



ALINE CRISTINA SILVA LIRA

**SELETIVIDADE FISIOLÓGICA DE
ACARICIDAS UTILIZADOS NA
CITRICULTURA PARA *Tamarixia radiata*
(Waterston, 1922) (HYMENOPTERA:
EULOPHIDAE)**

LAVRAS - MG

2013

ALINE CRISTINA SILVA LIRA

**SELETIVIDADE FISIOLÓGICA DE ACARICIDAS UTILIZADOS NA
CITRICULTURA PARA *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922)
(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Entomologia, área de concentração em Entomologia Agrícola para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Geraldo Andrade Carvalho

Co-orientadores

Dr. Pedro Takao Yamamoto

Dr. José Roberto Postalli Parra

LAVRAS - MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Lira, Aline Cristina Silva.

Seletividade fisiológica de acaricidas utilizados na citricultura para *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae) / Aline Cristina Silva Lira. – Lavras : UFLA, 2013. 65 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.
Orientador: Geraldo Andrade Carvalho.
Bibliografia.

1. Citros. 2. Controle biológico. 3. Parasitoides. 4. Produtos fitossanitários. 5. Conservação. 6. *Diaphorina citri*. 7. Pragas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 595.79

ALINE CRISTINA SILVA LIRA

**SELETIVIDADE FISIOLÓGICA DE ACARICIDAS UTILIZADOS NA
CITRICULTURA PARA *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922)
(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Entomologia, área de concentração em Entomologia Agrícola para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2013

Dra. Lenira Viana Costa Santa Cecília IMA

Dr. Renê Luis de Oliveira Rigitano UFLA

Geraldo Andrade Carvalho
(Orientador)

**LAVRAS – MG
2013**

*A Deus, a minha família, aos
meus amigos e a todos que
colaboraram para a realização
deste trabalho*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao corpo docente que, com seus ensinamentos, proporcionaram minha formação acadêmica, contribuindo para o meu crescimento profissional e humano.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pelo estágio que possibilitou o desenvolvimento deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Fundo de Defesa da Citricultura (FUNDECITROS) por terem fornecido subsídios financeiros para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador Dr. Geraldo Andrade Carvalho pela orientação, apoio e confiança.

Aos meus coorientadores, Dr. Pedro Takao Yamamoto e Dr. José Roberto Postali Parra, pela orientação e colaboração no desenvolvimento deste trabalho.

A todos do Laboratório de Seletividade da Universidade Federal de Lavras.

A todos do Laboratório de Seletividade e Biologia de Insetos da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

A Odimar Zanuncio Zanardi, doutorando da Esalq/USP, pelos conhecimentos compartilhados, pela colaboração neste trabalho, além do apoio, solicitude, compreensão e amizade.

À Fernanda, Frontino, Erika, Valéria e Pablo, pelo apoio e por colaborarem para que eu concluísse este estudo.

À minha família e amigos, por todo o apoio e compreensão.

E a todos que, indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho, obrigada.

RESUMO

Com o objetivo de avaliar a seletividade fisiológica de acaricidas utilizados em citros, para *Tamarixia radiata*, realizaram-se quatro bioensaios. No primeiro bioensaio, adultos de *T. radiata* foram expostos aos resíduos dos compostos pulverizados em discos de folhas de limoeiro 'Cravo', sendo avaliado o efeito residual de contato sobre o parasitoide. No segundo, fêmeas do parasitoide foram expostas aos resíduos 1, 3, 10, 17, 24 e 33 dias após a pulverização dos produtos em mudas de laranjeira 'Valência', sendo avaliada a persistência da atividade nociva. No terceiro, brotos de limoeiro 'Cravo' contendo ninfas de *Diaphorina citri* foram oferecidos às fêmeas do parasitoide previamente expostas aos resíduos dos compostos, com subsequente avaliação do efeito sobre o parasitismo e a emergência dos parasitoides. No quarto bioensaio, pupas de *T. radiata* foram tratadas com os produtos via pulverização. Em função da ação residual e persistência dos acaricidas sobre *T. radiata*, estes foram enquadrados em classes de toxicidade conforme IOBC, tendo os dados obtidos também sido submetidos a análises por meio de modelos lineares generalizados. Concluiu-se que Cascade[®] 100, Micromite[®] 240 SC, Envidor[®], Borneo[®], Dicofol[®], Torque[®] 500 SC, Sanmite[®], Omite[®] 720 EC, Ortus[®] 50 SC e Savey[®] WP foram seletivos para *T. radiata* e, dessa forma, podem ser recomendados em programas de manejo integrado de *D. citri* em citros, visando também a preservação desse parasitoide. Para Vertimec[®] 18 EC, Kumulus[®] DF, Marshal Star[®], Ortus[®] 50 SC, Rufast[®] 50 SC, Talstar[®] 100 SC, Danimen[®] 300 EC e Omite[®] 720 EC, há necessidade de estudos em casa de vegetação e em campo, para a comprovação de sua toxicidade a *T. radiata*.

Palavras-chaves: Citros. Pragas. Controle biológico. Produtos fitossanitários. Parasitoide. Conservação.

ABSTRACT

Aiming to evaluate the physiological selectivity of acaricides used in citrus to *Tamarixia radiata*, four bioassays were carried out. In the first bioassay, adults of *T. radiata* were exposed to residues of compounds sprayed on leaf discs of “Cravo” lemon variety, and evaluated the residual effect of contact on the parasitoid. In the second bioassay, the parasitoid females were exposed to residues 1, 3, 10, 17, 24 and 33 days after spraying of products in seedlings of “Valencia” sweet orange variety, and assessed the persistence of harmful activity. In the third bioassay, sprouts “Cravo” lemon variety containing nymphs of *Diaphorina citri* were offered to the parasitoid females previously exposed to residues of the compounds, with subsequent evaluation of the effect on the parasitism and emergence of parasitoids. In the fourth bioassay, pupae of *T. radiata* were treated with the products via spraying. Due to the residual effect and persistence of acaricides on *T. radiata*, these compounds were grouped in classes according to IOBC toxicity, and the data were also subjected to analysis using generalized linear models. It was concluded that the acaricides Cascade[®] 100, Micromite[®] 240 SC, Envidor[®], Borneo[®], Dicofol[®], Torque[®] 500 SC, Sanmite[®], Omite[®] 720 EC, Ortus[®] 50 SC and Savey[®] WP were selective for *T. radiata* and thus can be recommended in integrated management programs of *D. citri* in citrus aiming at the preservation of this parasitoid. To the acaricides Actara[®] 250 WG, Vertimec[®] 18 EC, Kumulus[®] DF, Marshal Star[®], Ortus[®] 50 SC, Rufast[®] 50 SC, Talstar[®] 100 SC, Danimen[®] 300 EC and Omite[®] 720 EC new tests under greenhouse and field conditions are needed to prove its toxicity or not to *T. radiata*.

Keywords: Citrus. Pests. Biological control. Pesticides. Parasitoid. Conservation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	(A) Plantas de citros usadas no experimento; (B) Vazador e discos de folhas e (C) Torre de Potter usada nas pulverizações dos compostos.....	30
Figura 2	Etapas de realização do bioensaio de efeito direto dos compostos sobre <i>Tamarixia radiata</i> .	30
Figura 3	Gaiolas plásticas contendo mudas de limão cravo com ninfas de <i>Diaphorina citri</i> parasitadas por <i>Tamarixia radiata</i>	34
Figura 4	Persistência de pesticidas e mortalidade corrigida de adultos de <i>Tamarixia radiata</i> . Barras verticais indicam o erro padrão da média. *Indicam a relação significativa entre persistência (DAP) e mortalidade de insetos (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$).	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Nomes comercial e técnico, grupo químico e dosagens dos acaricidas utilizados nos bioensaios com <i>Tamarixia radiata</i>	32
Tabela 2	Número de adultos vivos (\pm EP), mortalidade corrigida (Ma%) de <i>Tamarixia radiata</i> expostos aos resíduos secos de acaricidas e classes de toxicidade segundo IOBC/WPRS.....	40
Tabela 3	Número de adultos vivos (\pm EP), mortalidade corrigida (Ma%) de adultos do parasitoide <i>Tamarixia radiata</i> expostos a resíduos 1 dia após a pulverização (1DAP) e classes de toxicidade em função da persistência dos acaricidas utilizados em citros.	43
Tabela 4	Efeito total de acaricidas usados em citros sobre <i>Tamarixia radiata</i> em função da mortalidade e redução de sua capacidade benéfica.....	50

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1	Aspectos bioecológicos de <i>D.citri</i>	13
2.2	Greening – sintoma e danos.....	16
2.3	Métodos de controle de <i>D. citri</i>	19
2.4	Seletividade de produtos fitossanitários para inimigos naturais.....	23
2.4.1	Seletividade de produtos fitossanitários para <i>T.radiata</i>	24
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1	Local e condições ambientais.....	27
3.2	Criação e manutenção de <i>D. citri</i>	27
3.3	Criação e manutenção de <i>T. radiata</i>	28
3.4	Efeito dos compostos, logo após sua aplicação, sobre <i>T. radiata</i>	29
3.5	Efeito de persistência dos compostos para <i>T. radiata</i>	31
3.6	Efeitos dos compostos sobre características biológicas provenientes de adultos de <i>T. radiata</i> tratados	33
3.7	Efeitos dos compostos sobre características biológicas provenientes de pupas de <i>T. radiata</i> tratadas.....	35
3.8	Classificação dos compostos por meio das classes de toxicidade preconizadas pela IOBC.....	36
3.9	Análises estatísticas.....	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1	Efeito dos compostos, logo após sua aplicação, sobre <i>T. radiata</i>	39
4.2	Teste de persistência dos compostos para <i>Tamarixia radiata</i>	42
4.3	Efeitos dos compostos sobre características biológicas provenientes de adultos de <i>Tamarixia radiata</i> tratados.....	49
4.4	Efeitos dos compostos sobre características biológicas provenientes de pupas de <i>Tamarixia radiata</i> tratadas.....	49
5	CONCLUSÃO.....	52
	REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

O “greening”, ou huanglongbing (HLB), é uma doença presente em plantios de citros associada à infecção pela bactéria *Candidatus Liberibacter*, transmitida pelo psílídeo *Diaphorina citri* Kumayama, 1907 (Hemiptera: Liviidae), inseto sugador que além de causar danos diretos por meio de sua alimentação, é um dos vetores dessa bactéria (BOTEON; NEVES, 2005). Nos últimos anos, o HLB vem atingindo 3,7% decontaminação das plantas e 53,3% dos talhões do parque citrícola paulista (FUNDECITRUS, 2011). Os danos causados vão desde a redução na capacidade de produção até a morte da planta (PLUKE; QURESHI; STANSLY, 2008). Para 2012, a redução estimada na produção nacional de laranja era de 4,0% em relação ao ano anterior e de 5,5% no estado de São Paulo, o maior produtor do país com 76,1% de participação na produção nacional (IBGE, 2012).

O controle de populações desse vetor por meio da utilização de inseticidas ainda configura-se como o principal método de controle do HLB, devido à dificuldade de identificação da doença em plantas assintomáticas (HALBERT; MANJUNATH, 2004) e de controle em plantas sintomáticas, já que os antibióticos injetados em árvores cítricas fornecem apenas remissão temporária dos sintomas (SU; CHEON; TSAI, 1986).

Diante da inexistência de conhecimento de um método curativo para essa doença, a associação de táticas de controle em programas de manejo integrado de pragas (MIP) tem sido recomendada, pela FUNDECITRUS (2009), para o controle preventivo do vetor *D. citri* em pomares de citros no estado de São Paulo.

Entretanto, a implementação de um programa de manejo integrado de *D. citri* tem sido impossibilitada devido ao uso constante e indiscriminado de

produtos fitossanitários nas regiões citrícolas (GÓMEZ-TORRES; NAVA; PARRA, 2012) os quais, geralmente, ocasionam ressurgência de pragas-alvo, surtos de pragas secundárias, contaminação ambiental, evolução de resistência e efeitos negativos a organismos não-alvo (CROFT, 1990), aumentando os custos de produção e afetando a eficiência do controle desses psilídeos pelos seus inimigos naturais, entre eles o parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae).

A espécie *T. radiata* é um ectoparasitoide idiobionte, desenvolvendo-se em ninfas do psilídeo e foi considerada um dos principais agentes de controle biológico de *D. citri*, devido à sua grande capacidade de dispersão, estabelecimento, adaptação em campo e à eficiência de parasitismo na ilha de Taiwan, China (CHIEN; CHU, 1996).

No Brasil, em testes realizados em laboratório, foi observado parasitismo variando entre 85,50% a 72,80%, a 25 °C e 30 °C, respectivamente (GÓMEZ-TORRES; NAVA; PARRA, 2012). Por outro lado, esse parasitoide tem sua eficiência de parasitismo natural de *D. citri* reduzida a 12,4%, em pomares de citros brasileiros sob um regime de aplicações de produtos fitossanitários regulares, sendo a maior taxa de parasitismo observada no "verão" (de janeiro a março), com uma média de 25,7% entre os anos de 2005 e 2007 (PAIVA; PARRA, 2012a).

De acordo com Yamamoto e Bassanezi (2003), além do uso de inseticidas, um grande número de acaricidas é aplicado na cultura de citros, porém praticamente não existem informações a respeito do seu impacto sobre os parasitoides, sendo necessária a realização de pesquisas para este fim.

