

● REVISTA

**INOVA** Ciência & Tecnologia

● AGRONOMIA

## TOXICIDADE DE FUNGICIDAS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO INTEGRADA DE CITROS SOBRE O ÁCARO PREDADOR *Euseius concordis* chant (*Mesostigmata: Phytoseiidae*)

\*Aline Aparecida Franco Soares<sup>1</sup>  Odimar Zanuzo Zanardi<sup>2</sup>   
Cynthia Renata de Oliveira Jacob<sup>3</sup>  Monique Bárbara Rosa de Oliveira<sup>3</sup>   
Gabriela Pavan Bordini<sup>3</sup>  Pedro Takao Yamamoto<sup>3</sup>  

<sup>1</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Triângulo Mineiro (IFTM), Ituiutaba, MG, Brasil.

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), São Lourenço do Oeste, SC, Brasil.

<sup>3</sup> Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP), Piracicaba, SP, Brasil.

**RESUMO:** Os pomares cítricos brasileiros são acometidos por um relevante número de fungos fitopatogênicos que, se não controlados, geram uma grande redução na produção de frutos. O controle dos fungos causadores de doença é feito basicamente com uso de fungicidas, inorgânicos e orgânicos, que podem afetar negativamente a população de ácaros predadores na área. Dessa forma, o estudo visou avaliar os fungicidas recomendados para a produção integrada de citros (PICitros) quanto ao efeito letal sobre ovos, larvas e adultos e subletais sobre adultos do ácaro predador *Euseius concordis* Chant (*Mesostigmata: Phytoseiidae*), assim como a persistência do efeito letal dos produtos mais nocivos aos adultos deste predador em testes de semi-campo, além de estimar os parâmetros de tabela de vida da progênie (efeito transgeracional) deste ácaro predador. Os resultados permitiram identificar que os fungicidas avaliados apresentaram baixa toxicidade ao ácaro predador *E. concordis*. 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. 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 ( $\lambda$ ) estimados da progênie, podendo indicar que este fungicida deve ser usado com critérios em um programa de manejo integrado de pragas nos pomares de citros.

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

## TOXICITY OF FUNGICIDES USED IN CITRUS INTEGRATED PRODUCTION ON PREDATORY MITE *Euseius concordis* chant (*Mesostigmata: Phytoseiidae*)



**ABSTRACT:** Brazilian citriculture is affected by a significant number of phytopathogenic fungi, that, if uncontrolled, generates a large break in fruit production. The control of fungi that causes diseases is basically done with the usage of inorganic and organic fungicides that may adversely affect the population of predator mites in the area. Thus, this study aimed to evaluate the recommended fungicides for the integrated production of citrus (PICitros) regarding lethal effect on eggs, larvae and adults, and sublethal on adults of the predatory mite *Euseius concordis* Chant (*Mesostigmata: Phytoseiidae*), as well as the persistence of the lethal effect of the most harmful

\* Autor correspondente:  
[alinefranco@iftm.edu.br](mailto:alinefranco@iftm.edu.br)

Recebido: 13/07/2020.  
Aprovado: 09/08/2021.

**Como citar:** Soares, A. A. F., Soares, A. A. F., Zanardi, O. Z., Jacob, C. R. de O., de Oliveira, M. B. R., Bordini, G. P., & Yamamoto, P. T. Toxicidade de fungicidas utilizados na produção integrada de citros sobre o ácaro predador *Euseius concordis* chant (*Mesostigmata: Phytoseiidae*). Revista Inova Ciência & Tecnologia / Innovative Science & Technology Journal, Uberaba, v. 8, 2022. :e0221128.  
[doi.org/10.46921.rict2021-1128](https://doi.org/10.46921.rict2021-1128)

### Editores:

Dr. Adelar Jose Fabian   
Dr. Igor Souza Pereira 

**Copyright:** este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da Licença de atribuição Creative Commons, que permite uso irrestrito, distribuição, e reprodução em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.



products to adults of this predator in semi-field tests, and to estimate the life table parameters of progeny (transgenerational effect) of this predatory mite. The results showed that the evaluated fungicides have low toxicity to the predator mite *E. concordis*. 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. 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 ( $rm$ ) and the finite rate of increase ( $\lambda$ ) estimated in the progeny, possibly indicating that the fungicide should be used with criteria in the integrated pest management program in citrus groves.

