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

**Seletividade de inseticidas recomendados para a produção
integrada de citros sobre o parasitoide *Tamarixia radiata*
(Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae)**

Vitor Hugo Beloti

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

**Piracicaba
2013**

Vitor Hugo Beloti
Bacharel e Licenciado em Ciências Biológicas

**Seletividade de inseticidas recomendados para a produção integrada de citros
sobre o parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera:
Eulophidae)**

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

Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

**Piracicaba
2013**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Beloti, Vitor Hugo

Seletividade de inseticidas recomendados para a produção integrada de citros sobre o parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) / Vitor Hugo Beloti. - - Piracicaba, 2013.

89 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2013.
Bibliografia.

1. Citricultura 2. MIP 3. Controle biológico 4. Huanglongbing I. Título

CDD 634.3
B452s

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

A Deus pelo dom da vida

Agradeço

Aos meus pais, Marcos e Marli e ao meu irmão
Vinicius por todo amor, carinho e confiança e
à minha avó Divina (*in memoriam*) por todo o
amor e momentos de alegria que me
proporcionou.

Dedico

A minha namorada Sarah Harb por todo
amor, paciência e companheirismo.
“Sem você isso não seria possível. Obrigado por tudo!”

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Pedro Yamamoto pela confiança depositada em mim desde a época de estágio no Fundecitrus em 2007, por sua dedicação como orientador e pelo grande exemplo de pesquisador e pessoa;

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;

A CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Fundecitrus, onde realizei estágio na graduação, servindo de estímulo para continuar na vida acadêmica;

Ao Dr. Mamoudou Sétamou (Texas A&M University – Citrus Center, Weslaco, Texas) pela oportunidade de estágio e pelos ensinamentos concedidos;

A Dra. Renata Alcarde pela grande contribuição com as análises estatísticas;

Ao meu professor de inglês Antônio Bianchi pelas valiosas aulas e também por me ajudar com o abstract do trabalho;

Aos meus grandes amigos Luiz Mota, Giovani, Marcos Conceschi, Gabriel Rugno, Aloísio e Giuliano Pauli (kutuca) com os quais compartilhei além da rotina acadêmica, momentos de alegria seja dividindo a mesma república ou em horas de lazer;

Aos integrantes do laboratório de Biologia de Insetos, em especial Jaci e Alexandre Diniz, por ter concedido os insetos para realização dos experimentos e ainda ao Alexandre Diniz por ter conferido todas as referências;

A todos os meus amigos da pós-graduação, pelo convívio, troca de experiências, companheirismo, pelos momentos de alegria, churrascos, ou simplesmente por compartilhar um cafezinho, em especial ao Sales, Felipe Domingues (esquerda), Thiago Castro (fuda), Bruna, Nicolas, Arthur Tomaseto, Fernanda Müller, Johana, Rízia, Talita, Vanessa, Eliane, Renato, Thiago Ansante e Ana Paula Battel;

Ao meu melhor amigo Helber, que mesmo distante se manteve presente em todos os momentos que precisei, além da amizade, confiança e incentivo;

Ao Gustavo, Diogo e Mateus (k-pão), pela fundamental ajuda na realização dos experimentos e pela grande amizade e companheirismo, sem os quais não seria possível concluir esta importante etapa da minha vida;

A todos os integrantes do Laboratório de MIP, Matheus, Fernanda, Eric, Aline, Gabriela, Vinicius (molusco), Arthur (opala), Henrique (boi), Kênia, Cynthia, Paulo Paiva e Odimar pelo convívio, amizade, momentos de descontração, pelas horas de café e incentivo principalmente na reta final;

Aos amigos de Araraquara e Jaboticabal, Thi Freitas, Du Ortelan, Aline, Gustavo, Nandoka, Du Callegari, Júlio, Lizi, Sabrina, Gu Borges, Thur, Bruninho, Renan (fera), Lucas Vital, Lucas Agostini e Vinicius Beloti que além de irmão é um grande amigo;

A família da minha namorada, Saba, Leninha, Samarah, Joseph, Vinicius, Camila e Dona Vilma, pela paciência e incentivo para a realização do trabalho;

E a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO	13
Referências	17
2 EFEITO LETAL E SUBLETAL DE INSETICIDAS RECOMENDADOS PARA PRODUÇÃO INTEGRADA DE CITROS SOBRE O ECTOPARASITOIDE <i>Tamarixia radiata</i> (WATERSTON) (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)	21
Resumo	21
Abstract	21
2.1 Introdução	22
2.2 Material e Métodos.....	24
2.2.1 Criação de manutenção de <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae)	25
2.2.2 Criação de manutenção de <i>Tamarixia radiata</i> (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae)	25
2.2.3 Efeito direto de inseticidas sobre <i>Tamarixia radiata</i>	26
2.2.4 Efeito de inseticidas sobre a capacidade de parasitismo por <i>Tamarixia radiata</i>	29
2.2.5 Efeito de inseticidas sobre pupas de <i>Tamarixia radiata</i>	31
2.3 Resultados e Discussão	32
2.3.1 Efeito direto de inseticidas sobre <i>Tamarixia radiata</i>	32
2.3.2 Efeito de inseticidas sobre a capacidade de parasitismo por <i>Tamarixia radiata</i>	41
2.3.3 Efeito de inseticidas sobre pupas de <i>Tamarixia radiata</i>	47
2.4 Conclusões.....	51
Referências	51
3 EFEITO DA AÇÃO RESIDUAL DE INSETICIDAS RECOMENDADOS PARA PRODUÇÃO INTEGRADA DE CITROS SOBRE O ECTOPARASITOIDE <i>Tamarixia radiata</i>	59
Resumo	59
Abstract	60
3.1 Introdução	60
3.2 Material e Métodos.....	62
3.2.1 Criação de manutenção de <i>Diaphorina citri</i>	63

3.2.2 Criação de manutenção de <i>Tamarixia radiata</i>	63
3.2.3 Teste de persistência de inseticidas sobre <i>Tamarixia radiata</i>	63
3.2.4 Teste de persistência de doses subletais de inseticidas para <i>Tamarixia radiata</i> 65	
3.2.5 Toxicidade diferencial de inseticidas entre <i>Diaphorina citri</i> e <i>Tamarixia radiata</i> 65	
3.3 Resultados e Discussão	66
3.3.1 Teste de persistência de inseticidas sobre <i>Tamarixia radiata</i>	66
3.3.2 Teste de persistência de doses subletais de inseticidas para <i>Tamarixia radiata</i> 77	
3.3.3 Toxicidade diferencial de inseticidas entre <i>Diaphorina citri</i> e <i>Tamarixia radiata</i> 82	
3.4 Conclusões	87
Referências.....	87

RESUMO

Seletividade de inseticidas recomendados para a produção integrada de citros sobre o parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae)

Apesar de o Brasil ser um dos principais produtores de laranja no mundo e o maior exportador de suco concentrado, atualmente a cultura vem sofrendo perdas em razão do ataque de diversas pragas e doenças, sendo a principal o Huanglongbing (HLB), ou Greening, que foi relatada pela primeira vez em 2004 no estado de São Paulo. Essa doença está associada às bactérias do gênero “*Candidatus Liberibacter* sp.”, sendo que no Brasil ocorrem as bactérias “*Ca. Liberibacter asiaticus*” e “*Ca. Liberibacter americanus*”, tendo como seus vetores o psílideo *Diaphorina citri*, praga importante devido a sua distribuição geográfica e características biológicas. Existe registro de cerca de 50 espécies da família Rutaceae, que incluem as espécies do gênero *Citrus* (laranjas, limões, limas, etc.), que podem hospedar esse inseto, além da murta (*Murraya paniculata*). Na natureza, *D. citri* é controlado por uma série de fatores, podendo ser outros insetos, fungos ou até condições climáticas desfavoráveis para seu desenvolvimento. Porém, os resultados de pesquisas indicam que ectoparasitoide *Tamarixia radiata* é eficiente no controle de *D. citri*. Entretanto, levantamentos realizados nos últimos anos verificaram que o parasitismo natural vem sendo reduzido consideravelmente, devido, principalmente, à aplicação intensiva de agroquímicos. Dessa forma, a utilização de produtos seletivos, ou seja, que atue contra o psílideo *D. citri* e tenha o menor impacto possível sobre o parasitoide *T. radiata* é imprescindível para o sucesso do manejo integrado de pragas em que se utiliza o controle químico juntamente com a liberação do parasitoide. Assim, objetivou-se com esse trabalho: 1) Estudar o efeito direto e a persistência de inseticidas sobre o parasitoide *T. radiata*; 2) Estudar o efeito de inseticidas sobre a fase pupal do parasitoide; 3) Determinar a interferência dos inseticidas na capacidade de parasitismo; 4) Avaliar a toxicidade diferencial dos inseticidas para o parasitoide *T. radiata* e para o psílideo *D. citri*. Dos 25 inseticidas testados no efeito direto, 20% foram considerados inócuos (classe 1); 12% levemente nocivo (classe 2); 12% moderadamente nocivo (classe 3); e 56% como nocivo (classe 4). Apesar de vários serem nocivos para adultos do parasitoide, apenas Lorsban® 480 BR e Perfekthion® afetaram a emergência do parasitoide quando pulverizados sobre a sua fase de pupa, sendo que os demais permitiram a emergência e não afetaram a duração, razão sexual e longevidade. No teste de persistência, 25% dos inseticidas testados foram considerados de vida curta (classe 1); 37,5% como levemente persistentes (classe 2); 29,2% moderadamente persistentes (classe 3); e apenas 8,3% persistentes (classe 4). Portanto, para a escolha de um inseticida para controle de pragas dos citros, deve-se levar em consideração seu efeito no adulto, fase imatura e sua persistência biológica na planta.

Palavras-chave: Citricultura; MIP; Controle biológico; Huanglongbing

ABSTRACT

Selectivity of insecticides recommended for integrated citrus production on the parasitoids *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae)

Although Brazil is one of the major orange producers and largest exporter of juice concentrate in the world, currently the citrus culture suffers losses due to the attack of several pests and diseases. Huanglongbing (HLB), or Greening, is the main disease and it was first reported in 2004 in the State of São Paulo, Brazil. This disease is associated with bacteria of the genus “*Candidatus Liberibacter* sp.”, and in Brazil the bacteria “*Ca. Liberibacter asiaticus*” and “*Ca. Liberibacter americanus*” occur, and the psyllid *Diaphorina citri* is its main vector, an important pest insect because of its geographical distribution and biological characteristics. There is record of about 50 species of the family Rutaceae, including the species of the genus *Citrus* (oranges, lemons, limes, etc.) that can host this insect, in addition to orange jasmine (*Murraya paniculata*). In nature, a number of factors control *D. citri*, namely other insects, fungi or even adverse weather conditions for their development. However, studies show that the ectoparasitoid *Tamarixia radiata* is efficient in the control of *D. citri*. However, recent studies indicate that natural parasitism has been reduced considerably, mainly due to the intensive application of pesticides. Thus, the use of selective products, i.e., which act against the psyllid *D. citri* with the lowest possible impact on the parasitoids *T. radiata* is indispensable for the success of the integrated pest management that uses chemical control along with the release of parasitoids. Thus, the objectives of this work were: 1) to study the direct effect and the persistence of insecticides on the parasitoid *T. radiata*; 2) to investigate the effect of insecticides on the pupal stage of the parasitoids; 3) to determine the effect of insecticides on parasitism capacity; 4) to assess the differential toxicity of insecticides to the parasitoid *T. radiata* and psyllid *D. citri*. Of the 25 insecticides tested in terms of direct effect, 20% was considered harmless (class 1); 12% slightly harmful (class 2); 12% moderately harmful (class 3); and 56% as harmful (class 4). Although several are harmful to adult of the parasitoid, only Lorsban® 480 BR and Perfekthion® affected the emergence of the parasitoid when sprayed in the pupal stage, and the others allowed the emergence and did not affect the duration, sex ratio and life span. In the test of persistence, 25% of the insecticides were considered short life (class 1); 37.5% slightly persistent (class 2); 29.2% moderately persistent (class 3); and only 8.3% persistent (class 4). Therefore, choosing an insecticide for control of pests of citrus requires consideration of its effect on adults, immature phase and their biological persistence in the plant.

Keywords: Citrus; IPM; Biological control; Huanglongbing

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais produtores de laranja no mundo e o maior exportador de suco concentrado. Com mais de 800 mil ha, a laranja é a fruta mais plantada no país (NEVES, 2011). Ainda de acordo com o autor, o país exporta 98% do suco que produz, o que representa 85% de participação no mercado mundial.

Na safra 2011/12 foram produzidas no país 444 milhões de caixas de 40,8 Kg de laranja, na safra 2012/13 foi estimada uma produção de 390 milhões de caixas, já na safra de 2013/14, a produção está projetada para 340 milhões de caixas (SALOIS; JAUREGUI; FERREL, 2012). A queda na produtividade se dá por diversos fatores, dentre os quais se destacam os econômicos e fitossanitários (FNP, 2013).

No entanto, na atualidade, a cultura vem sofrendo perdas em razão do ataque de insetos, ácaros e fitopatógenos. Entre as pragas, ocorrem insetos que atacam e destroem os frutos (moscas-das-frutas e bicho-furão), os que prejudicam as raízes e folhas (curculionídeos das raízes), os que atacam e promovem o definhamento da planta por injuriar ramos e troncos (coleobrocas), aqueles que podem atacar raízes, folhas, ramos e frutos (cochonilhas) e o que ataca as brotações (minador-dos-citros). Além desses, existem os vetores de patógenos, tais como os pulgões, as cigarrinhas e o psílideo, os dois últimos grupos são vetores de patógenos que causam importantes doenças dos citros (PARRA et al., 2005).

Dentre as principais doenças dos citros, uma das mais severas é o Huanglongbing (HLB), ou Greening, que foi relatada pela primeira vez em 2004 no estado de São Paulo (TEIXEIRA et al., 2005), em 2005 em Minas Gerais e em 2006 no estado do Paraná (MENEGUIN et al., 2008).

De acordo com Bové (2006) e Gottwald (2010), a doença está associada a três bactérias: “*Candidatus Liberibacter asiaticus*”, “*Ca. Liberibacter africanus*” e “*Ca. Liberibacter americanus*”; e a um fitoplasma (TEIXEIRA et al., 2008). No Brasil ocorre somente “*Ca. Liberibacter asiaticus*” e “*Ca. Liberibacter americanus*” e o fitoplasma (BOVÉ, 2006), com predominância para a primeira espécie (LOPES et al., 2007).

O HLB pode ser transmitido por meio de enxertia de material contaminado, por plantas parasitas do gênero *Cuscuta* e ainda pela ação de insetos vetores, sendo eles: os psílideos *Trioza erythrae* (Del Guercio) (Hemiptera: Triozidae), vetor da bactéria “*Ca. Liberibacter africanus*”, e *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908

(Hemiptera: Liviidae), vetor das bactérias “*Ca. Liberibacter asiaticus*” e “*Ca. Liberibacter americanus*”, esta última descoberta há poucos anos (GRAÇA, 1991; TEIXEIRA et al., 2005; BOVÉ, 2006). O psíldeo *Cacopsylla (Psylla) citrisuga* Yang & Li (Hemiptera: Psyllidae) foi confirmado como hospedeiro de “*Ca. Liberibacter asiaticus*”, sendo outro vetor da bactéria (CEN et al., 2012).

Dentre os vetores das bactérias associadas ao HLB conhecidos, *D. citri* é sem dúvida o mais importante devido a sua distribuição geográfica e características biológicas (BOVÉ, 2006). Este inseto, antes pertencente à família Psyllidae, em função de novos estudos foi recentemente transferido para a família Liviidae (BURCKHADT; OUVRARD, 2012).

O psíldeo Asiático dos citros, *D. citri*, é nativo do sudeste asiático, no entanto, encontra-se distribuído por toda a Ásia tropical e subtropical, alguns países do Oriente Médio e ilhas Maurício (GRAFTON-CARDWELL; STELINSKI; STANSLY, 2013). O primeiro registro de *D. citri* no continente americano ocorreu no Brasil em 1940 (COSTA LIMA, 1942). O registro posterior só ocorreu em 1997 na Argentina, seguido por todo o Caribe, encontrado na Flórida em 1998 e Texas em 2001 (PARRA et al., 2010).

O inseto pode causar diversos danos à cultura, sendo considerados como danos diretos o enrolamento das folhas novas, engruvinhamento das brotações e morte da gema apical, devido sua alimentação e picadas sucessivas na planta (GALLO et al., 2002). Já, como dano indireto, causa a diminuição da taxa fotossintética da planta uma vez que o inseto excreta uma substância açucarada conhecida como honeydew, a qual promove o crescimento da fumagina (CHIEN; CHU, 1996). No entanto, o principal dano causado por esse inseto é a transmissão das bactérias associadas ao HLB.

Existe um grande número de plantas que podem hospedar este inseto, com registro de cerca de 50 espécies da família Rutaceae, que incluem as espécies do gênero *Citrus* (laranjas, limões, limas, etc.), porém, nem todas essas plantas permitem o completo desenvolvimento do inseto (AUBERT, 1987).

Dependendo da espécie hospedeira utilizada, bem como, de suas variedades ocorre desenvolvimento diferenciado de *D. citri* (TSAI; LIU, 2000; NAVA et al., 2007; TSAGKARAKIS; ROGERS, 2010). Segundo Alves (2012), a variedade ‘Valência’ é a mais adequada para o desenvolvimento do psíldeo, as variedades ‘Natal’, ‘Pêra’ e ‘Ponkan’ proporcionaram um desenvolvimento intermediário e a variedade ‘Hamlin’

foi considerada a menos adequada para o seu desenvolvimento. Além de citros, o inseto também tem como hospedeiro a murta (*Murraya paniculata*), uma planta ornamental largamente utilizada em arborização de ruas, praças e cemitérios e como cerca-viva (HALBERT; MANJUNATH, 2004).

Na natureza, *D. citri* tem sua população regulada tanto por fatores bióticos como abióticos, incluindo outros insetos, que podem ser predadores ou parasitoides, fungos que causam doenças, ou mesmo condições climáticas que podem ser desfavoráveis ao seu desenvolvimento. No Brasil, no entanto, os insetos predadores acabam não desempenhando um papel importante no controle de pragas, pois são eliminados pela aplicação intensiva de agroquímicos (PARRA et al., 2010). Dentre os parasitoides, são relatadas duas importantes espécies associadas ao psíldeo *D. citri*. O ectoparasitoide idiobionte *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) e o endoparasitoide *Diaphorencyrtus aligahensis* (SHAFEE; ALAM; AGARWALD, 1975) (Hymenoptera: Encyrtidae) (HALBERT; MANJUNATH, 2004), sendo o primeiro considerado mais eficiente no controle de *D. citri* que o segundo. Em levantamento conduzido nas Ilhas Reunião foi verificado que o primeiro proporcionou um parasitismo de 70% de ninfas do psíldeo, enquanto que o parasitismo promovido por *D. aligahensis* não excedeu 20% (AUBERT, 1987).

T. radiata é um ectoparasitoide idiobionte nativo da Índia e específico de *D. citri* (CHIEN, 1995). Os adultos são pequenos himenópteros de coloração escura medindo de 0,92 a 1,04 mm de comprimento, com asas hialinas e com venação amarelada; o dimorfismo sexual é facilmente observado, pois machos são menores que as fêmeas, tanto no comprimento quanto na envergadura das asas, porém suas antenas são cerca de 1,5 x maiores (ONAGBOLA et al., 2009).

As fêmeas do parasitoide colocam geralmente um, no máximo dois ovos na face ventral das ninfas do psíldeo entre o terceiro par de pernas, mas, somente uma larva se desenvolve; uma vez eclodida, a larva passa a se alimentar da hemolinfa do hospedeiro e, ao final desta fase, ela adere os restos da ninfa à planta para criar uma proteção sob a qual possa pupar (HOY; NGUYEN; JEYAPRAKASH, 2012).

À medida que o parasitoide se desenvolve, a ninfa do psíldeo se torna escura e seca ao final do desenvolvimento. O adulto de *T. radiata* perfura a região anterior da ninfa, criando uma abertura para emergir. Tais características permitem uma fácil identificação das ninfas que foram parasitadas (ETIENNE et al., 2001).

T. radiata pode se alimentar de ninfas de 1º a 3º instares e ovos, e suas fêmeas parasitam preferencialmente ninfas de 4º e 5º instares conforme registrado por Chu e Chien (1991) que obtiveram valores de parasitismo de 71,1 e 85,2% respectivamente e corroborado por Gomez-Torres (2009) a qual registrou parasitismo de 61,25 e 88,75% para aqueles instares.

Levantamentos realizados nos últimos anos indicaram que o parasitismo natural no estado de São Paulo vem sendo reduzido consideravelmente. Em 2005 foi registrado mais de 90% de parasitismo, em 2007 foi apenas de 32,4%, e isso se deve, principalmente, à aplicação intensiva de agroquímicos, cujo consumo aumentou 600% entre 2004 e 2010 (DINIZ et al., 2012).

Dentre as principais estratégias do Manejo Integrado de Pragas (MIP), o controle biológico é uma das principais, e a sua conservação no sistema agrícola deve ser buscada, visando o equilíbrio dinâmico das populações de insetos e ácaros-praga com seus inimigos naturais, limitando seus danos às culturas. Considerando que, em muitos casos, a utilização de inseticidas é imprescindível para manter as pragas abaixo do nível de dano econômico, para a proteção dos inimigos naturais e sucesso de programas de manejo integrado é essencial o uso de produtos fitossanitários seletivos, ou seja, que atuem contra as espécies-pragas presentes em um agroecossistema de maneira eficiente e que tenham o menor impacto possível sobre as populações de espécies benéficas (DEGRANDE; GOMEZ, 1990; YAMAMOTO et al., 1992).

Diante disso, determinar a seletividade de inseticidas recomendados para a produção integrada de citros (PICitros) ao parasitoide *T. radiata* é de grande importância para programas de manejo integrado de pragas em que se utiliza o controle químico juntamente com a liberação do parasitoide.

Assim, com esse trabalho objetivou-se: 1) Estudar o efeito direto e a persistência de inseticidas sobre o parasitoide *T. radiata*; 2) Estudar o efeito de inseticidas sobre a fase pupal do parasitoide; 3) Determinar a interferência dos inseticidas na capacidade de parasitismo; 4) Avaliar a toxicidade diferencial dos inseticidas para o parasitoide *T. radiata* e para o psíldeo *D. citri*.

