b
F		4,81	2,34	3,38	35,72	4,02	7,83
g.l.		7,72	7,72	7,72	7,72	7,72	7,72
Valor de <i>p</i>		<0,001	0,03	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

¹Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição Gaussiana, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, *p* < 0,05).

Tabela 21. Período médio de pré-oviposição e oviposição e a fecundidade média da progênie provenientes de fêmeas de *Enseius concordis* expostas ao contato residual de fungicidas utilizados na produção integrada de citros.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Período (média dias $\pm$ EP) ¹		Fecundidade (nº ovos fêmea ⁻¹) ²
		Pré-oviposição	Oviposição	
Controle	-	1,70 $\pm$ 0,20	14,80 $\pm$ 1,46 a	15,45 $\pm$ 3,22 a
Difenoconazol	50	1,70 $\pm$ 0,14	10,70 $\pm$ 2,21 a	11,12 $\pm$ 2,28 ab
Folpete	950	1,70 $\pm$ 0,20	17,45 $\pm$ 2,07 a	18,40 $\pm$ 2,77 a
Hidróxido de cobre	672,5	1,10 $\pm$ 0,41	3,80 $\pm$ 1,32 b	2,90 $\pm$ 1,12 b
Piraclostrobina	37,5	2,40 $\pm$ 0,30	10,30 $\pm$ 1,68 a	7,80 $\pm$ 1,62 b
Tebuconazol	150	2,18 $\pm$ 0,62	9,18 $\pm$ 1,59 ab	9,81 $\pm$ 1,95 ab
Trifloxistrobina	50	2,30 $\pm$ 0,32	9,60 $\pm$ 1,48 ab	10,20 $\pm$ 2,07 ab
Trifloxistrobina + Tebuconazol	40 + 80	2,40 $\pm$ 0,30	11,80 $\pm$ 1,79 a	12,80 $\pm$ 2,71 ab
F		1,77	4,32	4,46
g.l.		7, 72	7, 72	7, 72
Valor de <i>p</i>		0,1	<0,001	<0,001

¹Médias ($\pm$ erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição Gaussiana, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, $p < 0,05$);

²Médias ($\pm$ erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-Poisson, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, $p < 0,05$).

Tabela 22. Estimativa dos parâmetros de tabela de vida da progênie de *Euseius concordis* provenientes de fêmeas expostas aos resíduos de fungicidas utilizados na produção integrada de citros.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Parâmetro populacional ^{1,2}			
		Taxa líquida de reprodução (fêmea fêmea ⁻¹) (R_0)	Tempo médio entre gerações (dias) (T)	Taxa intrínseca de crescimento (fêmea fêmea ⁻¹ dia ⁻¹) (rm)	Razão finita de aumento (indivíduos fêmea ⁻¹ dia ⁻¹) ¹ (λ)
Controle	-	6,92 ± 1,049 b	12,32 ± 0,396	0,16 ± 0,002 a	1,17 ± 0,004 a
Difenoconazol	50	6,89 ± 1,077 b	14,15 ± 0,495	0,14 ± 0,001 a	1,14 ± 0,002 a
Folpete	950	11,17 ± 1,772 a	13,56 ± 0,440	0,18 ± 0,012 a	1,20 ± 0,004 a
Hidróxido de cobre	672,5	1,12 ± 0,191 c	9,50 ± 0,305	0,02 ± 0,001 b	1,01 ± 0,003 b
Piraclostrobina	37,5	7,51 ± 1,394 b	12,93 ± 0,542	0,15 ± 0,002 a	1,17 ± 0,002 a
Tebuconazol	150	5,11 ± 0,875 bc	12,44 ± 0,338	0,13 ± 0,002 a	1,14 ± 0,002 a
Trifloxistrobina	50	7,07 ± 1,377 b	13,10 ± 0,421	0,15 ± 0,002 a	1,16 ± 0,002 a
Trifloxistrobina + Tebuconazol	40 + 80	5,46 ± 1,038 bc	12,90 ± 0,551	0,13 ± 0,002 a	1,14 ± 0,002 a

¹Médias (± erro padrão) seguida pela mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de bootstrap emparelhado ($p < 0,05$).

²Pelo teste bootstrap os dados são amostrados 40.000 vezes, sendo que o software seleciona automaticamente dados para um $p < 0,05$.

Ao avaliar a interferência dos fungicidas recomendados para a produção integrada dos citros (PICitros), classificados como levemente e moderadamente nocivos aos adultos de *E. concordis*, conforme dados da Tabela 18, na viabilidade dos ovos do ácaro predador *E. concordis*, verificou-se que difenoconazol, hidróxido de cobre, trifloxistrobina + tebuconazol e trifloxistrobina não interferiram significativamente no número de larvas eclodidas dos ovos expostos aos resíduos em comparação com o controle (Tabela 23).

Tabela 23. Efeito de fungicidas sobre a viabilidade de ovos de *Euseius concordis*.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Viabilidade dos ovos (%) (n° de ovos n° larvas eclodidas ⁻¹) ¹
Controle	-	100,00 ± 0,00
Difenoconazol	50	100,00 ± 0,00
Hidróxido de cobre	672,5	93,33 ± 5,96
Trifloxistrobina + Tebuconazol	40 + 80	100,00 ± 0,00
Trifloxistrobina	50	100,00 ± 0,00
F	-	0,96
g.l	-	4,20
Valor de <i>p</i>	-	0,451

¹Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, *p* < 0,05).

Com o intuito de oferecer mais informações sobre a toxicidade dos fungicidas, foi avaliado o efeito dos fungicidas, considerados pouco nocivos aos adultos do ácaro *E. concordis* conforme dados da Tabela 4.2, sobre o estágio larval desse mesmo ácaro, que é considerada o estágio mais susceptível à ação tóxica dos agroquímicos. Sendo verificado neste estudo que os fungicidas difenoconazol, piraclostrobina, tebuconazol, trifloxistrobina e trifloxistrobina + tebuconazol não causaram mortalidades significativas às larvas de *E. concordis* em comparação ao controle (Tabela 24).

Tabela 24. Efeito de fungicidas sobre a sobrevivência de larvas de *Euseius concordis*.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)	Mortalidade de larvas (%) (média ± EP) ¹
Controle	-	0,00 ± 0,00
Difenoconazol	50	2,00 ± 1,79
Piraclostrobina	37,5	6,00 ± 3,58
Tebuconazol	150	2,00 ± 1,79
Trifloxistrobina	50	2,00 ± 1,79
Trifloxistrobina + Tebuconazol	40 + 80	2,00 ± 1,79
F	-	0,89
g.l	-	5, 24
Valor de <i>p</i>	-	0,489

¹Médias (± erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, *p* < 0,05).

4.4 Discussão

Este estudo foi realizado para demonstrar, de forma mais completa, os efeitos dos fungicidas registrados para produção integrada de citros sobre o organismo benéfico *E. concordis*, já que não é possível afirmar que um produto é de baixa toxicidade baseando-se apenas na mortalidade ocasionada por um agroquímico.

Os resultados comprovaram que mais de 70% dos produtos estudados foram considerados inócuos ou levemente nocivos ao ácaro predador *E. concordis*, resultados que corroboram os de Reis et al. (1998), que realizaram um trabalho de seletividade de agroquímicos utilizados na citricultura ao ácaro predador *I. zuluagai*, e observaram também que mais de 70% dos fungicidas avaliados foram inócuos a essa espécie estudada.

Os resultados demonstraram que os fungicidas piraclostrobina e tebuconazol apresentaram a menor toxicidade ao ácaro predador *E. concordis*, dentre os estudados. Em consonância com esses resultados, Poletti et al. (2008) observaram que a mistura de metiram + piraclostrobina e tebuconazol foram pouco tóxicos às fêmeas adultas dos ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae), causando mortalidades que variaram de 1 a 15%, não prejudicando os parâmetros reprodutivos, garantindo o crescimento e manutenção dessas espécies de ácaros predadores na área (STAVRINIDES; MILLS, 2009). Similarmente, Gadino, Walton e Dreves (2011) verificaram também baixo efeito tóxico de piraclostrobina sobre o ácaro predador *Typhlodromus pyri* (Scheuten) (Acari: Phytoseiidae), em condições de laboratório, com mortalidade, fecundidade e fertilidade similares ao controle.

No presente estudo, verificou-se que os fungicidas piraclostrobina e tebuconazol, assim como os demais avaliados, não causaram alta mortalidade sobre larvas de *E. concordis*. Similarmente aos resultados obtidos no presente trabalho, Poletti et al. (2008) verificaram que esses dois fungicidas também não causaram mortalidade significativa em imaturos de *N. californicus*, no entanto, diferentemente, esses autores verificaram que piraclostrobina e tebuconazol causaram mortalidades significativas (63 e 26%, respectivamente) aos imaturos do ácaro predador *P. macropilis*.

No presente estudo foi verificada que os fungicidas hidróxido de cobre e folpete foram os mais nocivos ao ácaro predador *E. concordis*, principalmente por ocasionar alta mortalidade aos adultos dessa espécie e pelas interferências do hidróxido de cobre em parâmetros reprodutivos da progênie. Similarmente, foi observada alta mortalidade e efeito negativo na reprodução de um fungicida a base de cobre sobre às espécies de ácaros predadores *Typhlodromus tiliae* (Oudemans) e *Typhlodromus tiliarum* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae), sendo classificado como altamente tóxico para estas espécies (VAN DE VRIE, 1962). Já, diferentemente dos resultados obtidos nesse trabalho, o fungicida hidróxido de cobre apresentou baixa toxicidade ao ácaro *I. zuluagai*, *Euseius alatus* (DeLeon), *Euseius citrifolius* (Denmark & Muma), *Amblyseius herbicolus* (Chant) e *Euseius victoriensis* (Womersley) (Acari: Phytoseiidae), causando baixa mortalidade e não interferindo na reprodução, sendo considerado inócuo à essas espécies (REIS et al., 1998; REIS et al., 2006; BERNARD et al., 2010). Para o fungicida folpete existem poucos estudos referenciando o seu efeito sobre ácaros predadores, no entanto, Manzoni et al. (2006) verificaram que esse fungicida é inócuo ao parasitoide *Trichogramma pretiosum* (Riley) (Hymenoptera: Trichogrammatidae), um importante inimigo natural utilizado em programas de controle biológico aplicado de diversas culturas.

Os fungicidas inorgânicos a base de cobre, como o hidróxido de cobre, são geralmente considerados mais seletivos a organismos benéficos, principalmente quando comparado com os efeitos adversos causados pelo fungicida mancozebe, que apresenta baixa seletividade a ácaros predadores (SMITH; PAPACEK, 1991; POZZEBON; DUSO; PAVANETTO, 2002; BEERS; SCHMIDT, 2014), no entanto, é importante salientar que a toxicidade de um agroquímico é dependente da espécie que mantém contato com os resíduos, em decorrência da susceptibilidade fisiológica de cada espécie.

