

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

**Efeitos letais e subletais de inseticidas sobre *Tamarixia radiata* (Waterston,  
1922) (Hymenoptera: Eulophidae)**

**Beatriz Maria Ferrari**

**Dissertação apresentada para obtenção de título de  
Mestre em Ciências. Área de Concentração:  
Entomologia**

**Piracicaba  
2009**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Beatriz Maria Ferrari  
Engenheiro Agrônomo

**Efeitos letais e subletais de inseticidas sobre *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922)  
(Hymenoptera: Eulophidae)**

Orientador:  
Prof. Dr. **CELSO OMOTO**

**Dissertação apresentada para obtenção de título de  
Mestre em Ciências. Área de Concentração:  
Entomologia**

**Piracicaba  
2009**

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

Ferrari, Beatriz Maria

Efeitos letais e subletais de inseticidas sobre *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922)  
(Hymenoptera: Eulophidae). - - Piracicaba, 2009.  
76 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.  
Bibliografia.

1. Controle biológico 2. Frutas cítricas 3. Greening (Doença de planta) 4. Inseticidas -  
Toxicidade 5. Insetos parasitóides 6. Insetos vetores - Controle I. Título

CDD 595.79  
F375e

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

*Deus pela vida e por estar sempre presente na minha caminhada.*

**AGRADEÇO**

*Aos meus pais, Maria e Valdemar*

*Aos meus irmãos Renata, Angela e Luís Eduardo*

***Dedico***



## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Celso Omoto pela orientação, oportunidades concedidas, pelos conhecimentos transmitidos, confiança, incentivo e amizade;

Aos demais docentes do PPG em Entomologia pelos ensinamentos;

À Universidade de São Paulo (USP)/Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ);

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP – Processo 04/14215-0) e ao Fundo de Defesa da Citricultura (FUNDECITRUS) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento desse projeto;

Às empresas Syngenta Proteção de Cultivos Ltda e Bayer CropScience Ltda pelo fornecimento de amostra de inseticidas para a execução deste trabalho;

Aos meus amigos e companheiros de trabalho Nádia, Danielle, Everaldo e Eloísa pela imprescindível colaboração durante a realização do trabalho, confiança e incentivo;

Aos engenheiros agrônomos Stella, Karina e Patrick pela amizade, incentivo e colaboração na elaboração deste trabalho;

Aos estagiários Ana Thereza e Bruno, pela amizade, ajuda e companheirismo;

Aos funcionários do Laboratório Ricardo e Gislaine pela colaboração e amizade;

Aos colegas do Programa de Pós-graduação em Entomologia pela amizade e convívio durante esses anos;

Aos funcionários da Biblioteca Central da ESALQ/USP pela ajuda e serviços prestados na busca de referências bibliográficas;

Às bibliotecárias Eliana Maria Garcia e Silvia Maria Zinsly da ESALQ/USP pelo auxílio e dedicação na revisão de referências;

A todos que de alguma forma contribuíram para este trabalho.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 DESENVOLVIMENTO.....	17
2.1 Revisão bibliográfica.....	17
2.1.1 Situação da doença huanglongbing nos pomares da citricultura mundial.....	17
2.1.2 Manejo de huanglongbing.....	20
2.1.3 Efeitos letais e subletais de inseticidas sobre parasitóides.....	26
2.1.4 Estudos ecotoxicológicos.....	33
2.2 Material e Métodos.....	34
2.2.1 Coleta e criação de <i>Diaphorina citri</i> em laboratório.....	34
2.2.2 Criação do parasitóide <i>Tamarixia radiata</i> .....	35
2.2.3 Efeitos letais e subletais de abamectin, lambda-cyhalothrin e imidacloprid sobre o parasitóide <i>T. radiata</i> .....	36
2.2.4 Exposição contínua de <i>T. radiata</i> a resíduos de abamectin.....	39
2.2.4.1 Toxicidade em adultos.....	39
2.2.4.2 Toxicidade de <i>T. radiata</i> a resíduos de abamectin na fase de pupa.....	40
2.2.4.3 Efeito no crescimento populacional de <i>T. radiata</i> .....	42
2.3 Resultados e discussão.....	44
2.3.1 Efeitos letais e subletais de abamectin, lambda-cyhalothrin e imidacloprid sobre o parasitóide <i>T. radiata</i> .....	44
2.3.2 Exposição contínua de <i>T. radiata</i> a resíduos de abamectin.....	56
2.3.2.1 Toxicidade em adultos.....	56
2.3.2.2 Toxicidade de <i>T. radiata</i> a resíduos de abamectin na fase de pupa.....	61
2.3.2.3 Efeito no crescimento populacional de <i>T. radiata</i> .....	62
2.4 Considerações finais.....	63
3 CONCLUSÕES.....	65
REFERÊNCIAS.....	67



## RESUMO

### Efeitos letais e subletais de inseticidas sobre *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae)

*Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) é um dos principais agentes de controle biológico de *Diaphorina citri* Kuwayama, vetor de Huanglongbing, no Brasil. Esse parasitóide apresenta alta eficiência de parasitismo, grande capacidade de dispersão, estabelecimento e adaptação em campo. No entanto, a eficiência desse inimigo natural pode ser afetada devido ao uso indiscriminado de pesticidas na citricultura para o controle de diversas pragas e pela carência de estudos que avaliam o impacto total de inseticidas. Sendo assim, os objetivos do trabalho foram: avaliar os efeitos letais e subletais de alguns inseticidas sobre adultos e pupas de *T. radiata*. Além da mortalidade, foram também avaliados os efeitos de inseticidas sobre a capacidade de parasitismo, a longevidade, a razão sexual e a taxa instantânea de crescimento de *T. radiata*. Os inseticidas avaliados foram: imidacloprid (neonicotinóide), lambda-cyhalothrin (piretróide) e abamectin (avermectina) nas concentrações recomendada de 96; 7,5 e 3,2 mg de ingrediente ativo por litro de água (ppm) respectivamente, além de 10 e 50% da concentração recomendada de cada inseticida. O método de bioensaio adotado foi o de contato residual do inseticida em adultos do parasitóide, utilizando-se de discos de folhas de laranjeiras pulverizados em Torre de Potter. O efeito de abamectin sobre adultos da geração parental e geração F<sub>1</sub> de *T. radiata* foi também avaliado mediante pulverização de ramos de murta, *Murraya paniculata* (L.) Jack e sobre pupas de *T. radiata* utilizando-se método de bioensaio de contato direto. A maior toxicidade a adultos de *T. radiata* foi observada para imidacloprid (72,7% de mortalidade), seguido por lambda-cyhalothrin (19,4%) e abamectin (3,0%). Abamectin causou maior redução na capacidade de parasitismo do parasitóide (28,8%), seguido por imidacloprid (31,3%) e lambda-cyhalothrin (40,1%) na concentração recomendada de cada inseticida. Os inseticidas testados não afetaram a razão sexual do parasitóide. Lambda-cyhalothrin não afetou a longevidade do parasitóide. Por outro lado, imidacloprid reduziu a longevidade. Verificou-se uma redução de 56 e 80% na emergência dos descendentes da geração parental a 50 e 100% da concentração recomendada de abamectin, entretanto, nenhum efeito foi observado para os descendentes da geração F<sub>1</sub> do parasitóide. A longevidade de machos da geração parental foi reduzida em 8,4 dias a 50% da concentração recomendada de abamectin, no entanto, nenhum efeito significativo foi verificado para a geração F<sub>1</sub> do parasitóide. Foi verificado efeito negativo sobre a capacidade de parasitismo da geração parental e da geração F<sub>1</sub> do parasitóide quando abamectin foi pulverizado em ramos de murta. No entanto, abamectin afetou a emergência dos descendentes da geração parental e geração F<sub>1</sub> de *T. radiata*, com valores variando de 24,4 a 84,2% e 0 a 95,1% respectivamente. Abamectin afetou a razão sexual de ambas as gerações. Um decréscimo na longevidade do parasitóide foi observado a 10, 50 e 100% da concentração recomendada de abamectin para os descendentes da geração parental e somente a 50% da concentração recomendada para os descendentes da geração F<sub>1</sub>. Abamectin não afetou a emergência de adultos e nem a razão sexual quando aplicado sobre pupas de *T. radiata*. E abamectin não afetou a taxa instantânea de crescimento de *T. radiata* em todas as concentrações testadas.

Palavras-chave: Inseticidas; Parasitóide; Citros; *Diaphorina citri*; *Tamarixia radiata*



**ABSTRACT****Lethal and sublethal effects of insecticides on *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922)  
(Hymenoptera: Eulophidae)**

*Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) is one of the major biological control agents of *Diaphorina citri* Kuwayama, vector of huanglongbing, in Brazil. This parasitoid has been very effective due to the high parasitism rates, high dispersal ability and high establishment and adaptation rates in the field. However, the efficiency of *T. radiata* may be affected by the indiscriminate use of pesticides to control many other citrus pests and due to the lack of studies that evaluated the total impact of pesticides. Therefore, the objectives of this research were to evaluate the lethal and sublethal effects of some insecticides on *T. radiata* adults and pupae. Besides mortality, the effect of insecticides on parasitism capacity, longevity, sex ratio and instantaneous rate of increase of *T. radiata* were also evaluated. The insecticides evaluated were imidacloprid (neonicotinoid), lambda-cyhalothrin (pyrethroid) and abamectin (avermectin) at recommended rates of 96; 7.5 e 3.2 mg of active ingredient per liter of water (ppm) respectively, plus 10 e 50% of recommended rates of each insecticide. A residual contact bioassay was used by spraying the insecticide onto orange leaf discs with Potter tower. The effect of abamectin was also evaluated on parental and F<sub>1</sub> generations of *T. radiata* by spraying the insecticide on branches of *Murraya paniculata* (L.) Jack and on pupae of *T. radiata* by direct contact bioassay. The highest toxicity to *T. radiata* adults was observed with imidacloprid (72.7% mortality), followed by lambda-cyhalothrin (19.4%) and abamectin (3.0%). Abamectin promoted the highest reduction in the parasitism capacity (28.8%), followed by imidacloprid (31.3%) and lambda-cyhalothrin (40.1%) at recommended rates of each insecticide. The insecticides tested did not affect the sex ratio of the parasitoid. Lambda-cyhalothrin did not affect the longevity of the parasitoid. On the other hand, imidacloprid caused reduction in the longevity. A reduction of 56 and 80% in the emergence of offspring of parental generation was obtained at 50 and 100% of recommended rate of abamectin. However, no effect was observed to the offspring of F<sub>1</sub> generation. The longevity of males from the parental generation was reduced in 8.4 days at 50% of the recommended rate of abamectin; however, no significant effect was detected to F<sub>1</sub> generation of the parasitoid. There was effect on parasitism capacity of the parental and F<sub>1</sub> generations of the parasitoid when abamectin was sprayed on *M. paniculata*. However, abamectin affected the emergence of offspring from parental and F<sub>1</sub> generations of *T. radiata*, with values varying from 24.4 to 84.2% and 0 to 95.1% respectively. Abamectin affected the sex ratio of both generations. A decrease in the longevity of the parasitoid was observed at 10, 50 and 100% of recommended rate of abamectin to the offspring of parental generation and only at 50% of recommended rate to the offspring of F<sub>1</sub> generation. Abamectin did not affect the adult emergence and neither the sex ratio when abamectin was applied on *T. radiata* pupae. And, abamectin did not affect the instantaneous rate of increase of *T. radiata* at all concentrations tested.

Key-words: Insecticides; Parasitoid; Citrus; *Diaphorina citri*; *Tamarixia radiata*



## 1 INTRODUÇÃO

*Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) é um ectoparasitóide idiobionte que foi encontrado em pomares cítricos na Índia, em 1978, parasitando ninfas de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), inseto vetor do agente causal de Huanglongbing, conhecido anteriormente como “greening” (ÉTIENNE et al., 2001). Huanglongbing é considerado a doença mais séria da citricultura (BOVÉ, 2006) devido ao rápido desenvolvimento dos sintomas em plantas e ao aumento de árvores doentes em pomares afetados (HALBERT; MANJUNATH, 2004; BOVÉ, 2006). Essa doença é transmitida por *D. citri* e afeta espécies cítricas de interesse comercial, causando alterações em frutos, inviabilizando sua comercialização, além de promover redução no rendimento e morte de plantas infectadas (DA GRAÇA, 1991; McCLEAN; SCHWARZ, 1970 apud WEATHERSBEE; McKENZIE, 2005). No Brasil, *D. citri* está presente nos pomares de citros há mais de 60 anos, sendo considerada uma praga secundária (COSTA LIMA, 1942). Apenas em março de 2004 foi constatada a presença da doença nos pomares cítricos das regiões Centro e Sul do Estado de São Paulo (FUNDECITRUS, 2008).

*T. radiata* constitui-se no principal agente de controle biológico de *D. citri* devido à alta eficiência de parasitismo, alta capacidade de dispersão, estabelecimento e adaptação em campo (CHIEN; CHU, 1996). O sucesso das liberações de *T. radiata* tem sido relatado em vários países como Taiwan (CHIEN; CHU, 1996), nas Ilhas Reunión, Mauritius e Guadalupe (ÉTIENNE et al., 2001), EUA (SKELLEY; HOY 2004) e nos países onde o parasitóide ocorre naturalmente e mantém a população da praga em equilíbrio (LIZONDO, 2007; HALBERT; NUÑEZ; 2004; PLUKE et al., 2005). No Brasil, o primeiro registro de *T. radiata* ocorreu em 2004, com porcentagem de parasitismo e emergência de 20 a 80% de ninfas de psílideo coletados no campo (GÓMEZ TORRES, et al., 2006). Embora *T. radiata* seja considerado o parasitóide mais eficiente no controle de *D. citri*, o endoparasitóide *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Shaffee, Alam & Agarwal) (HALBERT; MANJUNATH, 2004) e um complexo de predadores, tais como, sirfídeos, crisopídeos, ácaros e coccinelídeos foram encontrados em pomares cítricos alimentando-se de *D. citri* (MICHAUD, 2004).

A utilização de parasitóides no controle de pragas depende do conhecimento da relação biológica entre hospedeiro e parasitóide (KARUT, 2007). Entretanto, mesmo com o sucesso das

liberações de *T. radiata* para o controle do inseto vetor, o uso de inseticidas tem sido uma prática bastante freqüente, caso o vetor e patógeno estiverem presentes no campo (TOLLEY, 1990 apud HALBERT; MANJUNATH, 2004). Aplicações sistêmicas de inseticidas via solo, no tronco ou na parte aérea da planta podem ser utilizados, além do manejo cultural (FUNDECITRUS, 2008). Medidas alternativas, como aplicações de antibióticos no tronco, utilização de fungos entomopatogênicos, tais como *Cladosporium oxysporum* e *Capnodium citri*, tem sido realizada para o controle do inseto vetor *D. citri*. No entanto, nenhum pesticida de menor impacto ambiental apresentou sucesso no controle do psilídeo, com exceção da utilização de azadirachtin (SHIVANKAR et al., 2000).

Desta forma, para que produtos seletivos possam ser utilizados dentro de um programa de controle de pragas, é imprescindível conhecer a interação praga – inimigo natural – ambiente. No entanto, o uso inadequado e constante de inseticidas tem impossibilitado a implementação de um programa de manejo integrado e isso tem causado sérios problemas nos agroecossistemas como a ressurgência de pragas, a contaminação ambiental, a evolução da resistência e os efeitos adversos em organismos alvo e não alvo (GEORGHIOU, 1983; CROFT, 1990). Sendo assim, recomenda-se que os produtos químicos sejam estudados em vários níveis: população, comunidade e ecossistema, mas poucas pesquisas estão voltadas a altos níveis de organização porque se limita apenas a indivíduos (MARSHALL, 1962; KAREIVA et al., 1996 apud STARK; BANKS, 2003).

A utilização de estudos ecotoxicológicos tem sido recomendada com intuito de avaliar os efeitos letais e subletais de agroquímicos sobre organismos alvo e não-alvo, os quais são expostos a várias concentrações durante um período determinado (ALLAN, 1981; ALLAN; DANIELS, 1982; DANIELS; GENTILE et al., 1982; BECHMANN, 1994; DAY; KAUSHIK, 1987; STARK; WENNERGREN, 1995 apud STARK et al., 1997). Os efeitos subletais podem ser observados na fisiologia, no desenvolvimento, na alimentação, na fecundidade, na longevidade, na fertilidade, na razão sexual, na mobilidade, na alimentação, na resposta a feromônios, etc (DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, et al., 2007); parâmetros importantes, mas que são poucos estudados em artrópodes porque os métodos tradicionais toxicológicos limitam-se apenas à estimativa da concentração letal ( $CL_{50}$ ), não proporcionando informações suficientes para avaliar os efeitos totais de agroquímicos em populações (OVERMEER; VAN ZON, 1981 apud STARK; BANKS, 2003). A busca por medidas demográficas tem sido apontada como uma alternativa para a avaliação desses efeitos, de tal modo que a estimativa da taxa instantânea de

crescimento ( $r_i$ ) tem sido muito utilizada nesses estudos, pois requer apenas uma avaliação final (STARK; BANKS, 2003).

Com base em estudos ecotoxicológicos e na possibilidade de integração do controle químico e controle biológico na cultura do citros, tem-se a necessidade de avaliar o impacto dos inseticidas mais utilizados nessa cultura sobre *T. radiata*. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi o de fornecer informações para auxiliar na escolha de produtos que causem menor impacto ao parasitóide e que possam ser eficientes no manejo integrado de *D. citri*. Para tanto, foram realizados estudos para: a) a avaliação dos efeitos letais de abamectin, lambda-cyhalothrin e imidacloprid sobre a fase adulta de *T. radiata*; b) avaliação dos efeitos subletais de abamectin, lambda-cyhalothrin e imidacloprid sobre a capacidade de parasitismo, longevidade e razão sexual do parasitóide; c) avaliação dos efeitos subletais de abamectin nos parâmetros biológicos da geração  $F_1$  e na taxa instantânea de crescimento de *T. radiata*.



## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Revisão bibliográfica

#### 2.1.1 Situação da doença huanglongbing nos pomares da citricultura mundial

O primeiro relato da doença huanglongbing ocorreu na China em 1919, conhecida como a doença do ramo amarelo (“yellow shoot”) do citros (REINKING, 1919 apud BOVÉ, 2006). Essa doença se propagou ao longo do tempo em vários países do continente asiático e africano. Recentemente, a doença foi detectada no continente americano, afetando os principais centros produtores de citros, Estados Unidos (Flórida) e Brasil (São Paulo) (BOVÉ, 2006). Três espécies de bactéria são responsáveis pelos danos causados às plantas cítricas, *Candidatus Liberibacter africanus*, *Ca. Liberibacter asiaticus* e a mais recente espécie detectada no Brasil, a *Ca. Liberibacter americanus*, transmitida pelo psíldeo *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) (TEIXEIRA, et al., 2005). Essas bactérias desenvolvem-se no floema da planta, impedindo o fluxo da seiva elaborada, causando a morte de árvores e, conseqüentemente, levando a produção de citros ao declínio (McCLEAN; SCHWARZ, 1970 apud McFARLAND; HOY, 2001; TSAI et al., 1998 apud TSAI; WANG; LIU, 2000). Na China, Li e Ke (2002) observaram a presença de *Ca. L. asiaticus* em plantas de *Murraya paniculata* (L.) Jack. No entanto, resultados de pesquisas com técnicas de PCR não detectaram a presença de *Ca. L. asiaticus* nessa planta (SUTTON et al., 2005 apud BOVÉ, 2006).

Huanglongbing pode ser transmitido por duas espécies de psíldeos, *D. citri* que é vetor da forma asiática e *Trioza erythrae* (del Guercio) vetor da forma africana (JAGOUEIX et al., 1994 apud TEIXEIRA et al., 2005). O tempo de aquisição da doença para *D. citri* é de 15 a 30 minutos e 24 h para *T. erythrae* (ROISTACHER, 1991; BUITENDAG; VON BROEMBSEM, 1993 apud HALBERT; MANJUNATH, 2004).