Nesse contexto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a seletividade fisiológica de acaricidas usados nesta cultura, para o parasitoide *T. radiata*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos bioecológicos de *D. citri*

A espécie *D. citri* foi descrita ocorrendo em citros em Shinchiku, Taiwan, em 1907 (FUTCH et al., 2002; HALBERT; MANJUNATH, 2004). Associado ao citros e também à murta (*Murraya paniculata* L.), conhecida planta ornamental, o psílídeo *D. citri* vem ocorrendo no Brasil desde o final dos anos 1930 e início dos anos 1940, sem causar danos severos (COSTA LIMA, 1942). Com a descoberta do “huanglongbing” no Brasil, em 2004, o psílídeo-asiático-dos-citros assumiu o status de praga-chave na citricultura, pela sua capacidade de transmitir as bactérias *Candidatus Liberibacter* spp. (PARRA et al., 2010).

Além de citros, *D. citri* tem outras plantas como hospedeiras, incluindo 25 gêneros da família Rutaceae (HALBERT; MANJUNATH, 2004). São insetos sugadores de seiva das plantas e apresentam três ocelos, antenas filiformes relativamente longas, rostró curto com três segmentos e possuem pernas posteriores saltatórias (BERGMANN; FERNANDES; FARIA, 1994). O ciclo biológico é hemimetabólico e pode variar entre 12,1 e 43,5 dias, na faixa térmica de 32 °C e 18 °C, com duração de 17,1 dias, à temperatura de 25 °C (NAVA et al., 2007), podendo apresentar até 10 gerações por ano.

Esse psílídeo apresenta ampla distribuição geográfica e, atualmente, está presente em vários municípios dos estados de São Paulo (PARRA et al., 2010). Não há um padrão de distribuição temporal de *D. citri* para o estado de São Paulo, a qual é variável em função da disponibilidade e da abundância de ramos novos. Os fatores climáticos também são responsáveis pelo tamanho de suas populações. A distribuição espacial padrão desse psílídeo é do tipo agregada, independente da região (PAIVA; PARRA, 2012b).

D. citri tem preferência alimentar por folhas novas da porção superior da planta e pela nervura principal da face abaxial das folhas (BONANI et al., 2010). Na ausência destes brotos, os adultos acabam por se alimentar de folhas ou ramos maduros (AUBERT, 1987; CATLING, 1970). Em pomares do estado de São Paulo, a maior densidade de *D. citri* foi verificada no final da primavera e no início do verão, entre os anos de 1993 e 1995 (YAMAMOTO et al., 2001).

Apresentam maior ocorrência de ovos e ninfas quando há abundância de brotações nas plantas, o que acontece quando ocorrem altas temperaturas e precipitação (AUBERT, 1987; CATLING, 1970). A oviposição, inicia-se aproximadamente 10 dias após o acasalamento, que pode ocorrer no intervalo de 15 a 98 minutos, sem aparente período de pico dessa atividade ao longo do dia; porém, pode ser reduzida por temperaturas frias e falta de luz (NAVA et al., 2007). O ovo é alongado, engrossado na base, cônico no ápice e apresenta coloração pálida, tornando-se amarelo-alaranjado com o tempo (MEAD, 2002); mede cerca de 0,31 mm de altura e 0,14 mm de largura (TSAI; LIU, 2000) e apresenta período embrionário de cerca de 4,5 dias, quando submetido à temperatura média de 25 °C, apresentando variações de acordo com as condições de temperatura (NAVA et al., 2007).

As formas jovens passam por cinco estádios ninfais antes de se tornarem insetos adultos. São achatadas, amareladas e pouco convexas, apresentando pernas curtas, tornando-se marrom-esverdeadas nos últimos instares, variando de 0,3 mm a 1,6 mm de comprimento (AUBERT, 1988).

As ninfas se movem de forma lenta e contínua. Apresentam grandes tecas alares nos últimos instares, ficam grande parte do tempo agregadas e se alimentam na superfície das folhas, na parte terminal do pecíolo e entre a gema axilar e os brotos novos. A duração dessa fase varia de 10,6 a 39,6 dias, na faixa térmica de 28 °C a 15 °C, respectivamente, com viabilidade superior a 80%,

superando os 90% nos três últimos ínstaes, sendo as temperaturas de 25 e 28°C as mais adequadas para o seu desenvolvimento (TSAI; LIU, 2000).

O corpo dos insetos adultos tem manchas de coloração marrom, a cabeça é marrom-claro; as asas são transparentes, sendo as anteriores alargadas da metade até o ápice; as antenas têm ápice preto e duas manchas marrom-claras no meio dos segmentos. Os corpos são cobertos por uma substância pulverulenta de cor esbranquiçada e medem cerca de 3 a 4 mm (GRAVENA, 2005; HALBERT; MANJUNATH, 2004). Tsai e Liu (2000), avaliando a biologia de *D. citri* em quatro diferentes hospedeiros, constataram que fêmeas adultas medem, em média, 3,3 x 1,0 mm e machos, 2,7 x 0,8 mm.

Podem apresentar três cores abdominais distintas, com padrões de cores variando entre o cinza e o marrom, o azul e o verde e, por fim, o laranja e o amarelo, sendo o aspecto alaranjado associado a fêmeas acasaladas e o azulado a machos. Porém, tal aspecto apresenta valor limitado na identificação de fases de maturação dos psilídeos adultos (WENNINGER; HALL, 2008).

Normalmente, *D. citri* são muito ágeis e, quando perturbados, saltam a curtas distâncias. Quando parados permanecem na face abaxial das folhas novas com a cabeça quase tocando a superfície do limbo foliar, apresentando a disposição de 45 graus em relação ao substrato que se encontram. Alimentam-se da seiva da planta hospedeira, provocam deformações nas brotações e excretam uma secreção viscosa, o “honeydew”, formando fios brancos enrolados (ETIENNE et al., 2001; FUTCH et al., 2002; TSAI; LIU, 2000).

Os adultos de *D. citri* apresentam padrões de emergência semelhantes para ambos os sexos, sem evidência de protandria, atingindo a maturidade reprodutiva cerca de dois a três dias após a emergência (WENNINGER; HALL, 2008). Os psilídeos adultos se desenvolvem sexualmente e podem sobreviver por longos períodos se alimentando em folhas maduras, apesar de não se reproduzirem até que as folhas novas fiquem disponíveis (FUTCH et al., 2002).

Os períodos de desenvolvimento são influenciados pelo hospedeiro (NAVA et al., 2007).

A longevidade do adulto pode chegar a 6 meses (AUBERT, 1987; GRAVENA, 2005), mas em média vive de 2 a 3 meses (LIU; TSAI, 2000) e pode ser influenciado por fatores bióticos e abióticos do ambiente. A longevidade das fêmeas pode ser influenciada pela temperatura, sendo de 40 dias, a 25 °C e 88 dias, a 15 °C (TSAI; LIU, 2000). Pode também ser afetada pela umidade relativa do ar (UR), sendo o tempo de vida reduzido entre 20% e 56% a 7% e 33% de UR nas temperaturas de 25 °C e 30 °C, respectivamente, mediante ausência de alimento (MCFARLAND; HOY, 2001).

Fatores bióticos também podem influenciar a longevidade de *D. citri*. Tsai e Liu (2000) verificaram longevidade média entre 39,7 dias, para fêmeas em mudas de *M. paniculata*, com fecundidade média de 626 ovos, a 25 °C. NAVA et al. (2007) constataram longevidade média de 32,42 dias para fêmeas e de 23,17 dias para machos em mudas de murta; 30,96 e 24,57 dias em limoeiro ‘Cravo’ e 31,16 e 21,19 dias em tangerineira ‘Sunki’, à temperatura de 24 °C.

2.2 Greening - sintomas e danos

As ninfas e os adultos de *D. citri* têm importância por injetarem toxinas ao se alimentarem, as quais causam danos diretos às plantas, tais como distorções nas folhas e brotações e morte da gema apical. Em relação aos danos indiretos, a secreção do “honeydew” favorece o aparecimento e crescimento de fungos oportunistas, ocasionando a fumagina, que afeta o processo fotossintético da planta. Entretanto, o dano de maior expressividade causado por esse inseto está relacionado à transmissão da bactéria do gênero *Candidatus Liberibacter*, associada à doença dos citros denominada “greening” ou huanglongbing (HLB) (PADULLA, 2007).

Os primeiros relatos científicos sobre o HLB foram registrados em 1919, na China e foi denominado como doença do ramo amarelo dos citros (“yellow shoot disease”). A partir deste, outros se sucederam ao longo do tempo, em muitos outros países dos continentes asiático e africano, na Oceania e, no início do século XXI, no continente americano, justamente nos dois principais centros produtores de citros, Brasil (São Paulo) e Estados Unidos (Flórida), somando 40 países os quais a doença se faz presente (BOVÉ, 2006).

É consenso que o HLB está associado à bactéria do gênero *Candidatus* (GARNIER; DANIEL; BOVÉ, 1984), com três espécies de *Liberibacter* associadas ao HLB dos citros: *Ca. Liberibacter asiaticus*, *Ca. Liberibacter africanus* e *Ca. Liberibacter americanus*. *Ca. Liberibacter* pode ser transmitida por meio de material vegetal contaminado, tal como demonstrado pelo pesquisador chinês L.K. Hsiang, em 1956. O termo *Candidatus* é usado para espécies de bactérias que não podem ser cultivadas e *Liberibacter* porque habitam os vasos do floema das plantas doentes (BOVÉ, 2006). Em São Paulo, foi constatada a ocorrência de duas espécies de *Liberibacter* associadas ao HLB, sendo uma que já era conhecida, *Ca. Liberibacter asiaticus* (COLETTA-FILHO et al., 2004) e uma nova espécie, *Ca. Liberibacter americanus* (TEIXEIRA et al., 2005).

O período de aquisição da bactéria pelo psílido *D. citri* é de 15 a 30 minutos de sucção, permanecendo de forma latente por 1 a 21 dias. Ninfas de quarto e quinto estádios podem adquirir a bactéria, mas só o adulto pode transmiti-la ao migrar de ramo ou planta. Quando o psílido suga por uma hora ou mais, a eficiência de transmissão é de 100% e, uma vez infectados, podem transmitir a bactéria a vida toda (CAPOOR; RAO; VISWANATH, 1974; XU et al., 1988). Aubert (1987) relatou que a transmissão ocorre, provavelmente, por meio das secreções salivares e Capoor, Rao e Viswanath (1974) e Xu et al. (1988) constataram que a bactéria se multiplica no corpo do psílido.

Para a espécie *Ca. Liberibacter asiaticus*, a taxa de aquisição dessa bactéria por ninfas de *D. citri* pode variar de 60% a 100%, quando são expostas a mudas cinco dias após a infecção da planta. Para os adultos, a aquisição é de 40%. A transmissão é mais eficiente quando a infecção ocorre na fase imatura e pode ocorrer transmissão transovariana dessa bactéria numa razão de 2% a 6% (PELZ-STELINSKI et al., 2010).

A transmissão de *Ca. Liberibacter americanus* também já foi demonstrada ocorrendo de citros para citros através de borbulhas e por meio de picadas do psílideo *D. citri*, assim como de citros para vinca (*Cataranthus roseus* (L.) G. Don), por meio de uma planta parasitária conhecida como cuscuta (*Cuscuta campestris* Yunker). Porém, a taxa de infecção via enxertia ou borbulhia desta nova espécie de *Liberibacter* é bem menor quando comparada com a espécie asiática (BOVÉ, 2006).

Na planta, o período de latência do patógeno varia de quatro meses a um ano (HUANG et al., 1990; LOPES; MARTINS; FRARE, 2006). Os sintomas do HLB, nas laranjas doces [*Citrus sinensis* (L.) Osb.], tanto para a forma asiática quanto americana, embora em algumas situações possam ser confundidos com outros problemas de ordem biótica ou abiótica, exibem características próprias que podem ser facilmente identificadas a campo. Iniciam-se com o aparecimento de ramos amarelos setorizados que se destacam do verde da copa. Ondas de frio também podem levar à emissão de ramos amarelos, porém, nestes casos, poderá ser observado de forma generalizada no pomar (BOVÉ, 2006).

Os sintomas do HLB nas folhas maduras dos ramos amarelados caracterizam- por mosqueamento assimétrico em relação à nervura central da folha, na qual manchas amareladas, de um lado do limbo foliar, contrastam com o verde normal do outro lado. Posteriormente, estes ramos amarelados podem aparecer por toda a copa e não mais setorizados. Também, com o tempo, ocorre queda prematura das folhas destes ramos sintomáticos, nos quais novas folhas

podem surgir, porém, serão menores; os internódios serão curtos e, muitas vezes, também exibindo deficiência de zinco. Os frutos dos ramos afetados desenvolvem-se de forma assimétrica em relação ao eixo central e, muitas vezes, nem se desenvolvem. Cortando-os longitudinalmente, observam-se feixes amarelados que saem do pedúnculo, assim como a presença de sementes abortadas. Estes sintomas são facilmente identificados em laranjas doces, nas tangerinas e, principalmente nos limões, nos quais podem ocorrer de forma não muito característica, necessitando da confirmação do agente causal (BOVÉ, 2006).

Perdas devido ao HLB não são fáceis de serem avaliadas, sendo, frequentemente, apenas parte de uma árvore afetada e, neste caso, as perdas são pequenas. Entretanto, em outros casos, a árvore inteira pode estar infectada e, neste caso, a perda é total (PLUKE; QURESHI; STANSLY, 2008).

