Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Toxicidade e efeitos subletais de inseticidas aplicados em *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville, 1842 (Coleoptera: Coccinellidae)

Kenia Fernanda Aguiar Santos

Monografia para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Agronômica pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

Piracicaba
2017

Kenia Fernanda Aguiar Santos

Toxicidade e efeitos subletais de inseticidas aplicados em *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville, 1842 (Coleoptera: Coccinellidae)

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

Monografia para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agronômica pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

Piracicaba
2017

Dedicatória

À minha família, meus pais Tereza e João, e irmã Karin, pessoas tão integras, honestas, humildes e trabalhadoras, meu alicerce e sem os quais não teria chegado aqui. Obrigada por tudo, amo vocês.

Agradecimentos

Inúmeros são aqueles que contribuíram para a conclusão dessa longa etapa de minha vida. Os aprendizados obtidos durante os anos de graduação certamente ultrapassam os crescimentos técnico e profissional sendo difícil a mensuração em palavras da transformação vivenciada e compartilhada com família, amigos, docentes, discentes e funcionários. Obrigada a todas e todos.

[...]

Pois é assim meu andar
Nos cafundós desse mundo
Não me engano ou confundo
Nem sei pra onde vou ir

Só saberei se chegar
Finalmente ao meu destino
Não cometi desatino
De planejar ao partir

O meu andar pela vida
É sem controle errante
É como sonho de amante
Que acredita no amor

E nessa trilha perdida
No rumo desconhecido
O meu andar acredito
Cura ferida e a dor
Cura ferida e a dor

Dominguinhos

Sumário

1 INTRODUÇÃO....9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 11
2.1 Aspectos gerais dos coccinelídeos e *Hippodamia Convergens* 11
2.2. Seletividade de Inseticidas....13
2.3. Tabela de Vida 16
3 MATERIAL E MÉTODOS 18
3.1 Insetos....18
3.2 Produtos químicos....18
3.3 Efeitos em ovos....19
3.4 Efeitos sobre larvas e adultos 20
3.5 Análise dos dados....21
3.6 Tabela de vida....21
4 RESULTADOS 23
4.1 Efeitos em ovos....23
4.2 Efeitos em larvas....26
4.3 Efeitos sobre os adultos 29
4.4 Efeitos nos parâmetros populacionais....29
5 DISCUSSÃO....32
6 CONSIDERAÇÕES 37
5 REFERÊNCIAS 38

Resumo

Os impactos de seis inseticidas foram avaliados sobre ovos, larvas e adultos do predador *Hipodamia convergens* Guérin-Méneville. Todos os inseticidas reduziram as taxas eclosão das larvas, sem afetar a duração da fase ovo. Clorpirifós e fosmete reduziram a sobrevivência das larvas; clorpirifós, etofenproxi e fosmete prolongaram a duração da fase larval. A sobrevivência e duração das pupas não foram afetadas. Clorpirifós reduziu fecundidade, fertilidade e longevidade quando aplicado sobre ovos. Clorpirifós, etofenproxi, fosmete e imidacloprido causaram 100% de mortalidade das larvas, enquanto azadiractina e tiametoxam causaram mortalidade larval de 35,0 e 57,5%, não afetando a duração da fase larval, sobrevivência, duração da fase pupal, fecundidade, fertilidade e longevidade dos insetos sobreviventes. Apenas clorpirifós e etofenproxi reduziram a sobrevivência de adultos. Clorpirifós, etofenproxi e fosmete reduziram fecundidade e longevidade, mas não afetaram fertilidade. Azadiractina, imidacloprido e tiametoxam não afetaram fecundidade, fertilidade e longevidade. Com base em parâmetros populacionais, todos os inseticidas reduziram a taxa de líquida de reprodução (R_0), a taxa intrínseca de crescimento (r_m), e a taxa finita de crescimento (λ) quando aplicado em ovos. Azadiractina, clorpirifós, etofenproxi e fosmete aumentaram o tempo médio de geração (T), enquanto que os efeitos de imidacloprido e tiametoxam foram semelhantes ao controle. Quando as larvas foram tratadas, azadiractina e tiametoxam reduziram a R_0, r_m, e λ. Tiametoxam aumentou o valor T, enquanto que os efeitos dos outros inseticidas foram semelhantes ao controle. Assim, estes inseticidas devem ser utilizados com precaução, visando reduzir seus efeitos nocivos sobre o predador em sistemas agrícolas.

Palavras-chave: joaninha; toxicidade; sobrevivência; reprodução; coeficiente de redução; tabela de vida

Abstract

Toxicity and sublethal effects of insecticides applied on *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville, 1842 (Coleoptera: Coccinellidae)

The impacts of six insecticides were assessed on eggs, larvae and adults of the predator *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville. All insecticides reduced larval hatching rates, but did not affect egg stage duration. Chlorpyrifos and phosmet reduced larval survival; and chlorpyrifos, etofenprox and phosmet prolonged the duration of the larval stage. The survival and duration of pupae were not affected by insecticides. Chlorpyrifos reduced fecundity, fertility and longevity when eggs were treated directly. Chlorpyrifos, etofenprox, phosmet and imidacloprid caused 100% larval mortality, while azadirachtin and thiamethoxam caused larval mortalities from 35.0 to 57.5%. These insecticides did not affect larval-stage duration, pupal-stage survival and duration, or the fecundity, fertility and longevity of surviving insects. Only chlorpyrifos and etofenprox reduced adult survival. Chlorpyrifos, etofenprox, and phosmet reduced fecundity and longevity, but did not affect fertility. Azadirachtin, imidacloprid and thiamethoxam did not affect the fecundity, fertility and longevity. Based on population parameters, all insecticides reduced the net reproductive rate (R_0), intrinsic rate of increase (r_m), and finite rate of increase (λ) of the predator when eggs were treated directly. Azadirachtin, chlorpyrifos, etofenprox and phosmet increased the mean generation time (T), while the effects of imidacloprid and thiamethoxam were similar to the control. When larvae were treated, azadirachtin and thiamethoxam reduced the Ro, r_m, and λ. Thiamethoxam increased the T value, while the effects of the other insecticides were similar to the control. These insecticides should be used with caution, in order to reduce their harmful effects on the predator in production systems.