Os outros fungicidas estudados, como o difeconazol e trifloxistrobina, foram considerados levemente nocivos ao ácaro *E. concordis*. Estudos relatam que estes fungicidas são pouco nocivos a outros inimigos naturais, como aos ácaros predadores *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) (Acari: Phytoseiidae) e *E. victoriensis* e ao parasitoide *T. pretiosum*, não interferindo na

maioria dos casos na reprodução e causando baixa mortalidade, além de que, alguns resultados demonstram também que esses fungicidas não interferem negativamente nos parâmetros de tabela de vida (STAVRINIDES; MILLS, 2009; BERNARD et al., 2010, CARVALHO et al., 2012; MAGANO et al., 2015), assim como foi observado nesse estudo.

É importante considerar que, nesse tipo de estudo, produtos fitossanitários que apresentam baixa toxicidade a um organismo benéfico em condições de laboratório, têm grandes possibilidades de apresentar esse mesmo resultado em campo, já que em laboratório as condições de exposição ao resíduo são mais intensas e contínua (HASSAN et al., 1985; SAMSOE-PETERSEN, 1990), portanto, os resultados de inocuidade dos fungicidas piraclostrobina e tebuconazol ao ácaro predador *E. concordis* podem ser considerados conclusivos. Já, para aqueles que foram classificados como levemente nocivos, moderadamente nocivos e nocivos em laboratório, é importante realizar estudos de semi-campo e campo para determinar com exatidão o impacto destes produtos sobre o organismo benéfico (REIS et al., 1998, MAGANO et al. 2015), sendo também importante nestes casos o estudo da persistência.

Nesse contexto, os dados indicam uma baixa persistência do efeito nocivo dos fungicidas mais nocivos ao predador *E. concordis*, sendo todos considerados de vida curta, com exceção do hidróxido de cobre. Não existem muitos trabalhos que relatam a persistência da toxicidade de fungicidas aos ácaros predadores, no entanto, um estudo seguindo as recomendações da IOBC/WPRS, indicou baixa persistência (classe 1, vida curta) de tebuconazol e piraclostrobina sobre o parasitoide *T. pretiosum*, sendo que a inocuidade já foi observada na primeira avaliação ao terceiro dia após a pulverização dos seedlings (STEFANELLO JÚNIOR et al., 2012).

Outro aspecto importante nesses estudos que preconizam a avaliação das implicações negativas de agroquímicos a um organismo benéfico é o de avaliar aspectos biológico e populacionais da progênie (efeitos transgeracionais) como requisitos para determinar os impactos dos agroquímicos sobre uma população de organismos benéficos (COSTA et al., 2014). A estimativa dos parâmetros de tabela de vida é uma ferramenta importante para análise dos efeitos de agroquímicos sobre ácaros predadores (STARK; BANKSI, 2003; DESNEUX et al., 2004; DESNEUX; O'NEIL; YOO, 2006; ABBES et al., 2015; BIONDI et al., 2015), fornecendo respostas mais conclusivas sobre as mudanças demográficas que determinado fungicida pode ocasionar em uma população.

O fungicida hidróxido de cobre, além de causar elevado efeito nocivo aos adultos de *E. concordis* que mantiveram contato com os resíduos, também afetou os parâmetros de tabela de vida da progênie (R_0 , rm e λ). Os parâmetros de tabela de vida são correlacionados entre si, e

indicam a capacidade da população em crescer no tempo. Moro et al. (2012) explicam que os parâmetros R_0 e r_m influenciam diretamente no tempo médio entre gerações (T), teoricamente quando são verificados valores maiores para os parâmetros R_0 e r_m de uma população, geralmente está apresenta um menor tempo médio entre geração (T), o que não foi verificado nesse estudo, pois hidróxido de cobre não alterou o tempo médio entre gerações (T). Em hipótese, a redução nos valores estimados de tabela de uma população pode ocorrer devido ao gasto energético (Fitness) que o organismo aloca para o processo de desintoxicação (MORO et al., 2012). Hidróxido de cobre também reduziu o tempo médio de duração dos adultos fêmea e macho da progênie e interferiu em aspectos reprodutivos desta geração (efeito transgeracional). Diferentemente dos resultados obtidos nesse trabalho, Carvalho et al. (2012) verificaram que o hidróxido de cobre não afetou aspectos de desenvolvimento da prole de *T. pretiosum* que mantiveram contato com esse resíduo. A causa para essas alterações pode ser, em hipótese, pela ação de contato dos fungicidas cúpricos, que ocasiona reações químicas não específicas ao organismo, podendo interferir em várias rotas metabólicas, inclusive nas responsáveis pelo crescimento do organismo (ZAMBOLIM et al., 1995).

Diante da diversidade dos resultados desse trabalho e o dos trabalhos referenciados, avultasse a importância de que cada agroquímico usado em um sistema de produção agrícola seja testado quanto a sua toxicidade para cada organismo benéfico encontrado no sistema, pois é constatado que há variações do efeito nocivo de um produto de espécie para espécie e também para os estágios de desenvolvimentos e em alguns casos na prole (REIS et al., 1998; REIS et al., 2006; POLETTI et al., 2008; STAVRINIDES; MILLS, 2009). Para tanto, os resultados obtidos no presente estudo contribuem para o entendimento da toxicidade de fungicidas utilizados em citros, no controle de doenças, sobre aspectos biológicos e populacionais do importante ácaro benéfico *E. concordis*, abundante e importante predador de ácaros praga nos pomares, auxiliando na definição de estratégias de manejo que visam integrar o controle químico aliado ao biológico nos pomares de citros. Ressalta-se que mais de 70% dos fungicidas avaliados podem ser recomendados para utilização em pomares com enfoque na conservação dessa espécie alvo de estudo, por serem considerados de baixa toxicidade e baixa persistência.

4.5 Conclusões

Mais de 70% dos fungicidas avaliados são considerados levemente nocivos ou inócuos às fêmeas de *E. concordis*;

Os fungicidas folpete e hidróxido de cobre são moderadamente nocivos às fêmeas de *E. concordis*;

Os fungicidas de maior toxicidade apresentam baixa persistência do efeito nocivo às fêmeas de *E. concordis*;

Progênie de *E. concordis* que tiveram influência do fungicida hidróxido de cobre apresentam maior período embrionário, menor duração da fase adulta e reduzidos valores estimados dos parâmetros de taxa líquida de reprodução (R_0), taxa intrínseca de crescimento (rm) e razão finita de aumento (λ).

Referências

- ABBES, K.; BIONDI, A.; KURTULUS, A.; RICUPERO, M.; RUSSO, A.; SISCARO, G.; CHERMITI, B.; ZAPPALÀ, L. Combined non-target effects of insecticide and high temperature on the parasitoid *Bracon nigricans*. **Plos One**, San Francisco, v. 10, n. 9, p. e0138411, 2015.
- ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 18, n. 1, p. 265-267, 1925.
- BEDENDO, I.P. Ambiente e doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H., AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. São Paulo: Ceres. 1995. p. 331-341.
- BERNARD, M.B.; COLE, P.; KOBELT, A.; HORNE, P.A.; ALTMANN, J.; WRATTEN, S.D.; YEN, A.L.; ALAN, L. Reducing the Impact of Pesticides on Biological Control in Australian Vineyards: Pesticide Mortality and Fecundity Effects on an Indicator Species, the Predatory Mite *Euseius victoriensis* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 103, n. 6, p. 2061–2071, 2010.
- BEERS, E.H.; SCHMIDT, R.A. Impacts of orchard pesticides on *Galendromus occidentalis*: Lethal and sublethal effects. **Crop Protection**, Guildford, v. 56, p. 16–24, 2014.
- BIONDI, A.; DESNEUX, N.; SISCARO, G.; ZAPPALÀ, L. Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: selectivity and side effects of 14 pesticides on predator *Orius laevigatus*. **Chemosphere**, Oxford, v. 87, n. 7, p. 803-812, 2012.
- BIONDI, A.; CAMPOLO, O.; DESNEUX, N.; SISCARO, G.; PALMERI, V.; ZAPPALÀ, A. Life stage-dependent susceptibility of *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae) to

- two pesticides commonly used in citrus orchards. **Chemosphere**, Oxford, v. 128, p. 142-147, 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 12 set. 2013.
- CARVALHO, J.R.; PRATISSOLI, D.; PAES, J.P.F.; STINGUEL, P.; SALOMÃO, K.P.O.S.; MINAS, R.S.de. Seletividade de fungicidas utilizados na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum*, MILL.) A *Trichogramma pretiosum*. **Nucleus**, Ituverava, v. 9, n. 2, 2012.
- CHI, H.; LIU, H. Two new methods for the study of insect population ecology. **Bulletin of the Institute of Zoology, Academia Sinica**, Taipei, v. 24, n. 2, p. 225-240, 1985.
- CHI, H. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. **Environmental Entomology**, College Park, v. 17, n. 4, p. 26-34, 1988.
- CHI, H. **TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis**, 2012. Disponível em: <<http://www.140.120.197.173/Ecology/>>. Download em: 07 jun. 2014.
- CROFT, B.A.; NELSON, E.E. Toxicity of apple orchard pesticides to Michigan population of *Amblyseius fallacis* and its prey. **Environmental Entomology**, College Park, v. 1, p. 576-579, 1972.
- COSTA, M. A.; MOSCARDINI, V.F.; GONTIJO, P.C.; CARVALHO, G.A.; OLIVEIRA, R.L.; OLIVEIRA, H. N. Sublethal and transgenerational effects of insecticides in developing *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ecotoxicology**, London, v. 23, p. 1399-1408, DOI 10.1007/s10646-014-1282-y, 2014.
- DESNEUX, N.; WAJNBERG, E.; FAUVERGUE, X.; PRIVET, S.; KAISER, L. Oviposition behaviour and patch-time allocation in two aphid parasitoids exposed to deltamethrin residues. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 112, n. 3, p. 227-235, 2004.
- DESNEUX, N.; O'NEIL, R.J.; YOO, H.J.S. Suppression of population growth of the soybean aphid, *Aphis glycines* Matsumura, by predators: the identification of a key predator and the effects of prey dispersion, predator abundance, and temperature. **Environmental Entomology**, College Park, v. 35, n. 5, p. 1342-1349, 2006.
- EFRON, B.; TIBSHIRANI, R.J.A. **An introduction to the bootstrap**. New York: London, 1993. v. 1. 430p.