Referências

- ALVES, G.R. **Relações tritróficas:** variedades de citros x *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Psyllidae) x *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae). 2012. 69 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.
- AUBERT, B. *Trioza erytreae* del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae), the two vectors of citrus greening disease: Biological aspects and possible control strategies. **Fruits**, Paris, v. 42, p. 149-162, 1987.
- BOVÉ, J.M. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology**, Pisa, v. 88, p. 7-37, 2006.
- BURCKHARDT, D.; OUVARD, D. A revised classification of the jumping plant-lice (Hemiptera: Psyllodea). **Zootaxa**, Auckland, v. 3620, n. 1, p. 129-146, 2012.
- CEN, Y.; GAO, J.; DENG, X.; XIA, Y.; CHEN, J.; ZHANG, L.; GUO, J.; GAO, W.; ZHOU, W.; WANG, Z. A new insect vector of *Candidatus Liberibacter asiaticus*, *Cacopsylla (Psylla) citrisuga* (Hemiptera: Psyllidae). In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 12., 2012, Valencia. **Book of abstracts...** Valencia, 2012. p. 194.
- CHIEN, C.C. The role of parasitoids in the pest management of citrus psyllid. In: SYMPOSIUM: RESEARCH AND DEVELOPMENT OF CITRUS IN TAIWAN, 1995, Taichung. **Proceedings...** Taichung, 1995. p. 245-261.
- CHIEN, C.C.; CHU, Y.I. Biological control of citrus psyllid, *Diaphorina citri* in Taiwan. Biological pest control in systems of integrated pest management. **Food and Fertilizer Technology Center**, Taipei, n. 47, p. 93-104, 1996.
- CHU, Y.I.; CHIEN, C.C. Utilization of natural enemies to control of psyllid vectors transmitting citrus greening. In: KIRITANI, K.; SU, H.J.; CHU, Y.I. (Ed.). **Integrated control of plant virus disease**. Taipei: Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region, 1991. p.135-145.
- COSTA LIMA, A.M. **Insetos do Brasil:** Homoptera. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia. 1942. 101p.
- DEGRANDE, P.E.; GOMEZ, D.R.S. Seletividade de produtos químicos no controle de pragas. **Agrotécnica Ciba-Geigy**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 8-13, 1990.
- DINIZ, A.J.F.; ALVES, G.R.; PARRA, J.R.P.; YAMAMOTO, P.T. *Tamarixia radiata*: uma alternativa para controle do psíldeo dos citros. **Citricultura Atual**, Cordeirópolis, n. 87, p. 12-14, 2012.
- ETIENNE, J.; QUILICI, S.; MARVIVAL, D.; FRANCK, A. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). **Fruits**, Paris, v. 56, p. 307-315, 2001.

FNP CONSULTORIA E COMÉRCIO. **AGRIANUAL 2013**: anuário de agricultura brasileira. São Paulo, 2013. 480 p.

GALLO, D.; NAKANO.; SILVERA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D. **Entomologia agrícola**, Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GOMEZ TORRES, M.L. **Estudos bioecológicos de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1907 (Hemiptera: Psyllidae)**. 2009. 138 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

GOTTWALD, T.R. Current epidemiological understanding of citrus Huanglongbing. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 48, p. 119-139, 2010.

GRAÇA, J.V. Citrus greening disease. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 29, p. 109-136, 1991.

GRAFTON-CARDWELL, E.; STELINSKI, L.L.; STANSLY, P.A. Biology and management of Asian citrus psyllid, vector of the Huanglongbing pathogens. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 58, p. 413-432, 2013.

HALBERT, S.E.; MANJUNATH, K.L. Asian citrus psyllids (Sternorrhyncha: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. **Florida Entomologist**, Lutz, v. 87, n. 3, p. 330-353, 2004.

HOY, M.; NGUYEN, R.; JEYAPRAKASH, A. **Classical biological control of Asian citrus Psyllid in Florida**. Disponível em: <<http://ipm.ifas.ufl.edu/agriculture/citrus/psyllid.shtml>>. Acesso em: 20 nov. 2013.

LOPES, S.A.; FRARE, G.F.; YAMAMOTO, P.T.; AYRES, A.J.; BARBOSA, J.C. Ineffectiveness of pruning to control citrus huanglongbing caused by *Candidatus Liberibacter americanus*. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 119, p. 463-468, 2007.

MENEGUIM, L.; BUASSI, M.; VILAS-BOAS, L.A.; MARQUES-MARÇAL, V.V.; PACCOLA-MEIRELLES, L.D.; LEITE Jr., R.P. Ocorrência de *Candidatus Liberibacter asiaticus* agente causal do huanglongbing no estado do Paraná. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, s.100, 2008. Suplemento.

NAVA, D.E.; TORRES, M.L.G.; RODRIGUES, M.D.L.; BENTO, J.M.S.; PARRA, J.R.P. Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different hosts and different temperatures. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 131, p. 9-10, 2007.

NEVES, M.F. **O retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto: Markestrat, 2011. 71 p.

ONAGBOLA, E.O.; BOINA, D.R.; HERMANN, S.L.; STELINSKI, L.L. Antennal sensilla of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of *Diaphorina*

citri (Hemiptera: Psyllidae). **Annals of Entomological Society of America**, Lanham, v. 102, p. 523-531, 2009.

PARRA, J.R.P.; LOPES, J.R.S.; ZUCCHI, R.A.; GUEDES, J.V.C. Biologia de insetos-praga e vetores. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico; FUNDAG, 2005. p. 656-687.

PARRA, J.R.P.; LOPES, J.R.S.; GOMEZ-TORRES, M.L.; NAVA, D.E.; PAIVA, P.E.B. Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao Huanglongbing. **Citrus Research and Technology**, Cordeirópolis, v. 31, n. 1, p. 37-51, 2010.

SALOIS, M.J.; JAUREGUI, C.; FERREL, L. **Citrus reference book**. Gainesville: Florida Department of Citrus, 2012. 91 p.

TEIXEIRA, D.C.; WULFF, N.A.; MARTINS, E.C.; KITAJIMA, E.W.; BASSANEZI, R.; AYRES, A.J.; EVEILLARD, S.; SAILLARD, C.; BOVÉ, J.M. A Phytoplasma closely related to the pigeon pea witches'-broom phytoplasma (16Sr IX) is associated with citrus huanglongbing symptoms in state of São Paulo, Brazil. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 98, n. 9, p. 977-984, 2008.

TEIXEIRA, D.C.; DANET, J.L.; EVEILLARD, S.; MARTINS, E.C.; CINTRA DE JESUS, W.; YAMAMOTO, P.T.; LOPES, S.A.; BASSANEZI, R.B.; AYRES, A.J.; SAILLARD, C.; BOVÉ, J.M. Citrus huanglongbing in São Paulo, Brazil: PCR detection of the 'Candidatus' Liberibacter species associated with the disease. **Molecular and Cellular Probes**, Columbia, v. 19, p. 173-179, 2005.

TSAGKARAKIS, A.E.; ROGERS, M.E. Suitability of 'Cleopatra' Mandarin as a host plant for *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Florida Entomologist**, Lutz, v. 93, n. 3, p. 451-453, 2010.

TSAI, J.H.; LIU, Y.H. Biology of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on four host plants. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 93, n. 6, p. 1721-1725, 2000.

YAMAMOTO, P.T.; PINTO, A.S.; PAIVA, P.E.B.; GRAVENA, S. Seletividade de agrotóxicos aos inimigos naturais de pragas dos citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 13, n. 2, p. 693-708, 1992.

2 EFEITO LETAL E SUBLETAL DE INSETICIDAS RECOMENDADOS PARA PRODUÇÃO INTEGRADA DE CITROS SOBRE O ECTOPARASITOIDE *Tamarixia radiata* (WATERSTON) (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)

Resumo

Tamarixia radiata (Waterston) é o principal agente de controle biológico do psílido *Diaphorina citri* Kuwayama, vetor das bactérias associadas ao huanglongbing em citros. No entanto, a eficiência de controle deste parasitoide pode ser dificultada pela utilização constante de inseticidas de amplo espectro de ação. Desta forma, com este trabalho, objetivou-se avaliar os efeitos letais e subletais de inseticidas recomendados para a produção integrada de citros sobre o parasitoide *T. radiata*. Para isso, na primeira etapa do trabalho, foi realizado teste de efeito direto, verificando o efeito letal de 25 inseticidas sobre adultos do parasitoide. Como tratamento controle foi utilizado água destilada. Adultos do parasitoide com 48 horas de idade foram expostos ao contato residual de inseticidas, pulverizados sobre discos de folhas de citros da variedade 'Valência'. Três horas após a aplicação, 10 adultos do parasitoide foram introduzidos sobre os discos foliares e acondicionados em câmara climatizada (temperatura de $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente aleatorizado com cinco repetições, cada uma constituída por 10 insetos. A avaliação da mortalidade foi realizada 24 horas após a exposição dos parasitoides aos resíduos. Os inseticidas foram classificados segundo as classes propostas pela IOBC/WPRS. Dos 25 produtos testados, 20% foi enquadrado como inócuos (classe 1), 12% como levemente nocivos (classe 2), 12% como moderadamente nocivos (classe 3) e 56% como nocivos (classe 4). Na segunda etapa do trabalho, foi verificada a interferência na capacidade de parasitismo de fêmeas expostas aos resíduos dos inseticidas Azamax®, Trebon® 100 SC, Nexide®, Tiger® e Mimic® 240 SC (inócuos). Observou-se que mesmo os produtos reduzindo o parasitismo da geração maternal, não interferem na emergência, duração, razão sexual e longevidade de machos e fêmeas das gerações F_1 e F_2 . Na terceira etapa do trabalho, foram pulverizados 14 inseticidas, sendo cinco classificados no teste de efeito direto como inócuos e nove como nocivos à adultos do parasitoide, sobre ninfas do hospedeiro *D. citri* contendo pupas de *T. radiata*, para verificar se os inseticidas interferem na emergência, razão sexual, duração e longevidade. Observou-se que apenas os organofosforados Lorsban® 480 BR e Perfekthion® afetaram a emergência e duração do ciclo ovo-adulto do parasitoide. Os demais, apesar de reduzir o parasitismo tanto da geração F_0 como da F_1 , não afetaram os parâmetros biológicos avaliados. Portanto, conclui-se que para viabilidade do controle biológico, a utilização de produtos químicos deve ser realizada de forma cautelosa, reduzindo os impactos ambientais.

Palavras-chave: Citrus; Huanglongbing; Controle biológico; MIP

Abstract

Tamarixia radiata (Waterston) is the main agent of biological control of psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, vector of bacteria associated with the huanglongbing in

citrus. However, the efficient control of this parasitoid may be hampered by the constant use of broad-spectrum insecticides. Thus, this study assessed the lethal and sublethal effects of insecticides recommended for integrated production of citrus on the parasitoid *T. radiata*. For that purpose, in the first stage, the direct effect test was carried out by checking the lethal effect of insecticides on 25 adult parasitoids. As a control treatment, distilled water was used. Adult parasitoids with 48 hours of age were exposed to residual contact insecticides, sprayed on citrus leaf discs of the orange variety 'Valencia'. Three hours after application, 10 adults of the parasitoid were placed on leaf discs and kept in a temperature-controlled chamber (temperature $25\pm 1^{\circ}\text{C}$, RH $70\pm 10\%$ and photophase of 14 h). The experimental design was completely randomized with five repetitions, each consisting of 10 insects. The assessment of mortality was conducted 24 h after exposure of the parasitoid to the residues. The insecticides were classified according to the classes proposed by IOBC/WPRS. Of the 25 products tested, 20% was considered as harmless (class 1), 12% as slightly harmful (class 2), 12% as moderately harmful (class 3) and 56% as harmful (class 4). In the second stage of the work, we investigated the effect on parasitism capacity of females exposed to residues of insecticides Azamax®, Trebon® 100 SC, Nexide®, Tiger® and Mimic® 240 SC (harmless). It was observed that although the products reduced parasitism of maternal generation, they do not interfere in the emergence, duration, sex ratio and life span of males and females of F_1 and F_2 generations. In the third stage of the work, we sprayed 14 insecticides, and five were classified in the direct effect test as harmless and nine as harmful to adult parasitoids on nymphs of the host *D. citri* containing pupae of *T. radiata*, to check whether the insecticides affect with emergence, sex ratio, duration and life span. We observed that only the organophosphates Lorsban® 480 BR and Perfekthion® affected the emergence and duration of the egg-adult cycle of the parasitoid. The others, despite reducing parasitism for F_0 as well as F_1 generation, do not affect the biological parameters evaluated. Therefore, it is concluded that for the viability of the biological control, the use of chemical products must be performed carefully, reducing environmental impacts.

Keywords: Citrus; Huanglongbing; Biological control; IPM

2.1 Introdução

A seletividade pode ser definida como a propriedade que um produto fitossanitário apresenta de controlar a praga visada, com o menor impacto possível sobre os componentes do agroecossistema, ou ainda, dentro do Manejo Integrado de Pragas (MIP), é a propriedade do produto de possuir baixo efeito sobre os inimigos naturais, nas mesmas condições em que a praga visada é controlada com sucesso (GAZZONI, 1994 apud DEGRANDE et al., 2002).

Croft e Brown (1975) realizaram uma revisão sobre estudos dos efeitos de inseticidas nos artrópodes benéficos e pragas, e comprovaram que, nos diferentes estudos, o número de informações voltadas aos inimigos naturais não era

equivalente ao grande número de informações referente às pragas, tanto em laboratório como em campo. Isso ocorre provavelmente em função de: 1) atenção preferencial dada ao controle de pragas em relação à conservação dos organismos benéficos; 2) pressuposto de que inimigos naturais respondiam aos inseticidas do mesmo modo que as pragas e, portanto, os estudos de seletividade eram desnecessários; 3) diferenças de recursos financeiros para estudos de pragas comparadas com os disponibilizados para realizar ensaios com inimigos naturais; 4) dificuldade de criação em larga escala de predadores e parasitoides para realização de testes; e 5) carência de métodos experimentais toxicológicos padronizados para inimigos naturais, especialmente em relação aos desenvolvidos para avaliação de pragas.

Historicamente, a avaliação dos impactos de agroquímicos sobre os inimigos naturais era focada, primeiro, na mortalidade, ou seja, o efeito letal dos inseticidas. Posteriormente, os efeitos subletais, que são: busca pela presa ou pelo hospedeiro e mobilidade ou fecundidade, fertilidade, taxa de desenvolvimento e sobrevivência e, mais recentemente, também os diversos efeitos sobre a dinâmica populacional do inimigo natural (diminuição da expectativa de vida, perda de peso, mutações na prole, mudanças comportamentais resultando em perda da competitividade sexual e redução na habilidade de captura da presa por predadores) e os aspectos da história de vida das espécies envolvidas (CROFT, 1990; FOERSTER, 2002; STARK; BANKS; ACHEAMPONG, 2004).

O HLB tem sido considerado pelos pesquisadores como a maior ameaça à citricultura, devido às suas características, uma vez que não há medida curativa e a doença tem se espalhado rapidamente em diferentes regiões produtoras de citros de diversos países das Américas (GOTTWALD, 2010). Mudas já contaminadas com infecção precoce nem chegam a produzir e em pomares adultos, após a constatação da doença, a produção se torna inviável em cerca de dois a cinco anos (BOVÉ, 2006).

Essa doença está associada às bactérias "*Candidatus Liberibacter africanus*", "*Ca. Liberibacter asiaticus*" e "*Ca. Liberibacter americanus*", esta última descoberta há poucos anos no Estado de São Paulo (TEIXEIRA et al., 2005; BOVÉ, 2006). As duas últimas bactérias ocorrem no Brasil e são transmitidas pelo psílídeo *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) (BOVÉ, 2006).

Uma vez que não existem medidas curativas e ainda não foram descobertas variedades resistentes, o manejo da doença está focado no controle do inseto vetor (GOTTWALD, 2010). Este tem sido realizado principalmente por meio da aplicação, normalmente excessiva, de agroquímicos, e tal fato pode ocasionar sérias consequências como seleção de populações resistentes do organismo alvo de controle, surtos de pragas secundárias, contaminação ambiental e desequilíbrio biológico.

Portanto, no MIP, deve-se preconizar a utilização de diferentes métodos de controle de forma integrada, como a utilização do controle químico associado com o controle biológico.

O mais promissor agente de controle biológico de *D. citri* é o parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae), que foi relatado pela primeira vez no Brasil em 2005 (GOMEZ-TORRES et al., 2006). Este parasitoide tem se mostrado eficiente em liberações inoculativas em diversas partes do mundo e possui potencial para utilização também em condições brasileiras, como demonstrado por Gomez-Torres (2009).

A fêmea adulta de *T. radiata* deposita um ovo, raramente dois, sob a ninfa de *D. citri*. As larvas recém-eclodidas se alimentam da ninfa, matando-a. A pupação ocorre sob a ninfa mumificada e o novo adulto emerge fazendo um orifício no tórax ou na cabeça da ninfa mumificada (MANN; STELINSKI, 2012).

O sucesso da utilização desse parasitoide depende da disponibilidade de inseticidas seletivos para utilização no manejo das pragas. Entretanto, poucos são os resultados disponíveis na literatura com respeito ao efeito letal e subletal de agroquímicos para *T. radiata*.

Assim, com esse trabalho objetiva-se verificar o efeito letal de inseticidas recomendados para a produção integrada de citros sob o parasitoide, assim como avaliar a interferência desses na capacidade de parasitismo e na emergência de *T. radiata* (efeito subletal).

2.2 Material e Métodos

A criação do parasitoide *T. radiata* e de seu hospedeiro *D. citri*, assim como os bioensaios, foram realizados no Laboratório de Biologia de Insetos e no

Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP, em Piracicaba/SP.

2.2.1 Criação de manutenção de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae)

Os insetos utilizados no estudo foram provenientes da criação de manutenção do Laboratório de Biologia de Insetos do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP.

A técnica de criação foi adaptada de Gomez-Torres (2009), sendo utilizadas plantas de *Murraya paniculata* (L.) Jack. (murta), por ser essa espécie o hospedeiro preferencial de *D. citri* para alimentação e oviposição (AUBERT, 1987; NAVA et al., 2007).

Em casa de vegetação, 250 adultos de *D. citri* foram transferidos para gaiolas de 45 x 45 x 60 cm, com seis mudas de murta de 30 cm, contendo brotações. Para a postura, os adultos de *D. citri* permaneceram nas gaiolas por sete dias. Após esse período, os insetos foram retirados com o auxílio de um sugador manual e as plantas com ovos permaneceram na estufa para o desenvolvimento dos insetos (Figura 1).

2.2.2 Criação de manutenção de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae)

Para a criação do parasitoide *T. radiata* foram oferecidas plantas contendo ninfas de 4° e 5° instares de *D. citri* provenientes da criação de manutenção (item 2.2.1).

Um total de 12 plantas foi transferido para gaiolas de 50 x 50 x 90 cm, contendo, cada uma, em média, 1000 ninfas de *D. citri*, e foram mantidas em sala climatizada à temperatura de $25 \pm 2^\circ$, U.R. de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h. Para cada gaiola foram transferidas, no mínimo, 200 fêmeas de *T. radiata*, que foram alimentadas com uma mistura de mel e pólen, depositado no interior da gaiola com auxílio de um estilete (Figura 1).

Figura 1 - Esquema de criação de *D. citri* e *T. radiata* em casa-de-vegetação e laboratório
Retirado de Alves (2012)

2.2.3 Efeito direto de inseticidas sobre *Tamarixia radiata*

Para avaliar o efeito direto de inseticidas sobre o parasitoide *T. radiata* (estágio do ciclo de vida mais sensível aos inseticidas) foram utilizadas folhas de citros da variedade 'Valência' cultivadas em vaso em casa de vegetação. No laboratório, com auxílio de um vazador metálico, foram seccionados discos de 4,0 cm de diâmetro e submetidos à pulverização em torre de Potter utilizando 2 mL de calda e pressão de 15 PSI, correspondente a uma deposição de 1,5 a 2,0 mg.cm⁻²,

conforme recomendações da International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants/West Palearctic Regional Section (IOBC/WPRS). Os tratamentos foram constituídos de 25 inseticidas e um tratamento controle (água destilada) (Tabela 1). Foram utilizadas as maiores doses recomendadas para o controle de insetos-praga em citros. Após a aplicação dos tratamentos, os discos foram mantidos por três horas a temperatura ambiente para a secagem dos resíduos. Após a secagem, os discos foram colocados em placas de Petri (4,5 cm de diâmetro) contendo uma mistura geleificada de ágar-água a 2,5% para evitar ressecamento das folhas. Posteriormente, 10 adultos de *T. radiata* com idade de até 48 horas foram anestesiados com CO₂ por aproximadamente cinco segundos e introduzidos em cada placa contendo os respectivos tratamentos. Para o fechamento da placa foi colocado um pedaço de tecido *voil* para evitar a fuga dos insetos, sendo fixado pela tampa, que possuía um orifício de 2,5 cm de diâmetro na região central permitindo a aeração para que não houvesse acúmulo de vapores tóxicos. Sobre o tecido, foi colocada uma gotícula de mel que serviu de alimento para os parasitoides.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos com parcelas casualizadas com cinco repetições. A avaliação da mortalidade foi realizada 24 h após a exposição dos parasitoides aos respectivos tratamentos, quantificando o número de insetos vivos e mortos no interior de cada placa. Foram considerados vivos os insetos que apresentaram qualquer reação ao toque de um pincel de cerdas macias.

Os dados de porcentagem de mortalidade de cada tratamento foram transformados em $\arcsin(\sqrt{y/100})$ e submetidos à análise de variância e teste Tukey com nível de significância de 5% para comparação das médias. As análises foram realizadas no software estatístico "R", versão 3.0.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

Com base no efeito dos tratamentos (porcentagem de mortalidade), os produtos foram classificados segundo os índices propostos pela IOBC/WPRS em:

Classe 1= $M_c < 25\%$ (inócuo); Classe 2= $25 < M_c < 50\%$ (levemente nocivo); Classe 3= $51 < M_c < 75\%$ (moderadamente nocivo); Classe 4= $> 75\%$ (nocivo) (HASSAN, 1997).

Tabela 1 - Nome comercial, concentração do produto comercial (PC) utilizada, ingrediente ativo, grupo químico e classificação do modo de ação dos inseticidas segundo IRAC (2013) dos compostos utilizados nos bioensaios com *Tamarixia radiata*

Nome Comercial	Dosagem (g ou ml PC/100L)	Ingrediente Ativo	Grupo Químico	Classificação IRAC
Actara® 250 WG	10	Thiamethoxam	Neonicotinoide	4A
Akito®	25	Cypermethrin	Piretroide	3A
Ampligo®	20	Chlorantraniliprole + Lambda-cyhalothrin	Antranilamida + Piretroide	28 + 3A
Applaud®	200	Buprofezin	Tiadiazinona	16
Azamax®	250	Azadirachtin	Tetranortriterpenoide	uma
Decis Ultra® 100 EC	7,5	Deltamethrin	Piretroide	3A
Dicarzol®	25	Formetanate	Metilcarbamato de Fenil	1A
Engeo Pleno®	15	Lambda-cyhalothrin + thiamethoxam	Piretroide + Neonicotinoide	3A + 4A
Evidence® 700 WG	4,5	Imidacloprid	Neonicotinoide	4A
Imidan® 500 WP	50	Phosmet	Organofosforado	1B
Karate Zeon® 50 CS	20	Lambda-cyhalothrin	Piretroide	3A
Lorsban® 480 BR	150	Chlorpyrifos	Organofosforado	1B
Malathion® 1000 EC	150	Malathion	Organofosforado	1B
Mimic® 240 SC	50	Tebufenozide	Diacilhidrazina	18
Nexide®	5	Gamma-cyhalothrin	Piretroide	3A
Óleo Mineral Argenfrut®	1	Óleo Mineral	Hidrocarboneto Alifático	-
Óleo Vegetal Nortox®	1	Óleo Vegetal	Ésteres de Ác. Graxos	-
Perfekthion®	200	Dimethoate	Organofosforado	1B
Provado® 200 SC	20	Imidacloprid	Neonicotinoide	4A
Saurus®	30	Acetamiprid	Neonicotinoide	4A
Sumidan® 150 SC	12,5	Esfenvarelate	Piretroide	3A
Tiger®	6,25	Piriproxyfen	Éter Piridiloxipropílico	7C
Tracer®	15	Spinosad	Spinosinas	5
Trebon® 100 SC	0,025	Etofenproxi	Piretroide	3A
Turbo®	25	Beta-cyfluthrin	Piretroide	3A
Controle	-	Água destilada	-	-

2.2.4 Efeito de inseticidas sobre a capacidade de parasitismo por *Tamarixia radiata*

Neste bioensaio foram utilizados apenas os produtos que foram classificados como inócuos - classe 1 - no teste de efeito direto, ou seja, apenas os produtos que apresentaram percentual de mortalidade inferior a 25%, segundo os índices propostos pela IOBC/WPRS, sendo eles Azamax®, Trebon® 100 SC, Nexide®, Tiger® e Mimic® 240 SC.