2.3 Métodos de controle de *D. citri*

Devido à dificuldade em diagnosticar a doença, ainda não se têm táticas e estratégias de manejo eficientes para evitar o huanglongbing (HALBERT; MANJUNATH, 2004). Para o manejo, recomendam-se a aquisição de mudas saudáveis, produzidas em viveiro cadastrado pela Coordenadoria de Defesa Agropecuária (CDA); a eliminação de plantas de murta para que não sirvam de fonte de inóculo e controle de *D. citri* nos pomares citrícolas por meio de monitoramento e a aplicação de inseticidas, além do controle biológico e de outras táticas, que possibilitem o controle dessa praga. O monitoramento é realizado por meio da captura de vetores utilizando armadilhas adesivas de cor amarela. De acordo com Hall, Hentz e Ciomperlik (2007), armadilhas dessa coloração capturaram significativamente mais insetos do que as azuis.

No Brasil, o método químico empregado no controle de *D. citri* baseia-se na utilização de neonicotinoides, organofosforados, piretroides e carbamatos (YAMAMOTO, 2006). Em alguns trabalhos foi demonstraram a eficiência de alguns inseticidas no controle de *D. citri*, como thiamethoxam+lambda-cyhalothrin e imidacloprid, obtendo-se controle de 90% até os 23 dias após a aplicação (BELOTI et al., 2008), ou de dinotefuran e thiamethoxam, que provocaram 80% de mortalidade dos adultos até 34 dias após a aplicação (DANELLA NETO et al., 2008). Thiamethoxam, aplicado em diversas dosagens via “drench” em plantas de citros ainda no viveiro, apresentou resultados excelentes com eficiência de 95% até os 90 dias após aplicação, nas dosagens de 0,6; 0,8; 1,0 e 1,2 g p.c./planta (FELIPPE et al., 2008a). Em experimento com aldicarb, aplicado em plantas de laranja no campo, houve eficiência superior a 80% até os 94 dias após aplicação (FELIPPE et al., 2008b).

O controle biológico desse psílideo, por sua vez, pode ser realizado com fungos entomopatogênicos, predadores e parasitoides (CARVALHO, 2008). Entre as espécies relatadas estão os fungos *Hirsutella citriformis* Speare, 1920, *Capnodium citri* Berk e Desm., 1849 e *Cladosporium* sp. nr. *Oxysporium* Berk. e M.A. Curtis; os predadores *Olla v-nigrum* (Mulsant, 1866), *Curinus coeruleus* (Mulsant, 1850), *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773), *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) e *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot, 1962 e o parasitoide *T. radiata* (AUBERT, 1987; GRAVENA 2005; JUAN-BLASCO et al., 2012; MICHAUD, 2004). *T. radiata* é um dos principais agentes de controle biológico de *D. citri*, devido à alta eficiência de parasitismo, à grande capacidade de dispersão, ao estabelecimento e à adaptação em condições de campo, sendo capaz de diminuir consideravelmente populações de psíldeos em culturas de Taiwan, China e Argentina (CHIEN; CHU, 1996; ETIENNE et al., 2001; LIZONDO et al., 2007).

Este inseto da Ordem Hymenoptera pertence à família Eulophidae, se

desenvolve como um ectoparasitoide idiobionte em ninfas do psíldeo de citros, contribuindo para a redução do crescimento de populações do inseto vetor do HLB (CHIEN, 1995).

As fêmeas colocam os ovos na face ventral das ninfas de *D. citri* entre o terceiro e o quinto instares, atacando, preferencialmente, ninfas de quinto instar (CHIEN; CHU, 1996; ETIENNE et al., 2001), com parasitismo variando entre 84,17% a 72,50% a 25 °C e 30 °C, respectivamente (GÓMEZ-TORRES; NAVA; PARRA, 2012). Além disso, as fêmeas adultas se alimentam de ninfas jovens e essas ações combinadas podem destruir cerca de 500 ninfas de *D. citri* durante todo o seu ciclo de vida (SKELLEY; HOY, 2004).

Durante seu desenvolvimento, a larva do parasitoide se alimenta da hemolinfa da ninfa hospedeira, apresentando processo de mumificação do hospedeiro, no qual o parasitoide fixa os restos da ninfa do psíldeo morta na superfície da planta para pupar sob essa proteção (ETIENNE et al., 2001) que ocorre cerca de 7 dias após o parasitismo, muitas vezes de forma agregada em grupos tão grandes como 50 espécimes, tipicamente ao longo das nervuras das folhas e nos galhos verdes. A emergência de *T. radiata* ocorre cerca de 13 dias após serem introduzidos em gaiolas contendo o hospedeiro *D. citri*. Os adultos saem por um orifício na região do tórax da ninfa hospedeira. A razão sexual de *T. radiata* criados em laboratório foi de 1,8:1,0, na população de Taiwan e 2,0:1,0, na população vietnamita (MCFARLAND; HOY, 2001; SKELLEY; HOY, 2004). O ciclo biológico de *T. radiata* de ovo a adulto tem duração média de 15 dias, a 25 °C (GÓMEZ-TORRES; NAVA; PARRA, 2012).

Os adultos apresentam estruturas das antenas sexualmente dimórficas. Os machos têm antenas geniculadas constituídas por quatro flagelômeros funiculares e um grande número de sensilas tricoides olfativas. A antena da fêmea é composta de uma longa escápula com uma radícula basal, um pedicelo em forma de barril e um flagelo longo composto por três flagelômeros e grande

número de sensilas do tipo placódeo (ONAGBOLA et al., 2009).

Foi constatado que *T. radiata* apresenta longa sobrevivência, com longevidade de até 50 dias, a 25 °C e 30 dias a 17 °C. Contudo, as populações avaliadas apresentaram diferentes exigências quanto às temperaturas e às umidades relativas (UR) testadas, com maior exigência de umidade da população de Taiwan e maior sobrevivência da população de *T. radiata* (vietnamita), a 25 °C e a 30 °C com umidade relativa superior a 53% (MCFARLAND; HOY, 2001).

No Brasil, a ocorrência natural desse parasitoide foi registrada, pela primeira vez no ano de 2004, sendo observada em quase toda a área citrícola do estado de São Paulo, com variações em diferentes épocas do ano relacionadas às práticas utilizadas no controle da doença HLB (GÓMEZ TORRES et al., 2006). Liberações inoculativas desse parasitoide realizadas em áreas sem aplicação de produtos fitossanitários no estado de São Paulo demonstraram o seu potencial em se estabelecer em condições de campo, com parasitismo variando entre 51,5% e 72,7% (PARRA; GÓMEZ TORRES; PAIVA, 2007). Entretanto, em pomares de citros sob regime de aplicações de inseticidas regulares, esse parasitoide tem sua eficiência de parasitismo natural de *D. citri* reduzida a 12,4%, sendo a maior taxa de parasitismo observada no período mais quente do ano (de janeiro a março), com média de 25,7% entre os anos de 2005 e 2007, seguida do outono com média de 14,6% (PAIVA; PARRA, 2012a).

Contudo, salienta-se que somente o controle biológico por meio de *T. radiata* não tem se mostrado suficiente para manter baixa a infestação desta praga em pomares citrícolas (MAPA, 2009), tornando-se necessária a associação desta a outras táticas de controle por meio de programas de MIP.

No Brasil, entretanto, o uso indiscriminado e constante de produtos fitossanitários nas regiões citrícolas tem dificultado a implementação de um

programa de manejo integrado de *D. citri* (GÓMEZ TORRES; NAVA; PARRA, 2012).

2.4 Seletividade de produtos fitossanitários para inimigos naturais

São considerados inseticidas adequados para programas de MIP aqueles que combinem um eficiente controle da praga com mínima influência negativa sobre a atividade de espécies benéficas (SUINAGA et al., 1996), sendo estes denominados de seletivos (DEGRANDE; GOMEZ, 1990).

A seletividade pode ser ecológica e/ou fisiológica. A seletividade ecológica é alcançada em função das diferenças de comportamento e outros fatores ecológicos entre a praga e os insetos benéficos (RIPPER; GREENSLADE; HARTLEY, 1951), o que requer um conhecimento amplo dos aspectos bioecológicos das pragas e das espécies benéficas (DEGRANDE, 1996). Desse modo, um inseticida, mesmo não sendo fisiologicamente seletivo, poderá ser aplicado com uma metodologia planejada para torná-lo seletivo (GODOY, 2003). Já a seletividade fisiológica está relacionada à interação do produto com o inseto, ocasionando, então, a morte da praga e não afetando os inimigos naturais, em função das diferenças fisiológicas entre eles (RIPPER; GREENSLADE; HARTLEY, 1951), pelos processos biológicos de penetração, metabolismo e/ou sensibilidade no sítio de ação (GRAHAM-BRYCE, 1987).

No intuito de padronizar as pesquisas de seletividade, foi estabelecido, em 1974, pela “*International Organization of Biological Control*” (IOBC), seção regional do oeste paleártico (WPRS), o Grupo de Trabalho Internacional com Organismos Benéficos e Pesticidas, visando promover o desenvolvimento de métodos padronizados e a escolha de inseticidas seletivos adequados para programas de MIP (HASSAN, 1997). Segundo este autor, os testes devem ser realizados sobre o estágio mais vulnerável do organismo, avaliando-se a redução

na sua capacidade benéfica, juntamente com a mortalidade. Os produtos testados em condições de laboratório podem ser enquadrados em quatro categorias: inócuo (mortalidade <30%), levemente nocivo (30%–79%), moderadamente nocivo (80%–99%) e nocivo (>99% de mortalidade). Com relação à duração da atividade prejudicial (persistência), os produtos podem ser classificados de acordo com o período de perda de toxicidade em: vida curta (<5 dias), pouco persistente (5-15 dias), moderadamente persistente (16-30 dias) e persistente (>30 dias).

A mortalidade do agente de controle caracteriza o efeito letal do produto testado. Os efeitos subletais, por sua vez, podem afetar outros aspectos biológicos do inseto, como redução ou aumento da fecundidade, fertilidade, tempo de desenvolvimento, viabilidade, longevidade e comportamento (RUBERSON; NEMOTO; HIROSE, 1998).

Segundo Hassan (1998), a combinação de testes de efeito letal e subletal de produtos fitossanitários sobre parasitoides, em laboratório, possibilita o conhecimento do efeito total dos compostos sobre esses inimigos naturais, permitindo fazer estimativas de chances de sobrevivência de adultos recém-emergidos, ou adultos provenientes de áreas adjacentes, e ajudando a estimar as chances de sobrevivência dos estágios de desenvolvimento do parasitoide protegido dentro do hospedeiro.

2.4.1 Seletividade de produtos fitossanitários para *T. radiata*

Com poucas exceções, os adultos de parasitoides da ordem Hymenoptera são tão susceptíveis a inseticidas quanto seus hospedeiros (BARTLETT, 1958). Os adultos podem entrar em contato com inseticidas ao alimentar-se de pólen ou néctar, ao limpar seu corpo com suas pernas,

contaminando-se com os resíduos presentes nos tarsos ou caminhando numa superfície contaminada (GRATWICK, 1957). As fases imaturas, por sua vez, podem ser contaminadas ao se alimentarem de hospedeiro contaminado ou se o composto tóxico ingressar por difusão, desde os tecidos e fluidos do hospedeiro, diretamente até a cutícula e as traqueias do parasitoide (STARK et al., 1992).

Os compostos neurotóxicos apresentam alta toxicidade a adultos de parasitoides. A toxicidade neonicotinoides thiametoxam, thiacloprid e imidacloprid foi observada para *T. radiata* 24 horas após a exposição aos resíduos dos produtos, com mortalidade de 100%, 100% e 88,9% de adultos, respectivamente, com persistência residual de até 14 dias (CARVALHO, 2008).

Os piretroides são degradados pela radiação ultravioleta (YAMAMOTO, 1970), sendo a maioria deles agrupada como moderadamente prejudicial (MOMANYI et al., 2012). O inseticida fenproprina (Danitol[®] 2.4 EC) foi considerado moderadamente tóxico e levemente persistente após 24 horas de exposição dos adultos desse parasitoide aos seus resíduos. O piridabem (Nexter[®]) causou 46,5% de mortalidade de adultos do parasitoide e foi considerado levemente persistente. Os inseticidas fenpiroximato (Portal[®]) e carbamato (Sevin[®] XRL) apresentaram alta toxicidade, enquanto o enxofre apresentou mortalidade acumulada de 37,7%, 72 horas após a exposição de adultos do parasitoide aos seus resíduos por um período de 24 horas (HALL; NGUYEN, 2010).

Foi constatada, em estudos, alta toxicidade de abamectina para adultos de *Tamarixia sp.* com médias de mortalidade variando entre 86,5% e 100% para as espécies *T. radiata* e *T. triozae*, respectivamente. Contudo, esse inseticida-acaricida apresentou baixa persistência tóxica, inferior a 8 dias para *T. triozae* (CARVALHO, 2008; HALL; NGUYEN, 2010; LIU et al., 2012). A alta mortalidade observada pode estar associada ao modo de ação desse produto, que ativa os canais de cloro (BROWN, 2005).

Ferrari (2009) verificou redução de até 80% na emergência de adultos provenientes de ninfas de *D. citri* parasitadas por fêmeas de *T. radiata* expostas aos resíduos de abamectina nas concentrações de 100% e 50%. Por outro lado, quando aplicado em parasitoides na fase de pupa, não causou efeitos negativos sobre a porcentagem de emergência, a longevidade e a razão sexual dos descendentes.