- ERWIN, D.C.; RIBEIRO, O.K. **Phytophthora diseases worldwide**. São Paulo: APS Press, 1996. 562p.
- FEICHTENBERGER, E. Manejo integrado das principais doenças fúngicas dos citros no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.28, p.231, 2003.
- FEICHTENBERGER, E.; BALDASSARI, R.B.; SPÓSITO, M.B.; BELASQUE JUNIOR, J. Doenças dos citros. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Ceres, 2005. v. 2, p. 239-269.
- FISCHER, I.H.; TOFFANO, L.; LOURENÇO, S.A. AMORIN, L. Caracterização dos Danos Pós-Colheita em Citros Procedentes de “Packinghouse”. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n.4, p. 304-310, 2007.
- GADINO, A.N.; WALTON, V.M.; DREVES, A.J. Impacto of Vineyard Pesticides on a Beneficial Arthropod, *Typhlodromy pyri* (Acari: Phytoseiidae), in Laboratory Bioassays. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 104, n. 3, p.970-977, 2011.
- GRAHAM, J.H.; TIMMER, L.W. Phytophthora diseases of citrus. In: KUMAR, J.; CHAUBE, H.S.; SINGH, M.S.; MUKHPADHYAY, A.N. (Ed.). **Plant Diseases of International Importance. Diseases of Fruit Crops**. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1992. p. 250-269.
- HASSAN, S.A.; BIGLER, F.; BOGENSCHUTZ, H.; BOLLER, E.; BRUN, J.; CALIS, J.N.M.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HELYER, N.; HOKKANEN, H.; LEWIS, G.B.; MANSOUR, F.; MORETH, L.; POLGAR, L.; SAMSØE-PETERSEN, L.; SAUPHANOR, B.; STAUBLI, A.; STERK, G.; VAINIO, A.; VAN DE VEIRE, M.; VIGGIANI, G.; VOGT, H. Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS – Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". **Entomophaga**, Paris, v. 39, n. 1, p. 107-119, 1994.
- HASSAN, S.A.; ABDELGADER, H.A sequential testing program to assess the effects of pesticides on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym., Trichogrammatidae). **IOBC/WPRS Bulletin**, Versailles, v. 24, n. 4, p. 71-81, 2001.
- HASSAN, S.A.; BIGLER, F.; BLAISINGER, P.; BOGENSCHÜTZ, H.; BRUN, J.; CHIVERTON, P.; DICKLER, E.; EASTERBROOK, M.A.; EDWARDS, P.J.; ENGLERT, W.D.; FIRTH, S.I.; HUANG, P.; INGLESFIELD, D.; KLINGAUF, F.; KÜHNER, C.; LEDIEU, M.S.; NATON, E.; OOMEN, P.A.; OVERMEER, W.P.J.; PLEVOETS, P.; REBOULET, J.N.; RIECKMANN, W.; SAMSOE-PETERSEN, L.; SHIRES, S.W.; STÄUBLI, A.; STEVENSON, J.; TUSET, J.J.; VANWETSWINKEL, G.; VAN ZON, Q.

- Standard method to test the side-effects of pesticides on natural enemies of insects and mites developed by the IOBC/WPRS working group "Pesticides and Beneficial Organisms". **EPPO Bulletin**, Versailles, v. 15, p. 214-255, 1985.
- HENDERSON, C.F.; TILTON, E. W. Tests with acaricides against the brow wheat mite, **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 48, p. 157-161, 1955.
- HINDE, J.; DEMÉTRIO, C. Overdispersion: models and estimation. **Computational Statistics and Data Analysis**, Amsterdam, v. 27, n. 2, p. 151–170, 1998.
- HUANG, Y.B.; CHI, H. Age-stage, two-sex life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) with a discussion on the problem of applying female age-specific life tables to insect populations. **Insect Science**, Elmsford, v. 19, n. 2, p. 263-273, 2012.
- KOMATSU, S.S.; NAKANO, O. Estudos visando o manejo do ácaro da leprose em citros através do ácaro predador *Euseius concordis* (Acari: Phytoseiidae). **Laranja**, Cordeirópolis, v. 1, n. 9, p. 125-146, 1988.
- MAGANO, D.A.; GRUTZMACHER, A.D.; DE ARMAS, F. S.; PAULUS, L.F.; PANOZZO, L.E.; MENTNECH, K.J.; ZOTTI, M.J. Evaluating the selectivity of registered fungicides for soybean against *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **African Journal of Agricultural Research**, Lagos, v. 10, n. 40, p. 3825-3831, 2015.
- MANZONI, C.G.; GRÜTZMACHER, A.D.; GIOLO, F.P.; LIMA, C.A.B.de.; NÖRNBERG, S.D.; MÜLLER, C.; HÄRTER, W.R. Susceptibilidade de Adultos de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) a Fungicidas Utilizados no Controle de Doenças da Macieira. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 223-230, 2006.
- MARSARO JÚNIOR, A.L.; SATO, M.E.; AGUIAR, R.M. DE; VIEIRA, G.B.; SILVA JÚNIOR, R.J. DA.; MINEIRO, J.L. DE C. Efeito de acaricidas sobre *Schizotetranychus hindustanicus* (hirst) (Acari: Tetranychidae) e ácaros predadores em citros no estado de Roraima, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 1, p. 75-83, 2012.
- MELO, M.B.; ANDRADE, L.N.T. Principais doenças da citricultura em Sergipe e seu controle, p.71-86. In: MELO. M. B.; SILVA, L. M. S. (Ed.). **Aspectos técnicos dos citros em Sergipe**. Aracaju: EMBRAPA-CPATC/DEAGRO, 2006. v. 1, 1º ed, 82p.
- MORO, L.B.; POLANCZYK, R.A.; CARVALHO, J.R.; PRATISSOLI, D.; FRANCO, C.R. Parâmetros biológicos e tabela de vida de *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) em cultivares de mamão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 3, p. 487-493, 2012.
- NELDER, J.A.; WEDDERBURN, R.W.M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v. 135, p. 370-384, 1972.

- POLETTI, M.; COLLETTE, L. de P.; OMOTO, C. Compatibilidade de agrotóxicos com os ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae). **BioAssay**, Piracicaba, v. 3, n. 3, p. 14, 2008.
- POZZEBON, A., DUSO, C., PAVANETTO, E. Side effects of some fungicides on phytoseiid mites (Acari, Phytoseiidae) in North-Italian vineyards. **Anzeiger für Schädlingskunde**, Chichester, v. 75, n. 5, p. 132-136, 2002.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014, 1706 p.
- REIS, P.R.; CHIAVEGATO, L.G.; MORAES, G.J.de; ALVES, E.B.; SOUSA, E.O. Seletividade de agroquímicos ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Itabuna, v. 27, n. 2, p. 265-274. 1998.
- REIS, P. R.; FRANCO, R.A.; NETO, M.P.; TEODORO, A.V. Selectivity of Agrochemicals on Predatory Mites (Phytoseiidae) Found on Coffee Plants. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, p. 64-70. 2006.
- RODRIGUES, M.B.C.; ANDREOTE, F.D.; SPÓSITO, M.B.; AGUILLAR-VILOSO, C.I.; ARAÚJO, W.L.; PAZZIRANI-KLEINER, A.A., Resistência a benzimidazóis por *Guignardia citricarpa*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 3, p. 323-327, 2007.
- SAMSOE-PETERSEN, L. Sequences of standard methods to test effects of chemicals in terrestrial arthropods. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, San Diego, v. 19, p. 310-319, 1990.
- SMITH, D.; PAPACEK, D.F. Studies of the predatory mite *Amblyseius victoriensis* (Acarina: Phytoseiidae) in citrus orchards in south-east Queensland: control of *Tegolophus australis* and *Phyllocoptruta oleivora* (Acarina: Eriophyidae), effect of pesticides, alternative host plants and augmentative release. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 12, p. 195-217, 1991.
- SILVA, M.Z. da; SATO, M.E.; OLIVEIRA, C.A. de. Diversidade e dinâmica populacional de ácaros em pomar cítrico. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 1-9, 2012.
- SPÓSITO, M.B. Dinâmica temporal e espacial da mancha-preta (*Guignardia citricarpa*) e quantificação dos danos causados à cultura dos citros. 2003. 112p. **Tese (Doutorado)** - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- STARK, J. D.; BANKS, J. E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 48, p. 505-519, 2003.

- STAVRINIDES, M.C.; MILLS, N.J. Demographic effect of pesticides on biological control of Pacific spider mite (*Tetranychus pacificus*) by the western predatory mite (*Galendromus occidentalis*). **Biological Control**, Orlando, v. 48, n. 3, p. 267–273, 2009.
- STEFANELLO JÚNIOR, G.J.; GRUTZMACHER, A.D.; SPAGNOL, D.; PASINI, R.A.; BONEZ, C.; MOREIRA, D.C. Persistência de Agrotóxicos Utilizados na Cultura do Milho ao parasitoide *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 1, p. 17-23, 2012.
- TANIGOSHI, L.k.; CONGDON, B.D. Laboratory toxicity of commonly-used pesticides in California citriculture to *Euseius hibisci* (Chant) (Acarina: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 76, n. 2, p. 247-250, 1983.
- VAN DE VEIRE, M.; STERK, G.; VAN DER STAAIJ, M.; RAMAKERS, P.M.J.; TIRRY, L. Sequential testing scheme for the assessment of the side-effects of plant protection products on the predatory bug *Orius laevigatus*. **BioControl**, Dordrecht, v. 47, n. 1, p. 101-113, 2002.
- VAN DE VRIE, M. The influence of spray chemicals on predatory and phytophagous mites on apple trees in laboratory and field trials in the Netherlands. **Entomophaga**, Paris, v. 7, p. 243-250, 1962.
- YAMAMOTO, P.T.; PINTO, A. de S., PAIVA, P.E.B.; GRAVENA, S. Seletividade de produtos fitossanitários aos inimigos naturais de pragas dos citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v.13, n.2, p.693-708, 1992.
- YAMAMOTO, P.T.; BASSANEZI, R.B. Seletividade de produtos fitossanitários aos inimigos naturais de pragas dos citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, n. 2, p. 353-382, 2003.
- ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R. do; CHAVES, G.M. **Controle químico de doenças de plantas**. Brasília: ABEAS, 1995. 307p.
- ZANARDI, O.Z.; BORDINI, G.P.; FRANCO, A.A.; JACOB, C.R.O.; YAMAMOTO, P.T. Sublethal effects of pyrethroid and neonicotinoid insecticides on *Iphiseiodes zuluagai* Denmark and Muma (Mesostigmata: Phytoseiidae). **Ecotoxicology**, London, 2016 (*in press*).