*D. citri* tornou-se uma praga mundialmente importante na citricultura devido à alta capacidade de transmitir a bactéria *Ca. Liberibacter* spp., agente causal da doença huanglongbing, conhecida anteriormente como “greening” (BOVÉ, 2006; HALBERT; MANJUNATH, 2004; TSAI, 2006). A transmissão transovarina da bactéria *Ca. Liberibacter*

asiaticus não foi detectada para *D. citri* (HUNG et al., 2004; XU et al., 1988 apud HALBERT; MANJUNATH, 2004), mas existe um relato dessa transmissão para *T. erytrae* (VAN DEN BERG et al., 1992 apud HALBERT; MANJUNATH, 2004).

No Brasil, *D. citri* está presente desde 1940 (COSTA LIMA, 1942), mas apenas em março de 2004 foi constatada a presença dos sintomas da doença nos pomares cítricos das regiões Centro e Sul do Estado de São Paulo (FUNDECITRUS, 2008). Entretanto, relatos de produtores levam a acreditar que esta doença já estava em nossas condições há aproximadamente 10 anos sem ter-se dado a atenção necessária à sua existência (COLETTA-FILHO, 2007).

*D. citri* tem como hospedeiros as plantas da Família Rutaceae, especialmente 21 espécies do gênero *Murraya*, e em algumas dessas espécies ocorre somente à fase de ovo de *D. citri* (SILVA et al., 1968; AUBERT, 1987). Durante a alimentação, os psilídeos injetam toxinas salivares causando deformação nas folhas e brotos (MICHAUD, 2004). As plantas apresentam sintomas de desfolha, seca e morte de ramos (DA GRAÇA, 1991). Os frutos apresentam maturação irregular, redução no tamanho, deformação e queda intensa (CAPOOR et al., 1974 apud GRAFTON-CARDWELL et al., 2006). Na ausência do agente causal da doença, *D. citri* não é considerada uma ameaça, exceto em viveiros e pomares recentemente estabelecidos, onde danos diretos de alimentação podem levar a redução no crescimento de brotos (MICHAUD, 2004). Os sintomas de huanglongbing podem ser confundidos com deficiências nutricionais como magnésio, manganês, cobre e com doenças como o CVC e gomose (CAPOOR et al., 1974 apud GRAFTON-CARDWELL et al., 2006; FUNDECITRUS, 2008). As maiores densidades populacionais da praga ocorre no final da primavera e começo do verão. Durante o outono e inverno a população dessa praga é baixa (YAMAMOTO; PAIVA; GRAVENA, 2001).

Nava et al., (2007) conduziram experimentos e observaram que os hospedeiros *Citrus limona* (L.) Osbeck, *Citrus sunki* (Hayat) Tanaka e *M. paniculata* não afetaram a duração (3,6 dias) e a viabilidade (88%) da fase de ovo de *D. citri*. A duração da fase ninfal foi semelhante nos três hospedeiros (aproximadamente de 14 dias). Apenas *C. sunki* apresentou viabilidade inferior, indicando que *C. limona* e *M. paniculata* são os melhores hospedeiros para a criação de *D. citri*.

Adultos de *D. citri* medem 2 a 3 mm de comprimento. O corpo é acinzentado com asas transparentes e manchadas e, geralmente, alimentam-se na face inferior da folha (MEAD, 2006). Os adultos saltam e voam pequenas distâncias quando perturbados (MEAD, 1977 apud GRAFTON-CARDWELL et al., 2006).

Ambos os sexos de *D. citri* atingem a maturidade reprodutiva 2 a 3 dias após a emergência. Geralmente a oviposição inicia-se 1 dia após o acasalamento. A duração média da cópula é de  $48,3 \pm 8,4$  minutos. Para *T. erythrae*, o acasalamento pode ocorrer a qualquer horário do dia ou da noite, com picos após o amanhecer e antes do entardecer (VAN DEN BERG et al., 1990 apud WENNINGER; HALL, 2007).

O número de ovos colocados por fêmeas de *D. citri* depende da planta hospedeira. Esses ovos são depositados em brotações novas ou nas reentrâncias de folhas e apresentam coloração amarelo-alaranjado. As ninfas eclodem com 4 dias a  $25^{\circ}\text{C}$  (TSAI; LUI, 2000). A temperatura ótima para oviposição e o desenvolvimento de adultos está entre  $25$  a  $28^{\circ}\text{C}$ . A longevidade das fêmeas é influenciada pela temperatura, sendo aproximadamente 40 dias a  $25^{\circ}\text{C}$  e superior a 88 dias a  $15^{\circ}\text{C}$ . O desenvolvimento de ovo-adulto varia de 14,1 a 49,3 dias, nas temperaturas de 28 a  $15^{\circ}\text{C}$  (LIU; TSAI, 2000).

As ninfas de *D. citri* são achatadas, pouco convexas, com pernas curtas e possuem coloração amarelada, alimentam-se exclusivamente de brotos novos e excretam substâncias açucaradas, semelhante a “honeydew” (ÉTIENNE et al., 2001). *D. citri* apresenta cinco estágios ninfais muito similares e baixa mobilidade (GRAFTON-CARDWELL et al., 2006).

A ótima sobrevivência dos adultos de *D. citri* acontece em umidade próxima a 97%, com sobrevivência superior a 60%. A longevidade pode ser reduzida quando adultos são expostos a  $30^{\circ}$  e  $33^{\circ}\text{C}$  e 97% de UR (McFARLAND; HOY, 2001). No campo, umidades relativas entre 87 a 90% promoveram mortalidade entre 60 e 70% em ninfas de psilídeo (AUBERT, 1987).

Adultos de *D. citri* exibem três cores abdominais distintas, cinza/marrom, azul/verde e laranja/amarelo. Wenninger e Hall (2008) conduziram experimentos para avaliar a relação entre a cor do abdome e o estado reprodutivo de adultos. A coloração azul/verde foi predominante ao longo da vida de fêmeas e machos do psilídeo, com apenas uma pequena parte de indivíduos que apresentaram coloração cinza/marrom logo após a emergência. Apenas 86% de fêmeas acasaladas e 31% de fêmeas virgens apresentaram coloração laranja/amarelo. Em fêmeas, a coloração laranja/amarelo reflete a presença de ovos, enquanto em machos mais velhos pode estar relacionada com a coloração dos órgãos reprodutivos. Assim, a maturidade sexual não está relacionada com a cor do abdome. Para que fêmeas de *D. citri* alcancem uma atividade reprodutiva alta é necessário que ocorram acasalamentos múltiplos ao longo de sua vida.

### 2.1.2 Manejo de huanglongbing

O manejo de huanglongbing pode ser feito mediante o controle do inseto vetor *D. citri*. Sendo que uma estratégia efetiva de controle de psilídeo deve conter a integração de diferentes componentes do manejo integrado de pragas (MIP). Isso tem se tornado possível devido à associação do controle químico e controle biológico (BROWNING et al., 2006; STANSLY; HOY, 2006 apud MEYER; HOY; SINGH, 2007). Na Flórida o uso intensivo de inseticidas tem sido adotado como uma das ferramentas chave do MIP para o controle de psilídeo (GRAFTON-CARDWELL et al., 2006). No Brasil, o manejo da doença envolve três medidas fundamentais: eliminação de todas as plantas sintomáticas; uso de mudas sadias e controle do vetor por meio de monitoramento e aplicação de inseticidas (FUNDECITRUS, 2008).

Em áreas em que a doença é endêmica o manejo depende do controle cultural (HALBERT; MANJUNATH, 2004). A utilização de mudas sadias tem sido uma medida fundamental em países onde a doença está presente. Árvores infectadas devem ser erradicadas e não podadas (FUNDECITRUS, 2008).

Lopes et al. (2007) conduziram experimentos de poda, com três variedades de laranja, 'Valência', 'Hamlin' e 'Pêra', para verificar se após a poda de ramos e do corte do tronco de plantas infectadas a doença seria eliminada e, se haveria o restabelecimento de uma planta saudável. Os autores verificaram que independentemente da idade, da variedade da planta e do procedimento de poda, os sintomas de huanglongbing, como folhas mosqueadas, foram mais evidentes em plantas sintomáticas (69,2%) do que em plantas assintomáticas (7,6%). No Brasil, a poda não foi eficiente para o controle da doença causada por *Ca. Liberibacter americanus*, o mesmo resultado foi obtido na África do Sul (VAN VUUREN, 1993 apud LOPES et al., 2007). Os sintomas mais severos ocorreram antes da poda. No entanto, foi observada uma alta porcentagem de árvores que apresentaram sintomas após a poda. Assim, o manejo da doença envolve a eliminação de todas as árvores sintomáticas para reduzir a fonte de inóculo e o controle do inseto vetor *D. citri*.

O monitoramento de adultos de *D. citri* deve ser feito com o uso de armadilhas amarelas adesivas, baseando-se na densidade populacional, uma vez que populações da praga são consideradas altas quando atingem 3 ninfas e 5 adultos por ramo (HALBERT; MANJUNATH,

2004). De acordo com Hall, Hentz e Ciomperlik (2007), as armadilhas amarelas adesivas são mais eficientes no monitoramento de adultos de psilídeos no campo. No entanto, a radiação solar e a temperatura podem influenciar no número de adultos de psilídeo coletados em armadilhas amarelas, restringindo assim o valor dessas armadilhas como indicadores de densidade absoluta, pois o número de adultos encontrados em folhas não é igual ao de armadilhas (HALL, 2009). Desta forma, inspeções visuais devem ser feitas em ramos com brotações novas para verificar a presença de ovos e ninfas (GRAFTON-CARDWELL et al., 2006). No caso de plantas infectadas, recomenda-se verificar a presença de formas imaturas, uma vez que elas podem transmitir a bactéria imediatamente após a emergência do adulto (XU et al., 1988 apud HALBERT; MANJUNATH, 2004).

Nakata (2008) verificou a persistência de um pó fluorescente de coloração rosa, sobre o corpo de adultos de *D. citri*. Os resultados indicaram que 30% dos insetos marcados no campo foram detectados visualmente após 20 dias e 20% após 40 dias. De acordo com o autor, esse método de marcação não afetou a sobrevivência e a capacidade de vôo de adultos de psilídeo no campo e pode ser utilizado para verificar a capacidade de dispersão do inseto.

Wenninger, Stelinski e Hall (2009) conduziram experimentos em laboratório com quatro espécies de citros, *Citrus paradisi* Macfayden, *Citrus aurantium* L., *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. e *M. paniculata* para avaliar a resposta comportamental de adultos de *D. citri*. Os resultados obtidos indicaram que *D. citri* usa o olfato e a visão para se orientar em direção à planta hospedeira, entretanto, os autores verificaram que a resposta varia de acordo com a espécie da planta, o sexo do psilídeo, a condição de acasalamento e a visão. A utilização de voláteis de plantas pode ser uma das ferramentas do manejo integrado de pragas.

Para o controle químico de *D. citri*, inseticidas sistêmicos aplicados via solo, no tronco ou na parte aérea da planta podem ser utilizados (FUNDECITRUS, 2008). Na Flórida, o controle químico tem sido realizado com o uso de inseticidas sistêmicos, imidacloprid e aldicarb, aplicados no solo e várias aplicações de inseticidas foliares como fenprothrin, imidacloprid, abamectin, dimethoato, carbaryl e clorpyrifos (COCCO; HOY, 2008).

Segundo Qureshi e Stansly (2008), aplicações de 5,6 Kg/ha de aldicarb no solo, dois a três meses antes do início da primavera resultaram na supressão de populações da praga e na seleção de inimigos naturais. Esse inseticida, quando aplicado no solo, exibiu atividade prolongada,

especialmente contra insetos sugadores, tem sido um meio efetivo de exposição de prolongada de pragas a inseticidas.

Weathersbee e McKenzie (2005) avaliaram a atividade biológica de um extrato de semente de neem, contendo 4,5% de azadirachtin, sobre as formas imaturas e adultos de *D. citri*. As ninfas de *D. citri* foram suscetíveis nas menores concentrações, resultando na interrupção da ecdise, ocasionando a morte após 7 dias da exposição ao produto. Adultos mostraram uma baixa repelência, mas significativa, ao inseticida e nenhuma preferência foi observada por adultos para ovipositar em plantas não tratadas e tratadas. Azadirachtin aplicado a baixas concentrações foi efetivo no manejo de *D. citri*. Esse inseticida tem sido relatado como eficiente no controle de *D. citri* e outras pragas do citros por diversos autores (VILLANUEVA-JIMÉNEZ et al., 2000; TANG et al., 2002; WEATHERSBEE; TANG, 2002 apud WEATHERSBEE; MCKENZIE, 2005).

Srinivasan et al. (2008) conduziram experimentos em laboratório para avaliar a eficiência de um adjuvante siliconado, Silwet L-77, sozinho e em combinações com  $\frac{1}{4}$  e  $\frac{1}{2}$  da menor concentração recomendada de imidacloprid e abamectin sobre as formas imaturas e adultos de *D. citri*. Os resultados indicaram que Silwet L-77 a 0,05% (500 ppm) foi tóxico apenas para ninfas de *D. citri*, mas não foi efetivo para ovos e adultos. No entanto, quando o adjuvante foi misturado com  $\frac{1}{4}$  e  $\frac{1}{2}$  da menor concentração recomendada de imidacloprid, foi verificada uma mortalidade média superior a 90% para adultos, ovos e ninfas do psilídeo. Para abamectin, a mistura foi eficiente apenas para a mortalidade média de ovos, maior que 90%. A mistura de Silwet L-77 e imidacloprid foi mais eficiente no controle de adultos de psilídeo. De acordo com os autores, a utilização desse adjuvante pode se tornar uma ferramenta importante no manejo do psilídeo porque tem baixo custo e pode reduzir o uso de pesticidas.

Boina et al. (2009) conduziram experimentos em laboratório para avaliar a influência da temperatura pós-tratamento na toxicidade de inseticidas sobre *D. citri*. Discos de folhas de citros de laranja 'Valência' foram imersas durante 30 s em cada concentração testada, após 1 h as folhas foram transferidas para placas de petri. Onze inseticidas representando diferentes grupos químicos como organofosforados (chlorpirifos e dimethoate), carbamato (carbaryl), avermectin (abamectin), piretróides (bifenthrin, zeta-cypermethrin, fenprothrin e lambda-cyhalothrin) e neonicotinóides (imidacloprid e thiamethoxan) foram utilizados. A cada temperatura (17°, 27° e 37°C), cinco concentrações de cada inseticida, que apresentaram mortalidade entre 1% e 99%,

foram testadas. A toxicidade dos organofosforados foi positiva na correlação com a temperatura de 17° a 37°C. Semelhantes aos organofosforados carbaryl e abamectin mostraram aumento na toxicidade com o aumento na temperatura de 17° a 37%, sendo o inseticida abamectin mais tóxico do que carbaryl a adultos de *D. citri*. Entre os piretróides testados, somente bifenthrin foi tóxico na correlação com a temperatura entre 27° e 37°C. A toxicidade de fenpropathrin e lambda-cyhalothrin diminuíram drasticamente com o aumento da temperatura de 17° a 37°C. Todos os neonicotinóides testados exibiram toxicidade nas temperaturas testadas para *D. citri*. Os autores ressaltaram que a escolha do produto mais eficiente para o controle de *D. citri* poderá ser feito dependendo das condições de temperatura predominante no local.

No Brasil, Nakano, Leite e Florim (1999) conduziram trabalhos em campo e casa de vegetação para avaliar a eficiência dos inseticidas neonicotinóides no controle do psilídeo. Os tratamentos e as dosagens empregadas mediante pincelamento do tronco foram: (1) Confidor 100 AL (5 mL/planta); (2) Confidor 100 AL (10 mL/planta); (3) Confidor 700 GrDa (5,0 g/100L); (4) Dimetoato 500 (100 mL/100L); (5) Winner (200 g i.a./L)(2,5 mL/planta); (6) Winner (5,0 mL/planta); (7) testemunha. Aos três dias da aplicação todos os produtos tiveram eficiência acima de 80%, com exceção do tratamento 1. O tratamento 3 foi o mais eficaz. Com 15 e 21 dias todos os tratamentos foram eficientes, com exceção da testemunha. Aos 28 dias, o Dimetoato 500 não exerceu mais controle sobre o inseto, enquanto os outros tratamentos continuaram com alta eficiência. No experimento em casa-de-vegetação os seguintes produtos foram utilizados: Winner (imidacloprid) (2,5 mL/planta); Saurus (acetamiprid) (200 g i.a./L) (3 mL/planta); Cruiser (thiametoxam) (2,4 g/ planta) e testemunha. Winner apresentou controle de cerca de 70% até 60 dias após a aplicação e uma boa eficiência dos inseticidas acetamiprid e thiamethoxam, porém, com efeito residual menor nas concentrações utilizadas.

Carvalho (2008) registrou diferenças significativas nas suscetibilidades das populações de *D. citri* coletadas em pomares comerciais de citros no Estado de São Paulo, entre os inseticidas neonicotinóides testados a maior toxicidade para a praga foi observado com thiamethoxan, seguido por thiacloprid e imidacloprid.

Para o controle biológico, fungos, predadores e parasitóides tem sido relatados por vários autores como uma ferramenta importante para o MIP, pois vários desses agentes de controle biológicos são conhecidos por atacar ovos, ninfas e adultos de *D. citri* (HALBERT;

MANJUNATH, 2004; MICHAUD, 2004; QURESHI; STANSLY, 2007 apud QURESHI et al., 2009).

Outra opção de controle biológico seria a partir do conhecimento da fauna microbiana da praga, que pode fornecer informações relevantes para estudos futuros visando o seu controle mediante a manipulação de seus endossimbiontes, uma vez que a transmissão de patógenos é influenciada pela presença de simbiontes no intestino (HAINES et al., 2002 apud MEYER; HOY, 2008a), já que eles podem interferir em processos fundamentais em seus hospedeiros, como na reprodução e metabolismo (O' NEILL et al., 1997 apud MEYER; HOY, 2008a). A presença de três espécies de simbiontes, *Candidatus Carsonella rudii*, *Oxalobacter* e espécies de *Herbaspirillum* e *Wolbachia*, foram detectadas em ovos e adultos de *D. citri*, resultado da transmissão ovariana (MEYER; HOY, 2008a).

O crescimento de dois fungos, *Penicillium* sp. e *Cladosporium* sp., foi observado na porção ventral do abdome de ninfas de psilídeo, que se desenvolvem nas excreções de “honeydew” liberadas pela praga durante a alimentação (MEYER; HOY, 2008b). De acordo com Aubert (1987) a espécie *Cladosporium* sp. foi descrita como um patógeno de *D. citri* durante os períodos de alta umidade, levando a morte de 60 a 70% de ninfas nas Ilhas Reunión.

Recentemente, Meyer, Hoy e Singh (2007) observaram mudanças no comportamento de adultos de psilídeo associado ao fungo *Hirsutella citriformis* Spare como tremores nas pernas e antenas, alterações na movimentação das asas, redução no vôo e escurecimento da cutícula nas regiões da cabeça, tórax, além de apresentar filamentos de septo na hemolinfa e no corpo do inseto. Étienne et al. (2001) relataram a presença desses fungos em psilídeos durante os períodos de alta umidade relativa ( $\approx 80\%$ ). O potencial desse fungo deve ser avaliado, já que o desenvolvimento lento em culturas *in vitro* e a sua natureza fastidiosa podem ser fatores limitantes para o desenvolvimento de um inseticida microbiano.