Quanto aos produtos com modo de ação sobre o metabolismo dos insetos, Liu et al. (2012), em testes de efeito residual, constataram resultados semelhantes de produtos com o mesmo mecanismo de ação para parasitoides do gênero *Tamarixia*. Segundo esses autores, os compostos fenpiroximato, espirotetramato e espiromesifeno foram inócuos aos adultos de *Tamarixia triozea* (Burks, 1943) (Hymenoptera: Eulophidae), com redução de sobrevivência de 0,0%; 6,7% e 0,0%, respectivamente, 24 horas após a exposição de adultos do parasitoide a recipientes de vidro tratados com 0,5 mL de calda dos produtos, nas dosagens de 95,7; 96 e 192 g.i.a.L⁻¹, respectivamente.

Os reguladores de crescimento geralmente causam supressão de deposição endocuticular e muda (MULDER; GIJSWIJK, 1973). Entretanto, em alguns estudos, constatou-se que estes produtos não são tóxicos para vespas adultas, com nenhum ou mínimo impacto sobre himenópteros parasitoides (GERLING; SINAI, 1994; HODLE et al., 2001). A seletividade do regulador de crescimento diflubenzurom (Micromite[®]) a *T. radiata* foi observada por Hall e Nguyen (2010), sendo verificada mortalidade de 14,4% de adultos expostos aos seus resíduos por um período de 24 horas.

De acordo com Yamamoto e Bassanezi (2003), além do uso de inseticidas, um grande número de acaricidas é aplicado na cultura de citros no Brasil, porém, existem poucas informações a respeito do seu impacto sobre os parasitoides, entre eles *T. radiata*, tornando necessária a realização de pesquisas para este fim.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e condições ambientais

A criação do parasitoide *Tamarixia radiata*, assim como os bioensaios, foram realizados no Laboratório de Biologia de Insetos no Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP, em Piracicaba, SP, à temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR de $60\pm 10\%$ e fotofase de 14 horas, no período de janeiro a novembro de 2012. A criação do hospedeiro *D. citri* foi realizada em casa de vegetação.

3.2 Criação e manutenção de *D. citri*

Para a criação do parasitoide *T. radiata* foi utilizada uma população de *D. citri* coletada no pomar de citros da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP, em janeiro de 2012, onde, nos últimos três anos, não se têm aplicado produtos químicos.

Os insetos coletados no campo foram criados e multiplicados em plantas de murta, *Murraya paniculata* (L.) Jack, seguindo a metodologia adaptada de Gómez-Torres, Nava e Parra (2012). As plantas de murta foram cultivadas em sacos plásticos contendo 0,5 L de terra e adubo Pitters (40 g por planta/semana, diluídas em 120 mL de água), as quais foram infestadas com os insetos e mantidas no interior de gaiolas teladas (40 x 40 x 40 cm) distribuídas sobre prateleiras.

Para a manutenção da população, foram utilizadas de 3 a 6 gaiolas, contendo, cada uma, os insetos em diferentes fases de desenvolvimento (ovos, ninfas e adultos). Uma gaiola com aproximadamente 300 adultos de *D. citri* foi

utilizada como criação de manutenção, e estes insetos não foram utilizados para a realização de experimentos.

Para estimular a oviposição dos insetos, as plantas de murta foram podadas eliminando-se os meristemas apicais e ramos mais altos, e plantas com brotações foram acondicionadas em gaiolas, para a realização de postura, por um período de 48 a 72 horas.

Após realização das posturas, um aspirador adaptado foi utilizado para a retirada dos adultos de *D. citri* da gaiola e a distribuição em outra contendo mudas com brotações, para que fossem realizadas novas oviposições. Esse procedimento foi realizado semanalmente, até o descarte dos adultos, quando não foram observadas posturas, aproximadamente um mês após a emergência dos insetos.

As gaiolas contendo mudas de murta com postura foram monitoradas e etiquetadas de acordo com a fase de desenvolvimento do inseto (ovos, ninfas e adultos). Não foi necessária a manipulação dos insetos durante a fase imatura, já que as mudas propiciaram o desenvolvimento de *D. citri*.

3.3. Criação e manutenção de *T. radiata*

A população do parasitoide foi obtida a partir de coletas de formas imaturas de *D. citri* parasitadas por *T. radiata* no pomar de citros e de parasitoides adultos coletados em ramos de murta presentes em cercas vivas no campus da ESALQ, em Piracicaba, SP, em fevereiro de 2012.

A criação do parasitoide foi realizada sobre o hospedeiro *D. citri*, nas mesmas condições descritas no subitem 3.2, seguindo metodologia adaptada de Gómez-Torres, Nava e Parra (2012). Adultos de *T. radiata* foram liberados na proporção de um parasitoide para duas ninfas do hospedeiro, em gaiolas com mudas de murta contendo ninfas de 4º e 5º instares de *D. citri*, para a realização

do parasitismo. As plantas com ninfas parasitadas foram transferidas semanalmente para gaiolas revestidas com tela, até a emergência dos insetos adultos. Para a alimentação dos adultos do parasitoide foram fornecidas gotículas de mel, distribuídas nas folhas de murta, no interior das gaiolas.

3.4. Efeito dos compostos, logo após sua aplicação, sobre *T. radiata*

Para a avaliação da ação do efeito residual de acaricidas utilizados em citros para o parasitoide *T. radiata*, utilizaram-se folhas de mudas de citros da cultivar Valência, com idade aproximada de 120 dias, altura entre 80 e 100 cm, cultivadas em vasos e mantidas em casa de vegetação. Essas folhas foram seccionadas em discos de 3,5 cm de diâmetro, com auxílio de um vazador e tratadas via pulverização dos compostos por meio de torre de Potter (Figura 1) calibrada para o fornecimento de $1,8 \pm 0,1$ mg de calda química cm^{-2} , conforme metodologia proposta pela International Organization for Biological Control (IOBC). Em seguida, os discos foram colocados à temperatura ambiente, por três horas, para secagem dos resíduos e, posteriormente, foram acondicionados sobre uma camada de gel formada a partir de uma solução de ágar:água a 2,5%, em placas de Petri de 4 cm de diâmetro.

Adultos de *T. radiata* foram anestesiados em CO_2 , por 10 segundos e colocados em placas de Petri contendo os discos foliares tratados. Em seguida, tecido de *voil* foi inserido entre a tampa e a base da placa, para evitar a fuga dos insetos e a condensação de água no interior da placa e propiciar ventilação, evitando os efeitos negativos da volatilização dos produtos. Para a alimentação dos adultos, foi colocada, sob o tecido de *voil* uma gota de mel, com auxílio de pincel nº 0 (Figura 2). As placas foram mantidas em câmara climatizada regulada à temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas.



Fig 1. – (A) Plantas de citros usadas no experimento; (B) vazador e discos de folhas de citros e (C) torre de Potter utilizada nas pulverizações dos compostos.

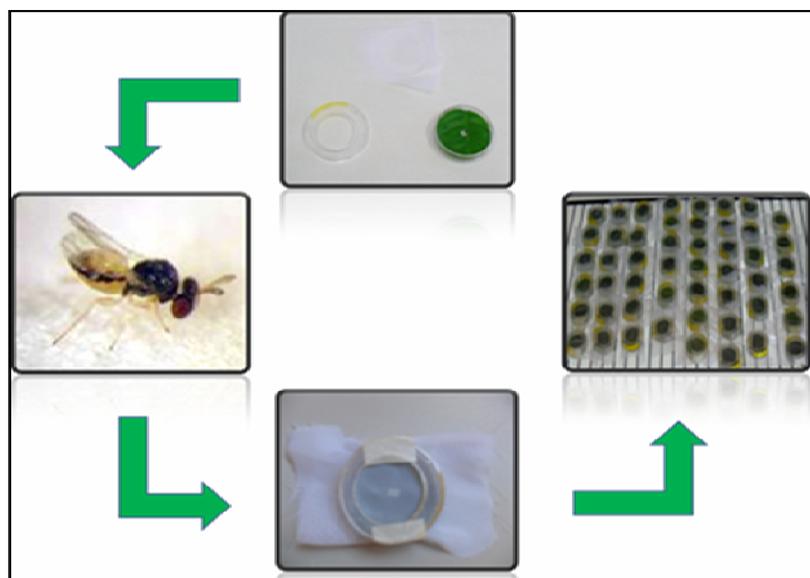


Fig. 2 – Etapas de realização do bioensaio de efeito direto dos compostos sobre *Tamarixia radiata*.

Foram avaliados 16 acaricidas, mais água destilada como controle positivo e Actara® 250 WG como controle negativo, cujo ingrediente ativo tem reconhecida ação inseticida, para efeitos comparativos (Tabela 1). Os compostos foram avaliados em suas maiores dosagens recomendadas pelos fabricantes para o controle de pragas na cultura de citros (AGROFIT, 2009).

O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, com 18 tratamentos e 5 repetições, sendo cada uma formada por 10 parasitoides com até 48 horas de emergência.

Avaliou-se a mortalidade dos adultos após 24 horas de exposição aos resíduos dos compostos. Foram considerados mortos, os espécimes que se mantiveram paralisados quando tocados com um pincel sob microscópio estereoscópico (40x).

3.5 Bioensaio de persistência dos compostos para *T. radiata*

Para a avaliação da persistência de acaricidas (teste de persistência) para o parasitoide *T. radiata*, mudas de citros da cultivar Valência, com idade aproximada de 120 dias, altura entre 80 e 100 cm e, aproximadamente, 20 folhas expandidas, cultivadas em vaso e mantidas em casa de vegetação, foram tratadas via pulverização dos compostos com pulverizador manual Guarany® equipado com bico cone vazio até o ponto de escorrimento. Folhas contendo os resíduos de cada composto foram coletadas das plantas tratadas e transportadas para laboratório, onde foram seccionadas em discos de 3,5 cm de diâmetro, com auxílio de um vazador, os quais foram acondicionados sobre uma camada de gel formada a partir de uma solução de ágar:água a 2,5% em de placas de Petri de 4 cm de diâmetro (Figura 2), para exposição aos parasitoides.

Tabela 1. Nomes comercial e técnico, grupo químico, modo de ação e dosagens dos compostos utilizados nos bioensaios com *Tamarixia radiata*.

Nome comercial	Nome técnico	Grupo químico	Modo de ação¹	Dosagem avaliada (p.c.)
Actara [®] 250WG	Tiametoxam	Neonicotinoide	Agonista de receptores nicotínicos da acetilcolina	0,10 g/L
Vertimec [®] 18EC	Abamectina	Avermectinas	Ativadores de canais de cloro	0,30 mL/L
Cascade [®] 100	Flufenoxuron	Benzoilureia	Inibidor de quitina	0,50 mL/L
Micromite [®] 240SC	Diflubenzuron	Benzoilureia	Inibidor de quitina	0,50 mL/L
Envidor [®]	Espirodiclofeno	Cetoenol	Inibidor de acetil CoA carboxilase	0,25 mL/L
Borneo [®]	Etoxazol	difenil oxazolina	Inibidor de crescimento em ácaros	0,45 g/L
Kumulus [®] DF	Enxofre	Inorgânico	Inibidor do transporte de elétrons	5 g/L
Marshal Star [®]	Carbosulfano	Metilcarbamato	Inibidor de acetilcolinesterase	0,50 mL/L
Dicofol [®]	Dicofol	Organoclorado	Antagonista do neurotransmissor GABA	2 mL/L
Torque [®] 500SC	Óxido de fembutatina	Organoestânico	Inibidor de síntese de ATP	0,80 mL/L
Ortus [®] 50SC	Fenpiroximato	Pirazol	Inibidor de transporte de elétrons	1 mL/L
Rufast [®] 50SC	Acrinatrina	Piretroide	Modulador de canais de sódio	0,10 mL/L
Talstar [®] 100EC	Bifentrina	Piretroide	Modulador de canais de sódio	0,20 mL/L
Danimen [®] 300EC	Fenpropatrina	Piretroide	Modulador de canais de sódio	0,50 g/L
Sanmite [®]	Piridabem	Piridazinona	Inibidor de transporte de elétrons	0,75 mL/L
Omite [®] 720EC	Propargito	Sulfito de alquila	Inibidor de síntese de ATP	1 mL/L
Savey [®] WP	Hexitiazoxi	Tiazolidina-carboxamida	Inibidor de crescimento em ácaros	0,03 g/L

Adultos de *T. radiata* foram anestesiados em CO₂, por 10 segundos e colocados em placas de Petri contendo os discos foliares tratados com os respectivos produtos. Em seguida, tecido tipo *voil* foi inserido entre a tampa e a base da placa, para evitar a fuga dos insetos e reduzir a umidade no interior da placa.

As placas foram mantidas em câmara climatizada regulada à temperatura de 25±2°C, umidade relativa de 60±10% e fotofase de 14 horas.

Foram avaliados os efeitos de 16 acaricidas (Tabela 1), mais os tratamentos controle positivo (água destilada) e controle negativo (Actara® 250 WG). O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, com 18 tratamentos e 5 repetições, sendo cada uma constituída de 10 parasitoides por repetição com até 48 horas de emergência.

A mortalidade dos insetos foi avaliada 1, 3, 10, 24 e 33 dias após a aplicação dos produtos, seguindo metodologia de membros da IOBC (HASSAN, 1997). Foram considerados mortos, os espécimes que se mantiverem paralisados quando tocados com um pincel sob microscópio estereoscópico (40x).