5 INTERFERÊNCIA DE AGROQUÍMICOS NA CAPACIDADE DE PREDÇÃO DO ÁCARO *Euseius concordis* (CHANT) (ACARI: PHYTOSEIIDAE)

Resumo

No controle de pragas e doenças da cultura dos citros são utilizados um grande número de agroquímicos, que podem causar um desequilíbrio no agroecossistema, como mortalidade ou efeitos subletais na reprodução dos inimigos naturais ou até mesmo alterações comportamentais, como diminuição da capacidade de predação. Outro problema ocasionado pelo grande uso agroquímicos nos pomares são os surtos populacionais de artrópodes praga, como é o caso do ácaro *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae), que vem exigindo medidas de controle para evitar danos econômicos na produção, e exigindo também pesquisas que identifiquem os predadores potenciais dessa praga, encontrados naturalmente no agroecossistema, para possibilitar a implementação de um manejo integrado, que preserve estes inimigos naturais. Um importante ácaro predador comumente encontrado nos pomares de citros brasileiros é o *Euseius concordis* (Chant) (Acari: Phytoseiidae), que chega a representar mais 70% dos ácaros da família fitoseídeo em pomares do Brasil, sendo também uma importante aposta no controle biológico do ácaro *P. citri*, pois outros estudos indicam que este predador é eficiente no controle de outros ácaros-praga, como o ácaro da leprose, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). Dentro deste contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a interferência de agroquímicos (inseticidas, acaricidas e fungicidas) indicados para a produção integrada de citros (PICitros, 2012), classificados como pouco nocivo a essa espécie (IOBC/WPRS), sobre a capacidade de predação de fêmeas de *E. concordis*. Os dados indicaram que dentre as fases imaturas de *P. citri*, as ninfas foram mais predadas pelas fêmeas de *E. concordis* (~ 98%), sendo, portanto, definida a utilização de ninfas de *P. citri* como presas, para avaliar a interferência de agroquímicos na capacidade de predação. Os resultados deste estudo indicaram que o fungicida tebuconazol e os inseticidas piriproxifem e tebufenozida comprometeram significativamente a capacidade de predação das fêmeas de *E. concordis*, apresentando médias de predação de 67,00; 38,89 e 33,33% de ninfas de *P. citri* disponíveis nas arenas, respectivamente. Diante desses resultados verificasse que os estudos de toxicidade baseados apenas no efeito letal e subletais (aspectos reprodutivos) que os agroquímicos podem causar, não são suficientes para diagnosticar os efeitos negativos que esses produtos podem causar a uma população de organismos benéficos, demonstrando a necessidade de estudos que avaliem adicionalmente a interferência dos agroquímicos nos comportamentos dos inimigos naturais, de maneira que forneça informações mais completas da toxicidades de agroquímicos, que podem subsidiar o planejamento de programas de manejo de pragas que integre o controle químico e biológico.

Palavras-chave: Citricultura; Agroquímicos; Mobilidade de ácaros predadores; Organismos benéficos; Predação; Capacidade regulatória

Abstract

In the control of pests and diseases of citriculture, a large number of agrochemicals are used, that can cause an imbalance in the agroecosystem, such as mortality or sublethal effects on reproduction of the natural enemies; or even behavioral changes, as decreased predation capacity. Another problem caused by the large use of agrochemicals in citrus groves are populational outbreaks of pest arthropods, such as the mite *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae), which has been demanding control measures to prevent economic damage to production, and also requiring research to identify potential predatory of the pest, found naturally in the agroecosystem to enable the implementation of an integrated management to preserve these natural enemies. An important predator mite commonly found in Brazilian citrus groves is *Euseius concordis* (Chant) (Acari: Phytoseiidae), which represents over 70% of Phytoseiid family mites in Brazilian groves, and is also a major challenge in biological control *P. citri* mite, since other studies indicate that this predator is effective in controlling other pest mites, as the mite leprous, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). Within this context, the aim of this study was to evaluate the effect of agrochemicals (insecticides, acaricides and fungicides) indicated for the integrated production of citrus (PICitros, 2012), classified as slightly harmful to this species (IOBC/WPRS) on the predation capacity of *E. concordis* females. The data indicated that among the immature stages of *P. citri*, the nymphs were more preyed by females of *E. concordis* (~98%), being, therefore, defined the usage of *P. citri* nymphs prey to evaluate agrochemical interference in the predation capacity. The results of this study indicated that fungicide tebuconazole, insecticides pyriproxyfen and tebufenozide, harmed, significantly, the predatory capacity of *E. concordis* females, with predatory rates of 67.00, 38.89 and 33.33% of *P. citri* nymphs available in arenas, respectively. Given to these results, it's possible to verify that the toxicity study based only on the lethal effect and sublethal (reproductive aspects) that agrochemicals can cause, are not enough to diagnose the negative effects that these products may cause in a population of beneficial organisms, demonstrating the need of studies to further evaluation of the interference of agrochemicals in the behavior of natural enemies, to provide more complete information about the toxicities of agrochemicals that can support the planning of pest management programs that integrate chemical and biological control.

Keywords: Citriculture; Agrochemicals; Mobility of predatory mites; Beneficial organisms; Predation; Regulatory capacity

5.1 Introdução

A cultura dos citros é acometida por um grande número de pragas e doenças, causando danos diretos ou indiretos, atuando como vetores de patógenos (PARRA; OLIVEIRA; PINTO, 2003; MELO; ANDRADE, 2006). O controle das pragas e doenças de citros é realizada basicamente por meio de pulverizações de agroquímicos, em cobertura ou aplicados

sistemicamente (YAMAMOTO et al., 2009). Porém, o grande número de aplicações de defensivos químicos pode acarretar em um intenso desequilíbrio no agroecossistema (OMOTO; ALVES; RIBEIRO, 2000; CAMPOS; OMOTO, 2002).

O surto do ácaro purpúreo, *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae), no Brasil, que até a pouco anos era considerado uma praga de importância secundária (OLIVEIRA; PATTARO, 2008), é um provável caso do desequilíbrio ocasionado pelo aumento do uso de agroquímicos nos pomares, principalmente de inseticidas utilizados no controle do vetor *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), associado por transmitir a bactéria causadora da doença haunglongbing (HLB) (YAMAMOTO; ZANARDI, 2013; RIBEIRO et al., 2014). A princípio associava-se o aumento desse ácaro praga a mortalidade dos inimigos naturais associados a ele após a aplicação de agroquímicos de amplo espectro (TRICHILO; WILSON, 1993). No entanto, recentemente outros aspectos passaram a ser investigados como causas dos surtos de ácaros fitófagos, como o efeito de hormese que os agroquímicos podem ocasionar em espécies de artrópodes-praga (COHEN, 2006; GUEDES; MAGALHÃES; COSME, 2009; CORDEIRO et al., 2013; CUTLER, 2013; GUEDES; CUTLER, 2014).

Para tanto, o controle biológico deve ser uma alternativa para reduzir o intenso uso de agroquímicos no agroecossistema dos citros, sendo que a regulação de pragas por predadores e parasitoides tem sido um dos principais componentes do manejo integrado de pragas (MIP), que visa reduzir a população das pragas para níveis inferiores àqueles capazes de causar prejuízos econômicos (MAOZ et al., 2014; ZAPPALÀ et al., 2013; ASPLEN et al., 2015). Entre os agentes de controle biológico, os ácaros predadores são importantes agentes de supressão populacional dos ácaros fitófagos que causam danos diretos ou que atuam como vetores de patógenos nas culturas (SATO, 2005).

Entre os ácaros predadores que exercem importante papel na regulação populacional de ácaros-praga, os fitoseídeos tem sido os mais abundantes e frequentes em pomares cítricos (MORAES, 1991; MORAES, 2002; MATIOLI; OLIVEIRA, 2007). Em levantamento realizado por Silva, Sato e Oliveira (2012) no estado de São Paulo, *Euseius concordis* (Chant) (Acari: Phytoseiidae) foi a espécie mais abundante, correspondendo a 98,3% dos espécimes da família Phytoseiidae encontrado nos pomares cítricos. Esses autores também observaram uma correlação significativa entre as densidades populacionais desse ácaro predador com a redução dos níveis populacionais dos ácaros-praga *P. citri*, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) e *Phyllocoptruta oleivora* (Ashmead) (Acari: Eryophiidae) que causam sérios prejuízos à citricultura.

Apesar do grande potencial de *E. concordis* como agente de controle biológico de ácaros-praga, o uso de agroquímicos para o manejo de insetos-praga, também afetam sua população,

podendo reduzir os níveis populacionais e a eficácia do predador nos pomares cítricos, contribuindo para os desequilíbrios do agrossistema, inclusive podendo favorecer os ocorrência de surtos de pragas secundárias e de seleção de populações resistentes aos ingredientes ativos (DUTCHER, 2007; MEISSLE et al., 2010; CUTLER et al., 2009; SZCZEPANIEC et al., 2011; LU et al., 2012; BIONDI et al., 2012; CORDEIRO et al., 2013; GUEDES; CUTLER, 2014; ZHAN et al., 2015; GUEDES et al., 2016), aumentando os custos de produção e reduzindo sustentabilidade ambiental do sistema. Como o uso desses agroquímicos nos pomares cítricos é praticamente indispensável, tornasse importante o conhecimento dos efeitos toxicológicos destes sobre os inimigos naturais, como *E. concordis*, para planejar um programa de manejo de pragas na citricultura que integre o controle químico com a conservação dos inimigos naturais que realizam o controle biológico na área (BAKKER; JACAS, 1995; STERK et al., 1999; POZZEBON et al., 2015).

Além da mortalidade, a exposição dos ácaros predadores aos agroquímicos também pode afetar o desenvolvimento do estágio imaturo, reduzir a fecundidade, fertilidade e longevidade, alterar a proporção de fêmeas e machos na população (razão sexual), mobilidade, orientação e movimentação, podendo influenciar na capacidade predatória destes ácaros (JOHNSON; TABASHNIK, 1999; TEODORO et al., 2005; DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007; REIS; FRANCO; SILVA, 2011; TUELHER et al., 2014; GUEDES et al., 2016), reduzindo o biocontrole exercidos por eles (BIONDI et al., 2015; ZANARDI et al., 2016). No entanto, o uso de agroquímicos seletivos ao organismo benéfico, que se deseja preservar, pode ser uma alternativa importante para reduzir os impactos causados por eles e viabilizar o controle biológico exercidos por eles (YAMAMOTO et al., 1992; GENTZ; MURDOCH; KING, 2010; RODRIGUES et al., 2013; ZANARDI et al., 2016).

Muitos são os estudos que avaliam a seletividade de agroquímicos por meio de efeitos letais e subletais, baseados em dados de mortalidade e de reprodução dos inimigos naturais (REIS et al., 1998; CASTAGNOLI et al., 2005; SILVA; OLIVEIRA, 2006; SILVA; OLIVEIRA, 2007; POLETTI, MAIA; OMOTO, 2007; POLETTI; COLLETTE; OMOTO, 2008; STAVRINIDES; MILLS, 2009; BERNARD et al., 2010; POZZEBON; BORGO; DUSO, 2010; BEERS; SCHMIDT, 2014; POZZEBON et al., 2015), no entanto, quando se trata de avaliar o efeito de agroquímicos sobre predadores e parasitoides, é necessário avaliar também a interferência desses produtos na capacidade destes organismos em exercer o controle biológico das pragas (MANZONI et al., 2006; POLETTI; MAIA; OMOTO, 2007; POLETTI; COLLETTE; OMOTO, 2008; ADEL; EL-ELA, 2014; BEERS; SCHMIDT, 2014). Para tanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a interferência de agroquímicos indicados para a produção integrada de citros

(PICitros, 2012), classificados como pouco nocivo a essa espécie (IOBC/WPRS), sobre a capacidade de predação de fêmeas de *E. concordis*.