Muitos predadores generalistas como ácaros, crisopídeos, coccinelídeos e sirfídeos são considerados responsáveis pelo controle natural de *D. citri*, sendo os coccinelídeos os mais importantes agentes de controle biológico na Flórida (MICHAUD, 2004). Em Porto Rico, Pluke et al. (2005) verificaram a presença de várias espécies de coccinelídeos em pomares de citros. As espécies encontradas foram *Coelophora inaequalis* (Fabricius) (38,8%), *Cycloneda sanguinea limbifer* (L.) Casey (31,3%), *Cladis nitidula* (Fabricius) (5,9%), *Coleomegilla innotata* Mulsant (4,8%), *Chilocorus cacti* (L.) (2,1%), *Scymnus* sp. (5,9%), *Hippodamia convergens* Guérin-

Méneville (2,4%) e *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (8,8%). Todas essas espécies estudadas em laboratório consumiram ninfas de *D. citri*, no entanto, a capacidade de predação de *C. innonata* foi maior que a de outras espécies. Também foi observado que *C. nitidula* e *C. cacti* preferem ninfas de psilídeos. Segundo Michaud (2001), mostraram que *Olla v-nigrum* (Mulsant) e *Harmonia axyridis* (Pallas), espécies de coccinelídeos, também são capazes de se alimentar e reproduzir em *D. citri* em condições de campo. No Brasil, uma espécie de *Scymnus* foi descrita como predador de *D. citri* (GRAVENA, et al., 1996).

*D. citri* apresenta dois parasitóides primários, sendo um eulofídeo o ectoparasitóide *T. radiata* e um encirtídeo, o endoparasitóide *D. aligarhensis*. *T. radiata* é mais eficiente que *D. aligarhensis* (TANG, 1989 apud HALBERT; MANJUNATH, 2004).

*T. radiata* é um ectoparasitóide idiobionte específico de *D. citri* (ÉTIENNE et al., 2001). Alimenta-se de ninfas jovens e parasitam, preferencialmente, ninfas de 5º instar de *D. citri*. Uma fêmea de *T. radiata* pode destruir até 500 ninfas de psilídeo durante todo o seu ciclo de vida (CHIEN; CHU, 1991 apud QURESHI et al, 2009; SKELLEY; HOY, 2004). As fêmeas de *T. radiata* podem colocar até 300 ovos nas temperaturas de 25° e 30°C (ÉTIENNE et al., 2001), podendo reproduzir-se por partenogênese arrenótoca. O sucesso do parasitismo é evidenciado pela presença das “sedas de amarração” produzidas pela larva, sendo que a ninfa hospedeira começa a mumificar aproximadamente um dia antes da metade do tempo de desenvolvimento larval do parasitóide ser alcançado (FAUVERGUE; QUILICI, 1991).

Estudos de parâmetros biológicos de *T. radiata* realizado por Gómez Torres (2009) revelaram que as maiores porcentagens de parasitismo são verificadas nas temperaturas de 25 e 30°C, sendo de 84,17 e 72,50%, respectivamente. As maiores porcentagens de emergência ocorreram nas temperaturas de 25, 30 e 35°C, variando de 88,41 a 78,81%. A temperatura não afetou a razão sexual do parasitóide. Resultados semelhantes foram relatados por Chu e Chien (1991) em condições laboratoriais a 25°C, UR de 100% e fotofase de 14 horas, na China.

No Brasil, estudos realizados em pomares de citros do Estado de São Paulo durante 1993, não constataram a presença de *T. radiata* (GRAVENA et al., 1996). No entanto, a ocorrência natural do parasitóide foi registrada pela primeira vez no país em 2004, sendo registrado em praticamente todas as áreas citrícolas do estado de São Paulo. Variações na população da praga e do parasitóide ocorrem em diferentes épocas do ano, e parece estar relacionado à região e ao manejo utilizado no controle de huanglongbing (GÓMEZ TORRES, et al., 2006).

Com base no sistema de informações geográficas (SIG) e nas exigências térmicas e higrométricas de *D. citri* e *T. radiata* foi possível obter mapas de distribuição do desenvolvimento desses insetos no estado de São Paulo (GÓMEZ TORRES, 2009). Na região norte do Estado de São Paulo pode ocorrer de 10 a 13 ciclos de *D. citri* e de 31 a 35 ciclos de *T. radiata*; na região nordeste, o número de ciclos pode variar de 6 a 10 e de 24 a 32 para a praga e para o parasitóide, respectivamente. Para as regiões sudoeste e sudeste, o número de gerações pode variar de 3 a 10 e de 19 a 31 para *D. citri* e *T. radiata*. Assim, as maiores incidências da praga e do parasitóide ocorrem nas regiões e épocas do ano com temperaturas mais elevadas e os aumentos populacionais devem coincidir com o aumento das chuvas e com as brotações das plantas cítricas.

*T. radiata* tem alta capacidade de dispersão e em vários países como Taiwan (CHIEN; CHU, 1996), Ilhas Reunión, Mauritius e Guadalupe (ÉTIENNE et al., 2001), e nos EUA (SKELLEY; HOY 2004), a utilização de parasitóides em programas de controle biológico clássico reduziu de forma significativa populações de *D. citri*. No Brasil, oito dias após liberações inoculativas, o parasitismo de *T. radiata* variou entre 51,5 a 72,7%. No entanto, 15 dias após a liberação, verificou-se uma diminuição para 10% a 4,7%, demonstrando que o parasitóide tem potencial para estabelecer-se em condições de campo no estado de São Paulo (PARRA; GÓMEZ TORRES; PAIVA, 2007).

### **2.1.3 Efeitos letais e subletais de inseticidas sobre parasitóides**

A conservação de inimigos naturais no manejo integrado de pragas pode ser alcançada por meio da manipulação do ambiente ou pelo uso de inseticidas seletivos (CROFT, 1990). Pela definição, inseticidas seletivos são nocivos a insetos pragas, mas relativamente inofensivos a inimigos naturais (YU, 1998) e seu uso pode aumentar a eficácia do controle biológico. O interesse em alternativas para diminuir o impacto de pesticidas no ecossistema tem aumentado durante as últimas décadas; entretanto, aplicações constantes de inseticidas têm resultado em desequilíbrio ambiental, como a ressurgência de pragas alvo e pragas secundárias, a contaminação ambiental, a evolução da resistência, os efeitos letais e subletais em organismos alvo e não-alvo (GEORGHIOU, 1983; CROFT, 1990).

Durante anos, dois métodos clássicos de laboratório vêm sendo utilizados para estimar o efeito de pesticidas em artrópodes benéficos: a estimativa da dose letal média ( $DL_{50}$ ) ou da concentração letal ( $CL_{50}$ ) e o desenvolvimento de testes de seletividade para identificar produtos com baixa atividade em organismos não-alvos. Entretanto, a estimativa da seletividade era baseada em valores de  $DL_{50}$ , e os efeitos subletais de pesticidas nos organismos benéficos não eram estudados (DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007). Devido ao aumento da importância econômica dos organismos benéficos na agricultura e o reconhecimento das limitações associadas com os métodos tradicionais para o estudo dos efeitos subletais dos pesticidas, o número de trabalhos nessa área tem aumento nos últimos anos (LITTLE, 1990).

O impacto de pesticidas em inimigos naturais não está limitado apenas à mortalidade, pois podem causar efeitos subletais na fisiologia e no desenvolvimento de organismos que sobrevivem à exposição de pesticidas, dependendo da dose/concentração o efeito pode ser letal ou subletal (DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007). Esses efeitos podem resultar em alterações na reprodução (fertilidade, fecundidade e razão sexual), no comportamento de alimentação (STARK; RANGUS, 1994; STARK; BANKS, 2003), na capacidade de parasitismo (busca, oviposição, tempo para o reconhecimento), tempo de desenvolvimento, deformação, longevidade, locomoção e repelência (WRIGHT; VERKERK, 1995).

Segundo Croft (1990), geralmente organofosforados, carbamatos e piretróides são considerados altamente tóxicos para agentes de controle biológico. Em determinados sistemas de manejo de pragas alguns pesticidas tem se mostrado seletivos por ter impacto negativo sobre inimigos naturais (HILL; FOSTER, 2000). Inseticidas botânicos também estão sendo utilizados (ARNASON et al., 1989; ISMAN, 1994 apud SABER; HEJAZI; HASSAN, 2004) em função do controle efetivo de organismos alvo e por apresentarem menor persistência no ecossistema (STARK; WALTER, 1995). Desde os anos 90, os inseticidas do grupo dos neonicotóides têm sido utilizados no controle de insetos sugadores em várias culturas (NAUEN et al., 2001). Dentre esses, imidacloprid tem sido a molécula mais estudada com relação ao impacto sobre inimigos naturais. Esse inseticida tem se mostrado seletivo dentro da Classe Insecta e não prejudiciais a mamíferos (TOMIZAWA; CASIDA, 2005). Os inseticidas neonicotinóides atuam no sistema nervoso central dos insetos como agonista de receptores nicotínicos pós-sinápticos da acetilcolina (NAUEN et al., 2001).

A necessidade de novas moléculas químicas, com diferentes modos de ação, que sejam potencialmente mais seletivas para inimigos naturais são de extrema importância para a implementação do programa de manejo integrado de pragas. Dentre os produtos com perspectivas de se enquadrar nesse modelo destaca-se o inseticida abamectin. Abamectin, doramectin e ivermectin são compostos pertencentes a avermectinas (B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>) e lactonas macrocíclicas, quimicamente relacionadas e naturalmente produzidas a partir do *Streptomyces avermectilis* (BURG et al., 1979 apud SOUZA et al., 2003). Causam paralisia de nematóides e artrópodes suscetíveis devido à inibição do neurotransmissor ácido gama-aminobutírico (CAMPBELL; BENZ, 1984).

O uso do inseticida abamectin em várias culturas tem sido muito efetivo para o controle de insetos sugadores como ácaros, tripes, pulgão, mosca-das-frutas, psílídeos e espécies pragas de lepidopteros (LASOTA; DYBAS, 1991). Abamectin tem sido considerado seletivo para muitas espécies de ácaros predadores e para o parasitóide *Trichogramma demoraesi* Nagaraja (SOUZA; MATIOLI; SANTA-CECÍLIA, 1987). Dessa forma, torna-se relevante o conhecimento dos efeitos letais e subletais que os inseticidas podem causar em inimigos naturais, uma vez que esses organismos não eliminam populações de pragas, mas podem proporcionar o equilíbrio populacional.

Os inseticidas do grupo dos reguladores de crescimento promovem alterações no desenvolvimento de inimigos naturais por meio da interrupção do processo de ecdise e na formação da cutícula, além de atuar no sistema endócrino de insetos (DHADIALLA et al. (1998) apud DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007). Deformações no ovário também foram observadas em parasitóides expostos a inseticidas reguladores de crescimento por Schneider et al. (2004).

A toxicidade de sete inseticidas foliares a três espécies de parasitóides representantes da família Aphelinidae *Aphytis melinus* DeBach, *Eretmocerus eremicus* Rose & Zolnerowich e *Encarsia formosa* Gahan foram avaliados por Prabhaker et al. (2007). Os inseticidas testados foram: acetamiprid; chlorpyrifos, bifenthrin, cyfluthrin, fenpropathrin, buprofezin e pyriproxyfen. Baseando-se nos valores de CL<sub>50</sub>, o inseticida chlorpyrifos foi o mais tóxico para todas as espécies testadas, sendo que o parasitóide *A. melinus* foi o mais suscetível das espécies.

Rill, Grafton-Cardwell e Morse (2007) estudaram o efeito de acetamiprid nas formas imaturas e adultos do ectoparasitóide *A. melinus*. Acetamiprid não afetou o desenvolvimento dos

estágios imaturos até a fase de pupa. No entanto, quando adultos de *A. melinus* foram expostos a resíduos do produto, durante 48 h, altos níveis de mortalidade foram observados.

Cônsoli, Parra e Hassan (1998) avaliaram os efeitos de seis inseticidas (cartap, phenthoate, lambda-cyhalothrin, abamectin, teflubenzuron e tebufenozide) nos parâmetros de mortalidade, capacidade de parasitismo e desenvolvimento do parasitóide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Após o parasitismo, ovos de *Ephesia kuehniella* Zeller foram imersos, em soluções dos produtos testados, durante os estágios de desenvolvimento do parasitóide que corresponde às fases de ovo-larva (0-24h), pré-pupa (72-96h) e pupa (168-192h). Cartap e phenthoate foram altamente tóxicos e causaram mortalidade em todas as fases de desenvolvimento. Lambda-cyhalothrin prolongou o desenvolvimento dos estágios imaturos e diminuiu a capacidade de parasitismo de fêmeas emergidas. Tebufenozide, teflubenzuron e abamectin reduziram o desenvolvimento quando aplicados durante a fase de pupa.

Saber et al. (2005) avaliaram os efeitos de fenitrothion e deltamethrin nos estágios imaturos e adultos do parasitóide de ovos *Trissolcus grandis* Thompson (Hymenoptera: Scelionidae). Adultos quando expostos as concentrações de campo recomendada (8,1 e 3,9 µg IA/mL) desses inseticidas causaram 100% de mortalidade em 24h. A porcentagem de emergência também foi reduzida a 18 e 34%, respectivamente. Entretanto, nenhum efeito significativo foi observado para longevidade, capacidade de parasitismo e razão sexual.

Machos de *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hymenoptera: Trichogrammatidae) quando expostos a deltamethrin apresentaram um significativo aumento no comportamento de forrageamento em resposta ao feromônio das fêmeas. Entretanto, quando as fêmeas foram expostas a mesma dose de deltamethrin, a resposta de machos para seu feromônio foi significativamente diminuída (DELPUECH et al., 1999). Delpuech e Meyet (2003) também estudaram os efeitos do organofosforado clorpirifós (DL<sub>20</sub>) sobre *T. brassicae* e observaram uma redução significativa no número de hospedeiros parasitados e no número de descendentes fêmeas quando fêmeas da geração parental tratadas sobreviveram à exposição do inseticida.

Cloyd e Dickinson (2006) conduziram um estudo para avaliar os efeitos de buprofezin, pyriproxyfen, flonicamid, acetamiprid, dinotefuran e clothianidin no parasitóide de cochonilha do citros *Leptomastix dactylopii* Howard (Hymenoptera: Encyrtidae) e no predador *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae). Dinotefuran, acetamiprid e clothianidin foram

muito tóxicos ao parasitóide após 72h e ao predador após 48h, ocasionando 100% de mortalidade para ambas as espécies.

Xu et al. (2004) avaliaram o impacto de oito inseticidas sobre o parasitóide *Diadegma insulare* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae) e observaram que lambda-cyhalothrin, indoxacarb e spinosad causaram 100% de mortalidade quando adultos do parasitóide foram expostos a resíduos dos produtos durante 24 h. Lambda-cyhalothrin também reduziu em 10% a emergência de adultos quando as pupas foram tratadas.

Haseeb et al. (2004) conduziram experimentos para avaliar os efeitos de dez inseticidas sobre o endoparasitóide *Cotesia plutellae* Kurdjumov (Hymenoptera: Braconidae). Os produtos utilizados foram três inseticidas à base de azadirachtin, quatro de *Bacillus thuringiensis*, spinosad, indoxacarb e lambda-cyhalothrin. Em bioensaios de contato residual, os resultados indicaram que indoxacarb, lambda-cyhalothrin e spinosad causaram 100%, 88,9% e 50% de mortalidade a adultos que emergiram de pupas tratadas, no entanto, a emergência de adultos não foi significativamente diferente entre os inseticidas testados e o controle. Para os bioensaios de ingestão, spinosad e lambda-cyhalothrin causaram 100% de mortalidade e todos os inseticidas reduziram a porcentagem de parasitismo das fêmeas sobreviventes. Em bioensaios com resíduos foliares, 39 e 44% de mortalidade foram observados durante 7 e 10 dias para indoxacarb e lambda-cyhalothrin.

Um estudo realizado para avaliar os efeitos subletais de inseticidas ao parasitóide *A. melinus* foi conduzido por Rosenheim e Hoy (1988). O parasitóide foi exposto a  $CL_{50}$ 's dos inseticidas carbaryl, chlorpyrifos, dimethoate, malathion e methidathion. A exposição ao carbaryl não apresentou efeitos subletais nesse inseto. Entretanto, a exposição aos organofosforados reduziu a longevidade em até 85%, causando uma temporária redução na progênie. Também foi verificado que chlorpyrifos alterou a razão sexual dos descendentes para mais machos. Os autores ressaltam a importância dos estudos nesses parâmetros para avaliar com precisão os inseticidas seletivos a favor dos parasitóides.

Ergin et al. (2007) avaliaram o tempo de desenvolvimento de ovo a adulto, número de descendentes produzidos, razão sexual, longevidade e o tamanho da larva do endoparasitóide *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae) após exposição a doses subletais de cypermethrin no hospedeiro *Achoria grisella* (Fabricius) (Lepidoptera: Pyralidae). Quando larvas do hospedeiro foram tratadas com cypermethrin, o período de emergência passou a ser 50%

maior do que o tempo normal, o tempo de desenvolvimento do parasitóide aumentou em função da dose. A longevidade de adultos e o número de descendentes vivos produzidos diminuíram com o aumento da dose do inseticida. Os autores ressaltaram que doses subletais de cypermethrin podem limitar o desenvolvimento, sobrevivência e crescimento do parasitóide devido à possibilidade de deficiências metabólicas, hormonais e nutricionais. O efeito potencial adverso que cypermethrin tem nesse inseto pode causar impacto no sucesso do manejo integrado de pragas.

O efeito de seis inseticidas (Malathion, Quick, Cidial, Dimethoate, Actellic, Deltamethrin) e dois óleos minerais (super misrona e kemesol) foi estudado no parasitóide de ovos *Trichogramma cacaoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae), seguindo metodologia padrão da IOBC (YOUSSEF et al., 2004). Três métodos foram utilizados: 1) teste de toxicidade em adultos (dose-resposta), 2) teste de toxicidade em pupas, usando concentração recomendada de campo, 3) teste de persistência. Nesse estudo, os autores verificaram que os seis inseticidas testados reduziram em 80 a 95% a capacidade de parasitismo, enquanto os dois óleos minerais reduziram em até 25%. Malathion foi o produto que causou maior toxicidade em pupas, seguido por Quick, Actellic, Cidial, Dimethoate e Deltamethrin. No teste de persistência, Malathion, Quick e Actellic foram os mais persistentes.

Torres, Silva-Torres e Oliveira (2003) estudaram a toxicidade de pymetrozine e thiamethoxan ao parasitóide do pulgão do algodoeiro *Aphelinus gossypii* Timberlake (Hymenoptera: Aphelinidae) e ao predador da mosca-branca *Delphastus pusillus* (LeConte) (Coleoptera: Coccinellidae). Folhas de algodão contendo mummies do parasitóide foram coletadas e tratadas com sete concentrações desses inseticidas. A emergência do parasitóide não foi afetada por pymetrozine com valores variando de 59,9 a 75%. Para thiamethoxan, a emergência do parasitóide foi de 30,2 a 69,6%. Predadores liberados em folhas tratadas com thiamethoxan apresentaram 70 a 100% de mortalidade e 0 a 20% para pymetrozine. Seis dias após tratamento tópico de larvas, pupas e adultos de *D. pusillus* com pimetrozine (i.a.) a 400, 600 e 800 mg/L a população viva era acima de 69,6%, enquanto os tratados com thiamethoxam (i.a.) a 25, 100 e 200 mg/L apresentaram sobrevivência abaixo de 8,7%. Pymetrozine foi inócua para *A. gossypii* e *D. pusillus*, e thiamethoxan mostrou toxicidade de baixa à moderada para mummies de *A. gossypii*, e foi altamente tóxico a *D. pusillus*.