Para obtenção de ninfas, foram confinadas fêmeas grávidas de *D. citri*, por um período de 48 h, em ramos de murta contendo brotações para oviposição. Após esse período, as fêmeas foram retiradas e foi verificado se em todos os ramos da murta havia ovos. Caso houvesse, as plantas foram transferidas para sala climatizada para o desenvolvimento do psíldeo. Aqueles ramos sem ovos continuaram com os adultos para oviposição por mais 24 h. Quando as ninfas atingiram o 4º instar, uma fêmea de *T. radiata* sobrevivente à exposição do resíduo de cada inseticida foi colocada em cada gaiola, permanecendo em contato com o hospedeiro por 48 h. Após esse período as fêmeas foram retiradas e descartadas. Gotículas de mel foram colocadas sobre as folhas de murta para alimentação dos parasitoides.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis tratamentos (cinco inseticidas e controle) e 11 repetições, sendo cada repetição constituída por uma gaiola. As gaiolas utilizadas foram confeccionadas com tecido *voil*, individualizando ramos da planta de murta.

A partir do 9º dia após o contato hospedeiro-parasitoide, a porcentagem de emergência foi avaliada em função do número de adultos provenientes das ninfas parasitadas. Outros parâmetros como duração e a razão sexual também foram avaliados. A sexagem foi feita baseada em caracteres das antenas e do abdômen (WATERSTON, 1922).

A avaliação da redução na capacidade de parasitismo foi calculada utilizando-se a fórmula $R = (1 - (P/p)) * 100$, onde “R” corresponde à porcentagem de redução na capacidade de parasitismo, “P” corresponde ao valor do parasitismo médio para cada produto e “p” representa o parasitismo médio observado para o tratamento controle (ROCHA; CARVALHO, 2004). Em função dos resultados obtidos, os inseticidas avaliados foram enquadrados em categorias toxicológicas, em função da redução causada na capacidade benéfica do parasitoide (parasitismo), conforme

recomendações da IOBC/WPRS: classe 1 = inócuo (<30% de redução), classe 2 = levemente nocivo (30% a 80% de redução), classe 3 = moderadamente nocivo (>80% a 99% de redução) e classe 4 = nocivo (>99% de redução na capacidade de parasitismo) (HASSAN, 1997).

Após a sexagem dos descendentes das fêmeas sobreviventes à exposição dos inseticidas, foram formados casais de todos os tratamentos e oferecidos às ninfas de *D. citri* para verificar novamente a capacidade de parasitismo, assim como determinar a redução do parasitismo.

Para isso, foram cortados ramos de plantas de murta provenientes da criação de manutenção de *D. citri* infestados com aproximadamente 10 ninfas. Os ramos foram colocados sobre *seedlings* de limoeiro 'Cravo', plantadas em tubetes com capacidade de 50 ml, 24 h antes do contato hospedeiro-parasitoide. Esse tempo de aclimação foi necessário para que as ninfas pudessem fixar-se e alimentar-se da planta. A fim de se evitar uma possível mudança de estágio, foram utilizadas ninfas de 4º instar. Estas são caracterizadas pela dimensão das tecas alares cuja extremidade anterior atinge o eixo dos olhos (CHING-CHIN CHIEN, 1988 apud FAUVERGUE; QUILICI, 1991). Após esse período de aclimação, um casal da geração F₁ foi colocado em cada *seedlings*, que foi coberta por uma gaiola confeccionada com tecido *voil* para evitar a fuga dos parasitoides. Esse casal foi mantido por 48 h em contato com o hospedeiro, sendo retirado e descartado posteriormente.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com seis tratamentos (cinco inseticidas e controle) e número de repetições variadas, pois para isso, dependia do número de casal emergido da geração F₁. Cada repetição foi constituída por um *seedlings*.

A partir do 9º dia após o contato hospedeiro-parasitoide, a porcentagem de emergência foi avaliada em função do número de adultos provenientes das ninfas parasitadas. Além disso, foi também avaliado a duração, razão sexual e longevidade dos descendentes (F₂). Para a razão sexual, a sexagem foi feita baseada em caracteres das antenas e do abdômen (WATERSTON, 1922). Para a avaliação da longevidade uma amostra de 20 insetos (10 fêmeas e 10 machos) da população descendente foi avaliada por tratamento. Para isso, os parasitoides foram individualizados em tubos de ensaio tampados com filme plástico de PVC Magipack® com uma gotícula de mel no interior para alimentação.

Os bioensaios foram mantidos em sala climatizada à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h. As avaliações foram realizadas diariamente até cessarem a emergência dos parasitoides.

Os dados de porcentagem de mortalidade, porcentagem de emergência e razão sexual de cada tratamento foram transformados por $\arcsen(\sqrt{y/100})$ e submetidos à análise de variância. Quando essas análises não foram atendidas, foi realizado um teste de igualdade de proporções, χ^2 de Pearson e teste Tukey para a comparação das médias dos tratamentos. Os dados de duração e longevidade de cada tratamento foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey para a comparação das médias dos tratamentos. As análises foram realizadas com o software estatístico "R", versão 3.0.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012). O nível de significância dos testes foi de 5%.

2.2.5 Efeito de inseticidas sobre pupas de *Tamarixia radiata*

Pupas de *T. radiata* (estágio do ciclo de vida menos sensível a inseticidas) em mudas de murta (*M. paniculata*) foram expostas à pulverização direta dos inseticidas. Para a obtenção das pupas do parasitoide, 12 plantas de murta provenientes da criação de manutenção de *D. citri* e com a presença de ninfas de 3º a 5º instar foram selecionadas, sendo montadas duas gaiolas compostas por seis plantas cada. Foram liberados 50 espécimes em cada gaiola e mantidos por 48 h em contato com o hospedeiro. Após esse período, os parasitoides foram retirados e descartados. Nove dias após o contato hospedeiro-parasitoide, com as ninfas mumificadas, os ramos foram cortados das plantas e submetidas à pulverização em torre de Potter, utilizando 2 ml de calda e pressão de 15 PSI. Após a pulverização, esses ramos foram transferidos para uma placa de Petri (com 6 cm de diâmetro) contendo um algodão que era diariamente umedecido, até a emergência dos adultos. Foram testados 14 inseticidas, sendo cinco classificados como inócuos - classe 1 – no teste de efeito direto (Azamax®, Trebon® 100 SC, Nexide®, Tiger® e Mimic® 240 SC) e nove como nocivos - classe 4 – (Turbo®, Lorsban® 480 BR, Akito®, Perfekthion®, Tracer®, Sumidan® 150 SC, Imidan® 500 WP, Provado® 200 SC e Actara® 250 WG) e um tratamento controle (água destilada). Foram utilizadas as maiores doses recomendadas. Diariamente, após a pulverização dos compostos, foi avaliada a porcentagem de emergência, duração, razão sexual e longevidade. A

sexagem foi feita baseada em caracteres das antenas e do abdômen (WATERSTON, 1922). Para a avaliação da longevidade, quando possível, uma amostra de 30 insetos (15 fêmeas e 15 machos) da população descendente foi avaliada por tratamento. Para isso, os parasitoides foram individualizados em tubos de ensaio tampados com filme plástico de PVC Magipack®. Uma gotícula de mel foi colocada no interior dos tubos para alimentação.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 15 tratamentos e sete repetições, sendo cada repetição constituída por uma placa com um ramo contendo pupas de *T. radiata*.

Os bioensaios foram mantidos em sala climatizada à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 h. As avaliações foram realizadas diariamente até cessarem a emergência dos parasitoides.

Os dados de porcentagem de mortalidade e porcentagem de emergência de cada tratamento foram transformados por $\arcsin(\sqrt{y/100})$ e submetidos à análise de variância e teste Tukey para a comparação das médias dos tratamentos. Os dados de razão sexual e longevidade de cada tratamento foram submetidos à análise de variância e teste de Tukey para a comparação das médias dos tratamentos. As análises foram realizadas com o software estatístico "R", versão 3.0.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012). O nível de significância dos testes foi de 5%.

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Efeito direto de inseticidas sobre *Tamarixia radiata*

No teste de efeito direto, após a exposição de adultos de *T. radiata* aos resíduos frescos dos inseticidas por um período de 24 h, houve diferenças significativas entre tratamentos ($F = 10,28$; $df = 25, 80$; $p < 0,001$) (Tabela 2). Os resíduos dos produtos Lorsban® 480 BR, Perfekthion®, Malathion® 1000 EC, Tracer® e Actara® 250 WG causaram 100% de mortalidade de *T. radiata* (Tabela 2).

A contaminação do parasitoide *T. radiata*, provavelmente, ocorreu quando entrou em contato com o resíduo dos inseticidas, e esses penetraram no organismo do inseto através, principalmente, dos pelos localizados na região tarsal dos parasitoides (contato tarsal). Assim, cada produto atuou de uma maneira distinta no inseto. Resultados similares aos encontrados no presente trabalho, com os

inseticidas do grupo dos organofosforados, foram obtidos por diversos autores para diferentes inimigos naturais. Hall e Nguyen (2010) ao testar o ingrediente ativo chlorpyrifos sobre *T. radiata* verificaram uma mortalidade de 95,6%; Bacci et al. (2007) verificaram que o ingrediente ativo malathion causou mortalidade de 100% ao parasitoide *Encarsia* sp. (Hymenoptera: Aphelinidae) e aos predadores *Acanthinus* sp. (Coleoptera: Anthicidae) e *Lasiochilus* sp. (Heteroptera: Anthocoridae) quando expostos sobre o resíduo seco do produto por 24 h; Chen et al. (2013) observaram que o ingrediente ativo chlorpyrifos causou 100% de mortalidade aos parasitoides de ovos *Trichogramma nubilale* Ertle & Davis (Hymenoptera: Trichogrammatidae) quando expostos por 24 h ao resíduo do produto; Brunner et al. (2001) estudando o efeito de diversos inseticidas aplicados topicamente sob o parasitoide *Colpoclypeus florus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae), verificaram que os ingredientes ativos chlorpyrifos e dimethoate foram altamente tóxicos para o parasitoide.

Os organofosforados são inseticidas neurotóxicos que atuam na transmissão sináptica, inibindo a enzima acetilcolinesterase. Estes inseticidas ligam-se a essa enzima, inibe sua atividade normal que é a de degradar as moléculas do neurotransmissor excitatório, acetilcolina, após a transmissão de um impulso nervoso. A inibição da acetilcolinesterase resulta em acúmulo de moléculas de acetilcolina na sinapse levando à hiperexcitação do sistema nervoso (OMOTO, 2000).

Resultados encontrados na literatura com o neonicotinoide thiamethoxam (Actara®) e com spinosina (Tracer®) são similares aos observados no presente trabalho. Chen et al. (2013) observaram que spinosad causou 100% de mortalidade do parasitoide *T. nubilale* quando expostos por 24 h ao seu resíduo; Brunner et al. (2001) verificaram que spinosad foi altamente tóxico para adultos do parasitoide *C. florus*; Hasseb, Liu e Jones (2004) verificaram que ocorreu mortalidade de 50% dos adultos do parasitoide *Cotesia plutellae* (Kurdjumov) (Hymenoptera: Braconidae) quando expostos a resíduos do ingrediente ativo spinosad; e Torres; Silva-Torres e Oliveira (2003) estudando a exposição do predador da mosca branca *Delphastus pusillus* (LeConte) (Coleoptera: Coccinellidae) ao ingrediente ativo thiamethoxam, observaram mortalidade variando entre 70 a 100%, sendo o produto considerado altamente tóxico para o predador. Além disso, spinosad tem sido reportado como nocivo para muitos himenópteros parasitoides (HASEEB; LIU; JONES, 2004; JONES et al., 2005). O spinosad é um inseticida de origem natural, oriundo da fermentação

da bactéria *Sacharopolyspora spinosa* e descrito como seletivo a alguns inimigos naturais como predadores, mas normalmente mais nocivo para parasitoides da ordem Hymenoptera (WILLIAMS; VALLE; VIÑUELA, 2003).

Os neonicotinoides e as spinosinas atuam como agonistas de receptores nicotínicos da acetilcolina. No caso dos neonicotinoides, estes se ligam aos receptores nicotínicos da acetilcolina localizados no neurônio pós-sináptico. Ao contrário da acetilcolina que é hidrolisada pela enzima acetilcolinesterase, os neonicotinoides não são degradados imediatamente. Portanto, os impulsos nervosos são transmitidos continuamente levando à hiperexcitação do sistema nervoso. As spinosinas também provocam uma ativação persistente dos receptores nicotínicos da acetilcolina; porém o seu sítio de ligação é distinto dos neonicotinoides (OMOTO, 2000).

Outros produtos que causaram alta mortalidade dos parasitoides *T. radiata* pertencem aos seguintes grupos químicos: Organofosforado (Imidan® 500 WP), piretroides (Sumidan® 150 SC, Akito® e Turbo®), neonicotinoide (Provado® 200 SC), piretroide + neonicotinoide (Engeo Pleno®), tiadiazinona (Applaud®), metilcarbamato de fenil (Dicarzol®) e um pertencente ao grupo dos ésteres de ácidos graxos (óleo vegetal Nortox®) (Tabela 2).

O inseticida Sumidan® 150 SC causou alta mortalidade (97,6%) ao parasitoide *T. radiata*. Resultados similares foram apresentados por Nogueira et al. (2007), que avaliando a seletividade de produtos ao complexo de inimigos naturais de pragas do algodoeiro, verificaram que o inseticida Sumidan® 150 SC não foi seletivo para os inimigos naturais e por Brunner et al. (2001) que também verificaram que esfenvalerate foi altamente tóxico para o parasitoide *C. florus* quando pulverizado sobre adultos.

No presente trabalho, cypermethrin (Akito®) e beta-cyfluthrin (Turbo®) causaram mortalidade de 87,8 e 95,1%, respectivamente, sendo considerados ambos como nocivos para *T. radiata*. Bacci et al. (2006) estudando a seletividade de inseticidas aos predadores *Protonectarina sylveirae* (Saussure), *Polybia scutellaris* (White) e *Protopolybia exigua* (Saussure) (Hymenoptera: Vespidae), verificaram que cypermethrin não foi seletivo para *P. sylveirae* e para *P. scutellaris*, mas foi seletivo para *P. exigua*. Já beta-cyfluthrin foi considerado medianamente nocivo para *P. sylveirae* e para *P. scutellaris*, mas foi seletivo para *P. exigua*. Isso pode estar relacionado com as substâncias inertes presentes nos inseticidas comerciais, que

também podem apresentar certa toxicidade para os inimigos naturais. Além disso, a diferença em alguns resultados apresentados pode estar relacionada com os diferentes insetos estudados.

Os piretroides interagem com os canais de sódio distribuídos ao longo do axônio, prolongando ou impedindo o fechamento normal dos mesmos após a transmissão do impulso nervoso e, desta forma, permite um fluxo excessivo de íons Na^{++} para o interior da célula nervosa, o que resulta em transmissão de impulsos repetitivos e descontrolados, hiperexcitabilidade, perda de postura locomotora ("knockdown") e, eventualmente, paralisia e morte (OMOTO, 2000).

As tiadiazinonas são potentes inibidores da síntese de quitina, portanto, um regulador de crescimento de insetos (OMOTO, 2000). Geralmente esses inseticidas são seletivos para os inimigos naturais. No presente trabalho foi verificado que Applaud® causou alta mortalidade (92,7%) do parasitoide *T. radiata*. Entretanto, Parra (2002), relatou que o mesmo inseticida foi classificado como inócuo para adultos dos parasitoides *Aphidius colemani* Viereck (Hymenoptera: Aphidiidae), *Encarsia formosa* (Gahan) (Hymenoptera: Aphelinidae) e *Trichogramma* spp. Esses resultados indicam que, o efeito de um mesmo produto químico varia muito de organismo para organismo. Além disso, o bioensaio foi realizado em condições de laboratório, ou seja, nas mais extremas possíveis, e estudos devem ser realizados em condições de semi-campo e campo para verificar a seletividade de Applaud® sob o parasitoide *T. radiata*.

O inseticida Dicarzol® causou mortalidade de 92,7% aos adultos do parasitoide testado, sendo que este inseticida, pertencente ao grupo metilcarbamato de fenil, tem o mesmo modo de ação dos organofosforados (IRAC, 2013), que é o grupo menos seletivo aos inimigos naturais. Resultados similares foram encontrados por Brunner et al. (2001), que verificaram que formetanate causou 100% de mortalidade dos espécimes de *C. florus* quando o inseticida foi aplicado topicamente nos insetos.

Quando são realizadas pulverizações de óleos, ocorre asfixia de ácaros e pequenos insetos, pois resíduos do óleo se movem por capilaridade para os aerófilos dos ovos, espiráculos e traquéias das larvas, ninfas e adultos (RODRIGUES; CHILDERS, 2002). Isso pode ter ocorrido com *T. radiata* quando expostos aos resíduos do óleo vegetal, causando mortalidade de 97,6%. Esses resultados diferiram dos reportados por Liu et al. (2012) e Hall e Nguyen (2010) que

verificaram que o óleo vegetal (óleo de *Chenopodium*) não foi considerado nocivo para os parasitoides *T. triozae* e *T. radiata* quando expostos a seu resíduo. Entretanto, Reis et al. (1998) estudando toxicidade de agroquímicos a fêmeas adultas do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae), verificaram 100% de mortalidade dos ácaros quando expostos a resíduos de óleo mineral e vegetal, sendo classificados como nocivo (classe 4).

Imidan® 500 WP causou 97,6% de mortalidade dos espécimes de *T. radiata*. Resultados similares foram constatados por Giolo et al. (2007), que verificaram que o inseticida Imidan® 500 WP foi tóxico para o parasitoide de ovos *T. atopovirilia* e por Brunner et al. (2001), que relataram que o ingrediente ativo phosmet foi altamente tóxico para o parasitoide *C. florus* quando pulverizados sob adultos.

A mortalidade causada por Engeo Pleno® a adultos de *T. radiata* foi de 87,8%, sendo classificado como nocivo (Classe 4). Zotti et al. (2008) constataram que Engeo Pleno® causou mortalidade de 90,6% (Classe 3) quando pulverizados nos predadores *Doru lineare* (Eschscholtz) (Dermaptera: Forficulidae) em condições de semi-campo. O fato de esse produto ser uma mistura de dois ingredientes ativos diferentes pode potencializar seu efeito nocivo sobre os inimigos naturais.

No presente trabalho, imidacloprid (Provado®) causou mortalidade de 78,1%, sendo considerado moderadamente nocivo (Classe 3) segundo os índices da IOBC/WPRS. Já o produto Evidence®, que também tem como ingrediente ativo imidacloprid, causou mortalidade de 60,9% se enquadrando como levemente nocivo (Classe 2). A diferença do efeito letal desses dois produtos está relacionada às substâncias inertes, já que se trata do mesmo ingrediente ativo, mas em formulações distintas, sendo do primeiro SC e do segundo WG.

Existem diversos trabalhos relatados na literatura com o ingrediente ativo imidacloprid. Hall e Nguyen (2010) verificaram 92% de mortalidade de *T. radiata* quando expostos aos resíduos de imidacloprid; Cocco e Hoy (2008) concluíram que a toxicidade residual de imidacloprid para *T. radiata* foi de 100%; já Hewa-Kapuge; McDougall e Hoffmann (2003) observaram que quando adultos de *T. brassicae* foram expostos a resíduos de inseticidas, imidacloprid causou mortalidade de 23 a 64%. Essa variação de resultados confirma que estudos de seletividade devem ser feitos com o produto comercial e não com o ingrediente ativo.

Produtos que foram considerados levemente a moderadamente tóxicos, causaram mortalidade que variou entre 45 a 70% e pertencem aos seguintes grupos

químicos: Neonicotinoide (Saurus® e Evidence® 700 WG), piretroides (Karate Zeon® 50 CS e Decis Ultra® 100 EC), antranilamida + piretroide (Ampligo®) e hidrocarboneto alifático (óleo mineral Argenfrut®).

Saurus® causou mortalidade de 65,9% dos adultos de *T. radidata* testados pelo fato de ser um neonicotinoide e atuar nos receptores da acetilcolina. Resultados encontrados por Moura et al. (2006) mostram que acetamiprid também foi considerado moderadamente tóxico quando *T. pretiosum* foi exposto aos resíduos do ingrediente ativo.

Entre os piretroides, quanto a mortalidade à *T. radiata*, não houve diferença entre os inseticidas Karate Zeon® e Decis Ultra®, sendo de 48,8 e 46,3% de mortalidade, respectivamente. Zotti et al. (2008) relataram que Karate Zeon® 50 CS causou mortalidade de 46,9% (Classe 2) quando pulverizados sobre o predador *D. lineare* em condições de semi-campo. Suh, Orr e Duyn (2000) estudando o efeito de lambda-cyhalothrin no parasitoide *T. exiguum* quando expostos a seu resíduo, observaram uma mortalidade de 84% após 24 h. Essa diferença na mortalidade quando comparado com o parasitoide *T. radiata* pode ter ocorrido por serem diferentes espécies. Mesma situação ocorre com deltamethrin, no qual trabalhos encontrados na literatura divergem dos resultados obtidos. Enquanto Bacci et al. (2006) verificaram que deltamethrin foi altamente tóxico para *P. sylveirae* e *P. scutellaris*, Bacci et al. (2009) concluíram que deltamethrin foi seletivo para o parasitoide *Oomyzus sokolowskii* (Kurdjumov) (Hymenoptera: Eulophidae), causando mortalidade de 20,8%.

Quando se estudou o inseticida Ampligo®, observou-se uma mortalidade de 48,8%, sendo um produto considerado levemente nocivo para *T. radiata*. Sobre predadores das pragas da cultura da soja, o inseticida Ampligo®, em experimento de campo, foi moderadamente seletivo (ALBUQUERQUE et al., 2011).