5.2 Material e métodos

5.2.1 Ácaros

5.2.1.1 Criação de *E. concordis*

A colônia de *E. concordis* foi estabelecida a partir de espécimes cedidas pelo Dr. Mário Eidi Sato, do Laboratório de Entomologia Econômica do Centro Experimental Central do Instituto Biológico, Campinas, São Paulo, Brasil. Para manutenção da criação desse ácaro foi utilizado folhas de acalifa [*Acalypha wilkesiana* Muell (Euphorbiaceae)] colocadas com a face abaxial voltada para cima sobre uma camada de espuma umedecida com água deionizada em bandejas plásticas (38,5 × 24,5 × 6,0 cm de comprimento, largura e altura, respectivamente). Tiras de algodão hidrófilo umedecido foram utilizadas nas bordas das folhas para a manutenção da sua turgescência e impedir a fuga dos ácaros. No centro de cada arena foram colocados fios de algodão hidrófilo para servir de abrigo e local de oviposição aos ácaros. Como alimento, foi utilizado pólen de taboa [*Typha angustifolia* L. (Typhaceae)] disponibilizado sobre lamínulas de vidro de 2 × 2 cm (4 cm²) o qual foi substituído a cada 48 horas. A criação foi mantida em sala climatizada (temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa do ar (UR) de 60 ± 10% e fotoperíodo de 14 L: 10 E horas).

5.2.1.2 Criação de *P. citri*

Para o estabelecimento da criação da espécie *P. citri*, espécimes foram coletadas em plantas de limoeiro ‘Cravo’ [*Citrus raticulata* Blanco x *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Rutaceae)] de um pomar experiemntal localizado no campus da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba, São Paulo, Brasil, sem aplicação de agroquímicos. A espécie do ácaro foi confirmada e o voucher (lâmina) do respectivo espécime encontra-se depositado no Museu de Zoologia “Luiz de Queiroz”. Em Piracicaba, São Paulo, Brasil. A criação foi mantida sobre folhas de laranjeira Baia Lene Late, *Citrus sinensis* (L.), colocada com face adaxial voltada para cima sobre uma camada de espuma, de forma similar ao descrito acima para criação de *E. concordis*. As folhas

foram substituídas a cada sete dias. A criação foi mantida em sala climatizada (temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa do ar (UR) de $60 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 14 L: 10 E horas).

5.2.2 Avaliação da capacidade de predação de imaturos de *P. citri* por fêmeas de *E. concordis*

Foram avaliados a capacidade de predação de fêmeas de *E. concordis* à ovos, larvas e ninfas de *P. citri*, informação que foi utilizada na decisão de qual estágio de desenvolvimento de *P. citri* utilizado nos testes de interferência de agroquímicos na capacidade de predação de *E. concordis*. Para tanto foram montadas arenas utilizando folhas de laranjeira-doce [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Rutaceae)], sendo que cada tratamento contou com 10 repetições, e cada repetição foi representada por uma arena, unidades experimentais (4,0 cm de diâmetro). Para cada unidade experimental foram transferidas 10 fêmeas acasaladas de *P. citri*, e aguardado um período de 24 horas, para que realizassem a postura, após esse período retirou-se todas as fêmeas das arenas, e o número de ovos de *P. citri* quantificados.

Para o tratamento que avaliou a capacidade de predação de ovos, foi deixado apenas dez ovos por repetição, e para o tratamento em que foi avaliado a capacidade de predação de larvas, aguardou a eclosão das larvas, e foi deixado apenas dez por unidade experimental, e para o tratamento que avaliou a capacidade de predação de *E. concordis* à ninfas, aguardou o desenvolvimento até este estágio (cerca de 3 dias após a oviposição), e foi deixado dez ninfas por arena. O delineamento experimental foi o inteiramente aleatorizado, com 3 tratamentos e 10 repetições cada ($n = 100$).

Posteriormente foi transferido uma fêmea adulta de *E. concordis* com idade de 24 horas para cada repetição dos diferentes tratamentos. As avaliações do número de ovos, larvas e ninfas predados foi realizado 24 horas após a transferência das fêmeas de *E. concordis*, contando-se o número de indivíduos de cada fase predados.

A identificação da predação foi realizada com auxílio do esteromicroscópio com aumento de até 40X, caracterizando como predada, ovos, larvas e ninfas que apresentaram aspecto “seco”.

5.2.3 Agroquímicos avaliados

Após a definição do estágio imaturo do ácaro *P. citri* que foi mais predado por fêmeas de *E. concordis*, foram avaliados a interferência de inseticidas classificados como levemente nocivos (classe 2), e acaricidas e fungicidas classificados como inócuos e levemente nocivos (classe 1 e 2) ao ácaro predador *E. concordis*, classificação estabelecida por estudo que consideraram os critérios estabelecidos pelo grupo de trabalho da International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants, West Palaearctic Regional Section (IOBC/WPRS) para estudos de toxicologia de agroquímicos sobre inimigos naturais, na capacidade de predação do ácaro *E. concordis*. Todos os compostos foram testados nas maiores concentrações recomendadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para controle de pragas. Os ingredientes ativos, produtos comerciais, grupos químicos, modo de ação e concentrações (mg i.a. L⁻¹) dos agroquímicos utilizados no bioensaio estão listados na Tabela 25.

Tabela 25. Agroquímicos avaliados quanto a interferência na capacidade de predação do ácaro predador *Enseius concordis*.

Ingrediente ativo (Uso) *	Produto comercial	Grupo químico	Modo de ação	Fabricante	Concentração usada (mg i.a. L ⁻¹)
Deltametrina (I)	Decis Ultra 100 EC	Piretroide	Modulador dos canais de sódio	Bayer	7,5
Difenoconazol (F)	Score® EC	Triazol	Inibidores da síntese de esteróis	Syngenta	50
Espirodiclofeno (A)	Envidor® 240 SC	Cetoenol	Inibidor de acetil CoA carboxilase	Bayer	60
Etofenproxi (I)	Trebon 100 SC	Piretroide	Modulador dos canais de sódio	Sipcam Agro	0,025
Etoxazol (A)	Borneo® 110 SC	Difenil oxazilina	Inibidor de crescimento de ácaros	Sumitomo	49,5
Flufenoxurom (A, I)	Cascade® 100 EC	Benzoiluréia	Inibidores da formação de quitina em lepidópteros	Basf	50
Piraclostrobina (F)	Comet® EC	Estrobilirina	Inibição do Quinol (Qol)	Basf	37,5
Piriproxifem (I)	Tiger 100 CE	Piriproxifen	Análogo do hormônio juvenil	Sumitomo	100
Tebuconazol (F)	Folicur® 200 EC	Triazol	Inibidores da síntese de esteróis	Bayer	150
Tebufenozida (I)	Mimic 240 SC	Diacilhidrazinas	Agonista dos receptores de ecdisteroides	Dow	120
Trifloxistrobina (F)	Flint® 500 WG	Estrobilurina	Inibição do Quinol (Qol)	Bayer	50
Trifloxistrobina + Tebuconazol (F)	Nativo® SC	Estrobilurina + Triazol	Inibição do Quinol (Qol) + Inibidores da síntese de esteróis	Bayer	40 + 80

*A = Acaricida; F= Fungicida; I = Inseticida.

5.2.4 Interferência de agroquímicos na capacidade de predação de ninfas de *P. citri* por *E. concordis*

Após definir as ninfas de *P. citri* como presa, conforme estudo descrito no item 5.2.2, folhas de laranjeira ‘Valência’ foram pulverizadas com 2 mL de solução, dos respectivos agroquímicos descritos no item 5.2.3, em torre de Potter (Burkard Scientific Co., Uxbridge, UK), ajustada a uma pressão de 68 kPa, resultando na deposição de $1,8 \pm 0,1$ mg cm⁻² de resíduo fresco, estando de acordo com os critérios estabelecidos pelo grupo de trabalho da International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants, West Palaearctic Regional Section (IOBC/WPRS) para estudos de toxicologia de agroquímicos sobre inimigos naturais (HASSAN et al., 1994).

Posteriormente as folhas foram mantidas em sala climatizada por duas horas para a secagem dos resíduos. Decorrido esse período, as folhas foram acondicionadas sobre uma camada de espuma (~ 1 cm de altura) umedecida com água deionizada em bandejas plásticas (38,5 × 24,5 × 6,0 cm de comprimento, largura e altura, respectivamente) e as folhas pulverizadas de cada tratamento foram circundadas com tiras de algodão hidrófilo umedecido, para a manutenção da sua turgescência e para impedir a fuga dos ácaros, e imediatamente foram transferidas fêmeas de *E. concordis* provenientes da criação mantida em laboratório (30 fêmeas por tratamento). Após a infestação, as bandejas com os tratamentos foram acondicionadas em sala climatizada, e essas fêmeas ficaram em contato com os resíduos por 24 horas. Para avaliar a interferência dos agroquímicos na predação foram delimitadas arenas, unidades experimentais (4,0 cm de diâmetro), em folhas de laranjeira-doce ‘Valência’ colocadas sobre uma camada de espuma (~ 1 cm de altura) umedecida com água deionizada em bandejas plásticas (38,5 × 24,5 × 6,0 cm de comprimento, largura e altura, respectivamente) e acondicionadas em sala climatizada. Posteriormente foram transferidas 20 ninfas de *P. citri* por arena. Posteriormente, cada uma destas unidades experimentais foi infestada com uma fêmea de *E. concordis* que estava em contato com os resíduos. Cada tratamento foi replicado 10 vezes, cada arena foi considerada uma repetição (n= 200). A avaliação da capacidade de predação de cada fêmea foi avaliada 24 horas após serem transferidas para as arenas, por contagem do número de ninfas predadas. A identificação das ninfas predadas foi realizada com auxílio do esteromicroscópio com aumento de até 40X, caracterizando como predada as ninfas que apresentaram aspecto do corpo “seco”.

5.2.5 Análise dos dados

Modelos lineares generalizados (NELDER; WEDDERBURN, 1972) com distribuição quase-binomial foram usados para análise dos dados de proporção de predação. A qualidade do ajuste foi feita por meio do gráfico meio normal com envelope de simulação (HINDE; DEMÉTRIO, 1998). Quando houve diferenças significativas entre os tratamentos, múltiplas comparações, com o teste de Tukey ($p < 0,05$) foram feitas com a função "*glht*" do pacote "*multcomp*", com ajustes nos valores de *p*. Todas as análises foram realizadas no software estatístico "R", versão 3.1.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015).

5.3 Resultados

Os resultados demonstraram diferenças significativas na predação de diferentes fases de desenvolvimento de *P. citri* por fêmeas de *E. concordis*, e com base nesse trabalho foi realizado a avaliação da interferência de agroquímicos recomendados para produção integrada de citros (PICitros, 2012), indicando que houve interferência negativa de alguns agroquímicos na capacidade de predação desta espécie de ácaros da família Phytoseiidae (Tabelas 26 e 27).

As fêmeas de *E. concordis* predaram mais de 98% das ninfas de *P. citri*, sendo significativamente diferente dos resultados obtidos para ovos e larvas de *P. citri* (Tabela 26). Estes dados indicaram a aceitação de *P. citri* como fonte alimentar para ácaro *E. concordis*, além de subsidiar a definição do estágio de *P. citri* a ser utilizado nos testes de interferência de agroquímicos na capacidade de predação.

Tabela 26. Média de predação dos diferentes estágios imaturos do ácaro fitófago *Panonychus citri* pelo ácaro predador *Euseius concordis*.