Souza, Matioli e Santa-Cecília (1987) conduziram um experimento em laboratório para determinar se alguns parâmetros relativos à seletividade de avermectin B<sub>1</sub> (MK-936) e malathion ao *T. demoraesi*. Os autores observaram que o produto na formulação 1,8% CE nas concentrações de 0,1; 0,2; 0,4 e 0,8 mL/L não afetaram o desenvolvimento pré-imaginal do parasitóide, quando este ainda se encontrava no interior dos ovos. Não foram verificadas mortalidades significativas de adultos do parasitóide que entraram em contato com ovos do hospedeiro tratados com o inseticida. Malathion na recomendação de 1,5 mL/L apresentou-se extremamente tóxico ao parasitóide. Desta forma, os autores concluíram que avermectin B<sub>1</sub> apresenta característica de seletividade a *T. demoraesi*, com potencialidade de utilização em programas de manejo integrado de pragas.

Tipping e Burbutis (1983) estudaram o efeito residual de alguns inseticidas sobre a emergência e o parasitismo de *Trichogramma nubilale* Ertle & Davis (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Os ensaios foram conduzidos em 1, 4, 7, 14 e 21 dias em casa de vegetação e em campo com plantas de pimenta pulverizadas com *Bacillus thuringiensis*, carbaryl, methomyl, methyl parathion e permethrin. O parasitóide foi sensível a todos os produtos testados, sendo methyl parathion o mais tóxico. Resíduos de *Bacillus thuringiensis* em casa de vegetação não afetaram o parasitismo e a emergência de *T. nubilale*. Nos ensaios de campo com resíduo de permethrin, carbaryl e methomyl não afetaram a emergência, entretanto, o parasitismo foi reduzido 21 após a aplicação para permethrin (0,04 Kg/ ha) em casa de vegetação e para methomyl (0,5 Kg/ha) em campo.

A toxicidade de nove inseticidas a duas espécies de inimigos naturais, *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrisopidae) e *Trichogramma brasiliensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Trichogrammatidae), foram verificados em laboratório por Singh e Varma (1986). Endosulfan, quinalphos, monocrotophos, phenthoate e fenitrothion causaram 74 a 89% de mortalidade larval após 72 h para o predador. Phosalone, carbaryl e cypermethrin foram moderadamente tóxicos (34,1 a 38,1% de mortalidade), enquanto fenvalerate foi o menos tóxico (19,2% de mortalidade) para o predador. Endosulfan, quinalphos, monocrotophos, phenthoate, fenitrothion, phosalone, fenvalerate, cypermethrin e carbaryl causaram mortalidade entre 84 a 100% para o parasitóide. Phosalone, monocrotophos e fenvalerate afetaram o parasitismo em 26 a 64% de *T. brasiliensis*, no entanto, a emergência não foi afetada. Os autores ressaltaram que phosalone e fenvalerate

foram relativamente seguro aos inimigos naturais e podem ser utilizados no manejo integrado de pragas da cultura do algodão.

#### **2.1.4 Estudos ecotoxicológicos**

A ecotoxicologia estuda os efeitos tóxicos das substâncias químicas sobre os organismos dentro de um ecossistema, enquanto a toxicologia estuda os efeitos tóxicos das substâncias químicas sobre os organismos, considerando suas características físico-químicas e biológicas (TRUHAUT, 1977).

Nas últimas décadas, os estudos ecotoxicológicos têm sido explorados com o intuito de avaliar os efeitos letais e subletais de agroquímicos sobre os organismos alvo e não-alvo. Esses efeitos são avaliados por meio de taxas de crescimento populacional, uma vez que, os métodos tradicionais de estudos toxicológicos, como a estimativa da concentração letal média ( $CL_{50}$ ), não apresentam informações suficientes para avaliar os efeitos totais de agroquímicos em populações, além de limitar-se apenas a avaliação da mortalidade em um curto tempo de 24 horas ou de 1 a 4 dias, em muitos casos (WALTHALL; STARK, 1997).

A utilização de taxas de crescimento populacional, como a taxa intrínseca de crescimento ( $r_m$ ), tem sido utilizada para avaliar os efeitos totais de agroquímicos, pois integra idade específica, sobrevivência e fecundidade, além de os organismos serem expostos a várias concentrações durante um período determinado e as avaliações serem feitas diariamente (VAN LEEUWEN et al., 1985apud STARK; WENNERGREN, 1995).

Uma medida alternativa tem sido a estimativa da taxa instantânea de crescimento ( $r_i$ ), em que apenas uma avaliação final é feita após um tempo previamente determinado (STARK; BANKS, 2003). Essa medida é calculada pela seguinte equação:  $r_i = \ln(N_f/N_o)/\Delta T$ , onde  $N_f$  é o número final de animais,  $N_o$  é o número inicial de animais, e  $\Delta T$  é a variação de tempo (número de dias em que o experimento será executado) (WALTHALL; STARK, 1997), sendo que valores positivos de  $r_i$  indicam crescimento populacional, valores negativos de  $r_i$  indicam decréscimo na população e  $r_i$  igual a zero indica população estável. Esse método permite avaliar os efeitos letais e subletais em populações de organismos alvo e não-alvo (STARK; SUGAYAMA; KOVALESKI, 2007).

## 2.2 Material e métodos

O projeto de pesquisa foi desenvolvido no “Laboratório de Resistência de Artrópodes a Pesticidas” do Departamento de Entomologia e Acarologia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, no período de março de 2007 a julho de 2009.

### 2.2.1 Coleta e criação de *D. citri* em laboratório

Para a avaliação dos efeitos letais e subletais de inseticidas no parasitóide *T. radiata* foi utilizada uma população de *D. citri* coletada em pomar da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Piracicaba – SP em 2007, sem histórico de pulverizações de pesticidas, além de estar isolado de outros pomares de citros.

A coleta foi realizada utilizando tubos de ensaio (2,5 × 8,5 cm) para a coleta de adultos e coleta de ramos contendo formas imaturas de *D. citri*. Foram coletados cerca de 300 a 500 psilídeos.

A população de psilídeo coletada no campo foi multiplicada em plantas de murta, *Murraya paniculata* (L.) Jack, seguindo metodologia adaptada de Tsai e Liu (2000) e Skelley e Hoy (2004). As plantas de murta foram cultivadas em recipientes plásticos contendo mistura de substrato vegetal (Plantmax) e terra, com volume de 0,5 L. Os psilídeos foram criados em gaiolas teladas (dimensões de 30×30×50 cm) (Figura 1A). Estas gaiolas foram mantidas em sala climatizada a temperatura de  $27 \pm 2$  °C, umidade relativa de  $70 \pm 10$  % e fotofase de 14 h.

Para a manutenção da população foram utilizadas de 3 a 6 gaiolas. Em cada gaiola foi mantida uma fase de desenvolvimento do inseto (ovos, ninfas ou adultos). Aproximadamente 400 adultos de *D. citri* foram mantidos como matrizes para a criação em uma gaiola. Nas demais gaiolas foram mantidos os ovos, ninfas de diferentes estágios de desenvolvimento e adultos que foram utilizados nos bioensaios toxicológicos, sendo mantidas em condições de temperatura e umidade, conforme citado anteriormente.

A manipulação dos adultos de *D. citri* foi realizada com o auxílio de uma bomba de vácuo ligada por uma mangueira de silicone (5 mm de diâmetro) a uma borracha usada como tampa de um frasco de vidro (8 cm × 2 cm), a qual possuía uma outra mangueira para a sucção dos insetos (Figura 1B e C). Para aumentar a oviposição de *D. citri* as plantas de *M. paniculata* eram submetidas a procedimentos de poda dos meristemas apicais e ramos mais altos associados a adubações nitrogenadas, e plantas com brotações novas eram colocadas semanalmente nas gaiolas matrizes.



Figura 1 – (A) Criação de *D. citri*; (B) Bomba de vácuo; (C); Frasco de vidro usado para sucção de *D. citri*

### 2.2.2. Criação do parasitóide *T. radiata*

A população do parasitóide *T. radiata* foi obtida a partir de coletas de ramos de *M. paniculata* com formas imaturas de *D. citri* parasitadas, presentes em cercas viva da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba/SP, no período de março a julho de 2007.

A criação do parasitóide foi feita sobre o hospedeiro, *D. citri*, nas mesmas condições descritas no item 2.2.1 seguindo metodologia adaptada de Skelley e Hoy (2004). Adultos de *T. radiata* eram liberados nas gaiolas com vasos contendo ninfas de 4<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> instar de *D. citri* (CHU; CHIEN, 1991; SKELLEY; HOY, 2004). Para a alimentação dos adultos do parasitóide foi fornecido gotículas de mel colocadas no interior das gaiolas. Aproximadamente 6 dias após a liberação dos parasitóides, as plantas com ninfas parasitadas eram transferidas para gaiolas

plásticas (volume 2L), contendo aberturas laterais teladas com voal, até a emergência do adulto (Figuras 2A e B). Essas gaiolas eram mantidas em sala climatizada à temperatura de  $27 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 14 h.

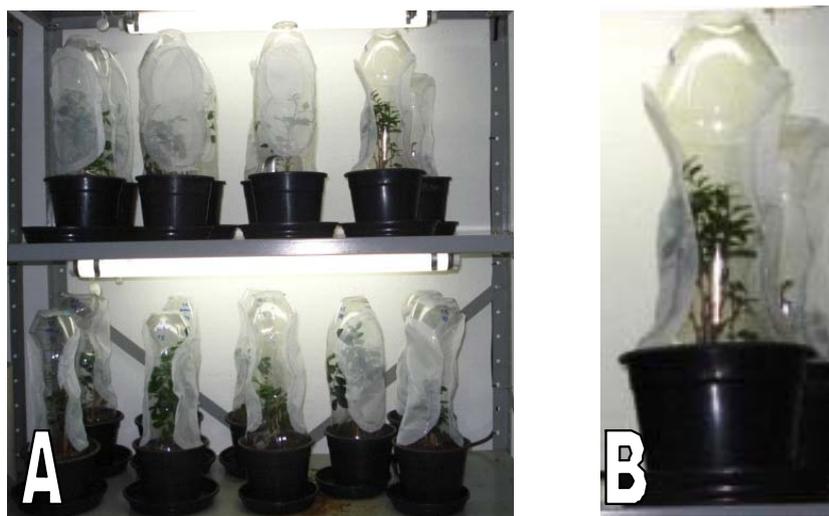


Figura – 2 (A) Gaiolas com plantas de murta contendo ninfas de *D. citri* parasitadas; (B) Detalhe da gaiola de criação

### 2.2.3 Efeitos letais e subletais de abamectin, lambda-cyhalothrin e imidacloprid sobre *T. radiata*

Os inseticidas utilizados para avaliar os efeitos letais e subletais sobre o parasitóide *T. radiata* foram: abamectin (Vertimec 18 EC (18 g de ingrediente ativo por litro – concentrado emulsionável) – Syngenta Proteção de Cultivos Ltda), lambda-cyhalothrin (Karate Zeon 50 CS (50 g de ingrediente ativo por litro – suspensão de encapsulado) - Syngenta Proteção de Cultivos Ltda e imidacloprid (Provado 200 SC (200 g de ingrediente ativo por litro – suspensão concentrada) – Bayer CropScience Ltda). Para cada inseticida foram utilizadas as concentrações comerciais recomendadas de 3,2 g de abamectin por litro de água, 7,5 g de lambda-cyhalothrin por litro de água e 96 g de imidacloprid por litro de água, além de 10% e 50% dessas concentrações.

O bioensaio utilizado foi o de contato residual. Arenas de 3,3 cm de diâmetro foram confeccionadas a partir de folhas de laranjeira da variedade Pêra Rio coletadas em um pomar sem uso de inseticidas. As arenas foram mantidas em algodão umedecido até a pulverização das diferentes concentrações de cada inseticida. A aplicação foi realizada sobre a superfície abaxial dos discos de folha com o uso da torre de pulverização Potter (Burkard Manufacturing, Rickmansworth, Herts, Reino Unido) calibrada a pressão de 10 psi (68,95 kPa). Foi utilizado um volume de 2 mL de solução em cada pulverização, obtendo-se uma deposição média de resíduo úmido de 1,56 mg/cm<sup>2</sup> sobre cada arena. Após a pulverização, as arenas foram transferidas sobre o algodão umedecido até a secagem do produto. Após a secagem do produto, as arenas foram acondicionadas em placas acrílicas de 3,5 cm de diâmetro (Falcon 1008, Becton Dickinson Labware, Lincoln Park, NJ, Estados Unidos) contendo 2 mL de uma mistura ainda não geleificada de agar-água na concentração de 2% (adaptado de Barber et al., 1999). Foram transferidos 5 parasitóides adultos, previamente anestesiados com CO<sub>2</sub> para facilitar a sua manipulação, para cada arena. Em seguida as placas foram vedadas com um tecido de voal (5 x 5 cm) contendo gotículas de mel e, posteriormente, cada placa recebeu uma tampa acrílica.

Os inseticidas e suas respectivas concentrações utilizadas foram abamectin (0,32; 1,8 e 3,2 ppm), lambda-cyhalothrin (0,75; 3,75 e 7,5 ppm) e imidacloprid (9,6; 48 e 96 ppm), valores correspondentes a 10%, 50% e 100% da concentração recomendada.

Os bioensaios foram mantidos em câmara climatizada à temperatura de 25 ± 1°C, umidade relativa de 70 ± 10% e fotofase de 14 h. O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado. Para cada concentração testada, os bioensaios foram repetidos seis vezes, sendo que cada repetição foi constituída por quatro placas de bioensaio por concentração e na testemunha (pulverização com água destilada), totalizando-se 120 insetos por concentração.

A avaliação da mortalidade foi realizada após 24 h, adotando como critério de resposta, os parasitóides que não apresentaram movimentos coordenados de seus apêndices e não conseguiram voltar à posição normal e caminhar ao serem tocados com um pincel, foram considerados mortos. Os adultos de *T. radiata* que sobreviveram (geração parental) à exposição de resíduos dos inseticidas abamectin, lambda-cyhalothrin e imidacloprid foram resgatados para a avaliação da capacidade de parasitismo e longevidade. Seus descendentes (geração F<sub>1</sub>) foram utilizados para a avaliação da emergência e razão sexual. Também foi avaliada a capacidade de

parasitismo da geração F<sub>1</sub> e emergência, razão sexual e longevidade de seus descendentes apenas para o inseticida abamectin.

As gaiolas utilizadas para avaliar a capacidade de parasitismo dos insetos sobreviventes e a emergência e razão sexual dos descendentes foram confeccionadas com recipientes plásticos com tampa de volume 500 mL. Essas gaiolas possuíam aberturas laterais teladas responsáveis pelas trocas gasosas (Figura 3A). A tampa de cada frasco foi cortada para permitir a passagem de um ramo de murta dentro da gaiola, sendo posteriormente fixado por meio de uma espuma. Um ramo de murta infestado com aproximadamente 10 ninfas de 4<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> ínstar de *D. citri* foi colocado na gaiola, 2 h antes do contato hospedeiro-parasitóide, evitando-se assim uma possível mudança de estágio. Após o período de aclimação, uma fêmea de *T. radiata* sobrevivente à exposição do resíduo foi colocada em cada gaiola. Gotículas de mel foram colocadas no interior das gaiolas para alimentação. O parasitóide foi mantido na presença do hospedeiro por 24 h. Para cada tratamento foram montadas 30 gaiolas.

A capacidade de parasitismo foi avaliada após 24 h do contato parasitóide-hospedeiro. As ninfas de *D. citri* foram colocadas com a porção ventral voltada para cima para a observação da presença de ovos do parasitóide. O sucesso do parasitismo foi constatado após seis dias com as ninfas mumificadas, detectadas pela presença das sedas de amarração produzida pela larva de *T. radiata*. Aproximadamente 12 dias após o contato hospedeiro-parasitóide foi avaliada a porcentagem de emergência e razão sexual dos descendentes.

A avaliação da longevidade realizada para os parasitóides da geração parental expostos previamente por 24 h a resíduos dos inseticidas estudados (abamectin, lambda-cyhalothrin e imidacloprid) e a longevidade da geração F<sub>1</sub> avaliada apenas para o inseticida abamectin foi estudada por meio da individualização dos parasitóides em tubos de ensaio fechados com filme plástico de PVC (Magipack<sup>®</sup>). Uma gotícula de mel foi colocada no interior dos tubos para a alimentação. A porcentagem de emergência foi avaliada em função do número de adultos provenientes das ninfas parasitadas. A sexagem foi feita baseada em caracteres das antenas e do abdome (WATERSTON, 1922).

Os experimentos foram conduzidos em sala climatizada à temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 14 h.

Os dados de porcentagem de mortalidade, porcentagem de parasitismo, porcentagem de emergência, razão sexual e longevidade de cada tratamento foram submetidos à análise de

variância e teste Tukey para a comparação das médias dos tratamentos. As análises foram realizadas com o programa estatístico SAS System for Windows versão 9.1. O nível de significância foi de  $\alpha = 0,05$ .



Figura 3 – (A) Detalhe de ramos de murta fixado na base do recipiente plástico (tampa); (B) Recipiente plástico tampado contendo ninfas de *D. citri* e o parasitóide *T. radiata*

## 2.2.4 Exposição contínua de *T. radiata* a resíduos de abamectin

### 2.2.4.1 Toxicidade em adultos

Ponteiros de murta com aproximadamente 10 cm de altura foram pulverizadas com 2 mL de solução de inseticida, até o ponto de escorrimento, utilizando-se de pulverizador manual Intrajet (Guarany). Os ramos de murta foram acondicionados em gaiolas (recipientes plásticos transparentes de 500 mL) como descrito no item 2.2.3. Após a secagem dos produtos, o ramo infestado com aproximadamente 10 ninfas de 4<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> ínstar de *D. citri* foi colocado na gaiola, 2 h antes do contato hospedeiro-parasitóide, para a avaliação da capacidade de parasitismo. Os parâmetros biológicos de emergência, razão sexual e longevidade dos descendentes da geração parental e da geração F<sub>1</sub> mantidos durante o ciclo de ovo-adulto na presença das diferentes concentrações de abamectin foram avaliados. Sendo que a longevidade foi avaliada seguindo metodologia apresentada no item 2.2.3, onde os adultos foram retirados das gaiolas e avaliados em tubos de ensaio.

As concentrações de abamectin avaliadas no bioensaio foram de 0,32; 1,8 e 3,2 ppm, além do controle. Cada concentração foi constituída de cinco repetições, sendo que cada bioensaio foi

repetido seis vezes ao longo do tempo. Cada repetição foi constituída por uma gaiola contendo uma fêmea de *T. radiata*. O parasitóide foi mantido na presença do hospedeiro por 24h. Para a alimentação do parasitóide foram fornecidas gotícula de mel no interior das gaiolas.

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.

Os dados de porcentagem de parasitismo, porcentagem de emergência, razão sexual e longevidade de cada tratamento foram submetidos à análise de variância e teste Tukey para a comparação das médias dos tratamentos. As análises foram realizadas com o programa estatístico SAS System for Windows versão 9.1. O nível de significância foi de  $\alpha = 0,05$ .

#### **2.2.4.2 Toxicidade de *T. radiata* a resíduos de abamectin expostas na fase de pupa**

O método de bioensaio utilizado foi o de contato direto. Pupas de *T. radiata* (estágio do ciclo de vida menos sensível a inseticidas) em ramos de murta foram expostas à pulverização direta do inseticida abamectin. Para a obtenção das pupas de *T. radiata*, ramos de murta, sem resíduos de abamectin, foram infestados com aproximadamente 10 ninfas de *D. citri*, foi utilizado o mesmo procedimento como descrito no item 2.2.3 com o uso de gaiolas plásticas (Figura 3B). Uma fêmea de *T. radiata* foi liberada em cada gaiola. Para a alimentação do parasitóide foram fornecidas gotícula de mel no interior das gaiolas. O parasitóide foi mantido na presença do hospedeiro por 24 h. Nove dias após o contato hospedeiro-parasitóide, ramos com ninfas mumificadas (detectada pela presença das sedas de amarração pela larva de *T. radiata*) foram cortados e colocados em um pedaço de papel de filtro (11 cm de diâmetro) e transferidas para a pulverização em Torre de Potter (Burkard Manufacturing, Rickmansworth, Herts, Reino Unido) calibrada à pressão de 10 psi (68,95 kPa), seguindo metodologia apresentada no item 2.2.3.