Segundo Rodrigues e Childers (2002), óleos derivados de petróleo não são seletivos, mas têm uma atividade residual curta. Isso pode ter ocorrido com o parasitoide testado, já que a mortalidade dos indivíduos expostos ao resíduo do óleo mineral foi de 65,9%, sendo considerado um produto moderadamente tóxico para *T. radiata*.

Os inseticidas que causaram menor mortalidade ao parasitoide *T. radiata* pertencem aos seguintes grupos químicos: Tetranortriterpenoide (Azamax®),

piretroides (Nexide® e Trebon® 100 SC), éter piridiloxipropílico (Tiger®) e diacilhidrazina (Mimic® 240 SC).

Os tetranortriterpenoide (azadirachtin) são produtos botânicos, apresentando ação fagodeterrente e hormonal. Já éter piridiloxipropílico e diacilhidrazina são reguladores de crescimento de insetos, sendo o primeiro um juvenoide agonista do hormônio juvenil e o segundo um agonista de ecdisteróides. A ação desses produtos é mais pronunciada no último instar de desenvolvimento de um inseto (OMOTO, 2000). Como adultos do parasitoide *T. radiata* foram utilizados no bioensaio, os inseticidas não causaram alta mortalidade. Portanto, tais produtos são considerados ambientalmente seguros e seletivos para os inimigos naturais. Os resultados obtidos nesse trabalho com azadirachtin (Azamax®) corroboram os encontrados por Chen et al. (2013), que verificaram que o inseticida causou baixa mortalidade ao parasitoide *T. nubilale*.

Resultados encontrados na literatura com o inseticida tebufenozide (Mimic®) para outros parasitoides são similares aos apresentados no presente trabalho. Silva et al. (2006) observaram que o produto apresentou alta seletividade ao parasitoide *T. pretiosum*. Pratissoli et al. (2003) relataram que tebufenozide não apresentou diferenças na mortalidade de *T. pretiosum*. Resultados encontrados por Brunner et al. (2001) mostraram que tebufenozide e azadirachtin não são tóxicos para o parasitoide *C. florus*.

Para o piretroide Nexide®, resultados obtidos por outros autores foram similares ao obtido nesse trabalho. Gauer et al. (2011) realizando testes de toxicidade com o estágio pupal do parasitoide *T. pretiosum* verificaram que Nexide® foi inócuo ao parasitoide. Contudo, resultados relatados por Haseeb; Liu e Jones (2004) indicaram que gamma-cyhalothrin causou mortalidade de 88,5% aos adultos do parasitoide *Cotesia plutellae* (Kurdjumov) (Hymenoptera: Braconidae) quando foram expostos aos resíduos do ingrediente ativo.

Para o inseticida Trebon®, os resultados obtidos foram divergentes, pois quando *T. atopovirilia* foi exposto a resíduos do produto, ocorreu alta mortalidade do parasitoide (GIOLO et al., 2007). Esta diferença pode estar relacionada com os diferentes organismos testados.

Quanto a classificação de seletividade, dos 25 produtos testados, 14 foram classificados como nocivos (Classe 4), sendo eles: Lorsban® 480 BR, Perfekthion®, Tracer®, Malathion® 1000 EC, Actara® 250 WG, Sumidan® 150 SC, Imidan® 500

WP, óleo vegetal Nortox®, Turbo®, Applaud®, Dicarzol®, Akito®, Engeo Pleno® e Provado® 200 SC; três como moderadamente nocivos (Classe 3): Saurus®, óleo mineral Argenfrut® e Evidence 700 WG®; três como levemente nocivo (Classe 2): Karate Zeon® 50 CS, Ampligo®, Decis Ultra 100 EC; e apenas cinco como inócuos (Classe 1) para o parasitoide *T. radiata*: Azamax®, Nexide®, Trebon® 100 SC, Tiger® e Mimic® 240 SC (Tabela 2).

Tabela 2 - Média de adultos mortos $\pm$ Erro Padrão, Mortalidade corrigida (Mc) e classe de toxicidade segundo a IOBC/WPRS dos parasitoides expostos ao efeito direto dos inseticidas

Tratamento	Ingrediente ativo	M $\pm$ EP ¹ (n=10)	Mc (%) ²	IOBC/WPRS ³
Actara® 250 WG	Thiamethoxam	10,0 $\pm$ 0,0 a	100,0	4
Akito®	Cypermethrin	9,4 $\pm$ 0,5 ab	87,8	4
Ampligo®	Chlorantraniliprole + Lambda-cyhalothrin	5,8 $\pm$ 0,7 abcdef	48,8	2
Applaud®	Buprofezin	9,7 $\pm$ 0,4 a	92,7	4
Azamax®	Azadirachtin	3,7 $\pm$ 1,2 cde	24,4	1
Decis Ultra® 100 EC	Deltamethrin	5,6 $\pm$ 0,9 abcdef	46,3	2
Dicarzol®	Formetanate	9,8 $\pm$ 0,4 a	92,7	4
Engeo Pleno®	Lambda-cyhalothrin + thiamethoxam	9,8 $\pm$ 1,0 a	87,8	4
Evidence® 700 WG	Imidacloprid	7,3 $\pm$ 0,9 abcde	60,9	3
Imidan® 500 WP	Phosmet	9,9 $\pm$ 0,2 a	97,6	4
Karate Zeon® 50 CS	Lambda-cyhalothrin	6,3 $\pm$ 1,3 abcdef	48,8	2
Lorsban® 480 BR	Chlorpyrifos	10,0 $\pm$ 0,0 a	100,0	4
Malathion® 1000 EC	Malathion	10,0 $\pm$ 0,0 a	100,0	4
Mimic® 200 SC	Tebufenozide	0,7 $\pm$ 1,2 f	0,0	1
Nexide®	Gamma-cyhalothrin	3,8 $\pm$ 0,9 bcdef	24,4	1
Óleo Mineral Argenfrut®	Óleo Mineral	7,8 $\pm$ 1,2 abcd	65,9	3
Óleo Vegetal Nortox®	Óleo Vegetal	9,9 $\pm$ 0,2 a	97,6	4
Perfekthion®	Dimethoate	10,0 $\pm$ 0,0 a	100,0	4
Provado® 200 SC	Imidacloprid	8,6 $\pm$ 0,6 abc	78,1	4
Saurus®	Acetamiprid	7,6 $\pm$ 0,7 abcd	65,9	3
Sumidan® 150 SC	Esfenvarelate	9,9 $\pm$ 0,2 a	97,6	4
Tiger®	Piriproxyfen	1,7 $\pm$ 1,2 def	9,8	1
Tracer®	Spinosad	10,0 $\pm$ 0,0 a	100,0	4
Trebon® 100 SC	Etofenproxi	2,6 $\pm$ 1,5 cdef	17,1	1
Turbo®	Beta-cyfluthrin	9,9 $\pm$ 0,4 a	95,1	4
Controle	Água destilada	1,5 $\pm$ 0,5 ef	0,0	-

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%. ²Mc: Mortalidade corrigida pela fórmula de Abbott (1925). ³Classes da IOBC/WPRS em função da mortalidade do parasitoide, sendo: Classe 1= < 25% (inócuo); Classe 2= 25-50% (levemente nocivo); Classe 3= 51-75% (moderadamente nocivo); Classe 4= > 75% (nocivo) (HASSAN, 1997)

2.3.2 Efeito de inseticidas sobre a capacidade de parasitismo por *Tamarixia radiata*

Como foram utilizados apenas os produtos considerados seletivos no teste de efeito direto, todos os produtos permitiram o parasitismo da geração maternal e da geração F_1 , assim como a emergência dos parasitoides da geração F_1 e F_2 , sendo significativamente diferentes na maioria dos parâmetros: parasitismo F_0 ($\chi^2 = 291,83$; $df = 5$; $p < 0,01$), emergência F_1 ($\chi^2 = 11,66$; $df = 5$; $p < 0,05$), duração F_1 ($f = 0,91$; $df = 5, 60$; $p = 0,48$), razão sexual F_1 ($\chi^2 = 13,79$; $df = 5$, $p = 0,01$), parasitismo F_1 ($\chi^2 = 291,83$; $df = 5$; $p < 0,01$), emergência F_2 ($\chi^2 = 18,67$; $df = 5$; $p < 0,01$) duração F_2 ($F = 1,77$; $df = 4, 44$; $p = 0,15$), razão sexual F_2 ($\chi^2 = 1,80$; $df = 5$; $p = 0,87$) e longevidade F_2 ($F = 7,19$; $df = 5, 79$; $p < 0,01$).

As fêmeas sobreviventes à exposição dos resíduos de inseticidas e que foram ofertadas para ninfas do psíldeo *D. citri* realizaram o parasitismo em todos os tratamentos, entretanto, todas as médias diferiram do tratamento controle, quando se realizou análise de proporções (Tabela 3). Com relação à redução da capacidade de parasitismo, o tratamento Mimic® foi o que causou maior efeito, reduzindo em 79% a capacidade de parasitismo, e a menor redução observada foi com o inseticida Trebon®, reduzindo o parasitismo em 33%. Entretanto, todos os inseticidas foram enquadrados como levemente nocivos (classe 2), segundo índices da categoria toxicológica proposto pela IOBC/WPRS. A menor taxa de parasitismo observado em fêmeas expostas ao resíduo dos inseticidas Mimic® e Tiger®, provavelmente pode ser explicada pelo fato desses produtos pertencerem ao grupo dos reguladores de crescimento. Apesar desse grupo ser mais específico em fases imaturas dos insetos, podem ter interferido na morfologia e/ou fisiologia de *T. radiata*, acarretando em menor parasitismo quando comparado com o controle (Tabela 3).

Nexide® e Trebon®, pertencentes ao grupo dos piretroides, são considerados nocivos para diversos inimigos naturais. Como o resíduo desses produtos não causaram altas mortalidades ao parasitoide testado, esses piretroides podem ter, também, interferido na morfologia e/ou fisiologia de *T. radiata*, diminuindo o parasitismo da geração exposta aos resíduos dos inseticidas. Mesma característica ocorre com o inseticida Azamax®, que por ser de origem botânica, é considerado seletivo para inimigos naturais (Tabela 3).

Esses resultados indicam que, em estudos de seletividade, além dos efeitos diretos, deve-se também analisar os efeitos subletais, determinando-se o efeito dos inseticidas nos parâmetros biológicos, comportamentais e demográficos.

Apesar desses inseticidas afetarem o parasitismo da geração F_0 de *T. radiata*, a emergência da geração F_1 foi alta, com diferenças significativas apenas para os inseticidas Azamax® e Tiger® do tratamento controle (Tabela 4). A duração e razão sexual dos descendentes não foram afetadas. Entretanto, quando esses adultos, geração F_1 , foram submetidos ao parasitismo novamente, observou-se redução na capacidade de parasitismo para todos os tratamentos, com menor redução para o inseticida Trebon®, que foi considerado inócuo (classe 1), com valor inferior a 30% de redução. Os demais foram enquadrados como levemente nocivos (classe 2), sendo a maior redução observada no tratamento Azamax®, com 64,8%. A porcentagem de parasitismo de todos os tratamentos diferiu do controle na geração F_1 , porém, foi maior do que o parasitismo observado para a geração F_0 (Tabela 3 e 4).

Os reguladores de crescimento e inseticidas botânicos são geralmente considerados seletivos para inimigos naturais. Entretanto, pesquisas têm mostrado que alguns reguladores de crescimento podem reduzir a taxa de parasitismo por *Trichogramma* sp. (CHEN et al., 2013), conforme também observado para *T. radiata* no presente trabalho.

Os inseticidas Azamax®, Nexide® e Trebon® afetaram a porcentagem de emergência da geração F_2 , ocasionando 22,7; 38,3 e 57,7% de emergência, respectivamente. Mimic® e Tiger® não interferiram na emergência da geração F_2 , sendo significativamente iguais ao controle (Tabela 5). A duração de ovo a adulto, a razão sexual e longevidade de machos e fêmeas da geração F_2 não foi afetada por nenhum inseticida (Tabela 5).

Portanto, os parasitoides sobreviventes à exposição dos resíduos de inseticidas alteram sua capacidade de parasitismo, porém, não interferem na emergência, duração, razão sexual e longevidade. Além disso, não foram observados adultos de *T. radiata* deformados.

Pratissoli et al. (2003) verificaram que o ingrediente ativo tebufenozide não afetou o percentual de parasitismo, a viabilidade e a razão sexual de *T. pretiosum* em ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae); Consoli, Botelho e Parra (2001) verificaram que a capacidade de parasitismo de *T. galloi*

obtido de fêmeas que emergiram de ovos parasitados tratados com tebufenozide não foi afetada, tanto para geração F_0 quanto para a F_1 e, Viana et al. (2009), estudando efeito do tebufenozide em ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) sob duas populações de *T. pretiosum*, observaram uma porcentagem de parasitismo para a geração F_0 de 47,3 e 61%, porcentagem de emergência de 78,1 e 88,7%; e porcentagem de parasitismo da geração F_1 de 83,4 e 47,7%, resultados semelhantes aos encontrados no presente trabalho. Alguns resultados divergem, pois os pesquisadores ofereceram ovos tratados com inseticidas para os parasitoides. Nesse trabalho, adultos de *T. radiata* foram expostos aos resíduos de inseticidas antes do parasitismo.

Azamax® afetou a capacidade de parasitismo tanto da geração F_0 quanto da F_1 , reduzindo em 58 e 64,8% o parasitismo (Tabelas 3 e 4), resultados semelhantes aos obtidos por Correia (2012) que avaliou a capacidade de parasitismo de *T. pretiosum* e verificou que o ingrediente ativo azadirachtin afetou o parasitismo, mas não alterou a razão sexual e a duração do período ovo-adulto, sendo semelhantes ao controle. Entretanto, Chen et al. (2013) verificaram que o ingrediente ativo azadirachtin não afetou significativamente a emergência da geração F_1 do parasitoide *T. nubilale*, mas afetou a capacidade de parasitismo da geração F_0 .

No presente trabalho, Trebon® foi enquadrado como levemente nocivo e inócuo (classe 2 e 1) para as gerações F_0 e F_1 , respectivamente. Contrariamente, Moscardini et al. (2008) relataram que etofenproxi causou redução de 98,5% na capacidade de parasitismo de *T. pretiosum*, sendo considerado moderadamente nocivo (Classe 3) e afetou a razão sexual de indivíduos da geração F_1 . Tais diferenças podem ser devido os diferentes insetos estudados.

Souza et al. (2013) avaliando o impacto de inseticidas na capacidade de parasitismo de *T. pretiosum*, verificaram que etofenproxi foi moderadamente prejudicial, sendo enquadrado como moderadamente nocivo (classe 3). Goulart et al. (2008) verificaram que etofenproxi reduziu 44,4% o parasitismo da geração F_1 de *T. pretiosum* e 50,2% da geração F_1 de *T. exiguum* e, Goulart et al. (2011) relataram que etofenproxi foi extremamente prejudicial para os parasitoides *T. pretiosum* e *T. exiguum*, sendo considerados nocivo (classe 4). Esses resultados também divergem do encontrado na presente pesquisa. Nos dois primeiros trabalhos, ovos de um hospedeiro foram tratados e oferecidos para o parasitoide. Essa diferença na metodologia e nos insetos utilizados pode ter acarretado alterações nos resultados.

Já no terceiro trabalho, os pesquisadores colocaram os parasitoides expostos aos resíduos pulverizados em placas de vidro para depois realizar o parasitismo. Apesar da semelhança com o presente trabalho, o inseto utilizado foi diferente, assim como o substrato utilizado para manter a geração maternal em exposição, o que também acarreta em diferenças na classe toxicológica.

Pelos resultados obtidos para Tiger®, a sua classificação quanto a redução de emergência e capacidade de parasitismo é levemente nocivo (classe 2) para o parasitoide da geração F_0 e F_1 . Moscardini et al. (2013) estudando o efeito de piriproxyfen sob o predador *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae), verificaram que o produto foi considerado inócuo ao predador (Classe 1) e, Godoy et al. (2010) verificaram que piriproxyfen também foi considerado inócuo para os crisopídeos *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) e *Ceraeochrysa cubana* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae), sendo também classificado como inócuo (Classe 1). Já Carvalho et al. (2010) quando pulverizaram ovos de *A. kuehniella* com piriproxyfen e ofereceram para *T. pretiosum* para avaliar efeitos na capacidade de parasitismo, observaram que esse parâmetro foi reduzido, mas não foi observado efeito negativo na emergência da geração F_1 , resultados estes semelhantes aos obtido no presente trabalho, no qual Tiger® afetou a capacidade de parasitismo da geração F_0 e F_1 .

Carvalho; Parra e Baptista (1999) observaram que o piretroide lambda-cyhalothrin provocou redução na capacidade de parasitismo de adultos de duas linhagens de *T. pretiosum* e, Carvalho, Parra e Baptista (2001) verificaram que os piretroides deltamethrin e lambda-cyhalothrin inibiram a capacidade de parasitismo de *T. pretiosum* quando ovos do hospedeiro *A. kuehniella* foram tratados e oferecidos para o parasitoide. Apesar de não serem utilizados tais ingredientes ativos no presente estudo, Nexide®, que também pertence ao grupo químico dos piretroides, reduziu a capacidade de parasitismo em 68 e 47,6% da geração F_0 e F_1 , respectivamente. Resultados encontrados na literatura por Carmo, Bueno e Bueno (2010) são semelhantes aos obtidos no presente trabalho. Os pesquisadores observaram grande redução no parasitismo por *Telenomus remus* (Nixon) (Hymenoptera: Scelionidae) quando estes foram expostos aos resíduos de gamma-cyhalothrin.

Tabela 3 - Parasitismo médio (%), redução do parasitismo e classe da IOBC/WPRS de adultos de *Tamarixia radiata* expostas a resíduos de diferentes inseticidas

Tratamento	Ingrediente Ativo	F ₀			
		% Parasitismo		% Redução parasitismo ²	Classe IOBC/WPRS ³
		Média ± EP	Proporções ¹		
Azamax®	Azadiractina	19,22 ± 8,48	0,13 c	58	2
Mimic® 240 SC	Tefubenzozide	9,48 ± 5,25	0,13 c	79	2
Nexide®	Gama-cialotrina	14,52 ± 7,31	0,05 d	68	2
Tiger®	Piriproxyfen	26,6 ± 11,84	0,21 b	42	2
Trebon® 100 SC	Etofenproxi	30,93 ± 9,91	0,25 b	33	2
Controle	Água	46,00 ± 10,50	0,44 a	-	-

¹Teste estatístico de igualdade de proporções. Números seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente a nível de 5%. ²Redução de parasitismo calculado através da fórmula $R = (1 - (P/p)) * 100$. ³Classe de toxicidade: classe 1= Inócuo (<30% de redução), classe 2= Levemente nocivo (30% a 79% de redução), classe 3= Moderadamente nocivo (80% a 99% de redução) e classe 4= Nocivo (>99% de redução)

Tabela 4 - Parâmetros biológicos, redução do parasitismo e classe da IOBC/WPRS de adultos da geração F₁ de *Tamarixia radiata* expostas a resíduos de diferentes inseticidas

Tratamento	Ingrediente Ativo	F ₁							Classe IOBC/WPRS ³
		% Emergência		Duração (dias)	Razão Sexual	% Parasitismo		% Redução parasitismo ²	
		Média ± EP	Proporções ¹			Média ± EP	Proporções ¹		
Azamax®	Azadiractina	45,45 ± 2,08	1,00 a	5,99 ± 2,08 a	0,65 ± 0,07 ab	22,80 ± 11,37	0,13 c	64,8	2
Mimic® 240 SC	Tefubenozone	34,80 ± 2,19	0,88 b	9,55 ± 1,86 a	0,40 ± 0,09 b	43,20 ± 6,82	0,13 c	33,3	2
Nexide®	Gama-cialotrina	39,40 ± 2,05	0,92 ab	5,90 ± 2,05 a	0,58 ± 0,10 ab	33,90 ± 20,85	0,05 b	47,6	2
Tiger®	Piriproxyfen	45,50 ± 2,11	1,00 a	6,02 ± 2,11 a	0,61 ± 0,07 ab	42,50 ± 10,45	0,20 b	34,4	2
Trebon® 100 SC	Etofenproxi	69,40 ± 1,86	0,96 ab	5,17 ± 2,19 a	0,68 ± 0,05 a	45,70 ± 10,88	0,25 b	29,3	1
Controle	Água	67,90 ± 1,41	0,90 b	7,25 ± 1,41 a	0,72 ± 0,03 a	64,70 ± 10,66	0,44 a	-	-

¹Teste estatístico de igualdade de proporções. Números seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente a nível de 5%. ²Redução de parasitismo calculado através da fórmula $R = (1 - (P/p)) * 100$. ³Classe de toxicidade: classe 1= Inócuo (<30% de redução), classe 2= Levemente nocivo (30% a 79% de redução), classe 3= Moderadamente nocivo (80% a 99% de redução) e classe 4= Nocivo (>99% de redução)

Tabela 5 - Parâmetros biológicos, redução do parasitismo e classe da IOBC/WPRS de adultos da geração F₂ de *Tamarixia radiata* expostas a resíduos de diferentes inseticidas

Tratamento	Ingrediente Ativo	F ₂					
		% Emergência		Duração (dias)	Razão Sexual	Longevidade	
		Média ± EP	Proporções ¹			Macho	Fêmea
Azamax®	Azadiractina	22,70 ± 11,37	0,56 b	3,62 ± 1,81 a	0,71 ± 0,17 a	14,00 ± NA a	9,25 ± 0,48 a
Mimic® 240 SC	Tefubenozone	86,15 ± 6,15	0,89 ab	10,00*	0,71 ± 0,12 a	10,00 ± 0,80 a	9,40 ± 0,69 a
Nexide®	Gama-cialotrina	38,33 ± 23,51	0,75 b	4,18 ± 2,55 a	0,86 ± 0,09 a	5,50 ± 0,50 a	5,90 ± 0,78 a
Tiger®	Piriproxyfen	68,84 ± 12,52	0,84 ab	8,09 ± 1,42 a	0,68 ± 0,07 a	7,50 ± 0,62 a	6,10 ± 0,85 a
Trebon® 100 SC	Etofenproxi	57,69 ± 12,	0,81 b	7,22 ± 1,55 a	0,71 ± 0,07 a	7,10 ± 0,71 a	4,10 ± 0,56 a
Controle	Água	71,56 ± 11,47	0,93 a	8,54 ± 1,16 a	0,69 ± 0,05 a	6,70 ± 0,75 a	6,50 ± 0,89 a

¹Teste estatístico de igualdade de proporções. Números seguidos da mesma letra não diferem estatisticamente a nível de 5%. NA: número de insetos insuficiente para o cálculo do erro padrão. *Tratamento excluído da análise estatística por não apresentar variabilidade

2.3.3 Efeito de inseticidas sobre pupas de *Tamarixia radiata*

Quando ninfas do psílideo *D. citri* contendo pupas do parasitoide *T. radiata* foram pulverizadas, observou-se que apenas os inseticidas Lorsban® e Perfekthion® afetaram a emergência, com 9 e 37%, respectivamente ($F = 9,17$; $df = 8, 54$; $p < 0,001$). Todos os demais inseticidas testados não diferiram do tratamento controle (Tabela 6). Além disso, Lorsban® e Perfekthion® reduziram o tempo para o parasitoide completar seu ciclo, sendo 1,62 e 6,49 dias, respectivamente, enquanto que a duração no tratamento controle foi de 9,98 dias ($F = 5,58$; $df = 14, 90$; $p < 0,001$). Pelo baixo número de insetos que emergiram quando pupas do parasitoide foram tratadas com Lorsban®, não foi possível calcular a razão sexual e a longevidade para esse tratamento. Já para Perfekthion®, a razão sexual e a longevidade de machos e fêmeas não diferiram do controle (Tabela 6) ($F = 1,19$; $df = 14, 79$; $p = 0,29$) ($F = 1,54$; $df = 11, 231$; $p = 0,11$).