3.6 Efeitos dos compostos sobre características biológicas provenientes de adultos de *T. radiata* tratados

Para a avaliação do efeito dos acaricidas sobre o parasitismo de *T. radiata*, mudas de citros da cultivar Valência, com as mesmas características citadas no subitem 3.5, foram tratadas, via pulverização dos compostos, com pulverizador manual Guarany® equipado com bico cone vazio até o ponto de escorrimento. Em seguida, folhas contendo os resíduos dos compostos foram coletadas e transportadas ao laboratório para exposição aos insetos. Dessa forma, as folhas foram seccionadas em discos foliares de 3 cm de diâmetro, com auxílio de um vazador e colocados sobre uma camada de gel formada a partir de uma

solução de ágar:água a 2,5%, em placas de Petri de 4 cm de diâmetro (Figura 2).

Adultos de *T. radiata* foram anestesiados em CO₂, por 10 segundos e distribuídos nas placas contendo os resíduos dos compostos. Em seguida, tecido tipo *voil* foi inserido entre a tampa e a placa, para evitar a fuga dos insetos e reduzir a umidade no interior da mesma. As placas foram mantidas em câmara climatizada, à temperatura de 25±2 °C, UR de 60±10% e fotofase de 14 horas.

Após 24 horas do contato com os resíduos dos produtos, as fêmeas sobreviventes foram transferidas para gaiolas contendo mudas de limoeiro 'Cravo' infestadas com ninfas de 4º e/ou 5º instares de *D. citri*, na proporção de 1 parasitoide para 10 ninfas, para a realização do parasitismo por um período de 48 horas (Figura 3).



Fig. 3 - Gaiolas plásticas contendo mudas de limão 'Cravo' com ninfas de *Diaphorina citri* parasitadas por *Tamarixia radiata*.

Após esse período, as fêmeas foram descartadas. Decorridos nove dias da realização do parasitismo, avaliou-se o número de ninfas parasitadas, tendo os ramos com ninfas mumificadas sido cortados e transferidos para placas de Petri de 9 cm de diâmetro, para avaliação de viabilidade. Verificada a emergência, a partir do 10º dia após o parasitismo, os adultos sobreviventes foram coletados e colocados em tubos de vidro (1,5 cm de diâmetro x 8 cm de

altura) contendo um gotícula de mel internamente para avaliação de sua longevidade.

Neste bioensaio foram avaliados somente os acaricidas classificados como inócuos um dia após a aplicação dos produtos no teste de persistência, como descrito no subitem 3.5. O delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado, com nove acaricidas, sendo eles Cascade[®] 100, Micromite[®] 240 SC, Envidor[®], Borneo[®], Dicofol[®], Torque[®] 500 SC, Sanmite[®], Omite[®] 720 EC e Savey[®] WP, mais os controles positivo (água destilada) e negativo (Actara[®]) e cinco repetições, sendo cada uma formada por seis fêmeas do parasitoide.

Foram realizadas avaliações diárias, registrando-se o número de ninfas parasitadas, o percentual de emergência (viabilidade ninfal), a razão sexual e a longevidade dos adultos sobreviventes.

3.7 Efeitos dos compostos sobre características biológicas provenientes de pupas de *T. radiata* tratadas

Para avaliação dos efeitos dos acaricidas sobre *T. radiata* em sua fase de pupa, brotos de limoeiro 'Cravo' contendo ninfas de 4^o e/ou 5^o instares de *D. citri* foram fornecidos às fêmeas de *T. radiata*, previamente acondicionadas em gaiolas para a realização do parasitismo por um período de 48 horas, findo o qual foram descartadas.

Ramos com ninfas mumificadas contendo os parasitoides na fase de pupa (nove dias após parasitismo) foram tratados via pulverização dos produtos com auxílio de pulverizador manual Guarany[®], até o ponto de escorrimento, cortados e transferidos para placas de Petri de 9 cm de diâmetro. Neste bioensaio, foram avaliados somente os acaricidas classificados como inócuos um dia após a aplicação dos produtos no teste de persistência, como descrito no

subitem 3.5, sendo eles Cascade[®] 100, Micromite[®] 240 SC, Envidor[®], Borneo[®], Dicofol[®], Torque[®] 500 SC, Sanmite[®], Omite[®] 720 EC e Savey[®] WP. O delineamento estatístico foi o inteiramente casualizado, com nove tratamentos, mais os controles positivo (água destilada) e negativo (Actara[®]) e com 3 repetições, sendo cada uma formada por 20 pupas de *T. radiata*.

Foram realizadas avaliações diárias, registrando-se o número de parasitoides emergidos (viabilidade), a proporção de machos e fêmeas para determinação da razão sexual dos insetos e a longevidade.

3.8 Classificação dos compostos por meio das classes de toxicidade preconizadas pela IOBC

Os produtos foram enquadrados em classes toxicológicas, em função da redução da sobrevivência ou da capacidade benéfica do parasitoide em relação ao controle positivo, conforme escala proposta por membros da IOBC (STERK et al., 1999), em que classe 1: inofensivo (<30% de redução), classe 2: pouco prejudicial (30% a 79% de redução), classe 3: moderadamente prejudicial (80% a 99% de redução) e classe 4: prejudicial (>99% de redução).

Para o ensaio de persistência, quando os inseticidas reduziram, em menos de 30% a mortalidade dos insetos, em comparação ao controle positivo (água destilada), foram classificados de acordo com a escala de persistência da IOBC/WPRS, sendo classe 1: vida curta (<5 dias); classe 2: levemente persistente (5-15 dias); classe 3: moderadamente persistente (16-30 dias) e classe 4: persistente (>31 dias) (HASSAN et al., 1987).

Com os dados obtidos dos bioensaios de toxicidade aos adultos de *T. radiata*, foi calculado o efeito total dos produtos. O efeito total de cada composto é baseado na sua influência na capacidade benéfica do parasitoide (parasitismo e emergência) e mortalidade. A porcentagem de efeito total de cada

produto foi obtida pela fórmula

$$E(\%) = 100 \times (100 - Ma) \times R1 \times R2 \text{ (VEIRE et al., 1996)}$$

em que:

Ma = porcentagem média de mortalidade obtida pela fórmula de Abbott (1925), sendo $Ma = (\text{média geral do controle} - \text{média geral do tratamento} / \text{média geral do controle}) \times 100$

$R1$ = razão do número de ninfas parasitadas por fêmea no tratamento com acaricida pelo número de ninfas parasitadas por fêmea no tratamento controle;

$R2$ = razão da porcentagem de emergência dos descendentes no tratamento com acaricida pela porcentagem de emergência dos descendentes no tratamento controle.

3.9 Análises estatísticas

Os dados obtidos para os diferentes bioensaios foram submetidos, inicialmente, a um teste de distribuição de normalidade dos resíduos por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov, bem como de homogeneidade de variâncias com o teste de Bartlett (BARTLETT, 1937). Satisfeitas as pressuposições do modelo normal, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Quando os dados não apresentaram normalidade e/ou homocedasticidade, realizou-se busca de uma transformação pelo método da potência máxima de Box-Cox (BOX; COX, 1964).

Para os dados que não apresentaram normalidade e/ou homocedasticidade após a transformação, foram adotadas análises utilizando modelos lineares generalizados (GLM) (NELDER; WEDDERBURN, 1972) empregando-se a função de distribuição quasipoisson para teste de efeito direto e quasibinomial para persistência. Quando houve diferença significativa entre os tratamentos, múltiplas comparações (teste de Tukey, $p < 0,05$) foram realizadas, por meio da função `glht` do pacote `multcomp`, com ajuste dos valores de p . Todas as análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico “R”, versão 2.15.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito dos compostos, logo após sua aplicação, sobre *T. radiata*

Alguns produtos apresentaram efeitos tóxicos quando os parasitoides entraram em contato logo após as superfícies serem tratadas com os produtos ($F = 25,779$; $df = 17,89$; $p < 0,001$). Foi verificado efeito nocivo dos acaricidas Marshal Star[®], Rufast[®] 50 SC e Danimen[®] 300 EC sobre este inimigo natural, com médias de adultos vivos de 0,0%; 0,2% e 0,0%, respectivamente. A sobrevivência de adultos de *T. radiata* não foi afetada pela exposição aos resíduos de Vertimec[®] 18 EC, Cascade[®] 100, Micromite[®] 240 SC, Envidor[®], Borneo[®], Kumulus[®] DF, Dicofol[®], Torque[®] 500 SC, Ortus[®] 50 SC, Talstar[®] 100EC, Sanmite[®], Omite[®] 720 EC e Savey[®] WP, com médias variando entre 2,0% e 9,8% (Tabela 2).

Quanto à classificação de toxicidade segundo a IOBC referente à mortalidade de adultos do parasitoide, os produtos Vertimec[®] 18 EC, Micromite[®] 240 SC, Envidor[®], Borneo[®], Dicofol[®], Sanmite[®], Omite[®] 720 EC e Savey[®] WP foram considerados inócuos (classe 1); Cascade[®] 100, Kumulus[®] DF, Torque[®] 500 SC, Ortus[®] 50 SC e Talstar[®] 100EC foram categorizados como levemente nocivos (classe 2); Rufast[®] 50 SC foi moderadamente nocivo (classe 3), assemelhando-se ao controle negativo (Actara[®] 250 WG) e Marshal Star[®] e Danimen[®] 300 EC mostraram-se nocivos (classe 4) ao parasitoide *T. radiata*, apresentando mortalidade de 100% dos adultos (Tabela 2).

A seletividade do produto pertencente ao grupo químico das avermectinas (Vertimec[®] 18 EC) para *T. radiata* corrobora com resultados obtidos por Cocco e Hoy (2008) e Ferrari (2009), os quais verificaram mortalidades de somente 23% e 3%, respectivamente, dos adultos dessa espécie expostos à maior dosagem recomendada de abamectin.

Tabela 2. Número de adultos vivos (\pm EP), mortalidade corrigida (Ma%) de *Tamarixia radiata* expostos aos resíduos secos de acaricidas e classes de toxicidade segundo IOBC/WPRS.

Tratamento	N¹\pmEP	Ma (%)	Classe
Actara [®] 250WG	0,2 \pm 0,20 c	97,7	3
Vertimec [®] 18EC	7,2 \pm 0,37 ab	16,3	1
Cascade [®] 100	5,6 \pm 0,81 ab	34,9	2
Micromite [®] 240SC	9,6 \pm 0,40 ab	0	1
Envidor [®]	7,8 \pm 0,80 ab	9,3	1
Borneo [®]	9,4 \pm 0,24 ab	0	1
Kumulus [®] DF	5,0 \pm 1,78 b	46	2
Marshal Star [®]	0,0 \pm 0,00 c	100	4
Dicofoi [®]	7,4 \pm 0,93 ab	14	1
Torque [®] 500SC	6,0 \pm 1,48 ab	30,2	2
Ortus [®] 50SC	5,0 \pm 0,63 b	41,9	2
Rufast [®] 50SC	0,2 \pm 0,20 c	97,7	3
Talstar [®] 100EC	2,0 \pm 0,55 bc	76,7	2
Danimen [®] 300EC	0,0 \pm 0,00 c	100	4
Sanmite [®]	7,0 \pm 1,00 ab	18,6	1
Omite [®] 720EC	6,2 \pm 1,24 ab	27,9	1
Savey [®] WP	9,8 \pm 0,20 a	0	1
Controle	8,6 \pm 0,24 ab	-	-

¹Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,001$). Ma: mortalidade corrigida pela fórmula de Abbott (1925). ²Classes da IOBC/WPRS em função da mortalidade do parasitoide, sendo: 1 = inócuo (<30%), 2 = levemente nocivo (30-79%), 3 = moderadamente nocivo (80-99%) e 4 = nocivo (>99%) (HASSAN, 1997).

Para os resultados de seletividade dos produtos Cascade[®] 100, Micromite[®] 240 SC, Borneo[®] e Savey[®] WP constatados no presente trabalho, alguns estudos demonstraram que produtos reguladores de crescimento, geralmente, não são tóxicos para vespas adultas, com nenhum ou mínimo impacto sobre himenópteros parasitoides (GERLING; SINAI, 1994; HODDLE et al., 2001), demonstrando serem relativamente seguros para inimigos naturais. Hall e Nguyen (2010) constataram mortalidade média de 14,4% de adultos de *T. radiata* expostos aos seus resíduos de diflubenzuron (Micromite[®]), por um período de 24 horas. Liu et al. (2012), em testes de efeito residual, constataram que a sobrevivência de *T. triozea* não foi afetada quando adultos foram expostos à superfície de vidro tratada com 0,5 mL de calda de fenpiroximato, espirotetramato e espiromesifeno, com redução de sobrevivência de 0,0%; 6,7% e 0,0%, respectivamente, 24 horas após a exposição dos insetos aos resíduos dos compostos.

A menor tolerância de adultos de *T. radiata* expostos à superfície tratada com produtos neurotóxicos pode estar relacionada às alterações causadas pela ação desses compostos sob a transmissão do impulso nervoso. Segundo Chapman (1998), tal comprometimento pode causar superexcitação ou paralisia do inseto, com consequentes convulsões e morte. A alta mortalidade observada também pode estar relacionada ao amplo espectro de ação dos produtos pertencentes a estes grupos químicos (CASIDA; QUISTAD, 1998); à lipofilicidade dos compostos, ou mesmo, à insensibilidade dessas moléculas à ação de enzimas ATP-ase, relacionadas ao processo de destoxicação por piretroides (GUSMÃO et al., 2000).