Keywords: lady beetle; toxicity; survival; reproduction; reduction coefficient; life table

1 INTRODUÇÃO

Os predadores generalistas são conhecidos mundialmente pela sua capacidade de controlar artrópodes pragas de muitas culturas (SYMONDSON et al., 2002). Os coccinelídeos, importantes predadores se alimentam de várias pragas agrícolas que limitam o crescimento, desenvolvimento e reprodução normais das culturas (OBRYCHI et al., 2009). Entre os coccinelídeos, *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville é uma espécie cosmopolita de joaninha que se alimenta de uma ampla gama de espécies de afídeos em alfafa, algodão (BOIÇA-JÚNIOR et al, 2004; GILES et al., 2001; SCARPELLINI e ANDRADE, 2010), feijões e ervilhas (HINKELMAN e TENHUMBERG, 2013), canola (JESSIE et al., 2015), citrus (CARRURE et al., 2005), melão, repolho, batata, pêssego, milho (OBRYCKI; KRING, 1998), trigo, sorgo e outros cereais (MICHAUD; RICE; WILDE, 1988). Tanto as larvas como os adultos são altamente vorazes e podem reduzir as populações de pulgões dentro de um curto período de tempo (DREISTADT; FLINT, 1996; RAUPP et al., 1994). Boiça-Júnior et al. (2004) constataram que larvas de *H. convergens* reduziram a população de *Aphis gossypii* Glover (Hemíptera: Aphididae) no algodão, em até 86,9%, demonstrando o alto potencial e eficácia desse e uso desse agente no controle biológico. Nos últimos anos, *H. convergens* tem atraído mais atenção e tem sido utilizada para reduzir as populações de pulgões em vários países (MICHAUD, 2012; PAN et al, 2015; QURESHI; STANSLY, 2011), incluindo o Brasil (CARVALHO et al., 2012).

Apesar do seu potencial de alta predação, *H. convergens* isoladamente não é capaz de manter as populações de afídeos a um nível aceitavelmente baixo, sendo que na agricultura convencional, a alternativa de controle comumente utilizada é a aplicação de inseticidas químicos (ALMASI et al., 2013) visando reduzir os níveis populacionais de insetos pragas e evitar perdas econômicas (DESNEUX et Al., 2007, OBRYCKI et al., 2009). No Brasil, o controle químico com inseticidas piretroides, organofosforados e neonicotinoides tem sido amplamente utilizado pelos produtores para o manejo de insetos sugadores (MAPA, 2017), devido à sua alta eficácia e longo período de proteção (BEZERRA-SILVA et al., 2012). No entanto, o uso indiscriminado de inseticidas químicos reduz os níveis populacionais de inimigos naturais (STARK; BANKS, 2003), favorece a seleção de populações resistentes aos ingredientes ativos (GEORGHIOU; TAYLOR, 1977), o ressurgimento de pragas alvo (GUEDES et al.,

2016), e surtos de pragas secundárias (CORDEIRO et al., 2013, GUEDES et al., 2016), que aumentam os custos de produção e reduzem a eficácia técnica e a sustentabilidade ambiental do sistema de produção (CROFT, 1990).

Além da toxicidade aguda (alta mortalidade de artrópodes), esses compostos também podem afetar os parâmetros biológicos (estádios imaturo, fecundidade, fertilidade, longevidade e sexo) e comportamentais (predação, mobilidade, orientação e alimentação) dos predadores (DESNEUX et al., 2007, GUEDES et al., 2016) reduzindo o controle biológico natural oferecido por estes (BIONDI et al., 2015).Vários estudos têm demonstrado a toxicidade aguda e efeitos subletais de inseticidas em coccinelídeos (ALMASI et al., 2013, CABRAL et al., 2008, FOGEL et al., 2016, GALVAN et al., 2005, JALALI et al., 2009; MOSCARDINI et al., 2015; RAHMAN e BANDANI, 2013;. XIAO et al, 2015), sendo que não foram encontrados outros estudos utilizando parâmetros biológicos e de população como critérios para avaliar os impactos destes compostos sobre *H. convergens*.

Os parâmetros populacionais são uma ferramenta útil para analisar os efeitos de inseticidas nos predadores (BIONDI et al., 2015), pois refletem os efeitos cumulativos sobre a sobrevivência, o desenvolvimento e a reprodução de inimigos naturais (STARK e BANKS, 2003). Estes estudos também ajudam a compreender as mudanças na densidade populacional e a dinâmica dos predadores após as aplicações de pesticidas, contribuindo para a integração do controle químico e biológico.