Os adultos que se apresentaram mais debilitados morreram logo após a emergência, indicando a possibilidade de haver resíduo desse produto na ninfa de *D. citri*, visto que a aplicação dos tratamentos foi um ou dois dias antes de sua emergência, com possibilidade de contato no momento da abertura do furo de saída da ninfa. No caso dos inseticidas Perfekthion® e Lorsban®, onde ocorreu baixa emergência, provavelmente o produto penetrou através das ninfas do hospedeiro, matando o parasitoide ainda em seu interior.

Chlorpyrifos foi classificado como um inseticida altamente nocivo a adultos de *T. cacoeciae* por Hassan et al. (1988). Rosenheim e Hoy (1988) demonstraram que dimethoate e chlorpyrifos reduziram o número de descendentes por fêmea em até 90% de *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae) expostos a doses subletais; Carmo et al. (2010) avaliando o efeito de produtos fitossanitários sobre pupas de *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella*, verificaram que chlorpyrifos reduziu a viabilidade do parasitismo, sendo enquadrado como moderadamente nocivo (classe 3); Nörnberg et al. (2009) avaliando o efeito de inseticidas sobre a fase de pupa do parasitoide *T. pretiosum*, observaram que Lorsban® 480 BR reduziu a emergência em 30,6% em relação ao controle e, Carmo et al. (2009) ao avaliar o impacto causado por diferentes agrotóxicos na emergência do parasitoide *T. remus*, quando aplicados na fase de pupa, relataram que chlorpyrifos foi considerado nocivo ao parasitoide, causando redução de 100% na viabilidade do parasitismo, sendo enquadrado como nocivo (classe 4).

Esses inseticidas pertencem ao grupo químico dos organofosforados, que são inseticidas neurotóxicos que atuam na transmissão sináptica, inibindo a enzima acetilcolinesterase, resultando em acúmulo de acetilcolina na fenda sináptica, levando a hiperexcitação do sistema nervoso, causando morte do inseto (OMOTO, 2000).

Os demais produtos não afetaram a emergência, duração, razão sexual e longevidade de machos e fêmeas. Manzoni et al. (2007) estudando o efeito de inseticidas sobre pupas do parasitoide *T. pretiosum*, concluíram que Imidan® 500 PM foi enquadrado como inócuo (classe 1), resultados semelhantes ao obtido no presente trabalho.

Carvalho (2008) verificou que não houve efeito significativo no desenvolvimento do parasitoide *T. radiata* tratado na fase de pupa com os inseticidas Actara® 250 WG (thiamethoxam) e Confidor® 700 GrDA (imidacloprid), ocorrendo 92,9 e 92,6% de emergência. Ainda segundo a autora, os inseticidas não influenciaram significativamente a longevidade e a razão sexual do parasitoide quando expostos a esses produtos na fase de pupa. Matos (2007) não observou efeito nocivo do imidacloprid sobre a fase de pupa do *T. pretiosum* e Carvalho; Parra e Baptista (2003) estudando o efeito dos piretroides deltamethrin e lambda-cyhalothrin em ovos de *A. kuehniella* contendo a pupa do parasitoide *T. pretiosum*, verificaram que ambos os inseticidas não reduziram a longevidade e não alteraram a razão sexual.

O reduzido impacto dos piretroides a pupas de *T. radiata* observado nesse bioensaio deve-se, provavelmente, ao fato da fase de pupa estar protegida pela ninfa do hospedeiro. Apesar de *T. radiata* ser um ectoparasitoide, ela se desenvolve embaixo da ninfa, mumificando-a, aumentando sua proteção contra fatores bióticos e abióticos.

Gonçalves-Gervásio e Vendramim (2004) estudando o efeito do extrato de sementes de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) aplicados em ovos de *A. kuehniella* com o parasitoide *T. pretiosum* na fase de pupa, verificaram que o extrato reduz a emergência do parasitoide em comparação com o controle, divergindo do presente trabalho, no qual 93% dos parasitoides emergiram quando tratados com Azamax® na fase de pupa.

Os inseticidas considerados nocivos para o parasitoide no efeito direto, não reduzem sua emergência quando pulverizados na fase de pupa, exceto para os

organofosforados Lorsban® e Perfekthion®, que se mostraram nocivos para *T. radiata* tanto na fase adulta quanto no estágio de pupa. Portanto, inseticidas mais tóxicos para adultos do parasitoide podem ser utilizados no campo desde que estes não estejam ocorrendo naturalmente ou que não coincida com épocas de liberação do mesmo. Se ninfas parasitadas forem encontradas, pulverizações podem ser realizadas, pois não irão afetar o parasitoide *T. radiata*. Entretanto, mesmo nessas condições deve-se evitar a utilização de Lorsban® e Perfekthion®.

Tabela 6 - Porcentagem de emergência, duração, razão sexual e longevidade de adultos do parasitoide *Tamarixia radiata* pulverizados no 9º dia de desenvolvimento

Tratamento	Ingrediente Ativo	Emergência (%) ¹	Duração ¹	Razão Sexual ¹	Longevidade ¹	
					Macho	Fêmea
Actara® 250 WG	Thiamethoxam	100 ± 0,00*	9,46 ± 2,31 abc	0,74 ± 0,09 a	**	***
Akito®	Cypermethrin	99 ± 4,76 a	14,88 ± 0,77 ab	0,68 ± 0,09 a	5,00 ± *** a	6,14 ± 0,63 a
Azamax®	Azadiracthin	93 ± 3,56 a	10,62 ± 1,20 abc	0,71 ± 0,07 a	4,87 ± 0,85 a	3,67 ± 0,44 a
Imidan® 500 WP	Phosmet	100 ± 0,00*	10,21 ± 1,96 abc	0,71 ± 0,08 a	**	6,75 ± 1,46 a
Lorsban® 480 BR	Chlorpyrifos	9 ± 11,22 b	1,62 ± 1,15 d	**	**	**
Mimic® 240 SC	Tebufozide	95 ± 6,69 a	10,88 ± 0,84 abc	0,59 ± 0,07 a	4,60 ± 0,65 a	6,80 ± 0,98 a
Nexide®	Gamma-cyhalothrin	99 ± 1,42 a	7,06 ± 1,67 bcd	0,71 ± 0,15 a	3,33 ± 1,05 a	4,93 ± 0,61 a
Perfekthion®	Dimethoate	37 ± 17,89 b	6,49 ± 2,84 cd	0,93 ± 0,07 a	5,00 ± *** a	3,67 ± 0,33 a
Provado® 200 SC	Imidacloprid	100 ± 0,00*	13,8 ± 0,50 abc	0,73 ± 0,05 a	***	***
Sumidan® 150 SC	Esfenvalerate	100 ± 0,00*	13,98 ± 0,95 abc	0,82 ± 0,06 a	4,80 ± 0,37 a	5,20 ± 1,09 a
Tiger®	Pyriproxyfen	95 ± 3,72 a	10,55 ± 1,18 abc	0,52 ± 0,12 a	5,00 ± 0,90 a	4,20 ± 0,61 a
Tracer®	Spinosad	97 ± 12,24 a	17,78 ± 2,54 a	0,88 ± 0,16 a	**	***
Trebon® 100 SC	Etofenprox	98 ± 3,80 a	11,23 ± 1,18 abc	0,67 ± 0,09 a	4,20 ± 0,45 a	3,93 ± 0,54 a
Turbo®	Beta-cyfluthrin	100 ± 0,00*	8,57 ± 1,85 bcd	0,61 ± 0,09 a	6,50 ± 0,50 a	5,50 ± 2,18 a
Controle	Água	100 ± 0,00*	9,98 ± 0,95 abc	0,71 ± 0,05 a	3,93 ± 0,53 a	4,13 ± 0,46 a

* Tratamentos excluídos da análise por não apresentarem variabilidade. ** Tratamentos que não emergiram parasitoides. *** Número muito baixo de parasitoides para as análises. ¹Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%

2.4 Conclusões

Com base nos resultados obtidos na presente pesquisa, pode-se concluir:

- 1) Os inseticidas que podem ser utilizados em áreas com liberação de *T. radiata* são Azamax®, Mimic® 200 SC, Nexide®, Tiger® e Trebon® 100 SC, pois são inócuos (Classe 1) à adultos do parasitoide *T. radiata*;
- 2) Actara® 250 WG, Akito®, Applaud®, Dicarzol®, Engeo Pleno®, Imidan® 500 WP, Lorsban® 480 BR, Malathion® 1000 EC, Óleo vegetal Nortox®, Perfekthion®, Provado® 200 SC, Sumidan® 150 SC, Tracer® e Turbo® devem ser evitados nos momentos de liberação de *T. radiata*, pois são nocivos (Classe 4);
- 3) Parasitoides sobreviventes a exposição dos resíduos de inseticidas considerados inócuos para os adultos, em teste de laboratório, alteram sua capacidade de parasitismo; porém, não interferem na emergência, duração, razão sexual e longevidade de seus descendentes, sendo tais inseticidas recomendados em programas de MIP;
- 4) Os inseticidas considerados nocivos para o adulto de *T. radiata*, em teste de laboratório, não reduz sua emergência quando pulverizados na fase de pupa, exceto Lorsban® e Perfekthion®. Portanto, mesmo que os inseticidas sejam considerados tóxicos para adultos do parasitoide, podem ser utilizados no campo em épocas que ocorram ninfas parasitadas.

Referências

- ALBUQUERQUE, F.A.; ROCHA, A.Z.; OLIVEIRA, L.S.N.; SEMCHECHEN, P.P.L.; MULLER, D.O.; KOJIMA, E.A.R. Seletividade do inseticida Ampligo a artrópodes predadores de pragas da cultura da soja. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 32., 2011, São Pedro. **Resumos expandidos...** Londrina: Embrapa, 2011. p. 85-87.
- ALVES, G.R. **Relações tritróficas:** variedades de citros x *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Psyllidae) x *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae). 2012. 69 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2012.

AUBERT, B. *Trioza erytreae* del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae), the two vectors of citrus greening disease: Biological aspects and possible control strategies. **Fruits**, Paris, n. 42, p. 149-162, 1987.

BACCI, L.; CRESPO, A.L.B.; GALVAN, T.L.; PEREIRA, E.J.G.; PICANÇO, M.C.; SILVA, G.A.; CHEDIAK, M. Toxicity of insecticides to the sweet potato whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) and its natural enemies. **Pest Management Science**, Chichester, v. 63, p. 699-706, 2007.

BACCI, L.; PEREIRA, E.J.G.; FERNANDES, F.L.; PICANÇO, M.C.; CRESPO, A.L.B.; CAMPOS, M.R. Seletividade Fisiológica de Inseticidas a Vespas Predadoras (Hymenoptera: Vespidae) de *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). **BioAssay**, Piracicaba, v. 10, n. 1, p. 1-7, 2006.

BACCI, L.; PICANÇO, M.C.; SILVA, E.M.; MARTINS, J.C.; CHEDIAK, M.; SENA, M.E. Seletividade fisiológica de inseticidas aos inimigos naturais de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em brássicas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, ed. esp., p. 2045-2051, 2009.

BOVÉ, J.M. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology**, Pisa, v. 88, p. 7-37, 2006.

BRUNNER, J.F.; DUNLEY, J.E.; DOERR, M.D.; BEERS, E.H. Effect of Pesticides on *Colpoclypeus florus* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Trichogramma platneri* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitoids of leaf rollers in Washington. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 94, n. 5, p. 1075-1084, 2001.

CARMO, E.L.; BUENO, A.F.; BUENO, R.C.O.F. Pesticide selectivity for the insect egg parasitoid *Telenomus remus*. **BioControl**, Dordrecht, v. 55, p. 455-464, 2010.

CARMO, E.L.; BUENO, A.F.; BUENO, R.C.O.F.; VIEIRA, S.S.; GOBBI, A.L.; VASCO, F.R. Seletividade de diferentes agrotóxicos usados na cultura da soja ao parasitoide de ovos *Telenomus remus*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2293-2300, 2009.

CARMO, E.L.; BUENO, A.F.; BUENO, R.C.O.F.; VIEIRA, S.S.; GOULART, M.M.P.; CARNEIRO, T.R. Seletividade de produtos fitossanitários utilizados na cultura da soja para pupas de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 77, n. 2, p. 283-290, 2010.

CARVALHO, G.A.; GODOY, M.S.; PARREIRA, D.S.; LASMAR, O.; SOUZA, J.R.; MOSCARDINI, V.F. Selectivity of growth regulators and neonicotinoids for adults of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Colombiana de Entomología**, Bogotá, v. 36, n. 2, p. 195-201, 2010.

CARVALHO, G.A.; PARRA, J.R.P.; BAPTISTA, G.C. Ação residual de alguns inseticidas pulverizados em plantas de tomateiro sobre duas linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em casa-de-vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, p. 770-775, 1999.

_____. Impacto de produtos fitossanitários utilizados na cultura do tomateiro na fase adulta de duas linhagens de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 560-568, 2001.

_____. Bioatividade de produtos fitossanitários utilizados na cultura do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* MILL.) a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) nas gerações F1 e F2. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 261-270, 2003.

CARVALHO, S.P.L. **Toxicidade de inseticidas neonicotinoides sobre o psíldeo asiático *Diaphorina citri* Kuwayama e o parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston)**. 2008. 59 p Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

CHEN, X.; SONG, M.; QI, S.; WANG, C. Safety evaluation of eleven insecticides to *Trichogramma nubilale* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 106, p. 136-141, 2013.

COCCO, A.; HOY, M.A. Toxicity of organosilicone adjuvants and selected pesticides to the Asian citrus Psyllid (Hemiptera: Psyllidae) and its parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). **Florida Entomologist**, Lutz, v. 91, n. 4, p. 610-620, 2008.

CONSOLI, F.L.; BOTELHO, P.S.M.; PARRA, J.R.P. Selectivity of insecticides to the egg parasitoid *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988, (Hym., Trichogrammatidae). **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 125, p. 37-43, 2001.

CORREIA, A.A. **Avaliação de inseticidas sobre a biologia e embriologia de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e o efeito em *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitóide de ovos**. 2012. 87 p. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2012.

CROFT, B.A. **Arthropod biological control agents and pesticides**. New York: John Wiley, 1990. 723 p.

CROFT, B.A.; BROWN, A.W.A. Responses of arthropod natural enemies to insecticides. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 20, p. 285-335, 1975.

DEGRANDE, P.E.; REIS, P.R.; CARVALHO, G.A.; BELARMINO, L.C. Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. cap. 5, p. 71-93.

FAUVERGUE, X.; QUILICI, S. Etude de certains parametres de la biologie de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae), ectoparasitoide primaire de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), vecteur asiatique du greening des agrumes. **Fruits**, Paris, v. 46, n. 2, p. 179-185, 1991.

FOERSTER, L.A. Seletividade de inseticidas a predadores e parasitóides. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.) **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. cap. 6, p. 95-114.

GAUER, A.R.; MAGANO, D.A.; SILVA, M.S.; ZIMMER, M.; GRÜTZMACHER, A.D. **Efeito de inseticidas piretróides sobre pupas do parasitóide de ovos *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)**. Disponível em: <http://ufpel.edu.br/cic/2011/anais/pdf/CA/CA_01496.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2013.

GIOLO, F.P.; GRÜTZMACHER, A.D.; MANZONI, C.G.; HÄRTER, W.R.; CASTILHOS, R.V.; MÜLLER, C. Toxicidade de agrotóxicos utilizados na cultura do pessegueiro sobre o parasitóide de ovos *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 308-314, 2007.

GODOY, M.S.; CARVALHO, G.A.; CARVALHO, B.F.; LASMAR, O. Seletividade fisiológica de inseticidas em duas espécies de crisopídeos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 45, n. 11, p. 1253-1258, 2010.

GOMEZ-TORRES, M.L. **Estudos bioecológicos de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1907 (Hemiptera: Psyllidae)**. 2009. 138 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

GOMEZ-TORRES, M.L.; NAVA, D.E.; GRAVENA, S.; COSTA, V.A.; PARRA, J.R.P. Registro de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) em *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em São Paulo. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 81, p. 112-117, 2006.

GONÇALVES-GERVÁSIO, R.C.R.; VENDRAMIM, J.D. Efeito de extratos de meliáceas sobre o parasitóide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Neotropical Entomology**, Piracicaba, v. 33, p. 5, p. 607-612, 2004.

GOTTWALD, T.R. Current epidemiological understanding of Citrus Huanglongbing. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 48, p. 119-139, 2010.

GOULART, R.M.; VOLPE, H.X.L.; VACARI, A.M.; THULER, R.T.; BORTOLI, S.A. Insecticide selectivity to two species of *Trichogramma* in three different hosts, as determined by IOBC/WPRS methodology. **Pest Management Science**, Chichester, v. 68, p. 240–244, 2011.

GOULART R.M.; BORTOLI, S.A.; THULER, R.T.; PRATISSOLI, D.; VIANA, C.L.T.P.; VOLPE, H.X.L. Avaliação da seletividade de inseticidas a *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em diferentes hospedeiros. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 75, n. 1, p. 69-77, 2008.

HALL, D.G.; NGUYEN, R. Toxicity of pesticides to *Tamarixia radiata*, a parasitoid of the Asian citrus psyllid. **Biocontrol**, Dordrecht, v. 55, p. 601-611, 2010.

HASEEB, M.; LIU, T.X.; JONES, W.A. Effects of selected insecticides on *Cotesia plutellae*, endoparasitoid of *Plutella xylostella*. **BioControl**, Dordrecht, v. 49, p. 33–46, 2004.

HASSAN, S.A. Métodos padronizados para testes de seletividade, com ênfase em *Trichogramma*. In: PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, 1997. cap. 8, p. 207-233.

HASSAN, S.A.; BIGLER, F.; BOGENSCHÜTZ, H.; BOLLER, E.; BRUN, J.; CHIVERTON, P.; EDWARDS, P.; MANSOUR, F.; NATON, E.; OOMEN, P.A.; OVERMEER, W.P.J.; POLGAR, L.; RIECKMANN, W.; SAMSØE-PETERSEN, L.; STÄUBLI, A.; STERK, G.; TAVARES, K.; TUSET, J.J.; VIGGIANI, G.; VIVAS, A.G. Results of the fourth joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group “Pesticides and Beneficial Organisms”. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 105, p. 321-329, 1988.

HEWA-KAPUGE, S.; MCDOUGALL, S.; HOFFMANN, A.A. Effects of methoxyfenozide, indoxacarb, and other insecticides on the beneficial egg parasitoid *Trichogramma nr. brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) under laboratory and field conditions. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 96, n. 4, p. 1083-1090, 2003.

INSECTICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. Disponível em: <<http://www.irac-online.org/teams/mode-of-action/>>. Acesso em: 04 nov. 2013.

JONES, T.; SCOTT-DUPREE, C.; HARRIS, R.; SHIPP, L.; HARRIS, B. The efficacy of spinosad against the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, and its impact on associated biological control agents on greenhouse cucumbers in southern Ontario. **Pest Management Science**, Chichester, v. 61, p. 179-185, 2005.

LIU, T.X.; ZHANG, Y.M.; PENG, L.N.; ROJAS, P.; TRUMBLE, J.T. Risk assessment of selected insecticides on *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae), a Parasitoid of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 105, n. 2, p. 490-496, 2012.

MANN, R.S.; STELINSKI, L.L. **An Asian citrus psyllid parasitoid *Tamarixia radiata* (Waterston) (Insecta: Hymenoptera: Eulophidae)**. 2010. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/IN/IN85800.pdf>>. Acessado em: 16 jun. 2012.

MANZONI, C.G.; GRÜTZMACHER, A.D.; GIOLO, F.P.; HÄRTER, W.R.; CASTILHOS, R.V.; PASCHOAL, M.D.F. Seletividade de agroquímicos utilizados na produção integrada de maçã aos parasitóides *Trichogramma pretiosum* Riley e *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **BioAssay**, Piracicaba, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2007.

MATOS, M.M. **Seletividade a *Trichogramma atopovirilia* Oatan & Platner 1983 de agroquímicos utilizados na citricultura paulista para o controle do bicho-furão-dos-citros *Gymnandrosoma aurantianum* Lima 1927.** 2007. 54 p.

Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

MOSCARDINI, V.F.; MOURA, A.P.; CARVALHO, G.A.; LASMAR, O. Efeito residual de inseticidas sintéticos sobre *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym., Trichogrammatidae) em diferentes gerações. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 30, n. 2, p. 177-182, 2008.

MOSCARDINI, V.F.; GONTIJO, P.C.; CARVALHO, G.A.; OLIVEIRA, R.L.; MAIA, J.B.; SILVA, F.F. Toxicity and sublethal effects of seven insecticides to eggs of the flower bug *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). **Chemosphere**, Amsterdam, v. 92, p. 490–496, 2013.

MOURA, A.P.; CARVALHO, G.A.; PEREIRA, A.E.; ROCHA, L.C.D. Selectivity evaluation of insecticides used to control tomato pests to *Trichogramma pretiosum*. **BioControl**, Dordrecht, v. 51, p. 769–778, 2006.

NAVA, D.E.; TORRES, M.L.G.; RODRIGUES, M.D.L.; BENTO, J.M.S.; PARRA, J.R.P. Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different hosts and different temperatures. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 131, p. 9-10, 2007.

NOGUEIRA, R.F.; LIMAJR, I.S.; BERTONCELLO, T.F.; MELO, E.P.; SUEKANE, R.; DEGRANDE, P.E. Efeito de inseticidas piretróides sobre inimigos naturais das pragas do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 11., 2007, Uberlândia. **Resumos...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2007. p. 53-55.

NÖRNBERG, S.D.; GRÜTZMACHER, A.D.; KOVALESKI, A.; CAMARGO, E.S.; PASINI, R.A. Toxicidade de agrotóxicos utilizados na produção integrada de maçã a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em condições de laboratório. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 15, n. 1, p. 49-56, 2009.

OMOTO, C. Modo de ação dos inseticidas e resistência de insetos a inseticidas. In: GUEDES, J.C.; COSTA, I.D.; CASTIGLIONI, E. (Ed.). **Bases e técnicas de manejo de insetos**. Santa Maria: Departamento. Defesa Fitossanitária, 2000. p. 30-49.