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

## INTRODUÇÃO

As plantas cítricas (*Citrus* spp.) são acometidas por um grande número de fungos fitopatogênicos que causam significativas reduções na produtividade, como a gomose, causada por fungos do *Phytophthora*, a rubelose, causada por *Erythricium salmonicolor*, a verrugose, causada por *Elsinoë fawcettii*, 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 basicamente o químico, com aplicações regulares de fungicidas, preventivos e/ou 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; 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 às espécies de ácaros predadores encontrados naturalmente nesses pomares, 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 de produção para os organismos benéficos da área, pois é constatado que há variações do efeito nocivo de

um agroquímico de uma espécie para outra espécie e entre os estádios de desenvolvimentos (REIS et al., 1998; YAMAMOTO; BASSANEZI, 2003; REIS et al., 2006; POLETTI et al., 2008; STAVRINIDES; MILLS, 2009).

Neste contexto, destaca-se a importância de se realizar estudos de toxicidade de fungicidas sobre as espécies de ácaros predadores importantes no controle biológico de ácaros praga do sistema citrícola, como é o caso do ácaro predador *Euseius concordis* Chant (*Mesostigmata: Phytoseiidae*), que corresponde a mais de 70% dos ácaros dessa família nos pomares das regiões Norte e Sudeste do país (MARSARO JÚNIOR et al., 2012; SILVA et al., 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 mais de 300 ovos e formas jovens do ácaro *B. phoenicis* (KOMATSU; NAKANO, 1988; SILVA et al., 2012).

Dessa forma, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito letal sobre ovos, larvas e adultos e subletal sobre adultos, assim como a persistência do efeito letal dos produtos mais nocivos aos adultos da espécie *E. concordis*, em testes de semi-campo de alguns fungicidas utilizados para o manejo de doenças, recomendados para a produção integrada de citros (PICitros), 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.

## MATERIAL E MÉTODOS

A colônia do ácaro predador *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 foram utilizadas 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 cm<sup>2</sup>), 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).

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 das doenças fúngicas na cultura de citros. Os ingredientes ativos, produtos comerciais, grupos químicos, modo de ação e concentrações (mg i.a. L<sup>-1</sup>) dos fungicidas utilizadas nos bioensaios estão listados na Tabela 1.

**Tabela 1:** Informações sobre os fungicidas testados nos bioensaios, todos permitidos na lista PICitros, 2012

Ingrediente ativo	Produto comercial	Grupo químico	Modo de ação	Fabricante	Concentração (mg i.a. L <sup>-1</sup> )
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	80

**Fonte:** Autores.

Os bioensaios foram realizados em sala climatizada com temperatura de 25 ± 2 °C, UR de 60 ± 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 × 0,5 cm (0,25 cm<sup>2</sup>), que foi trocado a cada 48 horas.

Para avaliação do efeito dos fungicidas sobre adultos de *E. concordis*, folhas de laranja-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 ± 0,1 mg cm<sup>-2</sup> 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 laranja-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 foram quantificados e utilizados para avaliação dos efeitos subletais. Após a contagem, os ovos foram transferidos das unidades experimentais e colocados em placas de Petri para avaliação da fertilidade (número de larvas eclodidas). Para assegurar que não ocorresse danos a esses ovos, uma vez que os ovos ovipositados nos fios de algodão, característica da espécie usar fios disponíveis no seu habitat para oviposição, esse algodão com os ovos foram transferidos cuidadosamente para a placa de petri, sendo que 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 ( $E_r$ ) foi calculado para cada pesticida utilizando a fórmula  $E_{r,100} = 100 - (100 - Mc) \times E_r$ , proposta por Biondi et al. (2012), em que: *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 ( $E_x > 75\%$ ).

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, foram avaliados sobre adultos de *E. concordis*. Para isso, as mudas de laranja-doce 'Valência' cultivadas em vasos (12 L) em casa de vegetação foram utilizadas como substrato para pulverização dos tratamentos. As mudas foram pulverizadas com um volume de calda correspondente a 100 mL m<sup>-3</sup> de copa, resultando na deposição de ~ 1.8 mg cm<sup>-2</sup> 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 muda pulverizada foi destacada aleatoriamente, essas folhas foram levadas ao laboratório para confecção das unidades experimentais, similarmente ao descrito anteriormente para o bioensaio de toxicidade aguda sobre adultos de *E. concordis*. 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).