Foi constatado, no presente estudo que o carbamato Marshal Star[®] foi tóxico para adultos de *T. radiata*. A toxicidade de carbamatos a eulofídeos já havia sido verificada por outros autores. Hall e Nguyen (2010) constataram que o produto comercial Cabaril[®] causou mortalidade de 100% dos adultos de *T.*

radiata expostos aos seus resíduos até 72 horas após a pulverização. Para vespas *Aprostocetus vaquitarum* (Wolcott) (Hymenoptera: Eulophidae), foi observada mortalidade de 98% de adultos quando expostos aos resíduos do carbamato Sevin® 80 WSP recém-pulverizados, sendo classificado como moderadamente nocivo (ULMER et al., 2006).

4.2 Efeito de persistência dos compostos para *T. radiata*

Os acaricidas testados apresentaram efeito de contato residual variável na sobrevivência de adultos de *T. radiata* um dia após a aplicação desses produtos ($F = 14,47$; $df = 17, 72$; $p < 0,001$). Os compostos Vertimec® 18 EC, Kumulus® DF, Marshal Star®, Rufast® 50 SC, Talstar® 100 SC e Danimen® 300 EC foram nocivos aos adultos do parasitoide, com médias de insetos sobreviventes variando entre 0,0 a 3,6 (Tabela 3).

De acordo com as curvas de mortalidade de adultos de *T. radiata* em função da persistência dos produtos fitossanitários ao longo do tempo, pode-se observar que os acaricidas Marshal Star® e Omite® 720 EC mantiveram sua atividade tóxica até os 33 dias após a pulverização (classe 4), sendo considerados compostos altamente persistentes. O carbamato Marshal Star®, que causou 100% de mortalidade de *T. radiata* um dia após a pulverização apresentou perda rápida de atividade nociva. Para o acaricida Omite® 720 EC a mortalidade dos adultos desse parasitoide oscilou ao longo do tempo, perpassando as diferentes classes de toxicidade (Figura 4).

A persistência dos produtos fenpiroximato e carbaril (carbamato) foram tóxicos para *T. radiata*, sendo observada persistência superior a 22 dias para o segundo composto (HALL; NGUYEN, 2010). Os carbamatos são compostos estáveis à ação da luz e do calor em ambiente meio ácido ou neutro (SANCHES

Tabela 3. Número de adultos vivos (\pm EP), mortalidade corrigida (%Ma) de adultos do parasitoide *Tamarixia radiata* expostos a resíduos um dia após a pulverização (1DAP) e classes de toxicidade em função da persistência dos acaricidas utilizados em citros.

Tratamento	N¹\pmEPM	Ma 1DAP (%)	Classe de toxicidade (IOBC)
Actara [®] 250WG	0,0 \pm 0,00 b	100,0	2
Vertimec [®] 18EC	3,6 \pm 1,23 b	61,7	2
Cascade [®] 100	7,8 \pm 1,11 ab	17,0	1
Micromite [®] 240SC	8,0 \pm 0,63 ab	14,9	1
Envidor [®]	8,2 \pm 0,97 ab	12,8	1
Borneo [®]	8,8 \pm 0,73 ab	6,4	1
Kumulus [®] DF	0,4 \pm 0,40 b	95,7	3
Marshal Star [®]	0,0 \pm 0,00 b	100,0	4
Dicofol [®]	9,6 \pm 0,24 a	0,0	1
Torque [®] 500SC	8,0 \pm 0,89 ab	14,9	1
Ortus [®] 50SC	4,8 \pm 1,77 ab	48,9	2
Rufast [®] 50SC	0,6 \pm 0,40 b	93,6	2
Talstar [®] 100EC	0,0 \pm 0,00 b	100,0	2
Danimen [®] 300EC	0,0 \pm 0,00 b	100,0	3
Sanmite [®]	9,4 \pm 0,40 a	0,0	1
Omite [®] 720EC	5,6 \pm 1,17 ab	40,4	4
Savey [®] WP	6,8 \pm 1,11 ab	27,7	1
Controle	9,4 \pm 0,40 a	-	-

¹Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,001$). Ma: Mortalidade corrigida pela fórmula de Abbott (1925). ²Classe de persistência IOBC, sendo: 1= vida curta (<5 dias); 2 = levemente persistente (5-15 dias); 3 = moderadamente persistente (16-30 dias) e 4= persistente (>31 dias) (HASSAN, 1997).

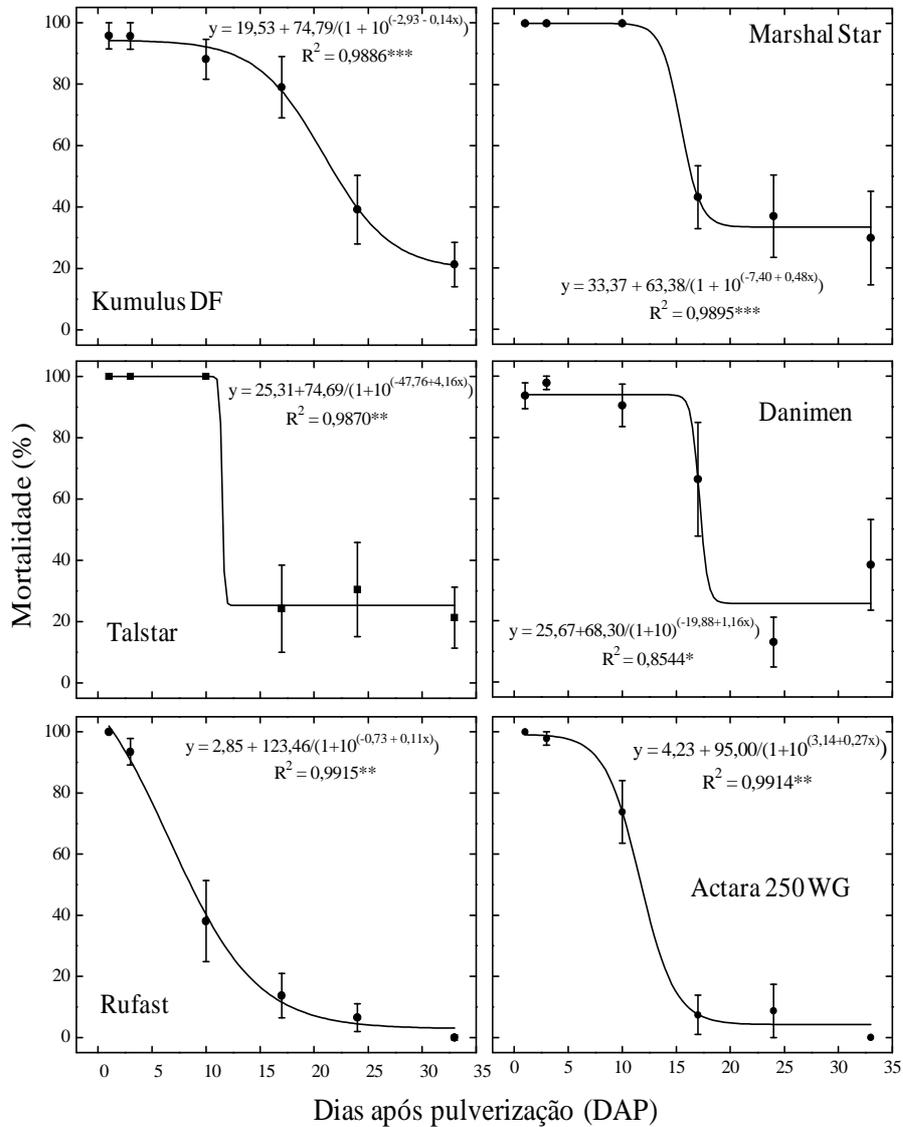
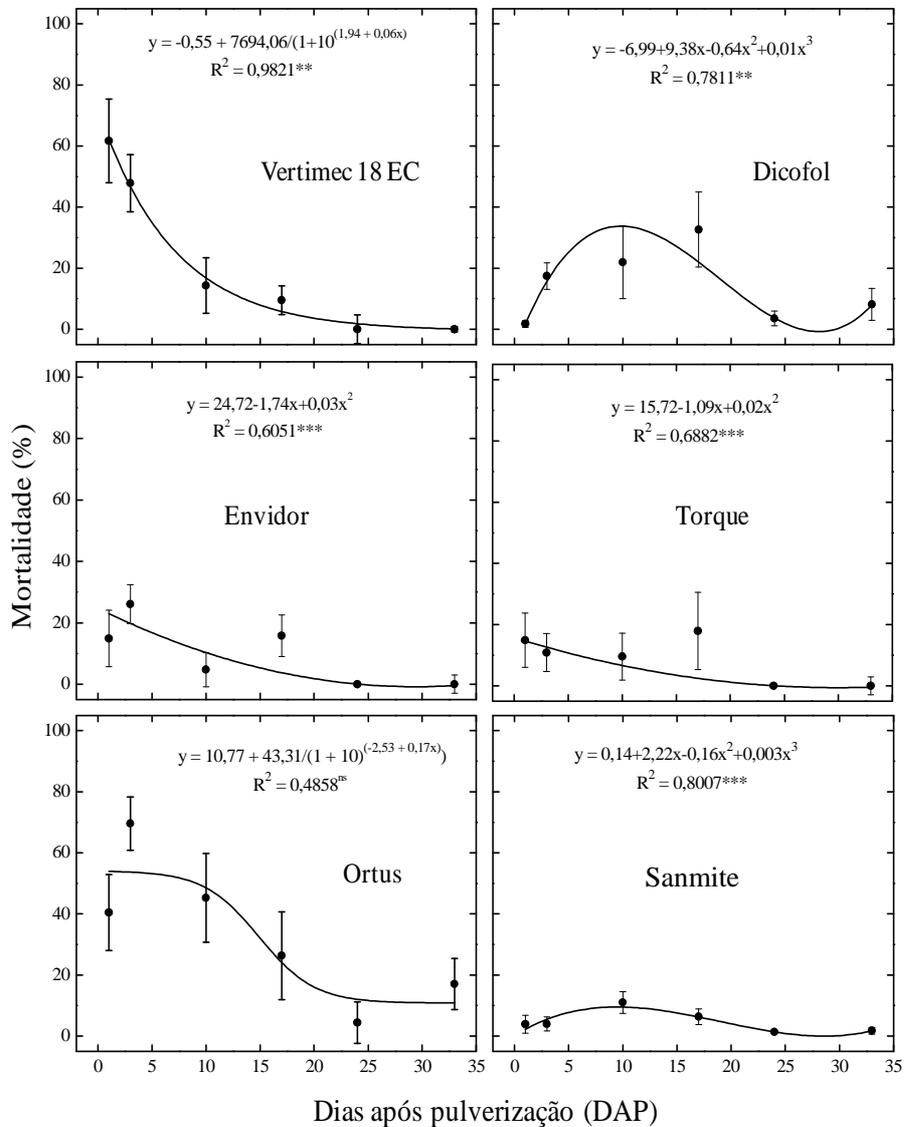
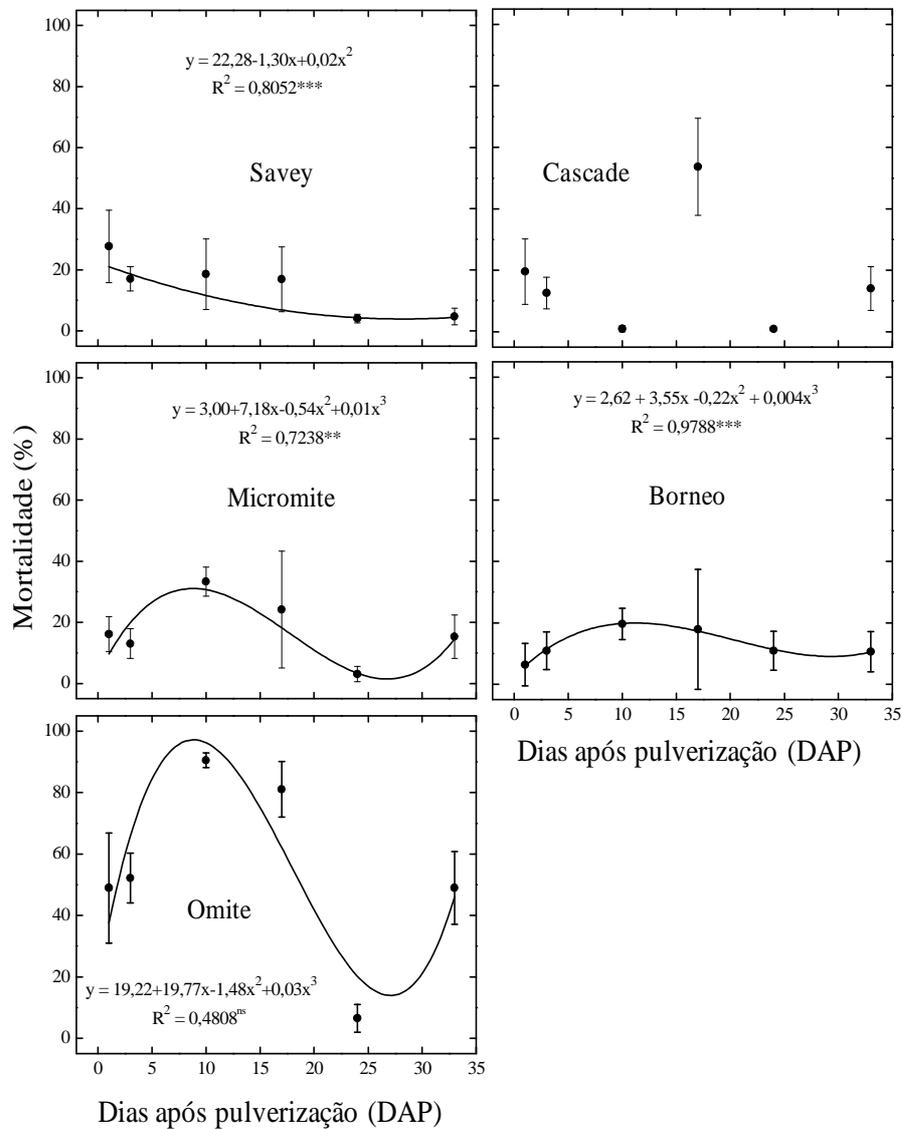


Fig. 4 – Curvas de mortalidade de adultos de *Tamarixia radiata* em função da persistência dos produtos fitossanitários ao longo do tempo. Barras verticais indicam o erro padrão da média. *Indicam a relação significativa entre persistência (DAP) e mortalidade de insetos (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$).