Devido à importância de *H. convergens* como um agente de controle biológico de afídeos, e a necessidade de estudos com o objetivo de melhorar tácticas de gestão de pragas em agroecossistemas, foram avaliados sobre este predador os impactos de seis inseticidas que são comumente utilizados para controlar pragas em várias culturas. Estes resultados serão importantes para o desenvolvimento de programas de manejo integrado de pragas (MIP), ao ajudar na compreensão dos efeitos dos inseticidas sobre *H. convergens* em sua dinâmica e densidade populacionais, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de gestão futuras de conservação e incremento de populações de predadores dentro de sistemas de produção agrícola.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos gerais dos coccinelídeos e *Hippodamia Convergens*

A família Coccinellidae, pertence à ordem Coleoptera, possui mais de 6.000 espécies descritas em 500 gêneros (GUEDES, 2013; IPERTI, 1999). Possuem ampla distribuição geográfica, ocorrendo em grande parte do mundo (BRITTO et al., 2009), com aproximadamente 2.000 espécies encontradas na região Neotropical (SILVA, et. al. 2001)

Os coccinelídeos constituem um dos grupos mais eficientes, no controle de pulgões (HAGEN 1962) e entre os predadores, esses são os mais conhecidos em todo o mundo, sendo os mais estudados em relação a outros afidófagos (HODEK, 1973).

Popularmente conhecidas como joaninhas, os coccinelídeos são importantes agentes de controle de inúmeros artrópodes-praga, sendo utilizadas em estratégias de controle biológico clássico, aumentativo ou conservativo (LIXA, 2008), devido características como voracidade e grande capacidade de dispersão no campo em busca de presas (BRITTO et al., 2009; CARVALHO, 2007; HODEK, 1973; OLIVEIRA, 2003) e possibilidade de criação em laboratórios (OBRYCKI; KRING, 1998).

São predadores ativos tanto na fase larval quanto adulta, alimentando-se, preferencialmente, de pulgões e cochonilhas, podendo complementar sua dieta com ovos e primeiros instares de lepidópteras, ácaros e outros pequenos artrópodes, incluindo néctar e pólen quando o alimento é escasso (ARISTIZÁBAL e ARTHURS, 2015).

Entre as diversas espécies que têm apresentado potencial como agente biológico de controle de pragas, encontra-se *H. convergens* (MICHAUD, 2000). Nativa da América do Norte, tem ampla distribuição, ocorrendo de forma generalizada em toda a América do Norte (Estados Unidos, oeste do Canadá e México) e na América Central, com registros na Colômbia e América do Sul (ARISTIZÁBAL; ARTHURS, 2015).

A espécie *H. convergens* apresenta o corpo ligeiramente alongado, variando entre quatro e sete milímetros de comprimento; pronoto com coloração preta, apresentando duas linhas brancas convergentes bem evidentes; e élitros vermelhos, com até 12 máculas pretas visíveis (HAGEN, 1970; HODEK, 1973).

As fêmeas podem ovipositar de 200 até 1000 ovos durante o período de oviposição, aproximadamente três meses, sendo que apenas uma cópula é suficiente

para fertilizar todos os ovos produzidos durante a vida (IPERTI, 1999). Os ovos de coloração amarelo-brilhante são pequenos (1 mm de comprimento) muitas vezes depositados em grupos de 10 a 50 ovos em locais protegidos e próximos a presas de modo a minimizar o canibalismo coespecíficos (EVANS, 2003). As larvas, do tipo campodeiforme, ao longo dos quatro ínstares larvais, medem cerca de um a sete milímetros de comprimento, apresentam três pares de pernas proeminentes e coloração escura, sendo possível observar máculas amareladas, sendo capazes de andar um raio de aproximadamente 12 metros em busca da presa (HAGEN, 1970; HODEK, 1973).

Na fase de pré-pupa, período entre o último ínstar e a fase de pupa, a larva cessa sua alimentação e se fixa, geralmente de cabeça para baixo, usando o último segmento abdominal. Gradualmente, ela vai se dobrando ventralmente, com as pernas semi-esticadas e voltadas para trás, permanecendo imóvel, mas quando incomodada, reage com movimentos bruscos, levantando a parte anterior do corpo (CORREIA, 1986). O processo de pupação desses insetos consiste no rompimento e remoção do último tegumento larval, seguido pelo escurecimento e enrijecimento do tegumento pupal (HAGEN, 1970).

Quanto ao período de desenvolvimento em média tem-se 3 dias a duração do período embrionário, entre 8 e 14 dias a duração da fase larval, de 1,2 e 4 dias, respectivamente, a duração das fases de pré-pupa e pupa, e de 15 a 20 dias o tempo médio de desenvolvimento de ovo-adulto (BOIÇA-JÚNIOR et al., 2004).

De acordo com Hodek (1973), *H. convergens* foi uma das espécies responsáveis na Califórnia (EUA), pela manutenção das populações de pulgões da alfafa (*Medicago sativa* L.) abaixo do nível de controle. Esse fato, fez com que esse coccinelídeo fosse introduzido em várias regiões do mundo (LATGÉ; PAPIEROK, 1988).

Segundo Pervez e Omkar (2004), um dos requisitos fundamentais para a utilização de um predador como agente de controle biológico é conhecer o seu potencial de capacidade predatória. Assim o consumo de *Cinara* spp. por *H. convergens* foi estudado por Cardoso e Lazzari (2003) sob três temperaturas (15, 20 e 25 °C), constatando que o total de pulgões consumidos (444, 491 e 513, respectivamente) não foi afetado pela temperatura, sendo sugerido pelos autores que o consumo foi diretamente proporcional ao aumento da temperatura.

Boiça-Júnior et al. (2004) avaliaram a capacidade predatória de *H. convergens* alimentadas com *A. gossypii* em diferentes cultivares de algodoeiro, reduzindo em 86,9% as populações do pulgão, demonstrando o potencial destas joaninhas como agentes reguladores deste afídeo.