As concentrações de abamectin avaliadas foram de 0,32; 1,8 e 3,2 ppm, além do controle. Após a pulverização os ramos foram transferidos para uma placa de Petri (com 10 cm de diâmetro), até a emergência dos adultos. Para a alimentação dos parasitóides, gotas de mel foram colocadas nas tampas de cada placa de Petri. A avaliação da emergência dos adultos de *T. radiata* foi realizada aproximadamente 12 dias após o contato hospedeiro-parasitóide, sendo que 24 h

após a emergência foi avaliada a mortalidade e razão sexual. Os bioensaios foram mantidos em câmara climatizada à temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 14 h.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 6 repetições, sendo cada repetição foi constituída por uma placa de Petri com vários ramos de murta pulverizados contendo aproximadamente 20 pupas de *T. radiata* (Figura 4 A).

Os dados de porcentagem de emergência, porcentagem de mortalidade e razão sexual dos descendentes de cada tratamento foram submetidos à análise de variância e teste Tukey para a comparação das médias dos tratamentos. As análises foram realizadas com o programa estatístico SAS System for Windows versão 9.1. O nível de significância dos testes foi de  $\alpha=0,05$ .

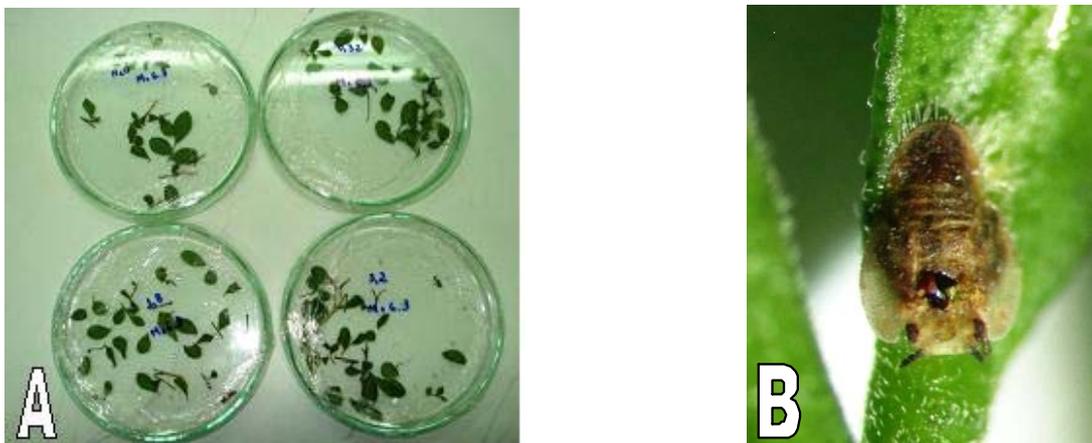


Figura 4 – (A) Placas de vidro com ramos de murta contendo múmias do hospedeiro pulverizado com diferentes concentrações de abamectin e a testemunha (água); (B) Detalhe da múmia do hospedeiro contendo parasitóide próximo a emergência

#### 2.2.4.3 Crescimento populacional de *T. radiata*

Para avaliar o impacto de abamectin no crescimento populacional de *T. radiata*, adultos de *T. radiata*, com até 48 h de vida, foram expostos a resíduos de abamectin durante 24 h, como descrito no item 2.2.3. Após esse período, três fêmeas e dois machos do parasitóide que

sobreviveu a exposição do produto, nas diferentes concentrações, foram retirados e acondicionados em cada gaiola para o contato hospedeiro-parasitóide. As gaiolas foram confeccionadas com recipientes plásticos de volume de 2L (Figura 5A). Um orifício foi feito na parte superior do recipiente e outros dois na parte lateral, em seguida foram cobertos com tecido voal. Um dos orifícios laterais apresentava uma abertura de 25 cm de diâmetro. Essa abertura lateral foi confeccionada com 15 cm de voal, o que permitia o fornecimento de ninfas de psílideo e a manipulação no interior das gaiolas (Figura 5B e C). Cem ninfas de *D. citri* de 4° e 5° instar foram oferecidas aos parasitóides, sendo que no 3°, 5°, 7° e 10° dia do experimento foram oferecidas 50 ninfas em cada período (Figura 5B e C), totalizando 300 ninfas submetidas ao parasitismo. Para a alimentação do parasitóide foram fornecidas gotícula de mel na parede das gaiolas.

As concentrações de abamectin utilizadas foram de 0,32; 1,8 e 3,2 ppm, além do controle. 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.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 5 repetições. Cada repetição foi constituída por uma gaiola por concentração. Cada gaiola era composta por 300 ninfas de *D. citri* e 5 parasitóides. Num total de 1500 ninfas do hospedeiro e 20 parasitóides foram utilizados por concentração.

A avaliação do crescimento populacional foi realizada com dezoito dias após a liberação dos parasitóides que sobreviveram à exposição dos resíduos de abamectin durante 24 h. Foi contado o número total de parasitóides/gaiola (ovos, imaturos e adultos). Os dados do número final de parasitóides por tratamento ( $N_f$ ), foram submetidos à análise de variância, as médias dos tratamentos foram comparadas com o controle pelo teste Dunett. As análises foram realizadas com o programa estatístico SAS System for Windows versão 9.1. O nível de significância dos testes foi de  $\alpha = 0,05$ . Para tanto, os resultados obtidos para a taxa instantânea de crescimento foram interpretados pela utilizando-se da seguinte fórmula:

$$r_i = \frac{\ln (N_f/N_o)}{\Delta t}$$

onde:  $N_f$  é o número final de formas imaturas (ovos, larvas e pupas) e adultos do parasitóide,  $N_o$  é o número inicial de parasitóide transferidos em cada gaiola e  $\Delta t$  é o período de duração do bioensaio, no qual os parasitóide permaneceram em contato com o hospedeiro após serem

expostas a resíduos do produto. De acordo com a equação, se o valor estimado para:  $r_1 = 0$ , observa-se equilíbrio no crescimento populacional; para tanto, se  $r_1 > 0$ , indica que há crescimento populacional e se  $r_1 < 0$ , indica que a população está sofrendo um declínio que poderá levá-la a extinção, quando  $N_f = 0$  (STARK; BANKS, 2003).

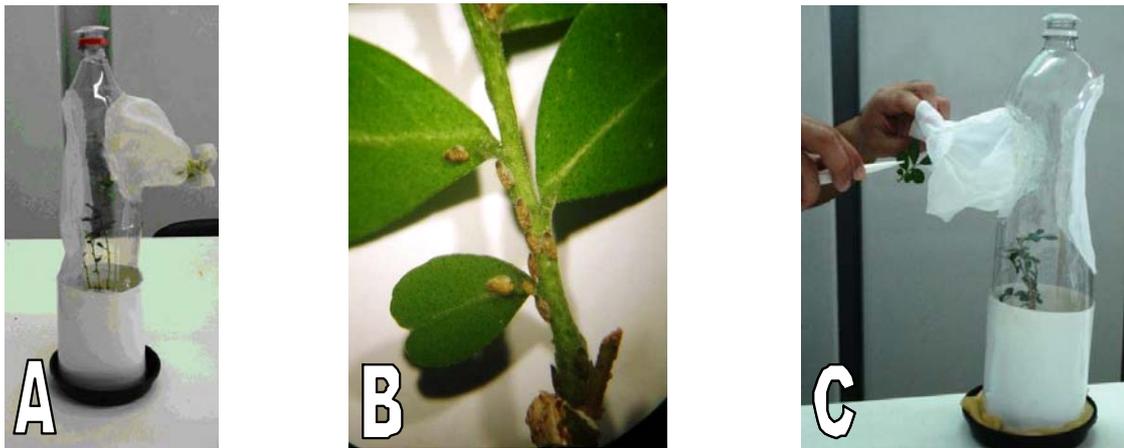


Figura 5 – (A) Gaiola utilizada para avaliar o crescimento populacional de *T. radiata*; (B) Ramo de murta com ninfas de *D. citri*; (C) Transferência de ramo de murta com ninfas do hospedeiro na gaiola com parasitóide

## 2.3 Resultados e discussão

### 2.3.1 Efeitos letais e subletais de abamectin, lambda-cyhalothrin e imidacloprid sobre o parasitóide *T. radiata*

Para o teste de contato residual com adultos do parasitóide, o inseticida imidacloprid foi o mais tóxico quando se utilizou a concentração recomendada e 50% da concentração recomendada ( $F = 45,95$ ; g.l. = 3, 20;  $P < 0,0001$ ), seguido por lambda-cyhalothrin ( $F = 4,22$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,0183$ ) e abamectin ( $F = 2,66$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,0760$ ) (Tabela 1 e Figura 6A). Essa alta toxicidade de imidacloprid sobre *T. radiata* também foi mostrada por Cocco e Hoy (2008). Os autores verificaram que o teste de contato residual com a fase adulta do parasitóide resultou em 100% de mortalidade para o inseticida imidacloprid quando utilizado abaixo da concentração recomendada, enquanto abamectin promoveu 23,3% de mortalidade e 93,1% de mortalidade quando o produto foi aplicado diretamente sobre o parasitóide. No entanto, Carvalho (2008) verificou uma baixa mortalidade de fêmeas de *T. radiata* quando expostas a superfícies de vidro com resíduos dos neonicotinóides, thiamethoxan (15,56%), tiacloprid (8,89%) e imidacloprid (10%) na concentração recomendada. No mesmo estudo, o autor apresentou valores superiores a 89% de mortalidade do parasitóide após aplicações diretas desses produtos a 10% e 100% da concentração recomendada.

Brunner et al (2001) avaliaram os efeitos de vários inseticidas em duas espécies de parasitóides, *Colpoclypeus florus* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae) e *Trichogramma platneri* Nagarkatti (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Esses autores encontraram resultados semelhantes aos observados por Cocco e Hoy (2008) e Carvalho (2008), quando imidacloprid e abamectin foram aplicados diretamente nos parasitóides. Imidacloprid resultou em 86% de mortalidade para *C. florus* e 100% para *T. platneri* quando foram utilizados a 100% da concentração recomendada, enquanto, abamectin promoveu 100% de mortalidade para ambos parasitóides a 10% da concentração recomendada. Essa alta toxicidade de abamectin também foi mostrada por Kaspi e Parrella (2005), que avaliaram o impacto direto do inseticida sobre adultos de *Diglyphus isaea* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae) na concentração recomendada.

Hewa-Kapuge, McDougall e Hoffmann (2003) verificaram que os inseticidas imidacloprid, emamectin e taufluvilate causaram mortalidade maior que 97% em adultos de *T. brassicae*, após aplicações diretas do produto, valor muito próximo ao encontrado por Cocco e Hoy (2008) e Cravalho (2008). Entretanto, em bioensaio de contato residual a mortalidade variou de 23 a 64% durante as primeiras 24 h.

Bacci et al. (2007) avaliaram a seletividade de sete inseticidas aos inimigos naturais de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), o parasitóide *E. formosa* e alguns

predadores como *Discodon* sp. (Coleoptera: Cantharidae), *Acanthinus* sp. (Coleoptera: Anthicidae) e *Lasiochilus* sp. (Heteroptera: Anthocoridae). Foi obtida uma mortalidade de 97% para o parasitóide e 100% para os predadores após 48 h de exposição a resíduos de imidacloprid utilizado na concentração recomendada e 50% dessa concentração. Os autores também mostraram nesse trabalho que os inseticidas abamectin e acetamiprid foram altamente tóxico ao parasitóide *Encarsia* sp resultando em mortalidade de 97% e 86% nas concentrações de 100% e 50% da concentração recomendada para abamectin e 95% e 86% para acetamiprid.

Rill et al. (2007) verificaram alta mortalidade de *A. melinus* expostos na fase adulta a resíduos do inseticida acetamiprid. Prabhaker et al. (2007) avaliaram a toxicidade de sete inseticidas foliares sobre quatro espécies de parasitóides adultos *A. melinus*, *E. eremicus*, *E. formosa* e *Gonatocerus ashmeadi* Girault (Hymenoptera: Mymaridae). Uma alta toxicidade do inseticida acetamiprid foi obtida sobre todas as espécies de parasitóides testados.

Tabela 1 - Porcentagem de mortalidade ( $\pm$  erro padrão da média) de adultos de *T. radiata* após 24h de exposição a resíduos de abamectin, lambda-cyhalothrin e imidacloprid em discos de folha de laranjeira pulverizados em Torre de Potter nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada de cada inseticida

Tratamento	C.R*. (ppm)	Mortalidade Média (%)		
		100% da C.R.	50% da C.R.	10% da C.R.
abamectin	3,2	3,0 $\pm$ 1,41a	0,8 $\pm$ 0,83a	0,0 $\pm$ 0,0a
lambda-cyhalothrin	7,5	19,4 $\pm$ 4,29a	15,3 $\pm$ 6,01ab	4,5 $\pm$ 2,02ab
imidacloprid	96	72,6 $\pm$ 5,08a	55,6 $\pm$ 5,02a	23,3 $\pm$ 5,29b
testemunha	-	0c	0c	0c

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

\*Concentração recomendada

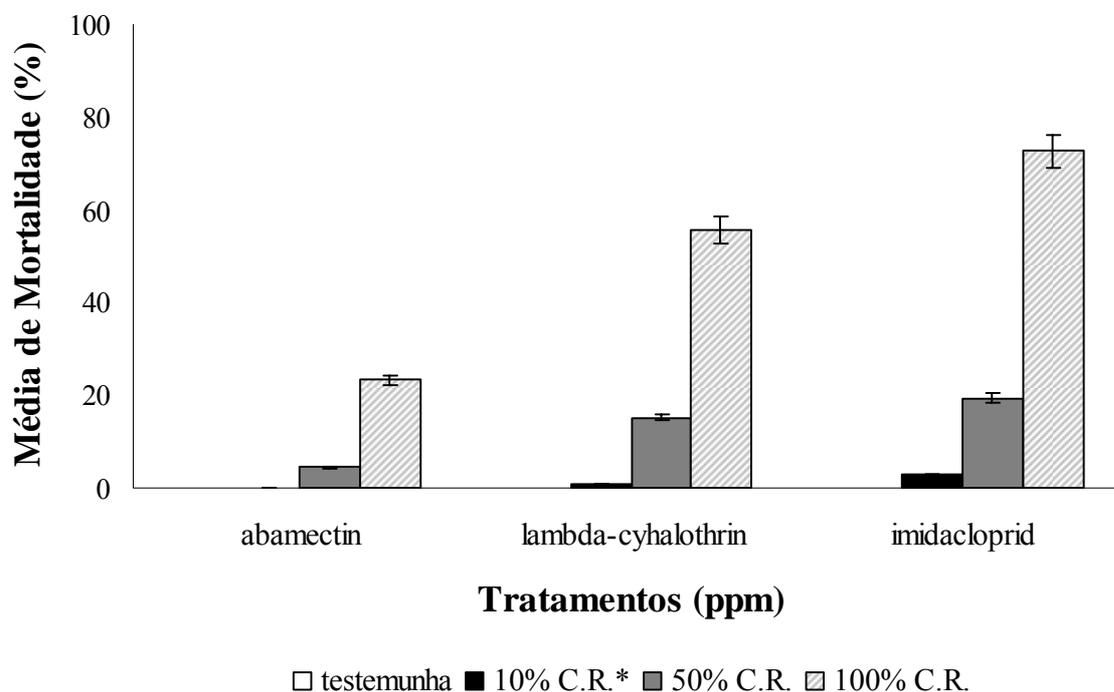


Figura 6A – Mortalidade de adultos de *T. radiata* expostos por 24 h a resíduos de abamectin, lambda-cyhalothrin e imidacloprid em discos de folha de laranjeira pulverizados em torre de Potter nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada de cada inseticida

Devido à baixa mortalidade de adultos de *T. radiata* expostos a resíduos de abamectin, lambda-cyhalothrin e imidacloprid a 10, 50 e 100% da concentração recomendada, outros parâmetros como a capacidade de parasitismo, emergência, razão sexual e longevidade foram estudados para avaliar os efeitos totais desses inseticidas sobre o parasitóide.

Na avaliação das porcentagens de parasitismo, abamectin foi o inseticida que promoveu maior redução na capacidade de parasitismo de fêmeas adultas de *T. radiata* ( $F = 3,21$ ; g.l. = 3; 20;  $P = 0,0451$ ), seguido por imidacloprid ( $F = 10,46$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,0002$ ) e lambda-cyhalothrin ( $F = 4,10$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,0202$ ) (Tabela 2 e Figura 7B). Segundo Desneux, Decourtye e Delpuech (2007), reduções na capacidade de parasitismo associados com pesticidas podem levar a efeitos na fisiologia e no comportamento de insetos. Cònsoli, Parra e Hassan (1998) verificaram que o inseticida abamectin também afetou o parasitismo de fêmeas de *T. pretiosum* provenientes de pupas tratadas com abamectin. Entretanto, o inseticida lambda-

cyhalothrin afetou todos os parâmetros biológicos de *T. pretiosum*, além de reduzir a capacidade de parasitismo e comprometer o desenvolvimento de estágios imaturos do parasitóide. De acordo com os autores, é possível que abamectin e lambda-cyhalothrin tenham efeito na oogênese do parasitóide.

Rocha e Carvalho (2004) verificaram que abamectin e imidacloprid causaram reduções de 81,4% e 89,9% na capacidade de parasitismo de adultos de *T. pretiosum* expostos a superfícies de vidro tratadas com esses produtos. Abamectin foi classificado como moderadamente nocivo. No entanto, Giolo et al (2007) e Hassan et al (1998) utilizando a mesma metodologia de bioensaio concluíram que abamectin reduziu em 100% o parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *T. cacoeciae*, sendo portanto classificado como nocivo. Os autores atribuíram essas diferenças a variações de suscetibilidade intraespecífica; à metodologia utilizada e/ou a distintas formulações utilizadas nos estudos.