PARRA, J.R.P. **Controle biológico das pragas dos citros**. Bebedouro: EECB, 2002. 37 p.

PRATISSOLI, D.; PEREIRA, F.F.; OLIVEIRA, H.N.; THULER, R.T. Ação de Tebufenozide em *Spodoptera frugiperda* (LEP.:NOCTUIDAE) e no parasitóide *Trichogramma pretiosum* (HYM.: TRICHOGRAMMATIDAE). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 120-124, 2003.

REIS, P.R.; CHIAVEGATO, L.G.; MORAES, G.J.; ALVES, E.B.; SOUSA, E.O. Seletividade de agroquímicos ao ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma (Acari: Phytoseiidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 265-274, 1998.

ROCHA, L.C.D.; CARVALHO, G.A. Adaptação da metodologia padrão da IOBC para estudos de seletividade com *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em condições de laboratório. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 315-320, 2004.

RODRIGUES, J.C.V.; CHILDERS, C. C. Óleo no manejo de pragas e doenças em citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 23, n. 1, p. 77-100, 2002.

ROSENHEIM, J.A.; HOY, M.A. Sublethal effects of pesticides on the parasitoid *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 81, p. 476-483, 1988.

SILVA, J.B.C.; GIORDANO, L.B.; FURUMOTO, O.; BOITEUX, L.S.; FRANÇA, F.H.; BÔAS, G.L.V.; BRANCO, M.C.; MEDEIROS, M.A.; MAROUELLI, W.; SILVA, W.L.C.; LOPES, C.A.; ÁVILA, A.C.; NASCIMENTO, W.M.; PEREI, W. **Cultivo de tomate para industrialização: pragas – traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*)**. 2006. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 04 nov. 2013.

SOUZA, J.R.; CARVALHO, G.A.; MOURA, A.P.; COUTO, M.H.G.; MAIA, J.B. Impact of insecticides used to control *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in corn on survival, sex ratio, and reproduction of *Trichogramma pretiosum* Riley offspring. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, v. 73, n. 2, p. 122-127, 2013.

STARK, J.D.; BANKS, J.E.; ACHEAMPONG, S. Estimating susceptibility of biological control agents to pesticides: influence of life history strategies and population structure. **Biological Control**, Orlando, v. 9, p. 92-398, 2004.

SUH, C.P.C.; ORR, D.B.; DUYN, J.W.V. Effect of insecticides on *Trichogramma exiguum* (Trichogrammatidae: Hymenoptera) preimaginal development and adult survival. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 93, n. 3, p. 577-583, 2000.

TEIXEIRA, D.C.; DANET, J. L.; EVEILLARD, S.; MARTINS, E.C.; DE JESUS JR, W.C.; YAMAMOTO, P.T.; LOPES, S.A.; BASSANEZI, R.B.; AYRES, A.J.; SAILLARD, C.; BOVÉ, J.M. Citrus huanglongbing in São Paulo, Brazil: PCR detection of the 'Candidatus' Liberibacter species associated with the disease. **Molecular and Cellular Probes**, Columbia, v. 19, p. 173-179, 2005.

TORRES, J.B.; SILVA-TORRES, C.S.A.; OLIVEIRA, J.V. Toxicity of pymetrozine and thiamethoxam to *Aphelinus gossypii* and *Delphastus pusillus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 4, p. 459-466, 2003.

VIANNA, U.R.; PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J.C.; LIMA, E.R.; BRUNNER, J.; PEREIRA, F.F.; SERRÃO, J.E. Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effect on descendant generation. **Ecotoxicology**, New York, v. 18, p. 180–186, 2009.

WATERSTON, J. On the chalcidoid parasites of psyllids (Hemiptera: Homoptera). **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 13, p. 41-58, 1922.

WILLIAMS, T.; VALLE, J.; VIÑUELA, E. Is the naturally derived insecticide spinosad® compatible with insect natural enemies? **Biocontrol Science and Technology**, Alberta, v. 13, p. 459-475, 2003.

ZOTTI, M.J.; GRÜTZMACHER, A.D.; GRÜTZMACHER, D.D.; DALMAZO, G.O.; MARTINS, J.F.S. Seletividade de inseticidas usados na cultura do milho para ninfas e adultos do predador *Doru lineare* (Eschscholtz, 1822) (Dermaptera: Forficulidae) em condições de semi-campo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 14, n. 3, p. 96-105, 2008.

3 EFEITO DA AÇÃO RESIDUAL DE INSETICIDAS RECOMENDADOS PARA PRODUÇÃO INTEGRADA DE CITROS SOBRE O ECTOPARASITOIDE *Tamarixia radiata*

Resumo

Diaphorina citri Kuwayama, vetor das bactérias associadas ao huanglongbing (HLB), é a principal praga dos citros na atualidade, sendo um dos métodos principais de controle a utilização do ectoparasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston). No entanto, a utilização indiscriminada de produtos químicos prejudica esse controle. Desta forma, objetivou-se com o presente trabalho, avaliar o efeito da ação residual (persistência biológica) de 24 inseticidas recomendados para a produção integrada de citros sobre o parasitoide *T. radiata*, além de determinar a toxicidade diferencial de inseticidas para o psíldeo *D. citri* e para *T. radiata*. Para isso, adultos do parasitoide foram expostos aos resíduos dos inseticidas pulverizados sobre mudas de citros da variedade 'Valência'. Decorridos 3, 7, 10, 17, 24 e 31 dias após a pulverização dos tratamentos, folhas foram retiradas e, no laboratório, com auxílio de um vazador metálico, foram obtidos discos de folha, os quais foram acondicionados em placas de Petri sobre uma mistura geleificada de ágar-água. Posteriormente, 10 adultos do parasitoide com idade de até 48 horas foram introduzidos em cada placa e vedadas com tecido voil sob a respectiva tampa. O estudo foi conduzido à temperatura de $25\pm 1^\circ\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$ e fotofase 14 h. Para cada tratamento realizou-se cinco repetições. Após 24 horas de exposição aos resíduos avaliou-se a mortalidade dos insetos. Foram realizados três bioensaios seguindo a mesma metodologia. No primeiro, avaliando a persistência dos 24 inseticidas, observou-se que 25% dos inseticidas foram considerados de vida curta (classe 1), 37,5% levemente persistente (classe 2), 29,2% moderadamente persistente (classe 3) e 8,3% persistente (classe 4). No segundo bioensaio, foram avaliados doses subletais de inseticidas nocivos e persistentes para *T. radiata* e, observou-se que Dicarzol®, Perfekthion® e Tracer®, independente de sua dosagem utilizada, são nocivos para o parasitoide. No terceiro bioensaio, foi estudada a toxicidade diferencial de oito inseticidas (Akito®, Danimen® 300 EC, Engeo Pleno®, Karate Zeon® 50 CS, Lorsban® 480 BR, Perfekthion®, Provado® 200 SC e Talstar® 100 EC) entre o psíldeo *D. citri* e o parasitoide *T. radiata*. Dentre os produtos testados, Lorsban® e Talstar® foram mais nocivos para *T. radiata*, não sendo recomendados em época de liberação ou de ocorrência natural do parasitoide no campo. Akito®, Provado® e Perfekthion® mostraram-se eficientes no controle do psíldeo *D. citri* e com baixa toxicidade para o parasitoide, sendo os mais recomendados em programas de MIP. Portanto, a escolha de um inseticida para controle de pragas dos citros deve ser feita de maneira cautelosa, visando a preservação dos inimigos naturais no ecossistema, contribuindo assim, para o sucesso do controle biológico.

Palavras-chave: Toxicidade; Seletividade; MIP; Doses subletais

Abstract

Diaphorina citri Kuwayama, vector of bacteria associated with the huanglongbing (HLB), is the main pest of citrus currently, and one of the main methods of control is the use of the ectoparasitoid *Tamarixia radiata* (Waterston). However, the exaggerated use of chemicals hinders this control. Thus, this study evaluated the effect of the residual action (biological persistence) of 24 insecticides recommended for integrated production of citrus on the parasitoid *T. radiata*, in addition to determining the differential toxicity of insecticides for the psyllid *D. citri* and *T. radiata*. For that purpose, adults of the parasitoid were exposed to residues of insecticides sprayed on seedlings of citrus variety 'Valencia'. At 3, 7, 10, 17, 24 and 31 days after spraying of the treatments, we collected leaves and, in the laboratory, with the aid of a metallic punch, leaf disks were obtained, which were packed in Petri dishes on a jelly mixture of agar-water. Later, 10 adult parasitoids with age up to 48 h were introduced to each plate and sealed with voil fabric under its cover. The study was conducted at a temperature of $25\pm1^{\circ}\text{C}$, RH $70\pm10\%$ and photophase of 14 h. For each treatment, we performed five repetitions. After 24 h of exposure to residues, we evaluated the mortality of insects. Three bioassays were carried out following the same methodology. In the first, we assessed the persistence of 24 insecticides, we observed that 25% of all insecticides were considered short-life (class 1), 37.5% slightly persistent (class 2), 29.2% moderately persistent (class 3) and 8.3% persistent (class 4). In the second bioassay, sublethal doses harmful and persistent insecticides to *T. radiata* were evaluated and we observed that Dicarzol®, Perfekthion® and Tracer®, regardless of the dosage used, are harmful to the parasitoids. In the third bioassay, we studied differential toxicity of eight insecticides (Akito®, Danimen® 300 EC, Engeo Pleno®, Karate Zeon® 50 CS, Lorsban® 480 BR, Perfekthion®, Provado® 200 SC and Talstar® 100 EC) between the psyllid *D. citri* and the parasitoid *T. radiata*. Among the products tested, Lorsban® and Talstar® were more harmful to *T. radiata* and are not recommended at the time of release or natural occurrence of the parasitoid in the field. Akito®, Provado® and Perfekthion® proved to be efficient in the control of psyllid *D. citri* with low toxicity to the parasitoid, and are the most recommended in IPM programs. Therefore, the choice for an insecticide for the control of citrus pests must be made carefully, aiming at the preservation of natural enemies in the ecosystem, thereby contributing to the success of biological control.

Keywords: Toxicity; Selectivity; IPM; Sublethal doses

3.1 Introdução

O Brasil ocupa posição de destaque no cenário agrícola mundial como maior produtor de citros, com cerca de 30% da produção mundial. Este setor, entretanto, sofreu uma queda de 20% do total da produção ao longo dos últimos seis anos, grande parte de responsabilidade do Huanglongbing (HLB) ou Greening, uma severa doença que vem assolando a citricultura mundial e que foi registrada no país em 2004 (FNP, 2013; TEIXEIRA et al., 2005).

A presença do psílídeo *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) nos pomares de citros no Brasil tem gerado grande preocupação nos últimos anos, com a detecção de “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” e “*Ca. Liberibacter americanus*”, bactérias associadas ao HLB nas principais regiões citrícolas do estado de São Paulo em 2004 (TEIXEIRA et al., 2005).

O HLB tem sido considerado pelos pesquisadores como a maior ameaça à citricultura, devido às suas características, uma vez que não há medida curativa e a doença vem sendo disseminada rapidamente nas diferentes regiões produtoras (BELASQUE JR et al., 2010; GOTTWALD, 2010).

Assim, o manejo da doença está focado em medidas preventivas, tais como: plantio de mudas saudáveis e certificadas, erradicação de plantas doentes e controle do inseto vetor, o psílídeo *D. citri* (BOVÉ, 2006; BELASQUE JR et al., 2010; GOTTWALD, 2010).

O psílídeo é controlado naturalmente no agrossistema por entomopatógenos, predadores e parasitoides. Estes últimos têm proporcionado excelentes resultados em programas de controle biológico clássico ao redor do mundo. Dentre eles, o parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) vem sendo estudado devido ao seu potencial, sendo essa espécie registrada no Brasil em 2005 parasitando ninfas de *D. citri* em pomares comerciais (GOMEZ-TORRES et al., 2006).

Segundo Parra et al. (2010), *T. radiata* é um importante agente de controle biológico de *D. citri*, sendo um componente adicional no manejo integrado de pragas (MIP) na citricultura; no entanto, o maior problema associado ao uso do parasitoide é a aplicação sistemática de produtos químicos com amplo espectro de ação no controle do psílídeo. Os mesmos autores ainda propõem algumas alternativas para o problema, como a liberação de *T. radiata* em áreas orgânicas de citros ou mesmo em áreas com grande quantidade do hospedeiro alternativo do psílídeo (*Murraya paniculata*) ou em pomares abandonados, a fim de aumentar a população do parasitoide para posterior dispersão do inimigo natural para as áreas comerciais de citros. Ou ainda, utilizar produtos químicos seletivos no controle do psílídeo, a fim de preservar os parasitoides na área.

Agroquímicos podem causar a mortalidade dos inimigos naturais agindo por contato, ingestão e menos comum, por respiração. Podem também afetar os inimigos naturais indiretamente, matando ou contaminando seus hospedeiros ou

presas (PICONE; TASSEL, 2002). Inimigos naturais são geralmente mais sensíveis aos efeitos de pesticidas do que seus hospedeiros ou presas devido, principalmente, por serem de menor tamanho, hábito de se deslocarem muito para procurar alimento e às vezes a enzima de destoxificação ser menos desenvolvida quando comparados aos seus hospedeiros ou presas.

Em vista da importância dos inimigos naturais e da necessidade de utilização de inseticidas seletivos como parte de um programa de MIP, de modo a preservá-los, no presente trabalho é apresentado um estudo abordando a seletividade e o impacto de inseticidas na população do parasitoide *T. radiata* como um modelo em que é possível aliar o controle químico com o biológico, preservando sua atividade e contribuindo para a diminuição da utilização de produtos químicos para o controle de pragas e consequentemente diminuição dos custos de produção.

Um dos pontos importantes a ser abordado quando se trata de produtos seletivos é o efeito da ação residual dos inseticidas sobre o parasitoide. Hall e Nguyen (2010) realizaram estudos de toxicidade de resíduos de 16 pesticidas nas folhas de citros até aos 22 dias após a pulverização (DAP) e verificaram que os ingredientes ativos chlorpyrifos, carbaryl e fenpropathrin foram tóxicos para *T. radiata* até 22 DAP. Estudos como esse e com o parasitoide *T. radiata* são escassos e devem ser realizados para determinar o período residual de cada produto químico, visto que um produto pode ser tóxico nos primeiros dias após a aplicação e seu efeito residual ser curto. Esses estudos são fundamentais para o manejo adequado das liberações do parasitoide nas áreas de produção de citros.

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar o efeito residual de inseticidas recomendados para a produção integrada de citros sobre o parasitoide *T. radiata*, assim como determinar a toxicidade diferencial de inseticidas para o psílideo *D. citri* e para *T. radiata*.

3.2 Material e Métodos

A criação do parasitoide *T. radiata* e de seu hospedeiro *D. citri*, assim como os bioensaios, foram realizados no Laboratório de Biologia de Insetos e no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP, em Piracicaba/SP.

3.2.1 Criação de manutenção de *Diaphorina citri*

Os insetos utilizados no estudo foram provenientes da criação de manutenção do Laboratório de Biologia de Insetos do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP.

A técnica de criação foi adaptada de Gomez-Torres (2009), seguindo mesma metodologia do item 2.2.1 do capítulo 2.

3.2.2 Criação de manutenção de *Tamarixia radiata*

Para a criação do parasitoide *T. radiata* foram oferecidas plantas contendo ninfas de 4° e 5° instares de *D. citri* provenientes da criação de manutenção (item 2.2.1) e seguindo mesma metodologia do item 2.2.2 do capítulo 2.

3.2.3 Teste de persistência de inseticidas sobre *Tamarixia radiata*

Esse experimento foi dividido em duas etapas. No início de 2012 foi realizado o bioensaio de persistência com 11 inseticidas, sendo todos recomendados para o controle do psíldeo *D. citri*. Os inseticidas utilizados foram: Actara® 250 WG, Ampligo®, Azamax®, Engeo Pleno®, Evidence® 700 WG, Imidan® 500 WP, Lorsban® 480 BR, Malathion® 1000 EC, Provado® 200 SC, Sumidan® 150 SC e Tiger® 100 EC, em suas maiores doses recomendadas, conforme Tabela 1 do capítulo 2. Em setembro do mesmo ano outro bioensaio foi realizado, composto por 13 inseticidas recomendados para a produção integrada de citros. Os tratamentos foram: Akito®, Applaud®, Decis Ultra® 100 EC, Dicarzol®, Karate Zeon® 50 CS, Mimic® 240 SC, Óleo Mineral Argenfrut®, Óleo Vegetal Nortox®, Perfekthion®, Saurus®, Tracer®, Trebon® 100 SC e Turbo® em suas maiores doses recomendadas, conforme Tabela 1 do capítulo 2.

Para a avaliação da persistência do efeito nocivo de inseticidas sobre o parasitoide *T. radiata*, mudas de laranjeira doce da variedade ‘Valência’ com idade aproximada de 120 dias, com altura entre 80 e 100 cm e com aproximadamente 20 folhas expandidas, cultivadas em vaso e mantidas em casa de vegetação foram pulverizadas com os inseticidas com auxílio de um pulverizador manual Guarany® equipado com bico cone vazio, com capacidade de 5 litros até o ponto de escoamento (cerca de 20 ml por planta). Decorridos 3, 7, 10, 17, 24 e 31 dias após a pulverização (DAP) dos tratamentos, conforme recomendações da International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and

Plants/West Palearctic Regional Section (IOBC/WPRS), cinco folhas por tratamento foram coletadas e transportadas para o laboratório. De cada folha foi seccionado um disco de 4,0 cm de diâmetro com auxílio de um vazador e introduzidas sobre uma camada de gel formada a partir de uma solução geleificada de ágar:água a 2,5% no interior de placas de Petri de 4,5 cm de diâmetro.

Adultos de *T. radiata* foram anestesiados com CO₂ por aproximadamente cinco segundos e introduzidos nas placas contendo os respectivos tratamentos. Para o fechamento da placa foi colocado um pedaço de tecido *voil* para evitar a fuga dos insetos, sendo fixado pela tampa, que possui um orifício (2,5 cm de diâmetro) na região central permitindo a aeração para que não houvesse acúmulo de vapores tóxicos. Sobre o tecido, foi colocada uma gotícula de mel que serviu de alimento para os parasitoides.

Foram avaliados 24 inseticidas e um tratamento controle (água). Foram utilizadas as maiores doses recomendadas para o controle de insetos-praga em citros. O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos com parcelas casualizadas com cinco repetições por tratamento, sendo cada uma formada por 10 adultos com idade de até 48 horas.

A avaliação da mortalidade foi realizada 24 horas após a exposição dos adultos de *T. radiata* aos respectivos tratamentos, quantificando o número de insetos vivos e mortos no interior de cada placa. Foram considerados vivos os insetos que apresentaram estímulo ao toque de um pincel de cerdas macias.

Os bioensaios foram mantidos em sala climatizada à temperatura de 25 ± 1°C, UR de 70 ± 10% e fotofase de 14 h.

Os dados de mortalidade foram transformados em arc sen ($\sqrt{x}$), visando homogeneidade da variância (homocedasticidade) e distribuição normal, e analisados pelo teste F. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando-se o software estatístico “R”, versão 3.0.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

Quando os produtos reduziram em menos de 30% a mortalidade dos insetos em comparação ao controle, foram classificados de acordo com a escala de persistência da 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, 1997).

3.2.4 Teste de persistência de doses subletais de inseticidas para *Tamarixia radiata*

Nesse bioensaio foram utilizados três inseticidas considerados nocivos para o parasitoide *T. radiata* em diferentes doses subletais. Os inseticidas e as dosagens utilizadas nesse bioensaio foram Tracer® (15; 11,25; 7,5; 3,75 mL do produto comercial (PC)/100 L água), Dicarzol® (25; 18,75; 12,5; 6,25 mL de PC/100 L água) e Perfekthion® (500; 200; 150; 100 mL de PC/100L água), valores correspondentes a 100, 75, 50 e 25% da dosagem recomendada para a cultura dos citros.

Foi seguida a mesma metodologia do item 3.2.3, avaliando-se a mortalidade 24 h após o início dos experimentos.

Os dados de mortalidade foram transformados em arc sen ($\sqrt{x}$), visando homogeneidade da variância (homocedasticidade) e distribuição normal, e analisados pelo teste F. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando-se o software estatístico “R”, versão 3.0.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

Quando os produtos reduziram em menos de 30% a mortalidade dos insetos em comparação ao controle, foram classificados de acordo com a escala de persistência da 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, 1997).

3.2.5 Toxicidade diferencial de inseticidas entre *Diaphorina citri* e *Tamarixia radiata*

Para a avaliação da toxicidade diferencial entre o psíldeo *D. citri* e o parasitoide *T. radiata*, oito inseticidas (Akito® - 25 ml do produto comercial (PC)/100 L água, Danimen® 300 EC – 50 ml PC/100 L água, Engeo Pleno® - 15 ml PC/100 L água, Karate Zeon® 50 CS – 20 ml PC/100 L água, Lorsban® 480 BR – 150 ml PC/100 L água, Perfekthion® - 200 ml PC/100 L água, Provado® 200 SC – 20 ml PC/100 L água e Talstar® 100 EC – 20 ml PC/100 L água) foram utilizados nesse bioensaio.

Foram utilizadas as maiores doses recomendadas para o controle de insetos-praga em citros.

Para isso, adultos de *D. citri* e de *T. radiata* foram expostos a resíduos dos inseticidas pulverizados sobre mudas de citros da variedade 'Valência' conforme metodologia descrita no item 3.2.3.

O delineamento experimental foi o inteiramente aleatorizado com nove tratamentos e cinco repetições. A avaliação da mortalidade foi realizada 24 h após a liberação dos insetos.

Os dados de mortalidade foram transformados em $\arcsin(\sqrt{x})$, visando homogeneidade da variância (homocedasticidade) e distribuição normal, e analisados pelo teste F. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando-se o software estatístico "R", versão 3.0.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Teste de persistência de inseticidas sobre *Tamarixia radiata*

Como não ocorreu mortalidade dos parasitoides do tratamento controle e a metodologia para ambos os bioensaios foi a mesma ($F = 47,12$; $df = 11, 288$; $p < 0,001$; $CV = 26,47\%$) ($F = 35,42$; $df = 13, 336$; $p < 0,001$, $CV = 49,59\%$), os resultados foram apresentados juntos.

A mortalidade com 3 dias após a pulverização (DAP) variou muito entre os tratamentos, sendo os inseticidas Perfekthion®, Tracer® e Engeo Pleno® causadores de maior mortalidade dos parasitoides (100%), já o óleo mineral Argenfrut® causou baixa mortalidade (Figura 1a e 1b).

Dentre os inseticidas testados, seis foram classificados como de vida curta, ou seja, causaram mortalidade dos parasitoides superior a 30% por menos de 5 dias após a pulverização, sendo eles: Saurus®, Turbo®, óleo mineral Argenfrut®, Óleo Vegetal Nortox®, Mimic® 240 SC e Azamax® (Tabela 1a e 1b). Tais produtos pertencem aos seguintes grupos químicos: neonicotinoide, piretroide, óleo, regulador de crescimento e tetranortriterpenoide, respectivamente.