Tratamentos	Médias de predação (%) (média $\pm$ EP) ¹
Predação de ovos de <i>P. citri</i> .	29,90 $\pm$ 4,74 b
Predação de larvas de <i>P. citri</i>	38,64 $\pm$ 6,32 b
Predação de ninfas de <i>P. citri</i>	98,57 $\pm$ 1,32 a
F	5,11
g.l.	2, 27
Valor de p	0,01

¹Médias ($\pm$ erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, $p < 0,05$).

No presente estudo foi verificado que o fungicida tebuconazol e os inseticidas piriproxifem e tebufenozida comprometeram significativamente a capacidade de predação das fêmeas de *E. concordis* pelas ninfas do ácaro fitófago *P. citri*, apresentando médias de predação de 67,00; 38,89 e 33,33%, respectivamente. Os outros agroquímicos avaliados não causaram alterações significativas na capacidade de predação pelo ácaro *E. concordis* em relação ao controle (fêmeas predaram 98,00% das ninfas do ácaro fitófago que foram oferecidas como presa) (Tabela 27).

Tabela 27. Média de predação de fêmeas de *Euseius concordis* sobre ninfas de *Panonychus citri* (%) com influência de agroquímicos, incluindo inseticidas, fungicidas e acaricidas recomendados para produção integrada de citros (PI - Citros, 2012).

Tratamento	Concentração (mg i.a. L ⁻¹)	Predação (%) (média $\pm$ EP) ¹
Controle	-	98,00 $\pm$ 1,26 a
Deltametrina	7,5	89,00 $\pm$ 4,99 a
Difenoconazol	50	95,00 $\pm$ 2,12 a
Espirodiclofeno	60	98,00 $\pm$ 1,26 a
Etofenproxi	0,025	96,00 $\pm$ 2,10 a
Etoxazol	49,5	96,00 $\pm$ 1,55 a
Flufenoxurom	50	97,00 $\pm$ 1,45 a
Piraclostrobina	37,5	93,00 $\pm$ 2,85 a
Piriproxifem	100	38,89 $\pm$ 2,76 c
Tebuconazol	150	67,00 $\pm$ 4,01 b
Tebufenozida	120	33,33 $\pm$ 3,18 c
Trifloxistrobina	50	99,00 $\pm$ 0,95 a
Trifloxistrobina + Tebuconazol	40 + 80	94,00 $\pm$ 2,53 a
F		62,90
g.l		12, 116
Valor de p		< 0,001

¹Médias ($\pm$ erro padrão) seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido de *post hoc* de teste de Tukey, $p < 0,05$).

5.4 Discussão

Os resultados obtidos comprovaram que o ácaro predador *E. concordis*, comumente encontrado em pomares de citros do Brasil, correspondendo a mais de 70% dos ácaros da família Phytoseiidae (MARSARO JÚNIOR et al., 2012; SILVA; SATO; OLIVEIRA, 2012), e relacionado como eficiente predador de pragas deste sistema como *B. phoenicis* (KOMATSU; NAKANO, 1988; SILVA; SATO; OLIVEIRA, 2012), é também um eficiente predador de formas jovens do ácaro *P. citri*, conhecido como ácaro purpúreo. Esse ácaro era considerado, até pouco tempo, uma praga secundária dos citros (OLIVEIRA; PATTARO, 2008), mas que, com o aumento no uso de inseticidas neonicotinoide e piretroides para controle de insetos-praga, principalmente para controle de *D. citri*, vem apresentando significativo crescimento populacional, passando a ser uma praga de importância primária, exigindo pulverizações frequentes de acaricidas para seu controle (YAMAMOTO; ZANARDI, 2013; RIBEIRO et al., 2014).

Os resultados indicaram que as fêmeas de *E. concordis* tiveram preferência por predação de ninfas do ácaro fitofágo *P. citri*. Resultados semelhantes foram encontrados por Silveira (2013), que avaliou a capacidade de predação do ácaro-vermelho-do-cafeeiro *Oligonychus ilicis* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) por fêmeas adultas de *E. concordis*, verificando que uma fêmea chegou a predação 65,7% de ninfas e 54% de larvas, e apenas 6,7% dos ovos disponíveis. Os resultados obtidos também foram semelhantes aos obtidos por Komatsu e Nakano (1988), que observaram que um adulto do ácaro predador *E. concordis* chegou a consumir 61,41% das formas jovens de *B. phoenicis* (larvas e ninfas). Provavelmente as fases imaturas são mais predadas por apresentarem tamanho reduzido, comparado com os adultos, e por apresentarem menor mobilidade que as fêmeas adultas do ácaro predador, que é considerada a fase mais eficiente na predação, possivelmente por necessitarem de mais energia para realizarem as oviposições e por serem maiores e mais ágeis (SILVEIRA, 2013).

Os resultados obtidos no presente trabalho também permitiram verificar que, mesmo os agroquímicos considerados de baixa toxicidade ao ácaro *E. concordis*, podem interferir na capacidade de predação, como o fungicida tebuconazol, que ocasionou interferência negativa na capacidade de predação da espécie estudada, mesmo sendo considerados menos nocivos aos ácaros predadores (CROFT; NELSON, 1972; TANIGOSHI; CONGDON, 1983; KOMATSU; NAKANO, 1998; YAMAMOTO et al., 1992; REIS et al., 1998; POLETTI; COLLETTE; OMOTO, 2008).

No entanto, outros fungicidas avaliados não afetaram a capacidade de predação, como trifloxistrobina, corroborando dados obtidos por Stavrinides e Mills (2009), que também

verificaram que esse fungicida, em pulverizações de campo, não afetou a capacidade de predação do ácaro predador *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) (Acari: Phytoseiidae) ao ácaro-praga *Tetranychus pacificus* (McGregor) (Acari: Tetranychidae).

Os inseticidas piriproxifem e tebufenozida causaram interferência no comportamento de predação das fêmeas de *E. concordis*, sendo que estas consumiram menor número de presas. Resultados semelhantes foram obtidos por Schneider et al. (2004) que observaram uma redução significativa no parasitismo de *Hyposoter didymator* (Thunberg) (Hymenoptera: Ichneumonidae) pelo inseticida piriproxifem, na concentração de 10 mg i.a. L⁻¹, já tebufenozida não afetou significativamente o percentual de parasitismo mesmo na maior concentração do ingrediente ativo testado (144 mg i.a. L⁻¹). Entretanto, piriproxifem, mímico do hormônio juvenil, não alterou o comportamento de busca e parasitismo de *Aphytis melinus* (DeBach) (Hymenoptera: Aphelinidae) (SUMA et al., 2009).

Os dados indicam que deltametrina, difenoconazol, espiroclorfenol, etofenproxi, etoxazol, flufenoxurom, piraclostrobina, trifloxistrobina e trifloxistrobina + tebuconazol não apresentaram interferência no comportamento de predação das fêmeas de *E. concordis*. Em função dos estudos realizados e resultados obtidos, tanto de efeito letal, subletal e interferência na predação, pode-se afirmar que estes são compostos seletivos a este ácaro, podendo ser indicados para um programa de manejo de pragas que visa aliar o controle químico com o biológico, conservando esse inimigo natural na área e garantindo sua atividade regulatória dos ácaros-praga.

Mas, salienta-se que, estes estudos devem ser conduzidos especificamente para cada espécie benéfica da área, pois, os agroquímicos podem apresentar toxicidade diferencial para cada organismo, pelas características fisiológicas e comportamentais particulares que cada um apresenta. Por exemplo, ao contrário do avaliado para *E. concordis*, Kim e Yoo (2002) observaram que a progênie de fêmeas de *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) alimentados com ovos de *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae) pulverizados com o acaricida/inseticida flufenoxurom, tiveram uma redução significativa na capacidade de predação em relação ao controle.

Uma das hipóteses que pode responder a essa menor capacidade de predação das fêmeas de *E. concordis* que mantiveram contato com os resíduos dos inseticidas piriproxifem e tebufenozida e ao fungicida tebuconazol seja a irritabilidade causada por estes produtos ao predador. Irritabilidade ocorre quando um artrópode é estimulado a mover para longe de um agroquímico depois de fazer contato físico direto com os seus resíduos, diferentemente do que é considerado repelência, que ocorre quando o artrópode detecta a presença dos produtos

químicos à uma distância, desviando da área tratada sem fazer contato físico direto com o produto químico (ROBERTS et al., 1997).

Tanto a repelência quanto a irritabilidade podem afetar a dinâmica do ácaro predador, reduzindo a procura deles pelas presas, pelo comportamento de fuga, comprometendo o controle biológico realizado por esse predador. Um exemplo para explicar esse comportamento em campo seria quando um fruto é pulverizado com um agroquímico que causa repelência aos predadores, e estes passam a ter comportamento de dispersão dessa área, fazendo com que não realizem o controle biológico de pragas nas áreas que apresentem estes resíduos (LIMA et al., 2013). Ressalta-se que, estudos adicionais para verificar os efeitos de repelência e irritabilidade de agroquímicos a um determinado inimigo natural em condições de laboratório, semi-campo e campo, são de extrema importância, garantindo a avaliação mais completa do impacto de agroquímicos ao comportamento predação ou parasitismo, e possibilitando também assegurar a recomendação de produtos menos prejudiciais atividade regulatória que estes organismos exercem em campo.

Lembrando ainda que, estudos avaliando a interferência de agroquímicos na capacidade do inimigo natural em exercer sua atividade de predação ou parasitismo ainda são poucos diante da grande diversidade de inimigos naturais de importância regulatória de pragas encontrados nos agroecossistemas (MANZONI et al., 2006; POLETTI, MAIA; OMOTO, 2007; POLETTI; COLLETTE; OMOTO, 2008; ADEL; EL-ELA, 2014; BEERS; SCHMIDT, 2014). Para tanto, o presente trabalho vem reforçar a importância deste tipo de estudo, pois um determinado agroquímico pode ser classificado como levemente nocivo a um inimigo natural, quando se leva em consideração apenas os dados de efeito letal e avaliações de fertilidade, mas, pode causar mudanças comportamentais na sua capacidade de busca, captura, ataque, consumo e digestão de suas presas, resultando, muitas vezes, na ineficiência no controle biológico exercido por este organismo ou podendo levar a extinção da população do predador do sistema. Para tanto, essas avaliações de alterações comportamentais, são importantes para subsidiar discussões e também para planejar o estabelecimento do controle biológico natural ou aplicado por ácaros fitoseídeos em sistemas de produção (POLETTI; MAIA; OMOTO, 2007; POLETTI; COLLETTE; OMOTO, 2008).

5.5 Conclusões

Fêmeas do ácaro predador *E. concordis* apresentam alta aceitação pelas formas jovens do ácaro-praga *P. citri*;

O estágio de ninfa do ácaro *P. citri* é o mais predado por fêmeas de *E. concordis*;

Os agroquímicos tebuconazol, piriproxifem e tebufenozida reduzem a capacidade de predação do ácaro *E. concordis* às ninfas de *P. citri*;

É importante estudar a interferência de agroquímicos, mesmo dos considerados levemente nocivos, na capacidade de predação ou parasitismo de um organismo benéfico, para afirmar ou não a inocuidade de um composto químico.