Observando a predação de *H. convergens* alimentadas com o pulgão-gigante-do-pinus *Cinara. atlantica*, Oliveira et al. (2004), registraram um consumo 3832 ninfas.

Uma única liberação inundativa de adultos de *H. convergens* permitiu controle satisfatório de afídeos infestando *Rosa hybrida* L. na Califórnia, EUA, obtendo-se uma redução de 66 a 88% na densidade populacional dos pulgões, nos anos de 1994 e 1995. Sendo necessárias, apenas em 2002, outras duas liberações subsequentes mediante a um aumento populacional da praga, de 1400 a 1750 indivíduos por arbusto, que resultaram na redução populacional da presa em 93% e 100% (FLINT; DREISTADT, 2005).

Em experimentos realizados por Bracamontes et al. (1995), no México, utilizando larvas de primeiro ínstar de H. convergens e o pulgão *Macrosiphum rosae* (Linnaeus) que infesta roseiras, verificou-se que a relação oito presas para um predador reduziu as populações do pulgão em até 100% demostrando o potencial da espécie para controle biológico.

2.2. Seletividade de Inseticidas

A seletividade pode ser definida como a propriedade que um produto fitossanitário apresenta de controlar a praga visada, com o menor impacto possível sobre os inimigos naturais presentes dentro do agroecossistema (GAZZONI, 1994). Sendo divididas em seletividade ecológica e fisiológica.

A seletividade ecológica ocorre em função das diferenças de comportamento ou hábitat entre pragas, inimigos naturais e polinizadores, em que o pesticida atinge uma determinada espécie e outra não (RIPPER et al., 1951). Táticas de aplicação do produto: como pulverizações direcionadas e em períodos de menor ocorrência de inimigos naturais e uso formulação granulada e em dosagem adequada, são meios de se obter seletividade ecológica (GALLO et al., 1988; PEDIGO, 1988).

Quanto a seletividade fisiológica, esta é inerente ao produto, diretamente relacionada à maior tolerância de certo organismo em relação à praga. Advindo da diferenciação fisiológica entre pragas e demais organismos não alvos (RIPPER et al.,

1951). Essa seletividade pode ser alcançada por meio da redução de absorção do produto ou pelo aumento na degradação metabólica da substância tóxica pelo inimigo natural (PEDIGO, 1988).

De maneira geral, os testes de toxicidade de pesticidas para os organismos benéficos, também denominados testes de seletividade, efeito adverso ou efeito colateral, devem ser realizados para o sucesso do MIP em sistemas agrícolas, pois as informações obtidas a partir desses poderão ser utilizadas nas tomadas de decisão com relação ao produto a ser aplicado minimizando efeitos indesejáveis.

Métodos experimentais, de preferência padronizados, de curto, médio e longo prazos, devem ser utilizados para avaliar a seletividade de pesticidas aos organismos benéficos. Assim, a International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants (IOBC), especialmente na West Palaearctic Regional Section (WPRS), conduz desde 1974 (FRANZ et al., 1980) o Working Group Pesticides and Beneficial Organisms, que vem buscando os seguintes objetivos: a) desenvolver padrões metodológicos de laboratório, semicampo e campo para testes de efeitos colaterais de pesticidas sobre organismos benéficos; b) organizar programações internacionais conjuntas para avaliar os efeitos de pesticidas sobre organismos benéficos; c) estabelecer redes de laboratórios de estudos de seletividade aos inimigos naturais, nos países membros da IOBC, para uso contínuo e atualização dos métodos; d) desenvolver pesquisas com agentes de controle biológico resistentes aos pesticidas; e e) auxiliar na seleção de produtos seletivos para uso no manejo integrado.

Muito estudos foram feitos comprovando que diversos inseticidas comumente utilizados são mais tóxicos para os organismos benéficos do que para as pragas (MULLIN e CROFT, 1985). Porém, se sabe muito menos sobre os efeitos de inseticidas sobre inimigos naturais em comparação com pragas herbívoras (CROFT 1990).

Avaliações de toxicidade a clorpirifós realizadas por Cosme et al. (2007) em larvas de primeiro instar de *Cycloneda sanguinea L.* (Coleoptera: Coccinellidae) resultaram em taxa de mortalidade de 100% ao estágio Imaturo. Da mesma forma, Youn et al. (2003) e Rocha (2008) demonstraram alta mortalidade de larvas de primeiro e segundo instar de *Cryptolaemus montrouzieri Mulsant e Harmonia axyridis Pallas* (Coleoptera: Coccinellidae) tratadas com imidacloprido.

Estudos com *H. axyridis*, mostraram que a pulverização desses predadores com azadiractina causou 35% de mortalidade em larvas de terceiro instar (KRAISS e CULLEN, 2008), larvas de primeiro e segundo instares tratadas de forma tópica com imidacloprido e etofenproxi causaram mortalidade de 100% (YOUN, 2003).

Hamd et al. (2005) também estudaram os efeitos da azadiractina sobre coccinelideos, em larvas de 2º instar de *Hippodamia variegata* Goeze (Coleoptera: Coccinellidae), atingiram 40% de mortalidade.

Barbosa (2016) em bioensaios de concentração-mortalidade avaliou a toxicidade dos inseticidas clorantraniliprole, lambda-cialotrina e dicrotofós à joaninha *H. convergens*. Sendo que a toxicidade do clorantraniliprole para *H. convergens* foi em ordem crescente para aplicação tópica, ingestão e contato com resíduo seco. Para lambda-cialotrina e dicrotofós, testados em três populações de *H. convergens* coletadas em regiões com diferentes históricos de uso desses inseticidas, foi observado altos níveis de resistência para uma das populações, sendo reflexo do histórico de exposição a esses produtos, enquanto as outras duas foram suscetíveis.