O efeito transgeracional (desenvolvimento e reprodução da progênie de *E. concordis*) foi avaliado para todos os cinco fungicidas testados quanto à 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 laranja-doce livres de resíduos, similarmente ao descrito anteriormente para o bioensaio de toxicidade aguda sobre adultos de *E. concordis*. Para cada tratamento, foram utilizadas 5 repetições ( $n = 60$ ). A sobrevivência e a duração dos estádios de desenvolvimento imaturo (larva, protoninfa e deutoinfa) 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 resí-

duos) 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). Os períodos 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 × 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.

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 TWSEXMS-Chart (<http://140.120.197.173/ecology/Download/TWSEX-MSChart.rar>) (CHI, 2012). Para cada tratamento foram estimadas:

A taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ):

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x$$

A taxa intrínseca de crescimento ( $r$ ):

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

O tempo médio entre gerações ( $T$ ):

$$T = \ln R_0 / r$$

A razão finita de aumento ( $\lambda$ ):

$$\lambda = e^r$$

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., 2017).

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, para cada arena foram transferidas 20 fêmeas do ácaro *E. concordis* 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 kg cm<sup>-2</sup>, propiciando deposição de 1,8 ± 0,1 mg resíduo fresco cm<sup>-2</sup> da superfície pulverizada, 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 (~ 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. Para cada tratamento foram utilizadas 5 repetições (*n* ~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).

A toxicidade residual de fungicidas que foram 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 parágrafo anterior, em bioensaio para avaliação do efeito residual de fungicidas em ovos de *E. concordis*. 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), similar ao descrito em parágrafo anterior, em bioensaio para avaliação do efeito residual de fungicidas em ovos de *E. concordis*, 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).

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, 2014).

## RESULTADOS

Avaliando os resultados do efeito letal e subletal 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 2).

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 2).

Já os fungicidas trifloxistrobina + tebuconazol, difeconazol e trifloxistrobina causaram mortalidade de 36,70; 31,70 e 26,70%, respectivamente, não diferindo significativamente 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% ≤  $E_x$  ≤ 50%) (Tabela 2).

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 2).

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

considerados 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 avaliação consecutiva observou-se apenas 8% de mortalidade (Tabela 3).

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

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L <sup>-1</sup> )	Mortalidade total acumulada <sup>1</sup> (%)	Fecundidade <sup>2</sup> (nº ovos fêmea <sup>-1</sup> )	Fertilidade <sup>1</sup> (%) (nº larvas eclodidas)	<sup>3</sup> R <sub>1</sub>	<sup>4</sup> R <sub>2</sub>	<sup>5</sup> E <sub>x</sub> (%)	Classe <sup>6</sup> (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 p		<0,001	0,596	0,206				

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

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

<sup>3</sup>Efeito na fecundidade;

<sup>4</sup>Efeito na fertilidade;

<sup>5</sup>Coeficiente de redução calculado pela fórmula proposta por Biondi et al., 2012;

<sup>6</sup>Classes de toxicidade proposta pela IOBC/WPRS  $E_{x,eq} = 100 - (100 - M_x) \times R_1 \times R_2$ , 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).

**Fonte:** Autores.

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

Tratamento	Concentração usada (mg a.i. L <sup>-1</sup> )	Mortalidade (%) <sup>1</sup> /Dias após a pulverização (DAP)						Classe de persistência <sup>2</sup>
		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 p		< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,342	0,470	0,095	

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

<sup>2</sup>Quando 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).

**Fonte:** Autores.

Ao avaliar o efeito dos fungicidas no tempo de desenvolvimento 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 as 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 4).

Foi verificado que o estágio de larva da progênie não foi alterado significativamente por nenhum dos fungicidas avaliados em relação ao controle (Tabela 4).

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 4).

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 no controle

a média foi de 1,05 dias (Tabela 4). 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), e os outros fungicidas não alteraram significativamente o tempo médio de duração em comparação ao controle (Tabela 4).

Os resultados dos parâmetros reprodutivos da progênie de fêmeas de *E. concordis*, demonstraram 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 os outros fungicidas avaliados não afetaram significativamente esse parâmetro (Tabela 5).

Provavelmente em decorrência da redução do tempo médio do período de oviposição que o hidróxido de cobre ocasionou às progênie, observou-se que a fecundidade também foi afetada significativamente (2,90 ovos fêmea<sup>-1</sup>). Esse parâmetro também foi afetado significativamente pelo fungicida piraclostrobina (7,80 ovos fêmea<sup>-1</sup>) em relação ao controle (15,45 ovos fêmea<sup>-1</sup>) (Tabela 5), mas neste tratamento a longevidade das fêmeas não foi a possível causa da redução da fecundidade.