Resultados similares foram obtidos por Costa et al. (2003), que estudando a ação residual de inseticidas para larvas de *Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae), verificaram que o inseticida Mimic® 240 SC foi classificado como sendo de vida curta (classe 1). Esse inseticida pertence ao grupo dos reguladores de crescimento, tendo uma maior ação sobre larvas e/ou ninfas.

Como adultos do parasitoide foram expostos ao resíduo do produto, não houve altas mortalidades ao longo do tempo.

Biondi et al. (2013) estudando o efeito de inseticidas sobre adultos do parasitoide *Bracon nigricans* Szépligeti (Hymenoptera: Braconidae), relataram que o resíduo de azadirachtin não causou mortalidade dos parasitoides até 10 dias após pulverização (DAP) e, Momanyi et al. (2012) expondo adultos do parasitoide *Trichogramma* sp. em resíduos de inseticidas pulverizados sobre folhas de tomate, verificaram que para as duas espécies estudadas, *Trichogramma* sp. nr. *lutea* e *T.* sp. nr. *mwanzai*, o inseticida Achook® (azadirachtin) foi considerado de vida curta (classe 1 de persistência). Azadirachtin (Azamax®), que é um inseticida botânico e Mimic®, um regulador de crescimento de insetos, são geralmente considerados seguros para o ambiente e para os inimigos naturais (ZENG et al., 2002 apud CHEN et al., 2013), podendo ser utilizados em programas de MIP.

Segundo Rodrigues e Childers (2002), óleos derivados de petróleo não são seletivos, mas têm uma atividade residual curta. Isso foi verificado, pois no bioensaio de efeito direto (capítulo 2, item 2.3.1), verificou-se que tanto o óleo vegetal como o mineral não foram seletivos para *T. radiata*, causando mortalidade de 97,6% e 65,9% dos parasitoides testados, respectivamente. Estudando o efeito de sua ação residual, observa-se que os óleos causaram baixa ou não causaram mortalidade do parasitoide com 3 DAP, mantendo a mortalidade baixa até os 31 DAP.

Cloyd e Dickinson (2006) estudando efeito da ação residual de inseticidas sobre o parasitoide *Leptomastix dactylopii* Howard (Hymenoptera: Encyrtidae), verificaram que acetamiprid causou mortalidade de 20% dos parasitoides com 72 h após a pulverização, resultados semelhantes aos obtido no presente trabalho, no qual Saurus® causou 27% de mortalidade com 3 DAP (Figura 1a).

Os inseticidas Applaud®, Akito®, Decis Ultra® 100 EC, Karate Zeon® 50 CS, Ampligo®, Lorsban® 480 BR, Malathion® 1000 EC, Provado® 200 SC e Tiger® foram considerados levemente persistente, enquadrados na classe 2 (Tabela 1a, 1b e 2), causando mortalidade que variou entre 66 e 96% dos parasitoides com 3 DAP. Com 10 DAP, a ação residual destes produtos decresceu consideravelmente, não causando alta mortalidade dos parasitoides, com exceção de Lorsban® e Provado®, que causaram 57 e 43% de mortalidade e após 17 dias, a mortalidade foi inferior a 13% para ambos os inseticidas. A maior mortalidade foi verificada quando os adultos de *T. radiata* foram expostos ao resíduo de Akito®, causando quase 100% de

mortalidade ao parasitoide. Porém, a persistência do efeito nocivo foi baixa aos 10 DAP e a mortalidade foi inferior a 30%. Dentre os produtos levemente persistentes (classe 2), Applaud® pertence ao grupo químico das tiadiazinona, Ampligo® pertence ao grupo da antranilamida + piretroide, Lorsban® e Malathion® pertencem ao grupo dos organofosforados, Provado® dos neonicotinoides, Tiger® é representante do grupo éter piridiloxipropílico e os demais pertencem ao grupo dos piretroides.

Os piretroides, por serem pouco polares, têm degradação razoável no meio ambiente (GALLO et al., 2002). Isso explica o fato da maioria dos inseticidas testados desse grupo causarem alta mortalidade com 3 DAP, mas seu resíduo não persistir por muito tempo nas folhas das plantas pulverizadas.

Alguns resultados da literatura divergem dos encontrados no presente trabalho. No presente trabalho Karate Zeon® 50 CS e Malathion® 1000 EC foram classificados como levemente persistentes (classe 2). Entretanto, Momanyi et al. (2012) expondo adultos dos parasitoides *Trichogramma* sp. nr. *lutea* e *Trichogramma* sp. nr. *Mwanzai* em resíduos de inseticidas pulverizados sobre folhas de tomate, verificaram que para as duas espécies estudadas, o inseticida Karate® (lambda-cyhalothrin) foi classificado como persistente (classe 4) e Malathion® 50 EC (malathion) foi classificado como moderadamente persistente (classe 3). Essa diferença pode ser explicada pela diferença no substrato, nas concentrações e ingredientes inertes dos inseticidas, bem como do inseto utilizado nos testes, sendo espécies do gênero *Trichogramma* sp. mais sensíveis quando comparados aos adultos de *T. radiata*. Essa maior sensibilidade de *Trichogramma* sp. pode ser devido apresentarem menor tamanho corporal.

Os inseticidas Perfekthion®, Trebon® 100 EC, Actara® 250 WG, Engeo Pleno®, Evidence® 700 WG, Imidan® 500 WP e Sumidan® 150 SC foram considerados moderadamente persistentes (classe 3), causando alta mortalidade dos parasitoides (Tabela 1a, 1b e 2). A mortalidade inicial, com 3 DAP, dos parasitoides testados variou entre 60 e 100%, sendo Perfekthion® e Engeo Pleno® os mais nocivos, causando mortalidade de 100% dos parasitoides. Os resíduos dos produtos continuaram causando altas mortalidades até aos 10 DAP para Perfekthion®, até aos 17 DAP para Engeo Pleno® e Actara®, e até os 24 DAP para Imidan® e Evidence® (Tabela 2). Entretanto, apesar da persistência do efeito nocivo de Evidence® manter-se até os 24 DAP, a mortalidade nesse período variou de 38 a

60% (Figura 1b). Giolo et al. (2008) estudaram a duração da atividade residual do inseticida Tiomet® 400 CE (dimethoate) sobre adultos de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae), e o enquadraram como levemente persistente (classe 2). Esse resultado pode ter diferido do encontrado no presente trabalho pelo fato do produto comercial utilizado ser diferente, o que contribui para aumentar ou não sua toxicidade.

Momanyi et al. (2012) expondo adultos dos parasitoides *Trichogramma* sp. nr. *lutea* e *Trichogramma* sp. nr. *mwanzai* em resíduos de inseticidas pulverizados sobre folhas de tomate, verificaram que Rogor® 40 EC (dimethoate) foi classificado como moderadamente persistente (classe 3), resultado semelhante ao obtido no presente trabalho.

Dos 24 inseticidas testados, apenas Tracer® e Dicarzol® foram considerados persistentes (classe 4) para o parasitoide *T. radiata* (Tabela 2), causando altas mortalidades durante todo o experimento, sendo que com 31 DAP, os inseticidas ainda causaram 55 e 45% de mortalidade dos parasitoides, respectivamente (Figura 1a).

Brunner et al. (2001), estudando o efeito da ação residual de diversos inseticidas sob o parasitoide *Colpoclypeus florus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae), verificaram que formetanate causou alta mortalidade até 14 DAP. Essa divergência com o resultado apresentado no presente trabalho pode estar relacionado com o produto utilizado, visto que no trabalho citado, os pesquisadores utilizaram o produto comercial Carzol® 92 SP, enquanto no presente trabalho foi utilizado o Dicarzol®, cujas substâncias inertes e formulações são diferentes, o que podem ter potencializado o efeito nocivo do produto sobre o parasitoide *T. radiata*, além dos estudos contemplarem diferentes parasitoides.

Quanto ao efeito de spinosad, Biondi et al. (2013) verificaram que spinosad causou alta mortalidade aos adultos do parasitoide *B. nigricans* até 10 DAP, resultado diferente ao obtido no presente trabalho, cuja mortalidade permaneceu alta até os 31 DAP. Segundo Biondi et al. (2012), spinosad tem toxicidade aguda para muitos himenópteros parasitoides. Broughton, Harrison e Rahman (2013) observando a influência de resíduos de pesticidas no predador *Orius armatus* (Gross) (Heteroptera: Anthocoridae), relataram que spinosad foi moderadamente nocivo até 72 h após a pulverização do produto. Portanto, esses inseticidas devem ser evitados em programas de MIP, podendo ser utilizados em épocas que o

parasitoide *T. radiata* não ocorre naturalmente no campo ou em épocas que não coincidam com liberações do mesmo.

O efeito residual de inseticidas pode ser afetado por diversos fatores bióticos e abióticos, como a degradação do composto pela atividade metabólica da planta, as condições climáticas, o mecanismo de ação do produto, a metodologia de pulverização dos compostos e a própria espécie ou variedade da planta (GALLO et al., 2002). Sendo assim, é de se esperar que, ao longo do tempo, as moléculas tóxicas tenham seu potencial de ação diminuído por algum dos fatores acima citados e com isso menores taxas de mortalidade sejam observados. No presente trabalho, índices menores de mortalidade foram observados após 31 dias da pulverização em relação aos resíduos verificados com 3 dias (Tabela 1a e 1b). Para os produtos cuja diminuição não foi significativa (Tabela 1a e 1b), pode se inferir que a taxa de degradação não foi suficiente para interferir na letalidade do composto. Entretanto, não é possível afirmar a causa dessa lenta degradação uma vez que em casa de vegetação, apesar de estarem mais protegidas do que em campo, as plantas contendo os inseticidas não estão isentas de variações de temperatura, umidade relativa e incidência de luz solar.

Trabalhos similares de persistência devem ser realizados em condições de campo para a definição do período de tempo necessário para liberações de *T. radiata* após uma pulverização com um determinado inseticida, pois, em condições de campo, as plantas estão expostas à chuva, orvalho e outros fatores abióticos.

Tabela 1a - Mortalidade média de adultos do parasitoide *Tamarixia radiata* expostas a resíduos de inseticidas registrados na produção integrada de citros ao longo do tempo

Nome Comercial	Ingrediente Ativo	Média adultos mortos ¹ (n=10)					
		3 DAP	7 DAP	10 DAP	17 DAP	24 DAP	31 DAP
Akito®	Cipermetrina	9,6 ± 0,2 Aa	6,8 ± 1,6 ABab	3,6 ± 1,3 BCbc	3,0 ± 0,7 BCbcd	1,4 ± 0,9 Cab	1,4 ± 0,4 Cab
Applaud®	Buprofezina	8,2 ± 0,7 Aabc	4,0 ± 1,3 Ababc	1,8 ± 1,3 Bc	2,8 ± 0,7 Bbcd	1,8 ± 0,6 Bab	3,2 ± 1,5 Bab
Argenfrut®	Óleo mineral	1,2 ± 0,4 Ae	0,6 ± 0,2 Ac	1,2 ± 0,2 Ac	1,8 ± 0,4 Abcd	0,8 ± 0,6 Aab	0,8 ± 0,4 Aab
Decis Ultra® 100 EC	Deltametrina	7,8 ± 1,2 Aabc	3,2 ± 1,7 Bbc	3,4 ± 1,3 Bbc	3,0 ± 0,9 Bbcd	2,6 ± 0,7 Bab	2,4 ± 1,3 Bab
Dicarzol®	Formetanat	9,2 ± 0,6 ABab	9,6 ± 0,4 ABa	10,0 ± 0,0 Aa	6,8 ± 1,0 BCab	4,4 ± 1,6 Ca	4,6 ± 1,4 Cab
Karate Zeon® 50 CS	Lambda-cialotrina	7,0 ± 1,0 Aabcd	4,0 ± 1,4 ABbc	3,2 ± 1,8 ABbc	2,4 ± 1,2 Bbcd	2,0 ± 0,5 Bab	2,4 ± 1,3 Bbc
Mimic® 240 SC	Tebufenozide	2,8 ± 1,2 Ade	1,0 ± 0,5 Ac	1,6 ± 0,6 Ac	3,0 ± 1,4 Abcd	1,8 ± 0,7 Aab	1,2 ± 0,8 Aab
Nortox®	Óleo vegetal	3,4 ± 1,6 Acde	0,6 ± 0,2Ac	1,0 ± 0,4 Ac	1,6 ± 1,0 Abcd	1,0 ± 0,5 Aab	1,8 ± 0,9 Aab
Perfekthion®	Dimetoato	10,0 ± 0,0 Aa	9,0 ± 0,6 Aa	9,6 ± 0,4 Aa	3,0 ± 1,2 Bbcd	3,4 ± 1,2 Bab	4,2 ± 1,0 Bab
Saurus®	Acetamiprido	3,6 ± 1,6 Acde	0,8 ± 0,4 Ac	0,8 ± 0,2 Ac	1,0 ± 0,4 Ad	1,0 ± 0,6 Aab	1,6 ± 1,0 Aab
Tracer®	Espinosade	10,0 ± 0,0 Aa	8,0 ± 1,5 ABab	9,8 ± 0,2 Aa	8,4 ± 0,7 ABa	4,8 ± 1,5 Ba	5,6 ± 1,0 Ba
Trebon® 100 SC	Etofenproxi	9,6 ± 0,4 Aa	6,6 ± 1,2 ABab	8,0 ± 0,6 ABab	5,8 ± 1,1 Babc	2,0 ± 1,3 Cab	1,2 ± 0,7 Cab
Turbo®	Beta-ciflutrina	4,4 ± 1,4 Abcde	0,8 ± 0,6 Bc	2,4 ± 0,7 ABc	2,8 ± 0,5 ABbcd	2,4 ± 0,9 ABab	0,6 ± 0,4 Bb
Controle	-	1,2 ± 0,5 Ae	0,2 ± 0,2 Ac	1,0 ± 0,4 Ac	1,4 ± 0,4 Acd	0,0 ± 0,0 Ab	0,2 ± 0,2 Ab

¹Médias seguidas por letra maiúscula nas linhas e letras minúsculas nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%

Tabela 1b - Mortalidade média de adultos do parasitoide *Tamarixia radiata* expostas a resíduos de inseticidas registrados para o controle do psíldeo *Diaphorina citri* ao longo do tempo

Tratamento	Ingrediente Ativo	Média adulto mortos (n=5)					
		3 DAP	7 DAP	10 DAP	17 DAP	24 DAP	31 DAP
Actara® 250 WG	Thiamethoxam	4,8 ± 0,20 Aa	4 ± 0,32 Aab	4,2 ± 0,58 Aa	3,8 ± 0,20 Aa	1,8 ± 0,20 Bab	0,4 ± 0,24 Ba
Ampligo®	Chlorantraniliprole + lambda-cyhalothrin	3,8 ± 0,37 Aab	1,6 ± 0,93 Bef	0,8 ± 0,20 Bde	0,2 ± 0,20 Bf	0,2 ± 0,20 Bb	0,4 ± 0,24 Ba
Azamax®	Azadirachtina	0,8 ± 0,20 Ac	0,2 ± 0,20 Af	0,4 ± 0,24 Ae	0,4 ± 0,24 Aef	0,2 ± 0,20 Ab	0,4 ± 0,24 Aa
Engeo Pleno®	Thiamethoxam + lambda-cyhalothrin	5 ± 0,00 Aa	4,8 ± 0,20 Aa	3 ± 0,32 Babc	2 ± 0,32 Bbcde	1,6 ± 0,40 Bab	1,6 ± 0,40 Ba
Evidence® 700 WG	Imidacloprid	3 ± 0,45 Ab	2 ± 0,45 Acde	2,2 ± 0,66 Abcd	2,6 ± 0,24 Aabc	2,2 ± 0,37 Aa	0,4 ± 0,24 Ba
Imidan® 500 WP	Phosmet	4 ± 0,45 Aab	4,4 ± 0,40 Aab	4,4 ± 0,24 Aa	3,4 ± 0,60 ABab	2,2 ± 0,37 ABa	0,6 ± 0,40 Ca
Lorsban® 480 BR	Chlorpyrifos	4,6 ± 0,24 Aab	2,2 ± 0,20 BCcde	3 ± 0,32 Babc	0,8 ± 0,49 CDdef	0,8 ± 0,20 CDab	0,6 ± 0,24 Da
Malathion® 1000 EC	Malationa	4,4 ± 0,40 Aab	3,4 ± 0,40 Aabcd	1,6 ± 0,40 Bcde	1,4 ± 0,24 Bcdef	0,6 ± 0,40 Bab	0,4 ± 0,24 Ba
Provado® 200 SC	Imidacloprid	4 ± 0,32 Aab	3,6 ± 0,68 ABabc	2,4 ± 0,68 BCbcd	0,8 ± 0,58 Ddef	1,4 ± 0,24 CDab	0,8 ± 0,20 Da
Sumidan® 150 SC	Esfenvarelate	4,8 ± 0,20 Aa	2,8 ± 0,20 BCbcde	3,8 ± 0,20 ABab	2,4 ± 0,51 BCDabcd	1,8 ± 0,58 CDab	1,2 ± 0,49 Da
Tiger® 100 EC	Pyriproxyfen	4,6 ± 0,24 Ab	1,8 ± 0,37 Bdef	0,8 ± 0,37 Bde	0,4 ± 0,24 Bef	0,6 ± 0,24 Bab	0,6 ± 0,24 Ba
Controle	Água	0 ± 0,00 Ac	0,2 ± 0,20 Af	0,4 ± 0,24 Ae	0,2 ± 0,20 Af	0,2 ± 0,20 Ab	0,2 ± 0,20 Aa

¹Médias seguidas por letra maiúscula nas linhas e letras minúsculas nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%

Figura 1a - Mortalidade corrigida de inseticidas recomendados para a produção integrada de citros sobre o parasitoide *Tamarixia radiata* ao longo do tempo. Gráficos elaborados no software SigmaPlot 10.0

Mortalidade (%)

Dias Após a Pulverização (DAP)

Figura 1a - Mortalidade corrigida de inseticidas recomendados para a produção integrada de citros sobre o parasitoide *Tamarixia radiata* ao longo do tempo. Gráficos elaborados no software SigmaPlot 10.0

Dias Após a Pulverização (DAP)

Figura 1b - Mortalidade corrigida de inseticidas recomendados para o controle do psilídeo dos citros sobre o parasitoide *Tamarixia radiata* ao longo do tempo. Gráficos elaborados no software SigmaPlot 10.0

Figura 1b - Mortalidade corrigida de inseticidas recomendados para o controle do psíldeo dos citros sobre o parasitoide *Tamarixia radiata* ao longo do tempo. Gráficos elaborados no software SigmaPlot 10.0

Tabela 2 - Classe de persistência biológica segundo índices da IOBC/WPRS

Nome Comercial	Ingrediente Ativo	Classe IOBC/WPRS ¹
Actara® 250 WG	Thiamethoxam	3
Akito®	Cypermethrin	2
Ampligo®	Chlorantraniliprole + Lambda-cyhalothrin	2
Applaud®	Buprofezin	2
Azamax®	Azadirachtin	1
Decis Ultra® 100 EC	Deltamethrin	2
Dicarzol®	Formetanate	4
Engeo Pleno®	Lambda-cyhalothrin + thiamethoxam	3
Evidence® 700 WG	Imidacloprid	3
Imidan® 500 WP	Phosmet	3
Karate Zeon® 50 CS	Lambda-cyhalothrin	2
Lorsban® 480 BR	Chlorpyrifos	2
Malathion® 1000 EC	Malathion	2
Mimic® 200 SC	Tebufenozide	1
Óleo mineral Argenfrut®	Óleo mineral	1
Óleo vegetal Nortox®	Óleo vegetal	1
Perfekthion®	Dimethoate	3
Provado® 200 SC	Imidacloprid	2
Saurus®	Acetamiprid	1
Sumidan® 150 SC	Esfenvarelate	3
Tiger® 100 EC	Piriproxyfen	2
Tracer®	Spinosad	4
Trebon® 100 SC	Etofenproxi	3
Turbo®	Beta-cyfluthrin	1

¹Classes da IOBC/WPRS em função da mortalidade do parasitoide, sendo: Classe 1 = Vida curta (< 5 dias); Classe 2 = Levemente persistente (5 – 15 dias); Classe 3 = Moderadamente persistente (16 – 30 dias); Classe 4 = Persistente (> 31 dias) (HASSAN, 1997)

3.3.2 Teste de persistência de doses subletais de inseticidas para *Tamarixia radiata*

No bioensaio de doses subletais verificou-se diferenças estatísticas entre os tratamentos ($F = 36,78$; $df = 12, 312$, $p < 0,001$, $CV = 47,18\%$). Observou-se que, para o inseticida Tracer®, conforme aumenta sua dose, aumenta a classe de persistência proposta pela IOBC/WPRS (Tabela 4). Quando foi testado 25% de sua

concentração recomendada, a mortalidade foi de 100% com 3 e 7 DAP e 55% com 10 DAP, após esse período o resíduo do inseticida não causou maiores mortalidades, sendo enquadrado como levemente persistente, classe 2 (Figura 2 e Tabela 3). Com 50 e 75% da concentração recomendada, a mortalidade dos parasitoides permaneceu alta até aos 24 DAP para a concentração de 50% e com 17 DAP para 75% da concentração recomendada, sendo ambas as concentrações enquadradas como moderadamente persistente, classe 3 (Tabela 4). A concentração recomendada para controle de pragas do inseticida Tracer® causou altas mortalidades durante todo o experimento, sendo considerado persistente (classe 4) para o parasitoide *T. radiata* (Tabela 4).

Com 25% da concentração recomendada do inseticida Dicarzol®, o inseticida foi enquadrado como moderadamente persistente (classe 3), causando altas mortalidades até 24 DAP. Já as demais concentrações utilizadas causaram mortalidades altas até 31 DAP, sendo que com 100% da dose ocasionou 91% de mortalidade dos parasitoides com 31 DAP (Tabela 3). Portanto, as doses subletais de 50 e 75% e a dose empregada em campo foram enquadradas como persistentes (classe 4), sendo quaisquer doses consideradas nocivas para o parasitoide *T. radiata* (Tabela 4).

Todas as doses testadas do inseticida Perfekthion® foram consideradas levemente persistentes (classe 2), causando altas mortalidades com 3 e 7 DAP, mas a partir dos 10 DAP houve redução da mortalidade (Tabela 3 e 4). Esses resultados são similares aos obtidos por Bacci et al. (2009) para o parasitoide *Oomyzus sokolowski* (Kurdjumov) (Hemiptera: Eulophidae) e sobre o predador *Lasiochilus* sp. (Hemiptera: Anthocoridae). Como esse inseticida pertence ao grupo químico dos organofosforados, é considerado tóxico para diversos inimigos naturais.

Portanto, tais inseticidas, independente de sua concentração utilizada, não são recomendados em programas de MIP, visto que, mesmo em doses menores àquelas indicadas para o controle de pragas, causaram mortalidade superior a 30% até os 10 DAP (Tracer®), 24 DAP (Dicarzol®) e 7 DAP (Perfekthion®) (Figura 2 e Tabela 3).