Referências

- ADEL, A.; EL-ELA, A. Efficacy of five acaricides against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch and their side effects on some natural enemies. **The Journal of Basic & Applied Zoology**, Cairo, v. 67, p. 13–18, 2014.
- ASPLEN, M.K.; ANFORA, G.; BIONDI, A.; CHOI, D-S.; CHU, D.; DAANE, K.M.; GIBERT, P.; GUTIERREZ, A.P.; HOELMER, K.A.; HUTCHISON, W.D.; ISAACS, R.; JIANG, Z-L.; KÁRPÁTI, Z.; KIMURA, M.T.; PASCUAL, M.; PHILIPS, C.R.; PLANTAMP, C.; PONTI, L.; VÉTEK, G.; VOGT, H.; WALTON, V.M.; YU, Y.; ZAPPALÀ, L.; DESNEUX, N. Invasion biology of spotted wing Drosophila (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. **Journal of Pest Science**, Berlin, v. 88, n. 3, p. 469-494, 2015.
- BAKKER, F.M.; JACAS, J.A. Pesticides and phytoseiid mites: Strategies for risk assessment. **Ecotoxixology and Environmental Safety**, New York, v. 32, n. 1, p. 58–67, 1995.
- BEERS, E.H.; SCHMIDT, R.A. Impacts of orchard pesticides on *Galendromus occidentalis*: Lethal and sublethal effects. **Crop Protection**, Guildford, v. 56, p. 16–24, 2014.
- CAMPOS, F.J.; OMOTO, C. Resistance to hexythiazox in *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidae) from Brazilian citrus. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 26, p. 243-251, 2002.
- BERNARD, M.B.; COLE, P.; KOBELT, A.; HORNE, P.A.; ALTMANN, J.; WRATTEN, S.D.; YEN, A.L.; ALAN, L. Reducing the impact of pesticides on biological control in Australian vineyards: pesticide mortality and fecundity effects on an indicator species, the predatory mite *Euseius victoriensis* (Acari: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 103, n. 6, p. 2061–2071, 2010.
- BIONDI, A.; DESNEUX, N.; SISCARO, G.; ZAPPALÀ, L. Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: selectivity and side effects of 14 pesticides on predator *Orius laevigatus*. **Chemosphere**, Oxford, v. 87, n. 7, p. 803-812, 2012.

- BIONDI, A.; CAMPOLO, O.; DESNEUX, N.; SISCARO, G.; PALMERI, V.; ZAPPALÀ, A. Life stage-dependent susceptibility of *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae) to two pesticides commonly used in citrus orchards. **Chemosphere**, Oxford, v. 128, p. 142-147, 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT**: Sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 12 set. 2015.
- CASTAGNOLI, M.; LIGUORI, M.; SIMONI, S.; DUSO, C. Toxicity of some insecticides to *Tetranychus urticae*, *Neoseiulus californicus* and *Tydeus californicus* **BioControl**, Dordrech, v. 50, n. 4, p. 611-622, 2005.
- COHEN, E. Pesticides-mediated homeostatic modulation in arthropods. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 85, n. 1, p. 21-27, 2006.
- CORDEIRO, E.M.G.; MOURA, I.L.T.; FADINI, M.A.M.; GUEDES, R.N.C. Beyond selectivity are behavioral avoidance and hormesis likely causes of pyrethroid-induced outbreaks of the southern red mite *Oligonychus ilicis*? **Chemosphere**, Oxford, v. 93, n. 6, p. 111-1116, 2013.
- CUTLER, G.C. Insects, insecticides and hormesis: evidence and considerations for study. **Dose-Response**, Massachusetts, v. 11, n. 2, p. 154-177, 2013.
- CUTLER, G.C.; RAMANAIDU, K.; ASTATKIE, T.; ISMAN, M.B. Green peach aphid, *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae), reproduction during exposure to sublethal concentrations of imidacloprid and azadirachtin. **Pest Management Science**, Sussex, v. 65, n. 2, p. 205–209, 2009.
- CROFT, B.A.; NELSON, E.E. Toxicity of apple orchard pesticides to Michigan population of *Amblyseius fallacis* and its prey. **Environmental Entomology**, College Park, v. 1, p. 576-579, 1972.
- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J.M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 52, p. 81-106, 2007.
- DUTCHER, J.D. A review of resurgence and replacement causing pest outbreaks in IPM. In: CIANCIO, A.; MUKERJI, K.G. (Ed). **General Concepts in Integrated Pest and Disease Management**. Amsterdam: Springer, 2007. Chap. 2, p. 27-43.
- GENTZ, M.C.; MURDOCH, G.; KING, G.F. Tandem use of selective insecticides and natural enemies for effective, reduced-risk pest management. **Biological Control**, Orlando, v. 52, n. 3, p. 208-215, 2010.

- GUEDES, R.N.C.; MAGALHÃES, L.C.; COSME, L.V. Stimulatory Sublethal Response of a Generalist Predator to Permethrin: Hormesis, Hormoligosis, or Homeostatic Regulation? **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 102, n. 1, p. 170-176, 2009.
- GUEDES, R.N.C.; CUTLER, G.C. Insecticides-induced hormesis and arthropod pest management. **Pest Management Science**, Sussex, v. 70, p. 690-697, 2014.
- GUEDES, R.N.C.; SMAGGHE, G.; STARK, J.D.; DESNEUX, N. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 61, p. 43-62, 2016.
- HASSAN, S.A.; BIGLER, F.; BOGENSCHUTZ, H.; BOLLER, E.; BRUN, J.; CALIS, J.N.M.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HELYER, N.; HOKKANEN, H.; LEWIS, G.B.; MANSOUR, F.; MORETH, L.; POLGAR, L.; SAMSØE-PETERSEN, L.; SAUPHANOR, B.; STAUBLI, A.; STERK, G.; VAINIO, A.; VAN DE VEIRE, M.; VIGGIANI, G.; VOGT, H. Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS – Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". **Entomophaga**, Paris, v. 39, n. 1, p. 107-119, 1994.
- JOHNSON, M.W.; TABASHNIK, B.E. Enhanced biological control through pesticide selectivity, p. 297-317. In: BELLOWS, T.S.; FISHER, T.W. (Eds.), **Handbook of biological control**. San Diego: Academic Press, 1999. 1046p.
- KIM, S.S.; YOO, S.S. Comparative toxicity of some acaricides to the predatory mite, *Phytoseiulus persimilis* and the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*. **BioControl**, Dordrecht, v. 47, p. 563-573, 2002.
- KOMATSU, S.S.; NAKANO, O. Estudos visando o manejo do ácaro da leprose em citros através do ácaro predador *Euseius concordis* (Acari: Phytoseiidae). **Laranja**, Cordeirópolis, v. 1, n. 9, p. 125-146, 1988.
- LIMA, D.B.; MONTEIRO, V.B.; GUEDES, R.N.C.; SIQUEIRA, H.A.A.; PALLINI, A.; GONDIM, M.G.C. Acaricide toxicity and synergism of fenpyroximate to the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. **BioControl**, Dordrecht, v. 58, n. 5, p. 595-605, 2013.
- LU, Y.; WU, K.; JIANG, Y.; GUO, Y.; DESNEUX, N. Widespread adoption of Bt cotton and insecticide decrease promotes biocontrol services. **Nature**, London, v. 487, n. 7407, p. 362-365, 2012.
- MANZONI, C.G.; GRÜTZMACHER, A.D.; GIOLO, F.P.; LIMA, C.A.B.de.; NÖRNBERG, S.D.; MÜLLER, C.; HÄRTER, W.R. Susceptibilidade de Adultos de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) a Fungicidas Utilizados no Controle de Doenças da Macieira. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 2, p. 223-230, 2006.

- MAOZ, Y.; GAL, S.; ARGOV, Y.; DOMERATZKY, S.; MELAMED, E.; GAN-MOR, S.; COLL, M.; PALEVSKY, E. Efficacy of indigenous predatory mites (Acari: Phytoseiidae) against the citrus rust mite *Phyllocoptruta oleivora* (Acari: Eriophyidae): augmentation and conservation biological control in Israeli citrus orchards. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 63, n. 3, p. 295-312, 2014.
- MARSARO JÚNIOR, A.L.; SATO, M.E.; AGUIAR, R.M. DE; VIEIRA, G.B.; SILVA JÚNIOR, R.J. DA.; MINEIRO, J.L. DE C. Efeito de acaricidas sobre *Schizotetranychus hindustanicus* (hirst) (Acari: Tetranychidae) e ácaros predadores em citros no estado de Roraima, Brasil. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 1, p. 75-83, 2012.
- MATIOLI, A.L.; OLIVEIRA, C.A.L. de. Biologia de *Agistemus brasiliensis* Matioli, Ueckermann & Oliveira (Acari: Stigmaeidae) e sua potencialidade de predação sobre *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, n. 4, p. 557-582, 2007.
- MEISSE, M.; MOURON, P.; MUSA, T.; BIGLER, F.; PONS, X.; VASILEIADIS, V.P.; OTTO, S.; ANTICHI, D.; KISS, J.; PA'LINKA'S, Z.; DORNER, Z.; VAN DER WEIDE, R.; GROTEN, J.; CZEMBOR, E.; ADAMCZYK J.; THIBORD, J.B.; MELANDER, B.; NIELSEN, G.C.; POULSEN, R.T.; ZIMMERMANN, O.; VERSCHWELE, A.; OLDENBURG, E. Pests, pesticide use and alternative options in European maize production: current status and future prospects. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 134, n. 5, p.357–375, 2010.
- MELO, M.B.; ANDRADE, L.N.T. Principais doenças da citricultura em Sergipe e seu controle, p.71-86. In: MELO, M.B.; SILVA, L.M.S. (Ed.). **Aspectos técnicos dos citros em Sergipe**. Aracaju: EMBRAPA-CPATC/DEAGRO. 2006. v. 1, 1ªed, 82p.
- MORAES, G. J. de. Controle biológico de ácaros fitófagos com ácaros predadores. In: PARRA, J.R.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Eds). **Controle biológico no Brasil - parasitóides e predadores**. Barueri: Manole, 2002. p. 225-237.
- MORAES, G.J. de. Controle biológico de ácaros fitófagos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 15, n. 167, p. 56-62, 1991.
- OLIVEIRA, C.A.L de; PATTARO, F.C. Citros: Manejo de ácaros fitófagos na cultura. In: YAMAMOTO, P.T. (Org.). **Manejo Integrado de pragas dos citros**. Piracicaba: ESALQ, 2008, cap. 4, p. 81-125.
- OMOTO, C.; ALVES, E.B.; RIBEIRO, P.C. Detecção e monitoramento da resistência de *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (Acari: Tenuipalpidae) ao dicofol. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p. 757-764, 2000.