Tabela 2 - Porcentagem de parasitismo ( $\pm$  erro padrão da média) de adultos de *T. radiata* após 24h de exposição a resíduos de abamectin, lambda-cyhalothrin e imidacloprid em discos de folha de laranjeira pulverizados em Torre de Potter nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada de cada inseticida

Tratamentos	Média de Parasitismo (%)			
	100% da C.R.*	50% da C.R.	10% da C.R.	testemunha
abamectin	28,8 $\pm$ 6,77a	27,7 $\pm$ 8,45a	29,5 $\pm$ 7,42a	52,7 $\pm$ 2,87a
lambda-cyhalothrin	40,1 $\pm$ 5,58a	37,6 $\pm$ 5,07a	59,7 $\pm$ 8,77a	60,5 $\pm$ 3,62a
imidacloprid	31,3 $\pm$ 5,13b	27,8 $\pm$ 5,80b	41,6 $\pm$ 4,07b	61,3 $\pm$ 3,18a

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

\*Concentração recomendada (ppm): abamectin (3,2), lambda-cyhalothrin (7,5) e imidacloprid (96)

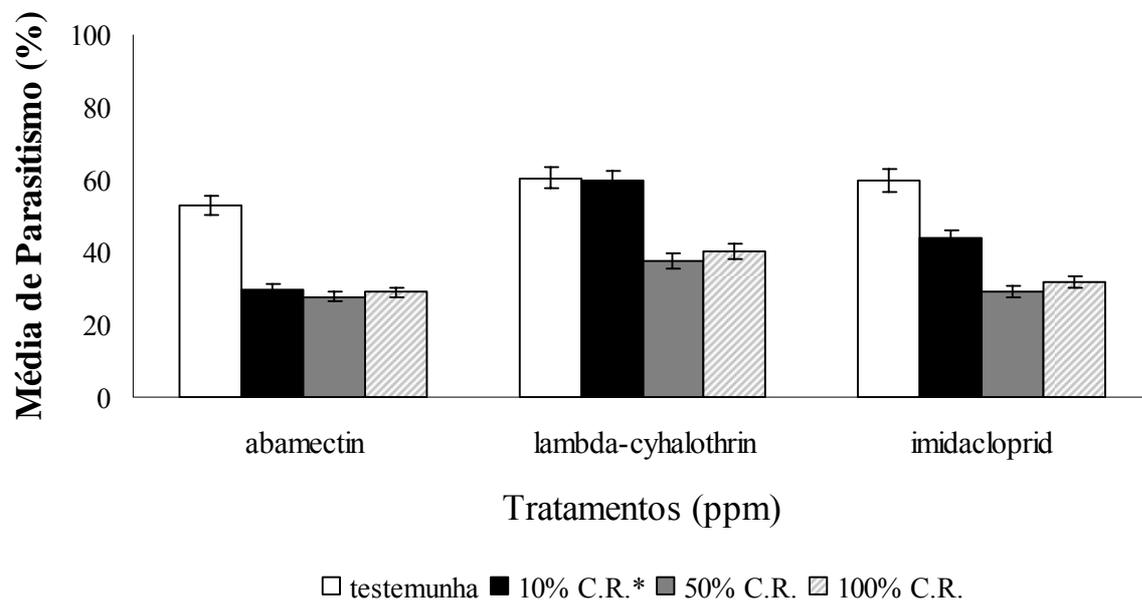


Figura 7A – Capacidade de parasitismo de fêmeas de *T. radiata* expostas a resíduos de abamectin, lambda-cyhalothrin e imidacloprid em discos de folha de laranjeira pulverizados em Torre de Potter nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada de cada inseticida

Além do efeito de abamectin na capacidade de parasitismo de fêmeas adultas de *T. radiata* expostas ao produto foi verificado que esse inseticida também afeta indiretamente a emergência dos descendentes, reduzindo em aproximadamente 80% de emergência a 100% da concentração recomendada de abamectin e 56% a 50% da concentração recomendada ( $F = 11,41$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,0001$ ) (Tabela 3). Resultados similares foram observados por Rocha e Carvalho (2004) quando adultos de *T. pretiosum* entraram em contato com resíduos frescos de abamectin, sendo o inseticida altamente prejudicial à emergência (45,7%).

Tabela 3 - Porcentagem de emergência ( $\pm$  erro padrão da média) dos descendentes da geração parental de *T. radiata* exposta a resíduos de abamectin, lambda-cyhalothrin e imidacloprid em discos de folha de laranjeira pulverizados em Torre de Potter nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada de cada inseticida

Tratamentos	Média de Emergência (%)			
	100% da C.R.*	50% da C.R.	10% da C.R.	testemunha
abamectin	20,1 $\pm$ 6,81c	43,3 $\pm$ 14,09bc	77,9 $\pm$ 6,75ab	84,0 $\pm$ 5,18a
lambda-cyhalothrin	64,6 $\pm$ 10,85a	67,7 $\pm$ 10,29a	74,5 $\pm$ 7,22a	82,6 $\pm$ 5,95a
imidacloprid	51,3 $\pm$ 7,10b	58,6 $\pm$ 10,36ab	64,3 $\pm$ 8,05ab	86,9 $\pm$ 2,77a

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

\*Concentração recomendada (ppm): abamectin (3,2), lambda-cyhalothrin (7,5) e imidacloprid (96)

Na razão sexual de *T. radiata* não foram verificadas diferenças significativas pelos inseticidas imidacloprid ( $F = 1,09$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,3766$ ), lambda-cyhalothrin ( $F = 1,75$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,1896$ ) e abamectin ( $F = 0,77$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,5236$ ) (Tabela 4). A razão sexual de *T. radiata* foi estudada por Gómez Torres (2009) em diferentes temperaturas, sendo 0,56, 0,58, 0,83, 0,82 e 0,71 a 15, 20, 25, 30 e 35°C, respectivamente. No entanto, no presente estudo, os valores de razão sexual em cada tratamento foram menores que os observados por Gómez Torres (2009) a 25°C, variando de 0,43 a 0,69.

Jacobs, Kouskolekas e Gross Jr. (1984) verificaram que os inseticidas permethrin e endosulfan não apresentaram efeito significativo na razão sexual de *T. pretiosum* quando plantas de tomate foram pulverizadas com esses produtos. Resultados semelhantes foram observados por Suh, Orr e Duyn (2000). Os autores verificaram que lambda-cyhalothrin, cypermethrin, thiocarb, profenophos, spinosad, methoxyfenozide e tebufenozide não afetaram a razão sexual de *T. exiguum* quando ovos de *H. zea* foram expostos a resíduos desses produtos.

Tabela 4 – Razão sexual ( $\pm$  erro padrão da média) dos descendentes da geração parental de *T. radiata* expostas a resíduos de abamectin, lambda-cyhalothrin e imidacloprid em discos de folha de laranjeira pulverizados em Torre de Potter nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada de cada inseticida

Tratamentos	Razão sexual			
	100% da C.R.*	50% da C.R.	10% da C.R.	testemunha
Abamectin (n)*	0,61 $\pm$ 0,17a (19)	0,43 $\pm$ 0,12a (37)	0,60 $\pm$ 0,10a (64)	0,69 $\pm$ 0,06a (130)
lambda-cyhalothrin (n)	0,66 $\pm$ 0,02a (79)	0,52 $\pm$ 0,07a (74)	0,64 $\pm$ 0,05a (130)	0,65 $\pm$ 0,04a (141)
Imidacloprid (n)	0,69 $\pm$ 0,08a (33)	0,50 $\pm$ 0,11a (47)	0,55 $\pm$ 0,08a (71)	0,63 $\pm$ 0,03a (129)

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

\*Concentração recomendada (ppm): abamectin (3,2), lambda-cyhalothrin (7,5) e imidacloprid (96)

\*(n): número de insetos testados

Na avaliação do efeito do inseticida abamectin sobre a longevidade, não foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos para as fêmeas ( $F = 1,29$ ; g.l.= 3, 20,  $P = 0,3059$ ) da geração parental do parasitóide *T. radiata*. No entanto, o inseticida promoveu uma redução na longevidade de machos ( $F = 3,05$ ; g.l.= 3, 20,  $P = 0,0523$ ), a 50% da concentração recomendada (Tabela 5). Esses estudos de efeitos na longevidade, após exposições subletais de inseticidas, foram realizados para muitas espécies de parasitóides e, dependendo do estudo a redução na longevidade foi considerada como um efeito subletal ou mortalidade latente. As avaliações desses efeitos são feitas por meio de estudos de tabela de vida, por isso depende do conhecimento da biologia do inimigo natural, da sua capacidade em colocar ovos maduros ou imaturos (JERVIS et al., 1996 apud DESNEUX; DECOURTYE; DELPUECH, 2007).

Tabela 5 – Longevidade ( $\pm$  erro padrão da média) de adultos da geração parental de *T. radiata* expostos por 24 h a resíduos de abamectin em discos de folhas de laranjeira pulverizados em Torre de Potter nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada

Concentração de abamectin (ppm)	n*	Longevidade Média	
		Fêmea (dias)	Macho (dias)
3,2	65	16,0 $\pm$ 1,49a	14,2 $\pm$ 1,77a
1,8	65	14,7 $\pm$ 1,93a	8,4 $\pm$ 0,81b
0,32	68	19,5 $\pm$ 2,50a	10,3 $\pm$ 1,18ab
0	65	19,6 $\pm$ 2,67a	9,8 $\pm$ 1,72ab

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

\* n: número de insetos testados

Para o inseticida lambda-cyhalothrin, não foram verificadas diferenças significativas para os parâmetros longevidade de fêmeas ( $F = 1,02$ ; g.l.= 3, 20,  $P = 0,4058$ ) e longevidade de machos ( $F = 0,48$ ; g.l.= 3, 20,  $P = 0,6997$ ) (Tabela 6). No entanto, uma redução na longevidade do parasitóide *Aphidius uzbekistanicus* Luzhetskii (Hymenoptera: Aphidiidae) foi verificado por Krespi et al. (1991) em diferentes fases do seu desenvolvimento quando expostos a deltamethrin, lambda-cyhalothrin e dimethoate. Além disso, esses inseticidas tiveram efeito na razão sexual da geração  $F_1$ . Deltamethrin reduziu o número de descendentes fêmeas do parasitóide quando os adultos permaneceram em contato com os inseticidas durante 10 minutos a uma hora, enquanto, lambda-cyhalothrin reduziu esse número quando os adultos foram expostos ao produto por uma hora.

Saber et al (2005) avaliaram os efeitos de fenitrothion e deltamethrin sobre adultos do parasitóide de ovos *T.grandis*, verificando que a porcentagem de emergência foi reduzida a 18% e 34% respectivamente. Entretanto, nenhum efeito significativo foi observado para longevidade, capacidade de parasitismo e razão sexual. No entanto, Garcia et al. (2009) observaram que os inseticidas deltamethrin e lambda-cyhalothrin reduziram as taxas de emergência (< 25%) do parasitóide *Trichogramma cordubensis* Vargas & Cabello (Hymenoptera: Trichogrammatidae) quando comparado com o controle (água), com valores variando em até 89%. Lambda-cyhalothrin foi o mais tóxico, com taxa de emergência variando de 7% a 15% para os adultos, além de o produto afetar a longevidade e fecundidade do parasitóide.

Tabela 6 – Longevidade ( $\pm$  erro padrão da média) de adultos da geração parental de *T. radiata* exposta a resíduos de lambda-cyhalothrin em discos de folhas de laranja pulverizados em Torre de Potter nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada

Concentração de lambda-cyhalothrin (ppm)	n*	Longevidade Média	
		Fêmea (dias)	Macho (dias)
7,5	57	17,1 $\pm$ 1,14a	13,5 $\pm$ 0,75a
3,75	52	23,0 $\pm$ 2,55a	15,1 $\pm$ 2,73a
0,75	41	18,4 $\pm$ 3,64a	13,8 $\pm$ 1,75a
0	47	21,7 $\pm$ 2,96a	16,7 $\pm$ 2,57a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

\* n: número de insetos testados

O inseticida imidacloprid promoveu uma redução na longevidade de fêmeas ( $F = 4,67$ ; g.l.= 3, 20;  $P = 0,0124$ ) e longevidade de machos ( $F = 6,24$ ; g.l.= 3, 20;  $P = 0,0036$ ) (Tabela 7) do parasitóide. No entanto, Carvalho (2008) verificou que thiamethoxan, thiacloprid e imidacloprid, pulverizados em placas de vidro a 10% da concentração recomendada, não influenciaram negativamente na longevidade de fêmeas e machos, e na razão sexual do parasitóide *T. radiata*. Também foi observado pelo autor que a longevidade média foi de 23 dias para fêmeas e 16 dias para machos, enquanto que no presente estudo, a longevidade média de fêmeas foi de 17,1 a 23 dias e a longevidade média de machos foi de 13,5 a 16,7 dias.

Tabela 7 – Longevidade ( $\pm$  erro padrão da média) de adultos da geração parental de *T. radiata* expostos por 24 h a resíduos de imidacloprid em discos de folhas de laranja

pulverizados em Torre de Potter nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada

Concentração de imidacloprid (ppm)	n*	Longevidade Média	
		Fêmea (dias)	Macho (dias)
96	43	16,3 ± 1,36b	9,6 ± 1,05b
48	44	14,1 ± 1,33b	10,1 ± 0,66b
9,6	48	16,8 ± 1,56b	9,6 ± 2,17b
0	62	20,5 ± 0,39a	16,8 ± 1,37a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

\* n: número de insetos testados

As fêmeas adultas (geração F<sub>1</sub>) obtidas a partir de fêmeas de *T. radiata* (geração parental) contaminados com abamectin na concentração de 0,32, 1,8 e 3,2 ppm foram expostos a resíduos desse inseticida nos diferentes tratamentos para a avaliação dos efeitos do produto na capacidade de parasitismo da geração avaliada e porcentagem de emergência, razão sexual e longevidade dos descendentes. Não foram observadas diferenças significativas entre a capacidade de parasitismo da geração parental ( $F = 3,21$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,0451$ ) e a geração F<sub>1</sub> ( $F = 1,05$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,3920$ ) (Tabela 8) do parasitóide para o inseticida abamectin. Entretanto, Vianna et al. (2009) avaliaram o impacto de abamectin e betacyflurin na capacidade de parasitismo de duas populações do parasitóide de ovos *T. pretiosum*. Os autores observaram uma redução entre 80 a 90% na taxa de parasitismo da geração parental e valores entre 35% a 44% para a geração F<sub>1</sub> desse parasitóide. De acordo com Desneux, Pham-Delegue e Kaiser (2004a), essa redução na taxa de parasitismo para as duas gerações pode estar relacionada à alta toxicidade desses produtos e pela ação de repelência em fêmeas de *T. pretiosum* uma vez que a orientação pelo olfato pode ser afetada por inseticidas resultando na baixa capacidade de localizar seu hospedeiro.

Tabela 8 - Porcentagem de parasitismo ( $\pm$  erro padrão da média) da geração parental e da geração F<sub>1</sub> de adultos de *T. radiata* expostos a resíduos de abamectin nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada pulverizadas em discos de folha de laranjeira pulverizados em Torre de Potter

Concentração de abamectin (ppm)	% Média de Parasitismo	
	Geração parental	Geração F <sub>1</sub>
3,2	28,9 ± 6,77a	38,1 ± 4,21a
1,8	27,7 ± 8,45a	36,4 ± 2,95a
0,32	29,5 ± 7,42a	41,7 ± 3,08a
0	52,7 ± 2,87a	45,6 ± 5,25a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

O inseticida abamectin influenciou negativamente a porcentagem de emergência do parasitóide nos diferentes tratamentos para os descendentes da geração parental ( $F = 11,41$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,0001$ ) quando comparada com os descendentes da geração F<sub>1</sub> ( $F = 0,53$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,6684$ ) (Tabela 9). No entanto, Vianna et al. (2009) observaram que abamectin não somente reduziu a emergência da geração parental, como também afetou a emergência da geração F<sub>1</sub> de *T. pretiosum* expostos a resíduos de abamectin. Não foram observadas diferenças significativas na razão sexual da geração parental ( $F = 0,77$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,5236$ ) quando comparada com a geração F<sub>1</sub> do parasitóide ( $F = 0,15$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,9310$ ).

Tabela 9 - Porcentagem de emergência e razão sexual ( $\pm$  erro padrão da média) dos descendentes da geração parental e geração F<sub>1</sub> a partir de adultos de *T. radiata* após 24 h de exposição a resíduos de abamectin em discos de folhas de laranjeira

pulverizados em Torre de Potter nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada

Concentração de abamectin (ppm)	Descendentes			
	Geração Parental		Geração F <sub>1</sub>	
	% Emergência	Razão Sexual	% Emergência	Razão Sexual
3,2 (n)*	20,1 ± 6,81c	0,61 ± 0,17a (29)	87,0 ± 12,40a	0,58 ± 0,09a (90)
1,8 (n)	43,3 ± 14,09bc	0,43 ± 0,12a (37)	93,5 ± 2,72a	0,65 ± 0,05a (79)
0,32 (n)	77,9 ± 6,75ab	0,60 ± 0,10a (64)	89,0 ± 5,44a	0,62 ± 0,10a (90)
0 (n)	84,0 ± 5,18a	0,69 ± 0,06a (130)	92,4 ± 3,41a	0,65 ± 0,06a (107)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

\*(n): número de insetos testados

Nenhum efeito significativo foi observado nos parâmetros longevidade de fêmeas ( $F = 0,17$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,9157$ ) e longevidade de machos ( $F = 1,44$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,2613$ ) (Tabela 10) para os descendentes da geração F<sub>1</sub> de *T. radiata*. A longevidade média das fêmeas encontrada nos tratamentos variou de 22 a 24,6 dias enquanto para machos foi de 17 a 22,2 dias. Esses valores foram muito próximos aos valores de longevidade de *T. radiata* encontrados por Fauvergue e Quilici (1991), sendo 25 dias a longevidade de fêmeas e 17 dias para machos.

Tabela 10 – Longevidade (± erro padrão da média) dos descendentes da geração F<sub>1</sub> de *T. radiata* expostos por 24 h a resíduos de abamectin em discos de folhas de laranjeira pulverizados em Torre de Potter nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada

Concentração de abamectin (ppm)	n*	Longevidade Média	
		Fêmea (dias)	Macho (dias)
3,2	75	24,8 ± 2,91a	17,5 ± 2,67a
1,8	75	22,5 ± 2,62a	22,2 ± 2,57a
0,32	77	22,5 ± 2,35a	21,9 ± 1,56a
0	83	23,3 ± 2,62a	17,4 ± 1,73a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância  
\*n: número de insetos testados

### 2.3.2 Exposição contínua de *T. radiata* a resíduos de abamectin

#### 2.3.2.1 Toxicidade em adultos

O ensaio de contato residual com ramos de murta pulverizados com abamectin mostrou que há diferenças significativas na porcentagem de parasitismo entre a geração parental ( $F = 3,14$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,0482$ ) e a geração  $F_1$  do parasitóide ( $F = 4,63$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,0129$ ) quando expostos por 24 h (Tabela 11).

Carvalho, Parra e Batista (1999), avaliaram os efeitos dos inseticidas abamectin, lambda-cyhalothrin, cartap e metamidofós pulverizados em plantas de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) sobre a capacidade de parasitismo de duas linhagens de *T. pretiosum* em casa-de-vegetação. Após 24 h da aplicação as plantas foram infestadas com ovos de *A. kuehniella*. Adultos recém-emergidos de cada linhagem foram liberados na proporção de 1,6 fêmeas por ovo do hospedeiro. Os ovos foram expostos ao parasitismo por 24 h. Abamectin, metamidofós e cartap reduziram o parasitismo até sete dias após a aplicação, enquanto o lambda-cyhalothrin reduziu por até 31 dias.

Tabela 11 – Porcentagem de parasitismo ( $\pm$  erro padrão da média) da geração parental e da geração  $F_1$  de adultos de *T. radiata* expostos a resíduos de abamectin pulverizados

em ramos de murta nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada

Concentração de abamectin (ppm)	% Média de Parasitismo	
	Geração parental	F <sub>1</sub>
3,2	29,6 ± 5,27a	18,3 ± 6,90b
1,8	26,5 ± 4,62a	24,5 ± 7,57b
0,32	42,6 ± 4,74a	32,7 ± 7,96ab
0	41,1 ± 3,41a	55,0 ± 7,89a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

No entanto, foram verificadas diferenças significativas na porcentagem de emergência de adultos com valores variando de 24,4% a 84,2% para os descendentes da geração parental ( $F = 8,19$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,0012$ ) e 0,0% a 95,1% para os descendentes da geração F<sub>1</sub> do parasitóide ( $F = 35,84$ ; g.l. = 3, 20;  $P < 0,0001$ ) (Tabela 12). Essa diferença na porcentagem de emergência pode estar relacionada com o contato direto de ovos e larvas do parasitóide com resíduos de abamectin durante todo seu ciclo de desenvolvimento, considerando que as fêmeas de *T. radiata* colocam seus ovos na porção ventral de ninfas 4° e 5° ínstar de *D. citri*, entre o tórax e o abdome, como observado na figura 8A. Foi observada a presença de larvas de *T. radiata* mortas, com coloração amarelo claro, na porção ventral do abdome de ninfas de *D. citri* (Figura 8B e C).