Lucas et al. (2004) expuseram larvas de terceiro instar de *Coleomegilla maculata lengi* Timberlake, 1943 (Coleoptera: Coccinellidae) a superfícies tratadas com imidacloprido (0,67 g i.a. L^{-1}) e verificaram 100% de mortalidade. Sob condições laboratoriais Smith & Cave (2006) comprovaram que imidacloprido (0,106 g i.a. L^{-1}) causou a morte de 100% das larvas de *Rhyzobius lophanthae* (Blaisdell, 1892) (Coleoptera: Coccinellidae). Resultados que comprovam a alta toxicidade dos compostos neonicotinóides para coccinelídeos.

Almasi et. al. (2013) avaliaram a toxicidade de quatro inseticidas, em concentração recomendadas para uso em campo, em diferentes estádios da vida (L3, L4 e adulto) da joaninha *H. variegata*, e com base na classificação IOBC, os inseticidas pirimicarb e pimetrozina foram categorizados como tendo um nível de toxicidade Classe 1 (inócuo), a deltametrina com um nível de Classe 2 (moderadamente nocivo) e Proteus, uma toxicidade Classe 4 Nível (altamente prejudicial) para o predador.

Michaud e Grant (2003) ao estudar os efeitos de fosmete em 4 diferentes espécies de coccinelídeos, sendo eles: *Curinus coeruleus* Mulsant*, Cycloneda sanguinea* L.*, Harmonia axyridis* Pallas e *Olla v-nigrum* Mulsant, todos em 1º instar, apresentaram 100,0; 26,7; 85,0 e 0,0%, demonstrando que, diferentes espécies de coccinelídeos apresentam diferentes graus de susceptibilidade a um mesmo inseticida.

2.3. Tabela de Vida

As tabelas de vida são ferramentas que têm sido empregadas em estudos de padrões de fertilidade e sobrevivência de uma população de insetos (ABDEL-SALAM e ABDEL-BAKY, 2001; CIVIDANES e SOUZA, 2003), constituindo componentes essenciais em estudos biológicos ao auxiliar a compreensão da dinâmica populacional de uma espécie (SILVEIRA-NETO et al., 1976).

As tabelas de vida se baseiam no estudo de um grupo de organismos de mesma idade cronológica, através do acompanhamento, ao longo do tempo (RABINOVICH, 1978) expressando em termos médios da população parâmetros relacionados ao desenvolvimento, longevidade e fecundidade (SILVEIRA-NETO et al., 1976).

Segundo Andrewartha e Birch (1954), os principais parâmetros associados às tabelas de vida de fertilidade são os seguintes:

• *Ro* - taxa líquida de reprodução, indica quantas vezes cresceu a população no intervalo de uma geração;

• r_m - taxa intrínseca de crescimento, descreve o potencial de aumento de uma população;

• *T* – tempo médio de geração, duração média do período entre o nascimento de uma geração e da geração seguinte (intervalo de ovo a ovo);

• λ - taxa finita de crescimento, corresponde à taxa de crescimento diário da população.

A taxa líquida de reprodução é utilizada para determinar se a população está crescendo ou não; assim, quando os valores de *Ro* são maiores que 1 indicam que há aumento se menores indicam declínio da população estudada (BELLOWS JR.; VAN DRIESCHE; ELKINTON, 1992).

A taxa intrínseca de aumento populacional (r_m) é definida como a capacidade inata de aumento numa população, em condições ótimas, ou seja, corresponde à expressão do potencial biótico de uma população (PRICE, 1984). Se o número de insetos que eclodem é maior do que a mortalidade, r_m é positivo, havendo crescimento populacional; entretanto, se a mortalidade for maior do que o nascimento, r_m assume valores negativos o que indica que a população tende a desaparecer. Quando r_m é igual a zero a população permanece estável.

A taxa finita de crescimento (λ) difere de r_m por ser uma taxa finita de aumento populacional não instantânea. Quando λ for igual a 1, a população se mantém estável. Para valores de λ menores que 1, a taxa de mortalidade é maior do que a de nascimento e a população está em declínio tendendo a desaparecer. Se λ for igual a zero, indica que nenhum inseto em idade reprodutiva é adicionado à população, havendo 100% de mortalidade dos estágios imaturos (SILVEIRA-NETO et al., 1976).

Em estudos toxicológicos, as tabelas de vida permitem a avaliação de efeitos que ocorrem durante a geração e não apenas efeitos instantâneos como em outros testes toxicológicos que atêm à mortalidade (STARK; BANKS, 2003; STARK; VARGAS; BANKS, 2007). Evidenciando efeitos subletais na dinâmica populacional da espécie, que passariam despercebidos, pois apesar de sobrevivem aos efeitos diretos dos inseticidas estes podem ter sua fertilidade afetada (PERVEEN, 2008) e alterar a forma de crescimento populacional da espécie.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Insetos

Para a bioensaios, foram utilizados ovos, larvas e adultos de *H. convergens* obtidos a partir de uma população mantida em um ambiente de clima controlado [temperatura 25 ± 2 °C, umidade relativa (UR) de 60 ± 10%, e fotoperíodo de 14 L: 10 D h], dentro no Departamento de Entomologia e Acarologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ / USP). Os insetos foram criados em gaiolas plásticas, de diversos tamanhos sendo adaptadas ao longo da condução do experimento, contendo pedaços de papel de filtro dobrado para oviposição e evitar o canibalismo de adultos sobre as larvas. Ovos de *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: de larva) esterilizados sob uma lâmpada germicida (UV) (STEIN; PARRA, 1987), e uma mistura à base de levedura e mel de cerveja (1:1, v:v) foram usadas na alimentação de larvas e adultos.