- PARRA, J.R.P.; OLIVEIRA, H.N.; PINTO, S.N. **Guia ilustrado de pragas e insetos benéficos dos citros**. Piracicaba: FEALQ, 2003. 140p.
- POLETTI, M.; MAIA, A.H.; OMOTO, C. Toxicity of neonicotinoid insecticides to *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) and their impact on functional response to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). **Biological Control**, Orlando, v. 40, n. 1, p. 30–36, 2007.
- POLETTI, M.; COLLETTE, L. de P.; OMOTO, C. Compatibilidade de agrotóxicos com os ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae). **BioAssay**, Piracicaba, v. 3, n. 3, p. 14, 2008.
- POZZEBON, A.; BORGO, M.; DUSO, C. The effects of fungicides on non-target mites can be mediated by plant pathogens. **Chemosphere**, Oxford, v. 79, n. 1, p. 8-12, 2010.
- POZZEBON, A.; TIRELLO, P.; MORET, R.; PEDERIVA, M.; DUSO, C. A Fundamental step in IPM on grapevine: evaluating the side effects of pesticides on predatory mites. **Insects**, Basel, v. 6, n. 4, p. 847-857, 2015.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014, 1706 p.
- REIS, P.R.; CHIAVEGATO, L.G.; MORAES, G.J.de; ALVES, E.B.; SOUSA, E.O. Seletividade de agroquímicos ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Itabuna, v. 27, n. 2, p. 265-274. 1998.
- REIS, P.R.; FRANCO, R.A.; SILVA, F.M.A. Selectivity of rynaxypyr for three species of phytoseiid mites relevant to coffee in Brazil. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 3, p. 212-216, 2011.
- RIBEIRO, L.P.; ZANARDI, O.Z.; VENDRAMIM, J.D.; YAMAMOTO, P.T. Comparative toxicity of an acetogenin-based extract and comercial pesticides against citrus red mite. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 64, n. 1, p. 87-98, 2014.
- SATO, M.E. Perspectivas do uso de ácaros predadores no controle biológico de ácaros-praga na citricultura. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 26, n. 2, p. 291-305, 2005.
- SCHNEIDER, M.I; SMAGGHE, G.; PINEDA, S.; VIÑUELA, E. Action of insect growth regulator insecticides and spinosad on life history parameters and absorption in third-instar larvae of the endoparasitoid *Hyposoter didymator*. **Biological Control**, Orlando, v. 31, p. 189–198, 2004.

- ROBERTS, D.R.; CHAREONVIRIYAPHAP, T.; HARLAN, H.H.; HSHIEH, P. Methods for testing and analyzing excito repellency responses of malaria vectors to insecticides. **Journal of the American Mosquito Control Association**, New Jersey, v. 13, p. 13–17, 1997.
- RODRIGUES, A.R.S. TORRES, J.B.; SIQUEIRA, H.A.A.; LACERDA, D.P.A. Inheritance of lambda-cyhalothrin resistance in the predator lady beetle *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control**, Orlando, v. 64, n. 3, p. 217-224. 2013.
- SILVA, M.Z. da; SATO, M.E.; OLIVEIRA, C.A.L. de. Diversidade e dinâmica populacional de ácaros em pomar cítrico. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 2, p. 1-9, 2012.
- SILVA, M.Z. da; OLIVEIRA, C.A.L. de. Toxicidade de alguns agrotóxicos recomendados na citricultura sobre *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 085-090, 2007.
- SILVA, M.Z. da; OLIVEIRA, C.A.L. de. Seletividade de alguns agrotóxicos em uso na citricultura ao ácaro predador *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 205-208, 2006.
- SILVEIRA, E. C. da. **História de vida de *Euseius concordis* (Chant, 1959) tendo como presa *Oligonychus ilicis* (McGregor, 1917) (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae)**. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Entomologia, área de concentração em Entomologia Agrícola). Universidades Federal de Lavras/ UFLA. Lavras.
- STERK, G.; HASSAN, S.A.; BAILLOD, M.; BAKKER, F.; BIGLER, F.; BLÜMEL, S.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BROMAND, B.; BRUN, J.; CALIS, J.N.M.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; GARRIDO, A.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HOKKANEN, H.; JACAS, J.; LEWIS, G.; MORETH, L.; POLGAR, L.; ROVERSTI, L.; SAMSOE-PETERSEN, L.; SAUPHANOR, B.; SCHAUB, L.; STÄUBLI, A.; TUSET, J.J.; VAINIO, A.; VAN DE VEIRE, M.; VIGGIANI, G.; VIÑUELA, E.; VOGT, H. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group “Pesticides and Beneficial Organisms”. **BioControl**, Dordrecht v. 44, n. 1, p. 99-117, 1999.
- STAVRINIDES, M.C.; MILLS, N.J. Demographic effect of pesticides on biological control of Pacific spider mite (*Tetranychus pacificus*) by the western predatory mite (*Galendromus occidentalis*). **Biological Control**, Orlando, v. 48, n. 3, p. 267–273. 2009.
- SUMA, P.; ZAPPALA, L.; MAZZEO, G.; SISCARO, G. Lethal and sub-lethal effects of insecticides on natural enemies of citrus scale pests. **BioControl**, Dordrech, v. 54, p. 651–661, 2009.

- SZCZEPANIEC, A.; CREARY, S.F.; LASKOWSKI, K.L.; NYROP, J.P.; RAUPP, M.J. Neonicotinoid insecticide imidacloprid causes outbreaks of spider mites on elm trees in urban landscapes. **Plos One**, San Francisco, v. 6, n. 2, p. e20018, 2011.
- TANIGOSHI, L.K.; CONGDON, B.D. 1983. Laboratory toxicity of commonly-used pesticides in California citriculture to *Euseius hibisci* (Chant) (Acarina: Phytoseiidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 76, n. 2, p.247-250, 1983.
- TEODORO, A.V.; FADINI, M.A.M.; LEMOS, W.R.P; GUEDES, R.N.C.; PALLINI, P. Lethal and sub-lethal selectivity of fenbutatin oxide and sulfur to the predator *Iphiseiodes zuluagai* (Acari: Phytoseiidae) and its prey, *Oligonychus ilicis* (Acari: Tetranychidae), in Brazilian coffee plantations. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 36, n. 1-2, p. 61-70, 2005.
- TRICHILO, R.J.; WILSON, L.T. An ecosystem analysis of spider mite outbreaks: physiological stimulation or natural enemy suppression. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v. 17, n. 4, p. 291-314, 1993.
- TUELHER, E.S.; VERNON, M.; GUEDES, R.N.C.; PALLINI, A. Toxicity of organic-coffee-approved products to the Southern red mite *Oligonychus ilicis* and to its predator *Iphiseiodes zuluagai*. **Crop Protection**, Guildford, v. 55, n. 1, p. 28-34, 2014.
- YAMAMOTO, P.T.; PINTO, A. de S., PAIVA, P.E.B.; GRAVENA, S. Seletividade de produtos fitossanitários aos inimigos naturais de pragas dos citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 13, n. 2, p. 693-708, 1992.
- YAMAMOTO, P.T.; FELIPPE, M.R.; SANCHES, A.; COELHO, J.H.C.; GARBIM, L.F.; XIMENES, N. Eficácia de inseticidas para o manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em citros. **BioAssay**, Piracicaba, v.4, n.4, p.1-9, 2009.
- YAMAMOTO, P.T.; ZANARDI, O.Z. Atualização de manejo do ácaro purpúreo *Panonychus citri*. **Revista Citricultura Atual**, Cordeirópolis, v. 96, p. 16-17, 2013.
- ZHAN, Y.; FAN, S.; ZHANG, M.; ZALOM, F. Modelling the effect of pyrethroid use intensity on mite population density for walnuts. **Pest Management Science**, Sussex, v. 71, n. 1, p. 159-164, 2015.
- ZANARDI, O.Z.; BORDINI, G.P.; FRANCO, A.A.; JACOB, C.R.O.; YAMAMOTO, P.T. Sublethal effects of pyrethroid and neonicotinoid insecticides on *Iphiseiodes zuluagai* Denmark and Muma (Mesostigmata: Phytoseiidae). **Ecotoxicology**, London, 2016 (*in press*).
- ZAPPALÀ, L.; BIONDI, A.; ALMA, A.; AL-JBOORY, I.J.; ARNÒ, J.; BAYRAM, A.; CHAILLEUX, A.; EL-ARNAOUTY, A.; GERLING, D.; GUENAOUI, Y.; SHALTIEL-HARPAZ, L.; SISCARO, G.; STAVRINIDES, M.; TAVELLA, L.; AZNAR, R.V.;

URBANEJA, A.; DESNEUX, N. Natural enemies of the South American moth, *Tuta absoluta*, in Europe, North Africa and Middle East, and their potential use in pest control strategies. **Journal of Pest Science**, Berlin, v. 86, p. 635-647, 2013.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos pomares de citros brasileiros são utilizados uma grande quantidade de agroquímicos para controlar pragas e doenças que acometem essa cultura, utilizados para reduzir as perdas na produção. No entanto, a aplicação destes compostos pode comprometer a sobrevivência, reprodução, dinâmica populacional e também interferir no comportamento de predação pelo ácaro predador *E. concordis*, uma das mais abundantes e eficientes espécies de ácaros fitoseídeos encontrados em citros. Neste sentido, foram investigados os efeitos letais e subletais, avaliando efeitos diretos e transgeracionais (estimando parâmetros de tabela de vida), além de estudos das interferências de agroquímicos na capacidade de predação do ácaro. Os resultados demonstraram que os dentre os agroquímicos estudados, os fungicidas foram os menos nocivos ao ácaro predador *E. concordis*, e os mais nocivos foram fosmete, cloridrato de formetanato, carbosulfano, enxofre, fenpiroximato e propargito.

Como destaque, os resultados obtidos nesse trabalho indicaram que alguns agroquímicos, apesar de não apresentar efeito letal, podem causar efeitos negativos na progênie das fêmeas que mantiveram contato direto com os resíduos (efeito transgeracional). O caso mais evidente foi do acaricida etoxazol, que apesar de ser considerado inócuo às fêmeas adultas, causou mortalidade de 100% da progênie, no estágio larval. Portanto, evidencia-se a importância de estudos mais abrangentes para que um agroquímico não seja considerado seletivo e utilizado erroneamente em programas de manejo integrado de pragas.

Outro aspecto importante a ser considerado em estudos de toxicidade de agroquímicos a uma espécie de ácaro predador são os impactos que esses compostos podem causar em seu comportamento de busca e predação. Destaca-se que, mesmo aqueles agroquímicos considerados pouco tóxicos, baseando em mortalidade e efeitos sobre a reprodução, podem causar alteração nesses comportamentos, como foi verificado para o fungicida tebuconazol e para os inseticidas piriproxifem e tebufenozida, que reduziram significativamente a capacidade de predação de ninfas de *P. citri* por fêmeas de *E. concordis*.

De forma geral, essas informações podem subsidiar o planejamento de um programa de manejo de pragas em pomares cítricos, em que compatibiliza o controle químico e o biológico, com propósito de reduzir o uso de agroquímicos para controle de ácaros-praga. Além disso, fornecer informações pertinentes para que os estudos de toxicidade sejam mais abrangentes, avaliando além de efeitos letais e subletais os efeitos transgeracionais e comportamentais.