Continuação figura 4 – Curvas de mortalidade de adultos de *Tamarix radiata* em função da persistência dos produtos fitossanitários ao longo do tempo. Barras verticais indicam o erro padrão da média. *Indicam a relação significativa entre persistência (DAP) e mortalidade de insetos (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$).



Continuação figura 4 – Curvas de mortalidade de adultos de *Tamarix radiata* em função da persistência dos produtos fitossanitários ao longo do tempo. Barras verticais indicam o erro padrão da média. *Indicam a relação significativa entre persistência (DAP) e mortalidade de insetos (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$).

et al., 2003), o que pode justificar a moderada persistência dos resíduos em folhas de citros.

Os acaricidas Danimen[®] 300 EC e Kumulus[®] DF apresentaram perda dessa atividade nociva entre 20 e 30 dias, sendo considerado moderadamente nocivo (classe 3). Kumulus[®] DF demonstrou moderada toxicidade um dia após a pulverização com perda lenta e gradativa da atividade nociva ao longo do tempo. Para o produto Danimen[®] 300 EC foi observada mortalidade superior a 90% até 15 dias após a pulverização, seguida de perda rápida de atividade nociva. A persistência observada para o produto Danimen[®] 300 EC, pode estar associada a uma estabilidade conferida pela concentração de ingrediente ativo ou formulação utilizada, em função da presença de componentes inertes no produto comercial (RAMPELOTTI-FERREIRA et al., 2010). Os piretroides Talstar[®] 100 SC e Rufast[®] 50SC apresentaram perda rápida de atividade nociva entre 10 e 17 dias considerados levemente (classe 2) e assemelhando-se ao inseticida Actara[®] 250 WG. O prolongamento da toxicidade desses produtos sob adultos do parasitoide, nos primeiros dias de avaliação, seguido de perda rápida da atividade nocivas desses produtos, assim como o observado para o acaricida Kumulus[®] DF, pode estar relacionado à saturação da concentração letal do ingrediente ativo presente no produto comercial para esse parasitoide até 15 dias após pulverização, mesmo sob condições ambientais que possibilitaram a degradação e volatilização dos resíduos, com subsequente instauração e rápida perda de atividade nociva.

Segundo Yamamoto (1970), os piretroides são degradados pela radiação ultravioleta e, dessa forma, a exposição das mudas à radiação em casa de vegetação pode ter sido a causa da menor persistência desses produtos, observada no presente estudo. Deste modo, podemos inferir que embora os piretroides tenham demonstrado alta toxicidade a adultos de *T. radiata*, esses apresentam baixa persistência no ambiente. Portanto, se manejados

corretamente, podem ser utilizados com sucesso no controle de pragas da citricultura associados a liberações inundativas desse parasitoide.

Para os produtos Vertimec[®] 18 EC e Ortus[®] 50 SC, também considerados levemente persistentes (classe 2), foi constatada perda gradativa da atividade nociva dos compostos. A baixa persistência do Vertimec[®] 18 EC, em condições de casa de vegetação, possivelmente, foi devido à degradação das estruturas moleculares desses inseticidas sob influência de luz, temperatura e umidade em seu interior (NÖRNBERG et al., 2011). Os resultados da presente pesquisa assemelham-se aos observados por Hall e Nguyen (2010) e Liu et al. (2012), para as espécies *T. radiata* e *T. triozae*, respectivamente, com persistência inferior a 8 dias, evidenciando que AgriMek[®] 0,15 EC (abamectina 2%) apresentou grande efeito tóxico, entretanto, com perda mais rápida do seu efeito nocivo.

Os acaricidas compostos Cascade[®] 100, Micromite[®] 240 SC, Envidor[®], Borneo[®], Dicofol[®], Torque[®] 500 SC, Sanmite[®] e Savey[®] WP não apresentaram alterações em sua atividade nociva sobre o parasitoide ao longo do tempo, sendo considerados, portanto, compostos de vida curta (classe 1). O acaricida Cascade[®] 100 não apresentou ajuste da curva para o modelo utilizado.

Em estudo de persistência de produtos fitossanitários para *T. radiata* realizado por Hall e Nguyen (2010), Sanmite[®] foi considerado levemente persistente; já Micromite[®] 240 SC foi classificado como de vida curta (< 3 dias), ocasionando mortalidade de 14,4% de adultos de *T. radiata* expostos ao seu resíduo por um período de 24 horas, assemelhando-se aos resultados do presente estudo.

4.3 Efeitos dos compostos sobre características biológicas provenientes de adultos de *T. radiata* tratados

O número de ninfas de *D. citri* parasitadas por *T. radiata* variou entre 23,60 e 35,20 ($F = 1,0829$; $df = 8, 36$; $p = 0,3969$). A viabilidade ninfal de *T. radiata* foi de 19,99% a 36,44% ($F = 0,4672$; $df = 8, 36$; $p = 0,06$). Foram verificadas médias de longevidade de descendentes de *T. radiata* provenientes de ninfas de *D. citri* parasitadas variando de 3,50 a 7,14 dias, para os acaricidas Cascade[®] 100, Micromite[®] 240 SC, Envidor[®], Borneo[®], Dicofol[®], Torque[®] 500 SC, Sanmite[®] e Savey[®] WP e para o controle positivo ($F = 0,4383$; $df = 8, 30$; $p > 0,050$). A razão sexual variou entre 0,68 e 0,82.

Considerando o efeito total de cada composto em função da mortalidade corrigida e da capacidade benéfica de *T. radiata*, Envidor[®], Sanmite[®] e Dicofol[®] foram considerados inócuos (classe 1); Cascade[®] 100, Micromite[®] 240 SC, Borneo[®], Torque[®] 500 SC e Savey[®] WP foram considerados levemente nocivos (classe 2), com médias de efeito total entre 31,64% e 55,77%, respectivamente (Tabela 4).

4.4 Efeitos dos compostos sobre características biológicas provenientes de pupas de *T. radiata* tratadas

Os acaricidas Cascade[®] 100, Micromite[®] 240 SC, Envidor[®], Borneo[®], Dicofol[®], Torque[®] 500 SC, Sanmite[®] e Savey[®] WP foram considerados inócuos, um dia após a aplicação no teste de persistência (Tabela 3); entretanto, não apresentaram efeito subletal, quando aplicados sobre o parasitoide na fase de pupa. A viabilidade ninfal observada variou entre 45,00% e 80,00%, sendo 76,66% no controle positivo ($F = 1,5840$; $df = 8, 18$; $p = 0,1984$).

A longevidade variou entre 2,02 e 4,70 dias ($F = 1,6600$; $df = 8,16$; $p = 0,1847$). A razão sexual do parasitoide *T. radiata* provenientes de pupas tratadas com os acaricidas variou entre 0,59 e 0,87 ($F = 1,6600$; $df = 8,16$; $p = 0,1847$).

Tabela 4. Efeito total (E) de acaricidas usados em citros sobre *Tamarixia radiata* em função da mortalidade e redução de sua capacidade benéfica e classes de toxicidade.

Tratamento	Ma(%)	R1	R2	E(%)	Classe ¹ IOBC
Cascade [®] 100	17,02	1,12	0,74	31,64	2
Micromite [®] 240SC	14,89	0,97	0,65	46,06	2
Envidor [®]	14,89	1,21	0,68	29,65	1
Borneo [®]	6,38	0,86	0,55	55,77	2
Dicofol [®]	0,00	1,28	0,89	0,00	1
Torque [®] 500SC	14,89	1,18	0,57	42,94	2
Sanmite [®]	0,00	1,26	0,86	0,00	1
Savey [®] WP	27,66	0,91	0,85	44,07	2
Controle	-	-	-	-	-

Ma: Mortalidade corrigida pela fórmula de Abbott. R1= relação entre número de ninfas parasitadas por fêmea no tratamento com acaricida e número de ninfas parasitadas por fêmea no tratamento controle; R2 = relação entre porcentagem de emergência dos descendentes no tratamento com acaricida e porcentagem de emergência dos descendentes no tratamento controle. E(%) = Efeito total. ¹Classes da IOBC em função do efeito total, sendo: 1 = inócuo (<30%), 2 = levemente nocivo (30-79%), 3 = moderadamente nocivo (80-99%), 4 = nocivo (>99%) (HASSAN, 1997).

A seletividade dos produtos testados sobre a fase de pupa, pode estar relacionada à sua baixa toxicidade verificada em teste de efeito residual sobre adultos do parasitoide. Outro fator pode ter sido a proteção das pupas conferida pelo corpo da ninfa do psílídeo hospedeiro.

A escassez de informações na literatura a respeito dos efeitos de produtos químicos sobre essa espécie de inimigo natural dificulta comparações entre resultados obtidos. Contudo, no Brasil, estudos de seletividade de pesticidas ao parasitoide *Tamarixia radiata* vêm sendo realizados em laboratório no sentido de auxiliar a tomada de decisão em programas de manejo integrado de pragas na citricultura, o que torna necessária também a realização trabalhos em semi-campo e campo.

5 CONCLUSÃO

Nas condições em que o presente trabalho foi realizado, conclui-se que:

1. os acaricidas Vertimec[®] 18 EC, Cascade[®] 100, Micromite[®] 240 SC, Envidor[®], Borneo[®], Dicofol[®], Torque[®] 500 SC, Sanmite[®], Omite[®] 720 EC, Ortus[®] 50 SC e Savey[®] WP são seletivos ao parasitoide *T. radiata*, podendo ser recomendados em programas de manejo integrado de *D. citri*.

2. os produtos Kumulus[®] DF, Marshal Star[®], Rufast[®] 50 SC, Talstar[®] 100 SC, Danimen[®] 300 EC são nocivos a *T. radiata* em condições de laboratório, fazendo-se necessários estudos posteriores, em condições de semicampo e campo, para confirmação ou não de sua toxicidade.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925.

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: jul. 2009.

AUBERT, B. Towards an integrated management of citrus greening disease. In: TIMMER, L.W.; GARNSEY, S.M.; NAVARRO, L. (Ed.). In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL ORGANIZATION OF CITRUS VIROLOGISTS, 1988, Riverside. **Proceedings...** Riverside: University of California, 1988. v. 10, p. 226-230.

AUBERT, B. *Trioza erytrae* Del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwajama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: Biological aspects and possible control strategies. **Fruits**, Cirad, v. 42, n. 3, p. 149-162, 1987.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings the Royal Society, A**, v. 160, p. 268-282, 1937.

BARTLETT, B. Laboratory studies on selective aphicides favoring natural enemies of the spotted alfalfa aphid. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, n. 51, p. 374-378, 1958.

BELOTI, V. H. et al. Eficiência de inseticidas no controle de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) em citros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 22., 2008, Uberlândia. **Resumos...** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2008.

BERGMANN, E. C.; FERNANDES, S. C. S.; FARIA, A. M. Outbreak of *Diaphorina citri* Kuwayama, 1908 (Hemiptera: Psyllidae), Citrus orchards in the state of São Paulo. **Biológico**, São Paulo, v. 56, n. 1-2, p. 22-25, 1994.

BONANI, J. P. et al. Characterization of electrical penetration graphs of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama in sweet orange seedlings. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Edinburg, v. 134, p. 35-49, 2010.

BOTEON, M.; NEVES, E. M. Citricultura brasileira: aspectos econômicos. In: MATOS JUNIOR, D. et al. **Citros**: Campinas: Instituto Agronômico/Fundag, 2005. Cap 2, 917 p.

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

BOX, G. E. P; COX, D. R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Society**, London, v. 26, n. 4, p. 211-252, 1964.

BRASIL Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009. **Relatório de pragas e doenças**. Disponível em: <www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 14 jun. 2011.

BROWN, A. E. Mode of action of structural pest control chemicals. **Pesticide information Maryland Cooperative Extension**. Clinton: University of Maryland. College of Agriculture and Natural Resources, 2005. 8 p. (Leaflet, 41).

CASIDA, J. E.; QUISTAD, G. B. Golden age of insecticide research: past, present, or future? **Annual Review of Entomology**, California, v. 43, p. 1-16, 1998.

CAPOOR, S. P.; RAO, D. G.; VISWANATH, S. M. Greening disease of citrus in the deccan trap country and its relationship with the vector, *Diaphorina citri* Kuwayama. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL CITRUS VIROLOGY, 6., **Proceedings...** Californai: University of California, Division of Agricultural Sciences, 1974. p. 43-49.

CARVALHO, S.P.L. de. **Toxicidade de inseticidas nicotínicos sobre o psílido *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) e o parasitóide *Tamarixia radiata* Waterson (Hymenoptera: Eulophidae).** 2008. 59 p. Tese (Doutorado em Entomologia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Piracicaba, 2008.