3.2 Produtos químicos

Seis inseticidas comerciais registados para o manejo de pragas de insetos em diversas culturas foram avaliados em ovos, larvas e adultos de *H. convergens*. Todos os compostos foram testados conforme as doses recomendadas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2017). Os ingredientes ativos e concentrações, e os modos de ação (IRAC, 2017) foram: azadiractina 30 mg de i.a. L^{-1} composto com o modo de ação desconhecido ou incerto (Azamax™ 1,2%, m/v concentrado emulsionável, UPL - United Phosphorus do Brasil Ltda., Indianapolis, SP, Brasil), clorpirifós 72 mg i.a. $L^{-1,}$ inibidor de acetilcolinesterase (Lorsban 48%, m/v concentrado emulsionável, Dow AgroSciences industrial Ltda., São Paulo, SP, Brasil), etofenproxi 90 mg i.a. $L^{-1,}$modulador de canal de sódio (Safety 30%, m/v concentrado emulsionável, Iharabras SA, Sorocaba, SP, Brasil), fosmete 250 mg i.a. $L^{-1,}$ inibidor de acetilcolinesterase (Imidan 50% m/m, pó molhável, Cross Link Consultoria e Comércio Ltda., Barueri, SP, Brasil), imidacloprido 40 mg i.a. $L^{-1,}$ modulador do receptor de acetilcolina nicotínico (Provado 20%, m/v concentrado emulsionável, Bayer SA, São Paulo, SP, Brasil), e tiametoxam 25 mg i.a. $L^{-1,}$ modulador do receptor de acetilcolina nicotínico (Actara 25%, m/m granulado dispersível, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda., São Paulo, SP, Brasil). Como tratamento controle utilizou-se água deionizada.

3.3 Efeitos em ovos

Os efeitos letais e subletais dos seis inseticidas foram avaliadas em ovos *H. convergens*. Para esta analise, 40 ovos (até 12h de idade) foram colocados em placas individuais de Petri (4,5 cm de diâmetro × 0,7 cm de altura) e pulverizados com 2 ml de solução numa torre de Potter (Burkard Scientific Co., Uxbridge, UK) ajustados a uma pressão de 68,6 kPa, resultando em 1,8 ± 0,1 mg cm^{-2} de deposição de resíduos frescos, conforme os critérios estabelecidos Working Group Pesticides and Beneficial Organisms da International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants (IOBC/WPRS) para estudos de toxicidade de pesticidas a inimigos naturais (HASSAN et al., 1994). Uma hora após a pulverização dos tratamentos, os ovos foram colocados em tubos individuais de vidro de fundo chato (2,5 cm de diâmetro × 8,5 cm de altura), que foram selados com filme de PVC e mantidos numa sala climatizada para avaliar a duração do embrião e a viabilidade do ovo (número de larvas eclodidas). As unidades experimentais (tubos de vidro com ovos tratados) foram avaliadas a cada 24 h por 7 dias. Os ovos que não originaram larvas durante este período foram considerados mortos. A viabilidade do ovo foi determinada com base na proporção do número de larvas eclodidas dos ovos tratados com inseticida comparado ao controle.

As larvas recém eclodidas de cada tratamento foram mantidas nos mesmos tubos de vidro para avaliar a duração e a sobrevivência do estádio larval. As larvas foram avaliadas a cada 24 h até atingirem a fase pupal. As larvas que não fizeram pupa foram consideradas mortas. A sobrevivência larval foi determinada com base na relação entre o número de pupas dos tratamentos com inseticida comparadas a testemunha.

As pupas obtidas em cada um dos tratamentos foram mantidas nos mesmos tubos de vidro até os adultos emergiram. Posteriormente os adultos foram sexados, e formaram-se casais que foram transferidos em gaiolas plásticas para avaliação do período pré-oviposição, a fecundidade (número de ovos colocados pelas fêmeas) e a fertilidade (larvas eclodidas), e longevidades de fêmeas e machos. Para avaliar a fertilidade feminina, quatro amostras de 100 ovos foram coletadas aleatoriamente em cada tratamento. Os ovos foram individualizados em placas de Elisa selados com filme adesivo e mantidos em uma sala com controle climático. O número de larvas eclodidas

em cada tratamento foi avaliado 7 dias após a transferência dos ovos para os tubos de vidro. A fertilidade feminina foi determinada com base na comparação entre o número de larvas eclodidas entre tratamento e controle. Durante o período de avaliação, tanto larvas e adultos foram alimentados *ad libitum* com ovos *E. kuehniella* e uma dieta mista com base em levedura de cerveja e mel (1: 1, v: v), como descrito no item 3.1.

Com base na mortalidade dos ovos, larvas e pupas e efeitos subletais (fecundidade e fertilidade das fêmeas), foi calculado um coeficiente de redução (E_x) para cada tratamento, utilizando a fórmula proposta por Biondi et al. (2012), onde: M_c= mortalidade corrigida, calculada de acordo com a fórmula proposta pela Abbott (1925); e E_r= efeitos sobre a reprodução, e que R_1= razão entre o número de ovos postos pelas fêmeas no tratamento e controle, e R_2= relação entre o número de larvas eclodidas no tratamento e controle:

$$E_x = 100 - (100 - M_c) \times R_1 \times R_2 \qquad (1)$$

Estes valores foram comparados com os padrões para testes ecotoxicológicos de laboratório propostos pela IOBC / WPRS em quatro categorias: I: inócuos (E_X<30%); II: levemente nocivos (30% ≤E_x≤ 79%); III: moderadamente nocivo (80% ≤E_x≤ 99%), e IV: altamente prejudicial (E_x>99%) (STERK et al, 1999).