**Tabela 4:** 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 <sup>-1</sup> )	Estádio de desenvolvimento do ácaro (média ± EP) <sup>1</sup>					
		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 p		<0,001	0,03	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

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

**Fonte:** Autores.

**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 fungicidas utilizados na produção integrada de citros.

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L <sup>-1</sup> )	Período (média dias ± EP) <sup>1</sup>		Fecundidade (nº ovos fêmea <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>
		Pré-oviposição	Oviposição	
Controle	-	1,70 ± 0,20	14,80 ± 1,46 a	15,45 ± 3,22 a
Difenoconazol	50	1,70 ± 0,14	10,70 ± 2,21 a	11,12 ± 2,28 ab
Folpete	950	1,70 ± 0,20	17,45 ± 2,07 a	18,40 ± 2,77 a
Hidróxido de cobre	672,5	1,10 ± 0,41	3,80 ± 1,32 b	2,90 ± 1,12 b
Piraclostrobina	37,5	2,40 ± 0,30	10,30 ± 1,68 a	7,80 ± 1,62 b

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L <sup>-1</sup> )	Período (média dias ± EP) <sup>1</sup>		Fecundidade (nº ovos fêmea <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>
		Pré-oviposição	Oviposição	
Tebuconazol	150	2,18 ± 0,62	9,18 ± 1,59 ab	9,81 ± 1,95 ab
Trifloxistrobina	50	2,30 ± 0,32	9,60 ± 1,48 ab	10,20 ± 2,07 ab
Trifloxistrobina + Tebuconazol	40 + 80	2,40 ± 0,30	11,80 ± 1,79 a	12,80 ± 2,71 ab
F		1,77	4,32	4,46
g.l.		7,72	7,72	7,72
Valor de p		0,1	<0,001	<0,001

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

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

**Fonte:** Autores.

Ao analisar os efeitos dos fungicidas sobre os parâmetros estimados da tabela de vida da progênie, verificou-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<sup>-1</sup>), já o hidróxido de cobre reduziu significativamente a taxa líquida de reprodução ( $R_0 = 1,12$  fêmea fêmea<sup>-1</sup>), sendo que os outros tratamentos não afetaram significativamente este parâmetro de tabela de vida da progênie do ácaro *E. concordis* (Tabela 6).

Ao avaliar a taxa intrínseca de crescimento ( $rm$ ) e razão finita de aumento ( $\lambda$ ) 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<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e  $\lambda = 1,1$  indivíduos fêmea<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), sendo que os outros tratamentos não afetaram de forma significativa estes parâmetros em relação ao controle ( $rm = 0,16$  fêmea fêmea<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> e  $\lambda = 1,17$  indivíduos fêmea<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) (Tabela 6).

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 6).

**Tabela 6:** 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 <sup>-1</sup> )	Parâmetro populacional <sup>1,2</sup>			
		Taxa líquida de reprodução (fêmea fêmea <sup>-1</sup> ) ( $R_0$ )	Tempo médio entre gerações (dias) ( $T$ )	Taxa intrínseca de crescimento (fêmea fêmea <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> ) ( $rm$ )	Razão finita de aumento (indivíduos fêmea <sup>-1</sup> dia <sup>-1</sup> ) ( $\lambda$ )
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

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

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

**Fonte:** Autores.

Considerando os resultados obtidos dos fungicidas classificados como levemente e moderadamente nocivos (IOBC/WPRS), conforme dados da Tabela 2, sobre a viabilidade dos ovos do ácaro predador *E. concordis*, em pulverização direta, 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 7).

**Tabela 7:** Efeito de fungicidas sobre a viabilidade de ovos de *Euseius concordis*

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L <sup>-1</sup> )	Viabilidade dos ovos (%) (nº de ovos nº larvas eclodidas <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>
Controle	-	100,00 ± 0,00
Difenoconazol	50	100,00 ± 0,00
Hidróxido de cobre	672,5	93,33 ± 5,96



Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L <sup>-1</sup> )	Viabilidade dos ovos (%) (nº de ovos n <sup>o</sup> larvas eclodidas <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>
Trifloxistrobina + Tebuconazol	40 + 80	100,00 ± 0,00
Trifloxistrobina	50	100,00 ± 0,00
F	-	0,96
g.l	-	4,20
Valor de p	-	0,451

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

**Fonte:** Autores.

Com o intuito de oferecer mais informações sobre a toxicidade dos fungicidas, foi avaliado o efeito dos fungicidas, considerados pouco nocivos (levemente e moderadamente nocivos de acordo com a IOBC/WPRS) aos adultos do ácaro *E. concordis*, conforme a Tabela 2, sobre o estágio larval desta espécie, sendo que este estágio é considerado o mais suscetível à ação tóxica dos agroquímicos. Nesta etapa do estudo, foi observado que os fungicidas difenoconazol, piraclostrobina, tebuconazol, trifloxistrobina e trifloxistrobina + tebuconazol não causaram mortalidades significativas às larvas de *E. concordis* em comparação ao controle (Tabela 8).