CATLING, H. D. Distribution of the psyllid vectors of citrus greening disease, with notes on the biology and bionomics of *Diaphorina citri*. **FAO Plant Protection Bulletin**, Roma, v. 18, p. 8-15, 1970.

CHAPMAN, R.F. **The insects: structure and function.** 4. ed. Cambridge: Harward University, 1998. 630 p.

CHIEN, C. C. The role of parasitoids in the pest management of citrus psyllid. In SYMPOSIUM: RESEARCH AND DEVELOPMENT OF CITRUS IN TAIWAN, 1995, Taichung. **Proceedings...** Taichung: 1995. p. 245-261.

CHIEN, C. C.; CHU, Y. I. Biological control of citrus psyllid, *Diaphorina citri* in Taiwan. **International Journal of Pest Management**, v. 34, p. 93-105, 1996.

COCCO, A.; HOY, M. A. Toxicity of organosilicone adjuvants and selected pesticides to the asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae) and its parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). **Florida Entomologist**, Florida, v. 4, n. 91, p. 1-12, 2008.

COLETTA-FILHO, H. D. et al. First report of the causal agent of huanglongbing (“*Candidatus Liberibacter asiaticus*”) in Brazil. **Plant Disease Journal**, New York, v. 88, p. 1382, 2004.

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. 723 p.

DANELLA NETO, P. et al. Avaliação do período residual de inseticidas no controle de *Diaphorina citri* (Hemipter: Psyllidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 22., 2008, Uberlândia. **Resumos...** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2008.

DEGRANDE, P. E. **Otimização e prática da metodologia da IOBC para avaliar os efeitos de pesticidas sobre *Trichogramma cacoeciae* (Trichogrammatidae) e *Crysoperla carnea* (Chrysopidae).** 1996. 108 f. Tese (Doutorado em Entomologia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1996.

DEGRANDE, P. E.; GOMEZ, D. R. S. Seletividade de produtos químicos no controle de pragas. **Agrotécnica Ciba-Geigy**, São Paulo, v. 7, n. 1, p. 8-13, 1990.

ÉTIENNE, J. et al. Biological control of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in Guadeloupe by imported *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). **Fruits**, Cirad, n. 56, p. 307-315, 2001.

FELIPPE, M. R. et al. Comparação da eficiência de inseticidas aplicados no viveiro e no campo no controle de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) pós-plantio das mudas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 22., 2008, Uberlândia. **Resumos...** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2008a.

FELIPPE, M. R.; et al. Eficiência de thiamethoxam, em diferentes doses, aplicados em *drench* no viveiro, no controle de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 22., 2008, Uberlândia. **Resumos...** Uberlândia: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2008b.

FERRARI, B. M. **Efeitos letais e subletais de inseticidas sobre *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera:Eulophidae).** 2009. 77 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

FUNDECITRUS. **Greening**: a instrução normativa Nº 53 e a necessidade de um controle efetivo no Brasil, maio 2009. Disponível em: <http://www.fundecitrus.com.br/ImageBank /FCKEditor/file/pdf/artigo_controle_greening.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2011.

FUNDECITRUS. **Fundecitrus lança vídeo educativo sobre greening**. 2011. Disponível em: <<http://www.fundecitrus.com.br/Noticias/15.12.11---Fundecitrus-lanca-video-educativo-sobre-greening,242>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

FUTCH, S. H. et al. **A guide to identification of soft-bodied citrus insect pests**. Gainesville: IFAS Communications, 2002. 5 p.

GARNIER, M.; DANIEL, N.; BOVÉ, J. M. The greening organism is a Gram-negative bacterium. In: CONFERENCE OF INTERNATIONAL ORGANIZATION OF CITRUS VIROLOGISTS, 9., 1984, Riverside. **Proceedings ...** Riverside, 1984. p. 115-124.

GERLING, D.; SINAI, P. Buprofezin effects on two parasitoid species of whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 87, p. 842-846, 1994.

GODOY, K. B. **Parasitismo em ovos de *Euchistus heros* (Fabri.) e *Piezodorus guildinni* (Wets.) (Hem.: Pentatomidae) na cultura da soja e seletividade de inseticidas a *Trissolcus basal* (Woll.) (Hym.: Scelionidae) em laboratório**. 2003. 95 f. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola)-Universidade Estadual de São Paulo Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2003.

GÓMEZ-TORRES, M. L. et al. Registro de *Tamarixia radiata* (Waterston) (Hymenoptera: Eulophidae) em *Diaphorina citri* Kuwayama Hemiptera: Psyllidae) em São Paulo. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 81, p. 112-117, 2006.

GÓMEZ-TORRES, M. L.; NAVA, D E.; PARRA, J. R. P. Life Table of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) on *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) at Different Temperatures. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 105, n. 2, p. 338-343, 2012.

GRAHAM-BRYCE, I. J. Chemical methods. In: BURN, A. J.; COAKER, T. H.; JEPSON, P. C. **Integrated pest management**. London: Academic, 1987. p. 113-159.

GRATWICK, M. The contaminations of insects of different species exposed to dust deposits. **Bolletín Entomological Research**, Farham Royal, v. 48, p. 741-753, 1957.

GRAVENA, S. **Manual práctico de manejo ecológico dos citros**. Jaboticabal: S. Gravena, 2005. 372 p.

GUSMÃO, M. R. et al. Seletividade fisiológica de inseticidas a Vespidae predadores do bicho-mineiro-do-cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 4, p. 681-686, abr. 2000.

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

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**, Florida, v. 90, n. 2, p. 327-334, 2007.

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

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

HASSAN, S. A. The side-effects of 161 pesticides on the egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Egg Parasitoids**, Cali, v. 1, n. 1, p. 63-76, 1998.

HASSAN, S. A. et al. Results of the third joint pesticide testing programme by the IOBC/WPRS – Working Group “Pesticides and Beneficial Organisms”. **Journal of Applied Entomology**, Hamburg, v. 103, p. 92-107, 1987.

HUANG, C. H. et al. Incidence and spread of citrus likubin in relation to the population fluctuation of *Diaphorina citri*. **Plant Protection Bulletin**, Taiwan, v. 32, p. 167-176, 1990.

HODDLE, M. S. et al. Compatibility of insect Growth Regulators with *Eretmocerus eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) for whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) control on poinsettias. **Biological Control**, v. 20, n. 2, p. 132-146, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. out. 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2233&id_pagina=1>. Acesso em: 27 nov. 2012.

JUAN-BLASCO, M. et al. Predatory mite, *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae), for biological control of asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Florida Entomologist**, Florida, n. 95, v. 3, p. 543-551, Sept. 2012.

LIU, T. et al. Risk Assessment of Selected Insecticides on *Tamarixia triozae* (Hymenoptera: Eulophidae), a Parasitoid of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 105, n. 2, p. 490-496, 2012.

LIZONDO, M. J. G. et al. Records of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in northwestern Argentina. **Revista Industrial y Agrícola de Tucumán**, Tomo 84, p. 21-22, 2007.

LOPES, S. A.; MARTINS, E. C.; FRARE, G. F. Detecção de *Candidatus Liberibacter americanus* em *Murraya paniculata*. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, p. 303, 2006.

MCFARLAND, C. D.; HOY, M. A. 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**, Florida, n. 84, p. 227-233, 2001.

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

MOMANYI, G. et al. Evaluation of persistence and relative toxicity of some pest control products to adults of two native trichogrammatid species in Kenya. **BioControl**, v. 57, p. 591–601, 2012.

MULDER, R.; GIJSWIJK, M.T. The laboratory evaluation of two promising new insecticides which interfere with cuticle deposition. **Pesticide Science**. v.4, p. 473–745, 1973.

NAVA, D. E. et al. Biology of *Diphorina citri* (Hemiptera, Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. **Journal of Applied Entomology**, Hamburg, v. 131, p. 709-715, 2007.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 135, n. 3, p. 370-384, 1972

NÖRNBERG, S. D. et al. Persistência de agrotóxicos utilizados na produção integrada de maçã a *Trichogramma pretiosum*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 2, p. 305-313, mar./abr. 2011.

ONAGBOLA E. O. et al. Antennal sensilla of *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae), a parasitoid of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v. 102, p. 523–531, 2009.

PADULLA, L. F. L. **Estudo de fungos entomopatogênicos para o controle de ninfas de psilídeo *Diaphorina citri* Kawayama (Hemiptera: Psyllidae)**. 2007. 92 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007.

PAIVA, P. E. B.; PARRA, J. R. P. Natural parasitism of *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera, Psyllidae) nymphs by *Tamarixia radiata* Waterston (Hymenoptera, Eulophidae) in São Paulo orange groves. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 56, n. 4, p. 499-503, 2012a.

PAIVA, P. E. B.; PARRA, J. R. P. Life table analysis of *Diaphorina citri* (hemiptera: psyllidae) infesting sweet orange (citrus sinensis) in Sao paulo. **Florida Entomologist**, Florida, v. 95, n. 2, p. 278- 284, 2012b.

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

PARRA, J. R. P. et al. Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao huanglongbing. **Citrus Research and Technology**, Cordeirópolis, v. 31, n. 1, p. 37-51, 2010.

PELZ-STELINSKI, K. S. et al. Transmission parameters for candidatus liberibacter asiaticus by Asian Citrus Psyllid (Hemiptera: Psyllidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, n. 103, v. 5, p. 1531-1541, 2010.

PLUKE, R. W. H.; QURESHI, J. A.; STANSLY, P. A. Citrus flushing patterns, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) populations and parasitism by *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) in Puerto Rico. **Florida Entomologist**, Florida, v. 91, n. 1, p. 36-42, 2008.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: Foundation for Statistical Computing, 2012. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 20 abr. 2012.

RAMPELOTTI-FERREIRA, F. T. et al. Seletividade de agrotóxicos utilizados na cultura do arroz irrigado ao fungo *Metarhizium anisopliae*, agente de controle microbiano de *Tibraca limbativentris*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 4, p. 745-751, 2010.

RIPPER, W. E.; GREENSLADE, R. M.; HARTLEY, G. S. Selective insecticides and biological control. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 44, n. 4, p. 448-459, 1951.

RUBERSON, J. R.; NEMOTO, H.; HIROSE, Y. Pesticides and conservation of natural enemies in pest management. In: BARBOSA, P. (Ed.). **Conservation biological control**. New York: Academic, 1998.

SANCHES, S. M. et al. Pesticidas e seus respectivos riscos associados à contaminação da água. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, v. 13, p. 53-58, 2003.

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

STARK, J. D. et al. Survival, longevity, and reproduction of tephritid fruit fly parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) reared from fruit flies exposed to azadirachtin. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v. 85, p. 1125-1129, 1992.

STERK, G. et al. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'. **BioBontrol**, v. 44, p. 99-117, 1999.

SU, H. J.; CHEON, J. U.; TSAI, M. J. **Citrus greening (Likubin) and some viruses and their control trials**. IN: Plant Virus Diseases of Horticultural Crops in the Tropics and Subtropics. Book Series n. 33:43-50, Food and Fertiliz. Technol. Center, Taiwan, 1986.

SUINAGA, F. A. et al. Seletividade fisiológica de inseticidas a *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Heteroptera: Pentatomidae) predador de lagartas desfolhadoras de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 20, n. 3, p. 407-414, 1996.

TEIXEIRA, D. C. et al. . Citrus hanglongbing in São Paulo State, Brazil: PCR detection of the 'Candidatus' Liberibacter species associated with the disease. **Molecular and Cellular Probes**, v. 19, p. 173-179, 2005.

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

ULMER, B. J. et al. Toxicity of pesticides used in citrus to *Aprostocetus vaquitarum* (Hymenoptera: Eulophidae), an egg parasitoid *Diaprepes abbreviatus* (Coleoptera: Curculionidae). **Florida Entomologist**, Florida, n. 89, p. 10-19, 2006.

VEIRE, M. van de; SMAGGHE, G.; DEGHEELE, D. A laboratory test method to evaluate the effect of 31 pesticides on the predatory bug, *Orius laevigatus* (Heteroptera: Anthocoridae). **Entomophaga**, Paris, v. 41, p. 235-243, 1996.

WENNINGER, E. J.; HALL, D. G. Daily and seasonal dynamics in abdomen color in *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). **Annals Entomological Society America**, v. 101, p. 585-595, 2008.

YAMAMOTO, P. T. Estratégias de controle químico de *Diaphorina citri*. In: SIMPÓSIO HUANGLOGBING (HBL, EX-GREENING) NO ESTADO DE SÃO PAULO; SEMANA DA CITRICULTURA, 28., 2006. Cordeirópolis: Cordeirópolis: Centro APTA citros 'Silvio Moreira' do IAC, 2006.

YAMAMOTO, C. Synaptic transmission between mossy fiber and hippocampal neurons studied in vitro in thin brain sections. **Proceedings of Japan Academy**, v. 46, p. 1041-1045, 1970.

YAMAMOTO, P. T.; BASSANEZI, R. B. Seletividade de produtos fitossanitários aos inimigos naturais de pragas dos citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 24, n. 2, p. 353-382, 2003.

YAMAMOTO, P. T. et al. Flutuação populacional de cigarrinhas (Hemiptera: Cicadellidae) em pomar cítrico em formação. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 1, p. 175-177, 2001.

XU, C. F. et al. Further study of the transmission of citrus huanglongbing by a psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL ORGANIZATION OF CITRUS VIROLOGISTS, 10., **Proceedings...** Riverside: University of California, 1988. p. 243-248.