3.4 Efeitos sobre larvas e adultos

A fim de avaliar o impacto de inseticidas em *H. convergens* em fases pós-embrionárias, 40 larvas e 40 adultos (20 fêmeas e 20 machos), ambos com mais de 24 h de idade, foram utilizados para cada tratamento. As larvas foram pulverizadas com 2 ml de solução em uma torre de Potter, tal como descrito no item 3.3. Após a pulverização, as larvas foram colocadas em tubos individuais de vidro de fundo chato (2,5 cm de diâmetro × 8,5 cm de altura) selados com filme de PVC e mantidos em uma sala climatizada para avaliar a mortalidade. As larvas sobreviventes foram mantidas nos mesmos tubos de vidro até atingirem o estádio adulto (efeito letal em estádios imaturos).

Para os adultos, foram formados os grupos (5 fêmeas e 5 machos), anestesiando-os com CO_2 durante 5 segundos, pulverizado com 2 ml de solução em

uma torre de Potter, tal como descrito acima, e colocados em gaiolas plásticas, para avaliação da mortalidade. A mortalidade de adultos foi registada 24 h após os tratamentos por pulverização (efeito letal em adultos). Os adultos que emergiram das larvas tratadas e os adultos que sobreviveram à pulverização tópica foram separados por gênero e, em seguida, os casais foram formados e transferidos para gaiolas plásticas para avaliar os efeitos do inseticida no período de pré-oviposição, fecundidade e fertilidade e longevidade de fêmeas e machos, conforme procedimento descrito no item 3.3. Com base nos efeitos letais (mortalidade das larvas, pupas ou adultos) e subletais (fecundidade e fertilidade das fêmeas), foi calculado um coeficiente de redução (E_x) para cada tratamento, e os valores foram comparados com os padrões para testes ecotoxicológicos de laboratório em quatro categorias, conforme descrito no item 3.3.

3.5 Análise dos dados

Utilizaram-se modelos lineares generalizados (NELDER; WEDDERBURN, 1972) com distribuições quase-binomiais, quase-Poisson e gaussianas para análise dos dados em proporções (mortalidade de ovos, larvas, pupas e adultos e fertilidade feminina), contagem (fecundidade feminina e taxa de eclosão de larvas) e duração (estádios larval e pupal, e longevidade feminina e masculina). A qualidade de ajuste foi determinada através de um gráfico meio-normal com envelope de simulação (HINDE e DEMÉTRIO, 1998). No caso de diferenças significativas entre os tratamentos, as comparações múltiplas com o teste de Tukey (P<0,05) foram realizadas utilizando a função *"glht"* do pacote *"multcomp",* com valores *p* ajustados. Todas as análises foram realizadas utilizando o software estatístico *"R",* versão 3.3.1 (R Development Core Team, 2016).

3.6 Tabela de vida

Com base na duração e sobrevivência das fases larval e de pupa, avaliação do período pré-oviposição, fecundidade e fertilidade das fêmeas e longevidade de machos e fêmeas, observados para ovos (item 3.3) e larvas recém emergidas (item 3.4), os parâmetros de tabela de vida para cada tratamento foram estimados. As tabelas de vida foram construídas com base nos dados de todos os indivíduos

testados (incluindo fêmeas, machos e indivíduos que morreram durante o estágio imaturo de desenvolvimento), conforme proposto por Chi (1988). Os dados originais para todos os indivíduos foram analisados de acordo com o modelo teórico proposto por Chi e Liu (1985), utilizando o programa “TWOSEXMSChart” (http://140.120.197.173/ecology/Download/TWOSEX-MSChart.rar) (CHI, 2014). Para cada tratamento, foram estimados os seguintes parâmetros:

Taxa líquida de reprodução (R_o), eq (1):

$$R_o = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x \tag{2}$$

Taxa intrínseca de crescimento (r), eq (2):

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1 \tag{3}$$

Tempo de geração (T), eq (3):

$$T = \ln R_o / r \tag{4}$$

e Taxa finita de aumento (λ), eq (4):

$$\lambda = e^r \tag{5}$$

As médias e os erros-padrão de cada parâmetro foram estimados pelo método bootstrap, seguindo o procedimento proposto por Huang e Chi (2012). Durante o procedimento bootstrap, os dados para cada parâmetro de população foram reamostrados 40.000 vezes. As médias para cada tratamento foram comparadas por teste de bootstrap pareado com base na diferença no intervalo de confiança (EFRON; TIBSHIRANI, 1993).

4 RESULTADOS

4.1 Efeitos em ovos

Todos os inseticidas reduziram a taxa de emergência das larvas em comparação com o controle (Tabela 1). Entre os inseticidas, clorpirifós, etofenproxi e imidacloprido causaram maiores reduções na taxa de emergência de larvas, em comparação com azadiractina, fosmete e tiametoxam (Tabela 1). No entanto, não foi observado efeito significativo na duração do estádio ovo, mostrando que esses compostos não afetaram o período de desenvolvimento embrionário (Tabela 1) quando aplicado sobre ovos. Clorpirifós e fosmete também reduziram a sobrevida das larvas (Tabela 1). Em comparação com o controle, clorpirifós, etofenproxi e fosmete prolongaram o tempo de desenvolvimento larval (Tabela 1). Não se observou efeito significativo na sobrevida ou duração do estádio pupal (Tabela 1).