Kaspi e Parrella (2005) observaram que a porcentagem de emergência (0,0%) de adultos do parasitóide *D. isaea* foi afetada por abamectin na concentração recomendada, após o contato direto do produto com as larvas do parasitóide. No estudo conduzido por Bjorksten e Robinson (2005) os efeitos subletais de abamectin, cyromazin e o fungicida mancozeb foram avaliados nos parasitóides *Hemiptarsenus varicornis* (Girault) (Hymenoptera: Eulophidae) e *D. isaea*. Abamectin também promoveu alta mortalidade de fêmeas de *H. varicornis* que emergiram de folhas tratadas após 72 h. Uma mortalidade significativa para larvas e pupas de ambas as espécies de parasitóides foi verificado para abamectin, seguido por cyromazine e mancozeb.

Diferentemente dos resultados obtidos no bioensaio de contato residual de abamectin pulverizado em discos de folhas de laranjeira utilizando-se de Torre de Potter, também foram verificadas diferenças significativas na razão sexual dos descendentes da geração parental ( $F =$

3,15; g.l. = 3, 20;  $P = 0,0476$ ) e para os descendentes da geração F<sub>1</sub> do parasitóide ( $F = 0,04$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,8401$ ) (Tabela 12). Como o parasitóide entrou em contato direto com resíduos de abamectin, o produto afetou a razão sexual, sendo o efeito mais significativo observado para a geração F<sub>1</sub> na concentração de 1,8 ppm, dando origem apenas a machos. Resultados semelhantes foram verificados por Rosenheim e Hoy (1988), em que o inseticida chlorpyrifós alterou a razão sexual para mais machos dos descendentes de *A. melinus* após exposição a CL<sub>50</sub> do produto.

Tabela 12 – Porcentagem de emergência e razão sexual ( $\pm$  erro padrão da média) dos descendentes da geração parental e da geração F<sub>1</sub> de adultos de *T. radiata* expostos a resíduos de abamectin pulverizados em ramos de murta nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada

Concentração de abamectin (ppm)	Descendentes			
	Geração Parental		Geração F <sub>1</sub>	
	% Emergência	Razão Sexual	% Emergência	Razão Sexual
3,2 (n)*	36,2 $\pm$ 14,04b	0,41 $\pm$ 0,54b (23)	0,0 $\pm$ 0,00c	- (0)
1,8 (n)	24,4 $\pm$ 8,08b	0,79 $\pm$ 0,52a (17)	3,0 $\pm$ 1,78c	s.f. (3)
0,32 (n)	64,0 $\pm$ 14,23ab	0,69 $\pm$ 0,43ab (82)	63,2 $\pm$ 7,27b	0,69 $\pm$ 0,06a (55)
0 (n)	84,2 $\pm$ 3,49a	0,60 $\pm$ 0,30ab (110)	95,1 $\pm$ 2,58a	0,70 $\pm$ 0,03a (116)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

\*s.f: somente machos

\*(n): número de insetos testados

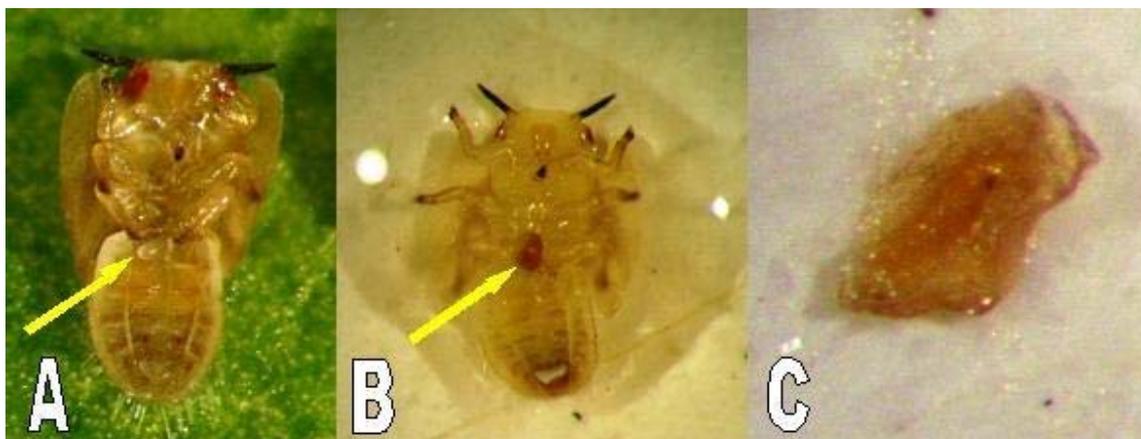


Figura 8 – (A) Presença de ovo do parasitóide (entre o tórax e o abdome) na porção ventral da ninfa de *D. citri* ; (B) Larva do parasitóide morta no tórax da ninfa; (C) Detalhe da larva do parasitóide morta.

A exposição contínua a resíduos de abamectin durante o ciclo de ovo a adulto de *T. radiata* afetou significativamente a longevidade de fêmeas ( $F = 36,86$ ; g.l. = 3, 20;  $P < 0,0001$ ) e de machos dos descendentes da geração parental ( $F = 68,12$ ; g.l. = 3, 20;  $P < 0,0001$ ) (Tabela 13).

A longevidade de fêmeas do parasitóide *D. isaea* foi estudada por Kaspi e Parrella (2005). Os autores utilizaram uma metodologia semelhante ao presente estudo, em que fêmeas do parasitóide foram confinadas em gaiolas contendo folhas de crisântemo pulverizadas com abamectin, durante 24h. Abamectin apresentou efeito negativo na longevidade de fêmeas que foram expostas a resíduos do produto após 24 h, entretanto, nenhum efeito significativo foi observado no 5º e no 10º dia após a aplicação.

Tabela 13 – Longevidade ( $\pm$  erro padrão da média) dos descendentes da geração parental de *T. radiata* expostos durante o ciclo de ovo-adulto a resíduos de abamectin pulverizados em ramos de murta nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada

Concentração de abamectin (ppm)	n*	Longevidade Média	
		Fêmea (dias)	Macho (dias)
3,2	23	7,3 $\pm$ 1,70b	1,1 $\pm$ 0,44c
1,8	17	11,6 $\pm$ 0,89b	1,5 $\pm$ 0,96c
0,32	82	20,7 $\pm$ 1,08a	12,3 $\pm$ 0,62b
0	110	22,1 $\pm$ 0,85a	16,6 $\pm$ 1,58a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância  
\*n: número de insetos testados

Para os descendentes da geração F<sub>1</sub> do parasitóide, também foram observadas diferenças significativas na longevidade de fêmeas ( $F = 0,06$ ; g.l. = 1, 10;  $P = 0,8161$ ) e longevidade de machos ( $F = 7,22$ ; g.l. = 2, 9;  $P = 0,0135$ ) (Tabela 14). Esse resultado pode ser atribuído aos efeitos do produto desde a geração parental até a geração F<sub>1</sub> do parasitóide. No entanto, para verificar se esse decréscimo na longevidade estaria sendo transmitido ao longo das gerações, mais gerações deveriam ser testadas.

Tabela 14 – Longevidade ( $\pm$  erro padrão da média) dos descendentes da geração F<sub>1</sub> de *T. radiata* expostos durante o ciclo de ovo-adulto a resíduos de abamectin pulverizados em ramos de murta nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada

Concentração de abamectin (ppm)	n*	Longevidade Média	
		Fêmea (dias)	Macho (dias)
3,2	-	-	-
1,8	3	-	5,00 $\pm$ 0,000b
0,32	55	20,76 $\pm$ 1,10a	13,25 $\pm$ 2,97a
0	116	20,46 $\pm$ 0,55a	12,00 $\pm$ 0,70a

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância  
\*n: número de insetos testados

### 2.3.2.2 Toxicidade de *T. radiata* a resíduos de abamectin expostas na fase de pupa

O inseticida abamectin não apresentou efeito significativo na porcentagem de emergência ( $F = 0,55$ ; g.l = 3, 20;  $P = 0,6532$ ) e razão sexual ( $F = 0,49$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,6934$ ) (Tabela 15) nas três concentrações testadas quando aplicado no 9º dia da fase de pupa do parasitóide. A mortalidade avaliada após 24 h a emergência também não apresentou efeito significativo ao parasitóide ( $F = 4,11$ ; g.l. = 3, 20;  $P = 0,020$ ). Provavelmente, nenhum efeito foi observado devido à barreira formada com os restos do hospedeiro que protegem o inseto nessa fase e devido ao inseto apresentar desenvolvimento completo quando a aplicação foi realizada. Carvalho (2008) também verificou que não houve efeito significativo no desenvolvimento do parasitóide *T. radiata* tratados na fase de pupa com os inseticidas thiamethoxan, thiacloprid e imidacloprid, na fase de pupa. No entanto, foi observada uma alta mortalidade do parasitóide 24 h após a emergência a 50% e 100% da concentração recomendada.

Tabela – 15 Porcentagem de emergência, mortalidade e razão sexual ( $\pm$  erro padrão da média) de *T. radiata* expostas a resíduos de abamectin na fase de pupa nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada

Concentração de abamectin (ppm)	% Média Emergência	% Média Mortalidade	Razão Sexual
3,2 (n)*	38,3 $\pm$ 3,49a	6,0 $\pm$ 1,45ab	0,54 $\pm$ 0,05a (88)
1,8 (n)	41,3 $\pm$ 5,10a	7,0 $\pm$ 2,25ab	0,50 $\pm$ 0,06a (85)
0,32 (n)	35,7 $\pm$ 4,48a	10,8 $\pm$ 0,70a	0,55 $\pm$ 0,09a (82)
0 (n)	43,1 $\pm$ 4,35a	0,0 $\pm$ 0,00b	0,60 $\pm$ 0,03a (97)

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância

\*n: número de insetos testados

### 2.3.2.3 Efeito no crescimento populacional de *T. radiata*

Na avaliação dos efeitos de abamectin sobre os estágios de ovo, larva, pupa e adultos de *T. radiata* foi verificada que a taxa de crescimento instantânea ( $r_i = 0,17$ ) foi positiva a 100, 50 e 10% da concentração recomendada. Portanto, o inseticida abamectin não afetou o crescimento populacional de *T. radiata* (Tabela 16). Uma das vantagens de avaliar o impacto de pesticidas no crescimento por meio de  $r_i$  é devido ao tempo de avaliação, sendo necessária apenas uma avaliação final, enquanto para  $r_m$ , são feitas avaliações diárias (WALTHALL, W.; STARK, J.D., 1997). Segundo Stark e Banks (2003),  $r_i$  estima o impacto de inseticidas no crescimento populacional de um determinado organismo e não apenas a toxicidade sobre um estágio de desenvolvimento.

Tabela-16 Avaliação de abamectin, após o 18º dia de experimento, no crescimento populacional de adultos de *T. radiata* expostos por 24 h em resíduos de abamectin pulverizados em discos de folhas de laranjeira nas concentrações de 100, 50 e 10% da concentração recomendada

Concentração de abamectin (ppm)	$N_f^a$	$r_i^b$
3,2	22,0 ± 1,33 <sup>ns</sup>	0,17 ± 0,005
1,8	22,5 ± 1,72 <sup>ns</sup>	0,17 ± 0,004
0,32	21,0 ± 1,40 <sup>ns</sup>	0,17 ± 0,004
0	23,3 ± 1,33 <sup>ns</sup>	0,17 ± 0,003

<sup>a</sup> Número médio de parasitóides (ovos, larvas, pupas e adultos) por tratamento, dezoito dias após a pulverização (F = 0,64; g.l. = 3, 19; P = 0,5977). <sup>b</sup> taxa intrínseca de crescimento. <sup>ns</sup> não significativo, não diferiu significativamente do controle (Dunnett,  $p < 0,05$ ).

## 2.4 Considerações finais

O controle químico e o controle biológico são os métodos mais utilizados na implementação do manejo integrado de pragas. Entretanto, a utilização constante de pesticidas na citricultura tem colocado em risco o controle biológico. O uso indiscriminado de pesticidas, principalmente do grupo dos piretróides, organofosforados e carbamatos, têm sido frequente nesse sistema agrícola para o controle de pragas. Geralmente, esses produtos são altamente tóxicos aos agentes de controle biológico devido ao amplo espectro de ação.

A busca por produtos seletivos na citricultura tem sido alvo de muitas pesquisas para o controle de *D. citri* e para a avaliação do impacto desses produtos no seu inimigo natural *T. radiata*. Dentre esses inseticidas, os neonicotinóides destacam-se como um dos principais grupos químicos utilizados para o controle de insetos sugadores e se encontram na lista dos produtos recomendados para o controle de *D. citri*. Para tanto, outros produtos como abamectin, um inseticida/acaricida pertencente ao grupo químico das avermectinas B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub>, também tem se destacado pela efetividade no controle de diversas pragas na cultura dos citros.

Devido à carência de estudos que avaliam o impacto de produtos químicos sobre os inimigos naturais presentes na citricultura, o presente estudo teve por objetivo verificar os efeitos letais e subletais de diferentes grupos químicos de inseticidas utilizados na cultura de citros como o neonicotinóide imidacloprid, o piretróide lambda-cyhalothrin e o abamectin, sobre o agente de controle biológico de *T. radiata*. Os métodos de bioensaios empregados nesse estudo foram o de contato residual, mediante a pulverização de discos de folhas de laranjeira em Torre de Potter e a pulverização de ramos de murta e contato direto para avaliar o efeito de abamectin sobre a fase de pupa. Essas metodologias foram utilizadas com intuito de simular as condições reais de campo quando adultos do parasitóide entram em contato com resíduos de produtos químicos para encontrar seu hospedeiro e para possibilitar a avaliação dos efeitos letais e subletais sobre os adultos e as formas imaturas do parasitóide.

Com base nos testes com discos de folhas de laranjeira pulverizados, verificou-se que imidacloprid foi o inseticida que mais afetou a sobrevivência de adultos de *T. radiata*. Nos ensaios de efeitos subletais foram observados que abamectin a 10, 50 e 100% da concentração recomendada reduziu a capacidade de parasitismo de *T. radita*, seguido por imidacloprid e lambda-cyhalothrin. No entanto, quando se compara o efeito de abamectin na capacidade de

parasitismo da geração parental e geração F<sub>1</sub> do parasitóide não foram observadas diferenças significativas. A alta toxicidade de abamectin foi verificada na emergência da geração F<sub>1</sub> com uma redução de 80% na emergência quando expostas a 100% da concentração recomendada e 56% a 50% da concentração recomendada. No entanto, nenhum efeito significativo foi observado para a os descendentes da geração F<sub>1</sub> do parasitóide. Verificou-se uma redução na longevidade de machos da geração parental do parasitóide em 8,4 dias a 50% da concentração recomendada para abamectin, no entanto, nenhum efeito significativo foi verificado para a geração F<sub>1</sub> do parasitóide. Não foram observados efeitos na razão sexual do parasitóide pelos inseticidas imidacloprid, lambda-cyhalothrin e abamectin. O inseticida lambda-cyhalothrin não afetou a longevidade do parasitóide, enquanto que o inseticida imidacloprid reduziu a longevidade de fêmeas e machos do parasitóide.

Nos bioensaios com ramos de murta pulverizados com o inseticida abamectin foram observados efeito negativo na capacidade de parasitismo da geração parental e da geração F<sub>1</sub> do parasitóide. No entanto, abamectin afetou drasticamente a emergência dos descendentes da geração parental, com valores variando de 24,43% a 84,23%, e dos descendentes da geração F<sub>1</sub> de *T. radiata*, com valores variando de 0% a 95,1%. Também foram observadas diferenças significativas na razão sexual de ambas as gerações, sendo o efeito mais significativo para os descendentes da geração F<sub>1</sub> na concentração de 1,8 ppm, originando apenas descendentes machos. A longevidade dos descendentes de ambas as gerações foram afetadas pelo inseticida abamectin. A emergência, mortalidade e razão sexual de adultos de *T. radiata* não foram afetados por abamectin quando aplicado na fase de pupa. Na avaliação do crescimento populacional do parasitóide, abamectin não apresentou efeito tóxico, porém, recomenda-se o uso racional desse produto no manejo integrado de *D. citri*, devido aos efeitos relatados nesse estudo pelo inseticida em alguns parâmetros biológicos de *T. radiata*.

Desta forma, o presente estudo contribuiu para fornecer subsídios para a implementação de um programa de manejo de pragas na citricultura, de maneira que a utilização de produtos químicos seja realizada de forma cautelosa para preservar os agentes de controle biológico.

### 3 CONCLUSÕES

Entre os inseticidas testados, imidacloprid apresenta maior toxicidade para adultos de *Tamarixia radiata* seguido por lambda-cyhalothrin e abamectin em bioensaio de contato residual;

O inseticida abamectin apresenta maior efeito sobre a capacidade de parasitismo, emergência e longevidade de *T. radiata*, seguido por imidacloprid e lambda-cyhalothrin. Os inseticidas imidacloprid, lambda-cyhalothrin e abamectin não afetam a razão sexual do parasitóide.

Abamectin afeta a capacidade de parasitismo da geração parental e geração F<sub>1</sub> do parasitóide em bioensaio de pulverização de murta. A emergência, razão sexual e longevidade dos descendentes da geração parental e da geração F<sub>1</sub> são afetadas pelo inseticida abamectin. Porém, abamectin não é tóxico a pupas de *T. radiata* e não afeta a taxa instantânea de crescimento de *T. radiata*.



## REFERÊNCIAS

- AUBERT, B. *Trioza erytreae* delGuercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of Citrus “greening” Disease: Biological aspects and possible control strategies. **Fruits**, Paris, v. 42, n. 3, p. 149-162, 1987.
- BACCI, L.; CRESPO, A.L.B.; GALVAN, T.L.; PEREIRA, E.J.G.; PICANÇO, M.C.; SILVA, G.A.; CHEDIK, M. Toxicity of insecticides to the sweetpotato whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) and its natural enemies. **Pest Management Science**, London, v. 63, p. 699-706, 2007.
- BJORKSTEN, T.A.; ROBINSON, M. Juvenile and sublethal effects of selected pesticides on the leafminer parasitoids *Hemiptarsenus varicornis* and *Diglyphus isaes* (Hymenoptera: Eulophidae) from Austrália. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 98, n. 6, p. 1831-1838, 2005.
- BOINA, D.R.; ONAGBOLA, E.O.; SALYANI, M.; STELINSKI, L. Influence of posttreatment temperatura on the toxicity of insecticides against *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 102, n. 2, p. 685-691, 2009.
- BOVÉ, J.M. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology**, Ontario, v. 88, p. 7-37, 2006.
- BRUNNER, J.F.; DUNLEY, J.E.; DOERR, M.D.; BEERS, E.H. Effects of pesticides on *Colpoclypeus florus* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Trichogramma platneri* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitoids of leafrolles in Washington. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 94, n. 5, p. 1075-1084, 2001.
- CAMPBELL, W.C.; BENZ, G.W. Ivermectin a review of efficacy and safety. **Journal of Veterinary Pharmacology Therapy**, London, v. 7, p. 1-16, 1984.
- 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, n. 4, p. 770-775, 1999.
- CARVALHO, S.P.L. **Toxicidade de inseticidas neonicotinóides sobre o psíldeo asiático *Diaphorina citri* Kuwayama e o parasitóide *Tamarixia radiata* (Waterston)**. 2008. 59 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- CHIEN, C.C.; CHU, Y. I. **Biological control of citrus psyllid, *Diaphorina citri* in Taiwan. Biological Pest Control in Systems of Integrated Pest Management. Reprinted from Food and Fertilizer Tecnology**. Taipei: Center Book, 1996. , p. 93-104. (Fertilizer Tecnology Center Book Series,47)

CHU, Y.I.; CHIEN, C.C. Utilization of natural enemies to control psyllid vectors transmitting citrus greening. In. KIRITANI, K.; SU, H.J.; CHU, Y.I (Ed.) **Integrated control of plant virus diseases**. Taipei: Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region, 1991. p. 135-145.

CLOYD, R.A.; DICKINSON, A. Effects 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, n. 5, p. 1596-1604, 2006.