**Tabela 8:** Efeito de fungicidas sobre a sobrevivência de larvas de *Euseius concordis*

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L <sup>-1</sup> )	Mortalidade de larvas (%) (média ± EP) <sup>1</sup>
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 p	-	0,489

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

**Fonte:** Autores.

## DISCUSSÃO

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*. Em consonância com esses resultados, Poletti et al. (2008) observaram que a mistura de metiram + piraclostrobina e o 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 et al., (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*.

Foi observado neste estudo 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 que tem como base o cobre sobre as espécies de ácaros predadores *Typhlodromus tiliae* (Oudms) e *Typhlodromus tiliarum* (Oudms) (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 a 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 foi considerado 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 à 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 et al., 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 suscetibilidade 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 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, os agroquímicos 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 contínuas (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 que com exceção do hidróxido de cobre, todos foram considerados de vida curta. 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 foi observada na primeira avaliação ao terceiro dia após a pulverização das (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 biológicos 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; BANKS, 2003; DESNEUX et al., 2004; DESNEUX et al., 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 de organismos benéficos.

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  $\lambda$ ). 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  $rm$  influenciam diretamente no tempo médio entre gerações ( $T$ ). Teoricamente quando são verificados valores maiores para os parâmetros  $R_0$  e  $rm$  de uma população, geralmente esta apresenta um menor tempo médio entre geração ( $T$ ), o que não foi verificado nesse estudo, pois o hidróxido de cobre não alterou o tempo médio entre gerações ( $T$ ). Em hipótese, a redução nos valores estimados de tabela de vida de uma população pode ocorrer devido ao gasto energético (Fitness) que o organismo aloca para o processo de desintoxicação (MORO et al., 2012). O 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 manteve 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 neste estudo podem ser recomendados para utilização em pomares com enfoque na conservação dessa espécie de ácaro predador, por serem considerados de baixa toxicidade e baixa persistência.

## 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*;

Progenie 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 ( $\lambda$ ).

## REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Annapolis, v. 18, n. 1, p. 265-267, 1925.
- 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. [Brasília]: MAPA, 2003. Disponível em: [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 12 set. 2013.
- CARVALHO, J. R.; PRATISSOLI, D.; PAES, J. P. P.; STINGUEL, P.; SALOMÃO, K. P. de 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. 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.; 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. **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.
- FISCHER, I. H.; TOFFANO, L.; LOURENÇO, S. A. AMORIM, 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. Impact of Vineyard Pesticides on a Beneficial Arthropod, *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae), in Laboratory Bioassays. **Journal of Economic Entomology**, Annapolis, v. 104, n. 3, p. 970-977, 2011.
- HASSAN, S. A.; ABDELGADER, H. A sequential testing program to assess the effects of pesticides on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hym.; Trichogrammatidae). **IOBC/WPRS Bulletin**, Darmstadt v. 24, n. 4, p. 71-81, 2001.
- 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.; SAMSOE-PELTERSEN, L.; SAUPHANOR, B.; STÄUBLI, 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.

- HENDERSON, C. F.; TILTON, E. W. Tests with acaricides against the brow wheat mite, **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 48, n. 2, p. 157-161, 1955.
- HINDE, J.; DEMÉTRIO, C. G. B. 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.
- MANZONI, C. G.; GRÜTZMACHER, A. D.; GIOLO, F. P.; LIMA, C. A. B. de.; NÖRNBERG, S. D.; MÜLLER, C.; HÄRTER, W. da 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, abr. 2006.
- MORO, L. B.; POLANCZYK, R. A.; CARVALHO, J. R. de; 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, mar. 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. 1-14, 2008.
- 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**, Santo Antônio de Goiás, v. 27, n. 2, p. 265-274. jun. 1998.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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, v. 26, n. 9, p. 1188-1198, 2017.