Estudos em condições de campo devem ser realizados para verificar se esses inseticidas causam mortalidades altas dos parasitoides, visto que no campo ocorrem maiores influências de fatores abióticos.

Tabela 3 - Número de adultos mortos ao longo do tempo para diferentes inseticidas em diferentes dosagens, correspondente a 25%, 50%, 75% e 100% da dose recomendada

Tratamento	Ingrediente Ativo	Dosagem (mL/100L)	Média adulto mortos (n=5) ¹					
			3 DAP	7 DAP	10 DAP	17 DAP	24 DAP	31 DAP
Tracer®	Spinosad	3,75	10,00 ± 0,00 Aa	10,00 ± 0,00 Aa	5,60 ± 0,98 Bbcd	1,20 ± 0,58 Ccd	2,60 ± 0,51 BCcde	3,00 ± 1,10 BCbcd
Tracer®		7,5	9,80 ± 0,20 Aa	9,80 ± 0,20 Aa	9,40 ± 0,40 Aab	7,20 ± 1,16 ABab	4,20 ± 0,80 BCbcde	1,00 ± 0,63 Cd
Tracer®		11,25	10,00 ± 0,00 Aa	10,00 ± 0,00 Aa	9,00 ± 1,00 Aab	7,40 ± 1,17 ABab	1,80 ± 1,56 BCde	4,20 ± 1,74 Cbcd
Tracer®		15	10,00 ± 0,00 Aa	10,00 ± 0,00 Aa	9,40 ± 0,40 ABab	6,80 ± 1,16 ABCab	6,20 ± 0,97 BCabc	4,40 ± 1,12 Cbcd
Dicarzol®	Formetanate	6,25	9,80 ± 0,20 Aa	7,00 ± 1,52 ABab	4,40 ± 1,57 BCcde	4,80 ± 0,66 BCbc	7,20 ± 1,66 ABab	2,80 ± 1,71 Cbcd
Dicarzol®		12,5	10,00 ± 0,00 Aa	9,80 ± 0,20 ABa	8,20 ± 1,20 ABCabc	6,20 ± 1,32 Cab	5,80 ± 1,69 Cabcd	6,40 ± 1,12 BCab
Dicarzol®		18,75	10,00 ± 0,00 Aa	9,80 ± 0,20 Aa	5,40 ± 1,72 Bbcd	8,40 ± 0,81 Abab	5,60 ± 0,81 Bbcd	5,60 ± 1,40 Babc
Dicarzol®		25	10,00 ± 0,00 Aa	9,40 ± 0,40 Aa	10,00 ± 0,00 Aa	9,00 ± 0,77 Aa	9,80 ± 0,20 Aa	9,20 ± 0,58 Aa
Perfekthion®	Dimethoate	100	9,80 ± 0,20 Aa	8,00 ± 0,77 Aab	0,40 ± 0,40 Bef	1,80 ± 1,20 Bcd	0,40 ± 0,40 Be	0,80 ± 0,37 Bd
Perfekthion®		150	10,00 ± 0,00 Aa	8,20 ± 0,86 Aab	2,00 ± 0,89 Bdef	0,80 ± 0,80 Bcd	0,60 ± 0,40 Be	1,60 ± 1,12 Bcd
Perfekthion®		200	9,80 ± 0,20 Aa	9,60 ± 0,24 Aa	3,40 ± 1,03 Bdef	0,20 ± 0,20 Bd	2,20 ± 0,86 Bcde	3,00 ± 1,55 Bbcd
Perfekthion®		500	10,00 ± 0,00 Aa	9,40 ± 0,60 Aa	0,40 ± 0,24 Bef	0,60 ± 0,40 Bd	0,60 ± 0,24 Be	2,20 ± 1,07 Bcd
Controle	-	-	3,80 ± 1,98 Ab	4,20 ± 0,58 Ab	0,20 ± 0,20 Bf	1,20 ± 0,73 Abcd	0,80 ± 0,58 ABe	1,00 ± 0,63 ABd

¹Médias seguidas por letra maiúscula nas linhas e letras minúsculas nas colunas não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%

Tabela 4 - Classe de persistência biológica segundo índices da IOBC/WPRS

Tratamento	Ingrediente Ativo	Dosagem (mL/100L)	IOBC / WPRS
Tracer®	Spinosad	3,75 (25%)	2
Tracer®		7,5 (50%)	3
Tracer®		11,25 (75%)	3
Tracer®		15 (100%)	4
Dicarzol®	Formetanate	6,25 (25%)	3
Dicarzol®		12,5 (50%)	4
Dicarzol®		18,75 (75%)	4
Dicarzol®		25 (100%)	4
Perfekthion®	Dimethoate	100 (25%)	2
Perfekthion®		150 (50%)	2
Perfekthion®		200 (75%)	2
Perfekthion®		500 (100%)	2

¹Classes da IOBC/WPRS em função da mortalidade do parasitoide, sendo: Classe 1 = vida curta (< 5 dias); Classe 2 = levemente persistente (5 – 15 dias); Classe 3 = moderadamente persistente (16 – 30 dias); Classe 4 = persistente (> 31 dias) (HASSAN, 1997)

Dias Após a Pulverização (DAP)

Figura 2 - Mortalidade corrigida de três inseticidas, em doses subletais diferentes, sobre o parasitoide *Tamarixia radiata* ao longo do tempo. Gráficos elaborados no software SigmaPlot 10.0

Figura 2 - Mortalidade corrigida de três inseticidas, em doses subletais diferentes, sobre o parasitoide *Tamarixia radiata* ao longo do tempo. Gráficos elaborados no software SigmaPlot 10.0

3.3.3 Toxicidade diferencial de inseticidas entre *Diaphorina citri* e *Tamarixia radiata*

Neste bioensaio, foram selecionados oito inseticidas mais utilizados na cultura dos citros para controle do psíldeo *D. citri*, visando conhecer, também, seus efeitos no parasitoide *T. radiata*. Os inseticidas testados pertencem aos seguintes grupos químicos: Organofosforados (Lorsban® 480 BR e Perfekthion®), piretroides (Akito®, Danimen® 300 EC, Karate Zeon® 50 CS e Talstar® 100 EC), neonicotinoide (Provado® 200 SC) e piretroide + neonicotinoide (Engeo Pleno®).

Houve diferenças estatísticas entre os tratamentos ($F = 31,49$; $df = 8, 432$; $p<0,001$). Os inseticidas Akito®, Provado® e Perfekthion® causaram maior mortalidade do psíldeo *D. citri* ao longo do tempo do que do parasitoide *T. radiata* (Tabela 5 e Figura 3). Entretanto, para o inseticida Perfekthion®, o efeito sobre o parasitoide aos 3 DAP foi alto, com 100% de mortalidade, com baixo efeito após 7

DAP. Esse resultado indica que, se for aplicado esse inseticida, a liberação de *T. radiata* somente deverá ser realizado após 10 dias.

Karate Zeon® 50 CS e Engeo Pleno® apresentaram efeitos semelhantes tanto para *D. citri* como para *T. radiata*. Estudos realizados no campo mostraram que esses inseticidas reduziram a população do psíldeo até 33 DAP (YAMAMOTO et al., 2009) e Beloti et al. (2008) verificaram que Engeo Pleno® apresentou mortalidade de psíldeos adultos superior a 90% até os 23 DAP

Contudo, Danimen® 300 EC apresentou efeito inicial maior para *D. citri* e Após 7 DAP, o efeito foi mais acentuado sobre o parasitoide *T. radiata* (Figura 3).

A eficácia de Provado® no controle do psíldeo *D. citri* foi comprovado por Beloti et al. (2008), que verificaram mortalidade de psíldeos adultos superior a 90% até os 23 DAP. Da mesma forma, Yamamoto et al. (2009) estudando a eficiência de inseticidas de contato para controle do psíldeo *D. citri* em um experimento de campo, verificaram que Perfekthion® reduziu a população dos adultos com 1 h após a aplicação, mantendo-a baixa até os 33 DAP.

Portanto, inseticidas como Akito®, Provado® e Perfekthion® que possuem baixa toxicidade para o parasitoide *T. radiata* e eficiência no controle do psíldeo podem ser recomendados em programas de MIP.

Lorsban® 480 BR e Talstar® 100 EC foram mais nocivos ao parasitoide do que ao vetor das bactérias associadas ao HLB. Esses dois inseticidas apresentaram uma diferença em suas toxicidades, sendo o parasitoide *T. radiata* mais sensível aos seus resíduos. Portanto, esses inseticidas devem ser evitados em época de liberação do parasitoide ou quando estes estiverem ocorrendo naturalmente no campo.

Os resultados encontrados no trabalho foram divergentes, visto que inseticidas do mesmo grupo químico apresentaram diferenças na mortalidade da praga e do inimigo natural. Enquanto Perfekthion® causou maior mortalidade do psíldeo do que do parasitoide, Lorsban® que pertence ao mesmo grupo químico – organofosforado – apresentou maior mortalidade do parasitoide do que do psíldeo. Dentro do grupo químico dos piretroides, Akito® causou maior mortalidade do psíldeo, Danimen® exibiu mortalidade semelhante de ambos os insetos, enquanto Talstar® expressou maior mortalidade do parasitoide. Essa variação na mortalidade pode ter sido agravada ou atenuada pelo fato dos inseticidas utilizados apresentarem ingredientes ativos, substâncias inertes, formulações, classificações

toxicológicas, peso molecular e concentrações diferentes, o que pode culminar para a maior mortalidade ou não do psílídeo ou do parasitoide.

Apesar de estudos na literatura relatando a toxicidade diferencial de inseticidas para o psílídeo *D. citri* e para o parasitoide *T. radiata* ao longo do tempo serem escassos, pode-se afirmar que a diferença na toxicidade de ambos os insetos esteja relacionado com a seletividade fisiológica, ou seja, quando ambos entraram em contato direto com o resíduo dos inseticidas, ocorreu maior atividade do inseticida sobre a praga do que sobre o inimigo natural. Na seletividade fisiológica estão envolvidos os processos de absorção, penetração, transporte e ativação de inseticidas, os quais, quando agem em diferentes intensidades, resultam em toxicidade diferencial entre duas espécies. Outros processos envolvidos na seletividade fisiológica incluem a retenção do inseticida em tecido gorduroso e sua excreção e metabolismo seletivos, este último englobando a destoxificação e a insensibilidade dos pontos de ação no inseto (FOERSTER, 2002).

A possibilidade de obtenção de seletividade fisiológica com inseticidas neurotóxicos é reduzida em virtude da similaridade no processo de transmissão dos impulsos nervosos entre as diferentes ordens de insetos. No entanto, apesar da similaridade no modo de ação de inseticidas neurotóxicos dentro da classe Insecta, resultados apontam a existência de mecanismos fisiológicos em predadores e parasitoides, os quais conferem a esses inimigos naturais maior tolerância a certos inseticidas neurotóxicos, em função de níveis diferenciais de absorção, penetração, metabolismo e excreção em relação a insetos fitófagos (FOERSTER, 2002).

Figura 3 - Mortalidade corrigida de oito inseticidas sobre o psíldeo *Diaphorina citri* e o parasitoide *Tamarixia radiata*

Tabela 5 - Número médio de adultos mortos de oito inseticidas para o psíldeo *Diaphorina citri* e para o parasitoide *Tamarixia radiata* ao longo do tempo

Nome Comercial	Ingrediente Ativo	Inseto	Média adultos mortos ¹ (n=10)					
			3 DAP	7 DAP	10 DAP	17 DAP	24 DAP	31 DAP
Akito	Cypermethrin	<i>D. citri</i>	8,4 ± 0,5 a	8,0 ± 0,7 a	5,8 ± 1,3 a	2,4 ± 0,5 a	4,4 ± 1,2 a	3,2 ± 0,8 a
		<i>T. radiata</i>	4,4 ± 1,8 b	4,6 ± 0,2 b	2,0 ± 0,7 b	0,8 ± 0,6 b	2,2 ± 0,4 a	0,4 ± 0,2 b
Danimen 300 EC	Fenpropathrin	<i>D. citri</i>	9,4 ± 0,4 a	3,2 ± 1,7 b	0,0 ± 0,0 b	0,4 ± 0,2 b	0,8 ± 0,4 b	0,8 ± 0,2 a
		<i>T. radiata</i>	6,0 ± 0,9 b	5,2 ± 1,3 a	2,6 ± 0,2 a	3,0 ± 1,3 a	4,4 ± 0,5 a	1,4 ± 0,2 a
Engeo Pleno	Lambda-cyhalothrin + thiamethoxam	<i>D. citri</i>	9,6 ± 0,4 a	5,8 ± 1,4 b	4,8 ± 1,2 a	1,8 ± 0,8 a	3,4 ± 1,1 a	0,0 ± 0,0 b
		<i>T. radiata</i>	9,0 ± 0,3 a	8,2 ± 0,9 a	5,4 ± 1,5 a	3,6 ± 1,1 a	5,4 ± 0,7 a	2,4 ± 0,6 a
Karate Zeon 50 CS	Lambda-cyhalothrin	<i>D. citri</i>	8,0 ± 0,7 a	5,6 ± 1,7 a	2,8 ± 1,5 a	2,4 ± 0,5 a	1,8 ± 0,6 a	1,6 ± 1,0 a
		<i>T. radiata</i>	5,8 ± 1,2 a	5,4 ± 1,0 a	3,8 ± 1,0 a	3,0 ± 1,2 a	3,2 ± 0,7 a	0,6 ± 0,4 a
Lorsban 480 BR	Chlorpyrifos	<i>D. citri</i>	8,8 ± 0,6 a	1,2 ± 0,6 b	1,2 ± 0,6 b	0,8 ± 0,4 b	0,8 ± 0,4 b	0,0 ± 0,0 b
		<i>T. radiata</i>	10,0 ± 0,0 a	10,0 ± 0,0 a	9,0 ± 0,4 a	3,4 ± 1,2 a	3,0 ± 0,7 a	1,8 ± 0,9 a
Perfekthion	Dimethoate	<i>D. citri</i>	9,8 ± 0,2 a	9,0 ± 0,6 a	6,6 ± 0,9 a	6,6 ± 0,8 a	4,2 ± 1,2 a	0,6 ± 0,4 a
		<i>T. radiata</i>	10,0 ± 0,0 a	5,0 ± 0,7 b	3,0 ± 0,6 b	1,0 ± 0,6 b	2,4 ± 0,8 a	1,2 ± 0,5 a
Provado 200 SC	Imidacloprid	<i>D. citri</i>	8,8 ± 0,4 a	5,8 ± 1,2 a	5,8 ± 1,4 a	3,4 ± 1,5 a	3,8 ± 0,8 a	1,2 ± 0,4 a
		<i>T. radiata</i>	4,4 ± 1,0 b	5,4 ± 0,7 a	4,6 ± 0,5 a	1,6 ± 1,0 a	3,6 ± 0,7 a	1,2 ± 0,4 a
Talstar 100 EC	Bifenthrin	<i>D. citri</i>	7,6 ± 0,9 b	5,0 ± 0,9 b	0,4 ± 0,2 b	1,8 ± 0,2 a	1,6 ± 0,9 a	0,2 ± 0,2 a
		<i>T. radiata</i>	9,6 ± 0,4 a	8,2 ± 0,4 a	3,8 ± 1,5 a	1,8 ± 0,6 a	3,0 ± 0,8 a	1,6 ± 0,6 a
Controle	Água	<i>D. citri</i>	0,0 ± 0,0 a	0,0 ± 0,0 b	0,0 ± 0,0 b	0,0 ± 0,0 b	0,0 ± 0,0 b	0,2 ± 0,2 a
		<i>T. radiata</i>	1,0 ± 0,6 a	3,2 ± 0,8 a	2,0 ± 0,4 a	1,2 ± 0,4 a	2,2 ± 0,2 a	0,4 ± 0,4 a

¹Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre os insetos no mesmo tratamento ao longo do tempo pelo teste de Tukey a 5%.

3.4 Conclusões

Com base nos resultados obtidos na presente pesquisa, pode-se concluir:

- 1) Os inseticidas Azamax®, Mimic® 200 SC, Óleo mineral Argenfrut®, Óleo vegetal Nortox®, Saurus® e Turbo® por serem considerados de vida curta (classe 1) podem ser recomendados em programas de MIP;
- 2) Dicarzol® e Tracer® são considerados persistentes (Classe 4) para adultos do parasitoide, não sendo recomendados em programas de MIP;
- 3) Inseticidas persistentes, mesmo em doses subletais, não são recomendados em programas de MIP;
- 4) A utilização de produtos com baixa toxicidade para o parasitoide *T. radiata* e eficiência no controle do psíldeo *D. citri*, como Akito®, Provado® 200 SC e Perfekthion® são os mais recomendados em programas de MIP.

Referências

BACCI, L.; PICANÇO, M.C.; SILVA, E.M.; MARTINS, J.C.; CHEDIAK, M.; SENA, M.E. Seletividade fisiológica de inseticidas aos inimigos naturais de *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) em brássicas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, ed. esp., p. 2045-2051, 2009.

BELASQUE Jr., J.; BASSANEZI, R.B.; YAMAMOTO, P.T.; AYRES, A.J.; TACHIBANA, A.; VIOLANTE, A.R.; TANK Jr. A.; GIORGIS, F.; TERSI, F.E.A.; MENEZES, G.M.; DRAGONE, J.; JANK Jr. R.H.; BOVÉ, J.M. Lessons from Huanglongbing management in São Paulo State, Brazil. **Journal of Plant Pathology**, Pisa, v. 92, n. 2, p. 285-302, 2010.

BELOTI, V.H.; FELIPPE, M.R.; RODRIGUES, J.C.; RUGNO, G.R.; YAMAMOTO, P.T. Eficiência de inseticidas no controle de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) em citros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 2008, 20., Uberlândia. **Resumos...** Uberlândia: SEB, 2008. p. 1-1.

BIONDI, A.; MOMMAERTS, V.; SMAGGHE, G.; VIÑUELA, E.; ZAPPALÀ, L.; DESNEUX, N. The non-target impact of spinosyns on beneficial arthropods. **Pest Management Science**, Chichester, v. 68, p. 1523–1536, 2012.

BIONDI, A.; ZAPPALÀ, L.; STARK, J.D.; Do biopesticides affect the demographic traits of a parasitoid wasp and its biocontrol services through sublethal effects? **PLoS ONE**, v. 8, n. 9, 2013: e76548. doi:10.1371/journal.pone.0076548. Disponível em: <<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0076548>>. Acesso em: 13 nov. 2013.

BROUGHTON, S.; HARRISON, J.; RAHMAN, T. Effect of new and old pesticides on *Orius armatus* (Gross): an Australian predator of western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande). **Pest Management Science**, Chichester, 2013, DOI: 10.1002/ps.3565. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ps.3565/pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2013.

BRUNNER, J.F.; DUNLEY, J.E.; DOERR, M.D.; BEERS, E.H. Effect of Pesticides on *Colpoclypeus florus* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Trichogramma platneri* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitoids of leaf rollers in Washington. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 94, n. 5, p. 1075-1084, 2001.

CHEN, X.; SONG, M.; QI, S.; WANG, C. Safety evaluation of eleven insecticides to *Trichogramma nubilale* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 106, p. 136-141, 2013.

CLOYD, R.A.; DICKINSON, A. Effect of insecticides on mealybug destroyer (Coleoptera: Coccinellidae) and parasitoid *Leptomastix dactylopii* (Hymenoptera: Encyrtidae), natural enemies of Citrus Mealybug (Homoptera: Pseudococcidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 99, p. 1596-1604, 2006.

COSTA, D.B.; SOUZA, B.; CARVALHO, G.A.; CARVALHO, C.F. RESIDUAL Action of insecticides to larvae of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) under greenhouse conditions. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 4, p. 835-839, 2003.

FNP CONSULTORIA E COMÉRCIO. **AGRIANUAL 2013**: anuário de agricultura brasileira. São Paulo, 2013. 480 p.

FOERSTER, L.A. Seletividade de inseticidas a predadores e parasitóides. In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.M.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil**: parasitóides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. cap. 6, p. 95-114.

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

GIOLO, F.P.; GRÜTZMACHER, A.D.; MANZONI, C.G.; FACHINELLO, J.C.; GRÜTZMACHER, D.D.; NÖRNBERG, S.D. persistência de agrotóxicos indicados na produção integrada de pêssego a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 122-126, 2008.

GOMEZ-TORRES, M.L. **Estudos bioecológicos de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) para o controle de *Diaphorina citri* Kuwayama, 1907 (Hemiptera: Psyllidae)**. 2009. 138 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

GOMEZ-TORRES, M.L.; NAVA, D.E.; GRAVENA, S.; COSTA, V.A.; PARRA, J.R.P. Registro de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) em *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em São Paulo. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 81, p. 112-117, 2006.

GOTTWALD, T.R. Current epidemiological understanding of Citrus Huanglongbing. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 48, p. 119-139, 2010.

HALL, D.G.; NGUYEN, R. Toxicity of pesticides to *Tamarixia radiata*, a parasitoid of the Asian citrus psyllid. **BioControl**, Dordrecht, v. 55, p. 601-611, 2010.

HASSAN, S.A. Métodos padronizados para testes de seletividade, com ênfase em *Trichogramma*. In: PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, 1997. cap. 8, p. 207-233.

MOMANYI, G.; MARANGA, R.; SITHANANTHAM, S.; AGONG, S.; MATOKA, C.M.; HASSAN, S.A. Evaluation of persistence and relative toxicity of some pest control products to adults of two native Trichogrammatid species in Kenya. **BioControl**, Dordrecht, v. 57, p. 591-601, 2012.

PARRA, J.R.P.; LOPES, J.R.S.; GOMEZ-TORRES, M.L.; NAVA, D.E.; PAIVA, P.E.B. Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao Huanglongbing. **Citrus Research and Technology**, Cordeirópolis, v. 31, n. 1, p. 37-51, 2010.

PICONE, C.; TASSEL, D.V. Agriculture and biodiversity loss: industrial agriculture. In: ELDREDGE, N. **Life on earth: an encyclopedia of biodiversity, ecology and evolution**. Santa Barbara: AbcClio, 2002. p. 99-105.

RODRIGUES, J.C.V.; CHILDERS, C.C. Óleo no manejo de pragas e doenças em citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 23, n. 1, p. 77-100, 2002.

TEIXEIRA, D.C.; DANET, J.L.; EVEILLARD, S.; MARTINS, E.C.; JESUS JR., W.C. de; YAMAMOTO, P.T.; LOPES, S.A.; BASSANEZI, R.B.; AYRES, A.J.; SAILLARD, C.; BOVÉ, J.M. Citrus huanglongbing in São Paulo, Brazil: PCR detection of the 'Candidatus' Liberibacter species associated with the disease. **Molecular and Cellular Probes**, Columbia, v. 19, p. 173-179, 2005.

YAMAMOTO, P.T.; FELIPPE, M.R.; SANCHES, A.L.; COELHO, J.H.C.; GARIM, L.F.; XIMENES, N.L. Eficácia de inseticidas para o manejo de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em citros. **BioAssay**, Piracicaba, v. 4, p. 1-9, 2009.