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

COLETTA-FILHO, H.D. Huanglongbing – HLB (Ex-Greening) no Brasil: situação atual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, Maringá-PR, v. 40, 2007. Disponível em: [http://www.amea.org.br/pesquisa\\_doc/helvecio%20della%20colleta-%20Trabalho%20apresentado%20no%2040%BA%20Congress.pdf](http://www.amea.org.br/pesquisa_doc/helvecio%20della%20colleta-%20Trabalho%20apresentado%20no%2040%BA%20Congress.pdf). Acesso em: 09 abril 2009.

CÔNSOLI, F.L.; PARRA, J.R.P.; HASSAN, S.A. Side-effects of insecticides used in tomato fields on the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae), a natural enemy of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v.122, p.43-47, 1998.

COSTA LIMA, A.M. **Insetos do Brasil, Homoptera**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1942. v.3, p. 101.

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

DA GRAÇA, J.V. Citrus greening disease. **Annual Review Phytopathology**, Pietermaritzburg, South Africa, v. 29, p. 109-136, 1991.

DELPUECH, J.M.; LEGALLET, B.; TERRIER, O.; FOUILLET, P. Modifications of the sex pheromonal communication of *Trichogramma brassicae* by a sublethal dose of deltamethrin. **Chemosphere**, Oxford, v. 38, n. 4, p. 729-739, 1999.

DELPUECH, J.M.; MEYET, J. Reduction in the sex ratio of the progeny of a parasitoid wasp *Trichogramma brassicae* surviving the insecticide chlorpyrifos. **Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 45, p. 203-208, 2003.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J.M. The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.52, p. 81-106, 2007.

DESNEUX, N.; PHAM-DELEGUE, M.H.; KAISER, L. Effects of sublethal and lethal doses of lambda-cyhalothrin on oviposition experience and host searching behaviour of a parasitic wasp *Aphidius ervi*. **Pest Management Science**, Sussex, v. 60, p. 381-389, 2004a.

ERGIN, E.; ER, A.; UCKAN, F.; RIVERS, D.B. Effect of cypermethrin exposed hosts on egg-adult development time, number of offspring, sex ratio, longevity, and size of *Apanteles galleriae* Wilkinson (Hymenoptera: Braconidae). **Belgian Journal of Zoology**, Gent, v. 137, n. 1, p. 27-31, 2007.

ÉTIENNE, J.; QUILICI, S.; MARINAL, 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.

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

FUNDECITRUS. “greening”: Nova doença na citricultura paulista. Fundo de Defesa da Citricultura. Disponível em: < <http://www.fundecitrus.com.br/doencas/”greening”.html>>. Acesso em: 09 jan. 2008.

GARCIA, P.V.; PEREIRA, N.; OLIVEIRA, L.M. Side-effects of organic and synthetic pesticides on cold-stored diapausing prepupae of *Trichogramma cordubensis*. **BioControl**, Dordrecht, v. 54, p. 451-459, 2009.

GEORGHIOU, G.P. Management of resistance in arthropods. In GEORGHIOU, G.P.; SAITO, T. (Ed.) Pest resistance to pesticides. New Yorks: Plenum, 1983. p. 769-792.

GIOLO, F.P.; GRUTZMACHER, A.D.; MANZONI, C.G.; HARTER, W.R.; CASTILHOS, R.V.; MULLER, 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.

GÓMEZ 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 Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

GÓMEZ TORRES, M.L.; NAVA, D.E.; GRAVENA, S.; COSTA, V.A.; PARRA, J.R.P. Primeiro registro de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) em *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) no Brasil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 81, p. 112-117, 2006.

GRAFTON-CARDWEEL, E.E.; GODFREY, K.E.; ROGERS, ME.; CHILDERS, C.C.; STANSLY, P.A. Asian Citrus Psyllid. Disponível em: <http://citrusent.uckac.edu/psyllid/psyllidbrochureAug05.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2006.

GRAVENA, S.; BERETTA, M.J.G.; PAIVA, P.E.B.; GALVÃO, R.; YAMAMOTO, P.T. Seasonal abundance and natural enemies of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus orchards of São Paulo State, Brazil. In: IOCV CONFERENCE, 13., 1995, Fuzhu. **Proceedings...**Fujian: International Organization of Citrus Virologist, 1996. p. 414.

- HALBERT, S.E.; MANJUNATH, K.L. Asian citrus psyllids (Sternorrhynca: Psyllidae) and greening disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 87, n. 3, p.330-353, 2004.
- HALBERT, S.E.; NUÑEZ, C.A. Distribution of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Rhynchota: Psyllidae) in the Caribbean basin. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 83, p. 401-402, 2004.
- HALL, D.G. An assessment of yellow sticky card traps as indicators of the abundance of adult *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 102, n. 1, p. 446-452, 2009.
- HALL, D.G.; HENTZ, M.G.; CIOMPERLIK, M.A. A comparison of traps and stem tap sampling for monitoring adult asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 90, n. 2, p. 327-334, 2007.
- HASEEB, M.; LIU, T.X.; JONES, W.A. Effects of selected insecticides on *Cotesia plutellae*, endoparasitoid of *Plutella xylostella*. **Bio Control**, Dordrecht, v. 49, p. 33-46, 2004.
- HASSAN, S.A.; HAFES, B.; DEGRANDE, P.E.; HERAI. The side effects of pesticides on the egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae), acute dose-response and persistence tests. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 122, p. 569-573, 1998.
- 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. 95, n. 4, p. 1083-1090, 2003.
- HILL, T.A.; FOSTER, R.E. Effect of insecticides on the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) and its parasitoid *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 93, n. 3, p. 763-768, 2000.
- JACOBS, R.J.; KOUSKOLEKAS, C.A.; GROSS JR, H.R. Responses of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to residues of permethrin and endosulfan. **Environmental Entomology**, College Park, v. 13, p. 355-358, 1984.
- KARUT, K. Host instar suitability of *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae) for the parasitoid *Eretmocerus mundus* (Hymenoptera: Aphelinidae). **Journal of Pest Science**, cidade, v. 80, p. 93-97, 2007.
- KASPI, R.; PARRELLA, M.P. Abamectin compatibility with the leafminer parasitoid *Diglyphus isaea*. **Biological Control**, Orlando, v. 35, p. 172-179, 2005.
- KRESPI, L.; RABASSE, J.M.; DEDRYVER, C.A.; NENON, J.P. Effect of three insecticides on the life cycle of *Aphidius uzbekistanicus* Luz. (Hymenoptera: Aphidiidae). **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 111, p. 113-119, 1991.

LASOTA, J.A.; DYBAS, R.A. Avermectins, a novel class of compounds: implications for use in arthropods pest control. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.36, p. 91-117, 1991.

LI, T.; KE, C. Detection of bearing rate of *Liberibacter asiaticum* in citrus psylla and its host plant *Murraya paniculata* by nested PCR. **Acta Phytopathologica Sinica**, Bethesda, v. 29, p. 31-35, 2002.

LITTLE, EE. Behavioral toxicology: stimulating challenges for a growing discipline. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v. 9, p. 1-2, 1990.

LIU, Y.H.; TSAI, J.H. Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 137, p. 201-206, 2000.

LIZONDO, M.J.; GASTAMINZA, G.; COSTA, V.A.; AUGIER, L.; GÓMEZ TORRES, M.L.; WILLINK, E.; PARRA, J.R.P. Records of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Northeastern Argentina. **Revista Industrial y Agrícola de Tucumán**, Tucumán, v. 84, p. 21-22, 2007.

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*. **Journal of Pathology**, Sussex, v. 119, p. 463-468, 2007.

McFARLAND, C.D.; HOY, A.M. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae), and its two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperature regimes. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 84, p. 227-233, 2001.

MEAD, F.W. Asiatic Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Insecta: Homoptera: Psyllidae) Disponível em: <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/IN/IN16000.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2006.

MEYER, J.M.; HOY, M.A. Molecular survey of endosymbionts in Florida populations of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its parasitoids *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 91, n. 2, p. 294-304, 2008a.

MEYER, J.M.; HOY, M.A. Removal of fungal contaminants and their DNA from the surface of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) prior to a molecular survey of endosymbionts. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 91, n. 4, 2008b.

MEYER, J.M.; HOY, M.A.; BOUCIAS, D.G. Morphological and molecular characterization of a *Hirsutella species* infecting the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), in Florida. **Journal of Invertebrate Pathology**, San Diego, v. 95, p. 101-109, 2007.

MEYER, J.M.; HOY, M.A.; SINGH, R. Low incidence of *Candidatus Liberibacter Asiaticus* in *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations between nov 2005 and jan 2006: relevance

to management of citrus greening disease in Florida. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 90, n. 2, p.394-397, 2007.

MICHAUD, J.P. Classical Biological Control: A critical review of recent programs against citrus pest in Florida. **Annual Entomological Society America**, College Park, v. 95, n. 5, p. 531-540, 2002.

MICHAUD, J.P. Natural mortality of Asian citrus psyllid (Homoptera: Psyllidae) in central Florida. **Biological Control**, Orlando, v. 29, p. 260-269, 2004.

NAKANO, O.; LEITE, C.A.; FLORIM, A.C.P. Controle químico do psilídeo dos citros, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Laranja**, Cordeirópolis, v. 20, n.2, p. 319-328, 1999.

NAKATA, T. Effectiveness of micronized fluorescent powder for marking citrus psyllid, *Diaphorina citri*. **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 43, n. 1, p. 33-36, 2008.

NAUEN, R.; EBBINGHAUS-KINTSCHER, U.; ELBERT, A.; JESCHKE, P.; TIETJEN, K.; Acetylcholine receptors as sites for developing neonicotinoid insecticides. In: ISHAAYA, I. **Biochemical sites in insecticides action and resistance**. New York, 2001. p. 77-105.

NAVA, D.E.; GÓMEZ TORRES, M.L.; RODRIGUES, M.D.A.; BENTO, J.M.S.; PARRA, J.R.P. Biology of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 131, p. 709-715, 2007.

PARRA, J.R.P.; GÓMEZ TORRES, M.L.; PAIVA, P.E.B. Eficiência do parasitóide *Tamarixia radiata* para o controle biológico do psilídeo *Diaphorina citri* em São Paulo. **Citricultura Atual**, Cordeirópolis, v. 61, p. 18-19, 2007.

PLUKE, R.W.H.; ESCRIBANO, A.; MICHAUD, J.P.; STANSLY, P.A. Potential impact of lady beetles on *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) in Puerto Rico. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 88, p. 123-128, 2005.

PRABHAKER, N.; MORSE, J.G.; CASTLE, S.J.; NARANJO, S.E.; HENNEBERRY, T.J.; TOSCANO, N.C. Toxicity of seven foliar insecticides to four insect parasitoids attacking citrus and cotton pests. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 100, n. 4, p. 1053-1061, 2007.

QURESHI, J.A.; ROGERS, M.E.; HALL, D.G.; STANSLY, P.A. Incidence of invasive *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its introduced parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Florida citrus. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 102, n. 1, p. 247-256, 2009.

QURESHI, J.A.; STANSLY, P.A. Rate, placement and timing of aldicarb applications to control Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae), in oranges. **Pest Management Science**, Sussex, v. 64, p. 1159-1169, 2008.

RILL, S.M.; GRAFTON-CARDWELL, E.E.; MORSE, J.G. Effects of two insect growth regulators and a neonicotinoid on various life stages of *Aphytis melinus* (Hymenoptera:

Aphelinidae). *Biocontrol*, Dordrecht, 2007. Disponível em: [http:// 10.1007/s10526-007-9097-x](http://10.1007/s10526-007-9097-x). Acesso em: 03 fev.2008.

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 Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 315-320, 2004.

ROSENHEIM, J.A.; HOY, M.A. Sublethal effects of pesticides on the parasitoid *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 81, n.2, p. 476-483, 1988.

SABER, M.; HEJAZI, M.J.; HASSAN, S.A. Effects of azadirachtin/neemazal on different stages and adult life table parameters of *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 97, n. 3, p. 905-910, 2004.

SABER, M.; HEJAZI, M.J.; KAMALI, K.; MOHARRAMIPOUR, S. Lethal and Sublethal Effects of fenitrothion and deltamethrin residues on the egg parasitoid *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.98, p.35-40, 2005.

SAS Institute Inc. SAS/STAT: user's guide, Version 9. SAS Institute Inc.: Cary, NC, 2000.

SCHNEIDER, M.I. SMAGGHE, G.; PINEDA, S.; VINUELA, E. Action of insect growth regulator insecticides and spinosad on life history parameters and absorption in third-instar larvae of the endoparasitoid *Hyposoter didymator*. **Biological Control**, Orlando, n. 30, p. 127-133, 2004.

SILVA, A.G.A.; GONÇALVES, C.R.; GALVÃO, D.M.; GONÇALVES, A.J.L.; GOMES, J.; SILVA, M.N.; SIMONI, L. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil: seus parasitos e predadores**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1968. 622 p. pt. 2, t. 1, Insetos, hospedeiros e inimigos naturais.

SINGH, P.P.; VARMA, G.C. Comparative toxicities of some insecticides to *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) and *Trichogramma brasiliensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae), two arthropod natural enemies of cotton pests. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 15, p. 23-30, 1986.

SKELLEY, L.H.; HOY, M.A. A synchronous rearing method for the Asian citrus psyllid and its parasitoid in quarantine. **Biological Control**, Orlando, v. 29, p. 14-23, 2004.

SOUZA, B.; MATIOLI, J.C.; SANTA-CECÍLIA, L.V.C Seletividade de avermectin-B1 (MK-936) ao *Trichogramma demoraesi* Nagaraja, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), em condições de laboratório. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, p. 825-847, 1987.

SOUZA, S.V.C; SILVA, G.; DINIZ, M.H.G.M.; SANTOS, E.V.; LIMA, J.A.; TEODORO, J.C. Determinação de resíduos de avermectinas em fígado em fígado bovino por cromatografia líquida de alta eficiência. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n.1, p. 54-58, 2003.

- SHIVANKAR, V.J.; RAO, C.N.; SINGH, S. Studies on citrus Psylla, *Diaphorina citri* Kuwayama: A review. **Agricultural Reviews**, India, v.21, p.199-204, 2000.
- SRINIVASAN, R.; HOY, M.A.; SINGH, R.; ROGERS, M.E. Laboratory and field evaluations of Silwet L-77 and kinetic alone and in combination with imidacloprid and abamectin for the management of the Asian citrus Psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 91, n. 1, p. 87-100, 2008.
- STARK, J.D.; RANGUS, T. Lethal and sublethal effects of the neem insecticide, Margosan-O, on the pea aphid. **Pesticides Science**, Oxford, v. 41, p. 155-160, 1994.
- STARK, J.D.; WALTER, J.F. Persistence of azadirachtin A and B in soil: effects of temperature and microbial activity. **Journal of Environmental Science**, New York, B, v. 30, p. 685-698, 1995.
- STARK, J.D.; WENNERGREN, U. Can population effects of pesticides be predicted from demographic toxicological studies?. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 88, n. 5, p. 1089-1096, 1995.
- STARK, J.D.; WALTHALL, W.K. A comparison of acute mortality and population growth rate as endpoints of toxicological effects. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 37, p. 45-52, 1997.
- STARK, J.D.; BANKS, J.E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. **Annual Review Entomology**, Stanford, v. 48, p. 505-519, 2003.
- STARK, J.D.; SUGAYAMA, R.L.; KOVALESKI, A. Why demographic and modeling approaches should be adopted for estimating the effects of pesticides on biocontrol agents. **BioControl**, Dordrecht, v. 52, p. 365-374, 2007.
- STARK, J.D.; TANIGOSHI, L.; BOUNFOUR, M.; ANTONELLI, A. Reproductive potential: its influence on the susceptibility of a species to pesticides. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, New York, v. 37, p. 273-279, 1997.
- SUH, C.P.C.; ORR, D.B.; DUYN, J.W.V. Effects of insecticides on *Trichogramma exiguum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) preimaginal development and adult survival. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 93, n.3, p. 577-583, 2000.
- TEIXEIRA, D.C.; SAILLARD, C.; EVEILLARD, S.; DANET, J.L.; DA COSTA, P.I.; AYRES, A.J.; BOVÉ, J. *Candidatus Liberibacter americanus*, associated with citrus huanglongbing (greening disease) in São Paulo, Brazil. **International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology**, Reading, v. 55, p. 1857-1862, 2005.
- TIPPING, P.W.; BURBUTIS, P.P. Some effects of pesticides residues on *Trichogramma nubilale* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 76, n. 4, p. 892-896, 1983.

- TOMIZAWA, M.; CASIDA, J.E. Neonicotinoid insecticide toxicology: Mechanisms of selective action. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, Palo Alto, v. 45, p. 247-268, 2005.
- TORRES, J.B.; SILVA-TORRES, C.S.A.; OLIVEIRA, J.V. Toxicity of pymetrozine and thiametohoxam to *Aphelinus gossypii* and *Delphastus pusillus*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 4, p. 459-466, 2003.
- TRUHAUT, R. Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives. **Ecotoxicology and Safety**, New York, v. 1, p. 151-173, 1977.
- TSAI, J.H. Citrus greening and its psyllid vector. University of Minnesota, Flórida, 2006. Disponível em: <http://ipmworld.umn.edu/chapters/TsaiGreening.htm>. acesso em: 05 jan 09.
- 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.
- TSAI, J.H.; WANG, J.J.; LIU, Y.H. Sampling of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae) on orange jessamine in Southern Florida. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 83, n. 4, p. 446-459, 2000.
- 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 effects on descendant generation. **Ecotoxicology and environmental safety**, New York, v. 18, p. 180-186, 2009.
- WALTHALL, W.K.; STARK, J.D. Comparison of two population-level ecotoxicological endpoints: the intrinsic ( $r_m$ ) and instantaneous ( $r_i$ ) rates of increase. **Environmental Toxicology and Chemistry**, New York, v. 16, n. 5, p. 1068-1073, 1997.
- WATERSTON, J. On the chalcidoid parasites of psyllids (Hemiptera: Homoptera). **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 13, p. 41-58, 1922.
- WEATHERSBEE, A.A.; MCKENZIE, C.L. Effect of a neem biopesticide on repellency, mortality, oviposition, and development of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 88, n. 4, p.401-407, 2005.
- WENNINGER, E.; HALL, D.G. Daily and seasonal patterns in arthropods in abdominal color in *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 101, n. 3, p. 585-592, 2008.
- WENNINGER, E.; STELINSKI, L.L.; HALL, D.G. Roles of olfactory cues, visual, and mating status in orientation of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) to four different host plants. **Environmental Entomology**, College Park, v. 38, n. 1, p. 225-234, 2009.
- WENNINGER, E.J.; HALL, D. Daily timing of mating and age at reproductive maturity in *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 90, n. 4, p. 715-722, 2007.

WRIGHT, D.J.; VERKERK, R.H.J. Integration of chemical and biological control systems for arthropods: evaluation in a multitrophic context. **Pesticide Science**, Oxford, v. 44, p. 207-218, 1995.

XU, Y.Y.; LIU, T.X.; LEIBEE, G.L.; JONES, W.A. Effects of selected insecticides on *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). **BioControl Science and Technology**, Oxford, v. 14, n. 7, p. 713-723, 2004.

YAMAMOTO, P.T.; PAIVA, P.E.B.; GRAVENA, S. Flutuação populacional de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) em pomares de citros na região norte do estado de São Paulo. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 30, n. 1, p. 165-170, 2001.

YOUSSEF, A.I.; NASR, F.N.; STEFANOS, S.S.; ELKHAIR, S.S.A.; SHEHATA, W.A.; AGAMY, E.; HERZ, A.; HASSAN, S.A. The side-effects of plant protection products used in olive cultivation on the hymenopterous egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v., p.593-599, 2004.

YU, S.J. Selectivity of insecticide to the spined soldier bug (Heteroptera: Pentatomidae) and its lepidopterous prey. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 81, n.3, p. 119-122, 1998.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)