O clorpirifós também reduziu a fecundidade e fertilidade, e as longevidades de machos e fêmeas quando os ovos foram tratados com este inseticida (Tabela 2). Os demais inseticidas não afetaram a fecundidade e fertilidade nem as longevidades de fêmeas e machos, ou seja, estes compostos tiveram efeitos semelhantes ao controle (Tabela 2). Em relação ao coeficiente de redução (E_x), clorpirifós, etofenproxi, e fosmete foram moderadamente nocivos para *H. convergens* ovos, ao passo que azadiractina, imidacloprido, tiametoxam e foram levemente nocivos (Tabela 2).

Tabela 1 - Sobrevivência e desenvolvimento de estádios imaturos (ovo, larva e pupa) de Hippodamia convergens quando os ovos foram tratados com inseticidas.

Tratamento	Concentração (mg i.a. L^{-1})	Estádios					
		Ovos		Larvas		Pupas	
		Sobrevivência[a] (%)	Duração[b] (d)	Sobrevivência[a] (%)	Duração[b] (d)	Sobrevivência[a] (%)	Duração[b] (d)
Controle	-	95.0±6.52 a	2.4 ± 0.24 a	92.1 ±3.62 a	10.1 ± 0.32 b	94.2 ± 3.90 a	3.2 ± 0.23 a
Azadiractina	30	72.5±4.83 b	2.2 ± 0.04 a	89.7 ±3.64 a	10.7 ± 0.27 ab	100.0 ± 0.00 a	3.3 ± 0.17 a
Clorpirifós	72	47.5± 9.91 c	2.4 ± 0.24 a	42.1 ±7.61 b	12.3 ± 0.24 a	87.5 ± 9.50 a	3.8 ± 0.26 a
Etofenproxi	90	35.0±6.57 c	2.1 ± 0.11 a	79.2 ± 7.50 a	12.7 ± 0.29 a	100.0 ± 0.00 a	3.3 ± 0.18 a
Fosmete	250	60.0± 9.82 b	2.2 ± 0.07 a	54.2 ±6.47 b	12.8 ± 0.35 a	92.3 ± 8.30 a	3.5 ± 0.21 a
Imidacloprido	40	50.0±4.17 c	2.1 ± 0.05 a	85.0 ±9.91 a	11.0 ± 0.35 ab	95.8 ± 4.20 a	3.4 ± 0.13 a
Tiametoxam	25	72.5±7.52 b	2.0 ± 0.09 a	69.0 ±8.01 ab	10.1 ± 0.21 b	100.0 ± 0.00 a	3.5 ± 0.11 a
F		3.173	2.550	5.422	3.212	0.625	1.135
g.l.		6, 273	6, 163	6, 123	6, 123	6, 116	6, 116
Valor de *p*		0.0224	0.0520	0.0016	0.0058	0.6880	0.2560

[a]Médias seguidas de mesma letra na coluna não difere significativamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$)

[b]Médias seguidas de mesma letra na coluna não difere significativamente (GLM com distribuição Gaussiana, seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$)

Tabela 2 - Efeitos letal (mortalidade cumulativa de estádio imaturo) e subletal (fecundidade total, fertilidade e longevidades de fêmeas e machos), coeficiente de redução e classes de toxicidade de inseticida quando aplicadas em ovos de *Hippodamia convergens* (IOBC/ WPRS).

Tratamento	Concentração (mg i.a. L^{-1})	Mortalidade cumulativa de estádio imaturo[a] (M_c %)	Efeitos sobre a reprodução (E_r)		Longevidade[c] (d)		Coeficiente de redução[d] (E_x)	Classes de toxicidade IOBC/WPRS [e]
			Fecundidade total[a] (número de ovos por fêmea^{-1}) (R_1)	Fertilidade[b] (%) (número de larvas eclodidas) (R_2)	Fêmes	Machos		
Controle	-	17.5 ± 4.79d	312.3 ± 46.77 a	90.4 ± 3.93 a	133.3 ± 6.94 a	116.4 ± 5.29 a	-	-
Azadiractina	30	35.0 ± 5.00c	244.8 ± 59.16 a	89.7 ± 5.63 a	126.1 ± 8.26 a	109.0 ± 3.86 a	39.2	II
Clorpirifós	72	82.5 ± 2.50a	71.0 ± 27.16 b	64.6 ± 7.95 b	107.7 ± 9.44 b	92.0 ± 4.12 b	96.5	III
Etofenproxi	90	72.5 ± 5.52ab	216.8 ± 29.68 ab	84.9 ± 4.84 a	125.3 ± 7.21 a	113.0 ± 5.06 a	82.2	III
Fosmete	40	70.0 ± 6.11ab	166.1 ± 49.53 ab	88.8 ± 4.48 a	135.9 ± 6.19 a	107.7 ± 3.08 a	81.1	III
Imidacloprido	250	62.5 ± 5.77ab	278.6 ± 33.71 a	87.6 ± 3.00 a	127.3 ± 8.76 a	113.9 ± 4.41 a	60.8	II
Tiametoxam	25	50.0 ± 4.08b	252.9 ± 44.69 a	89.1 ± 4.09 a	129.7 ± 4.26 a	114.0 ± 5.06 a	51.6	II
F		10.390	2.729	7.939	5.606	4.777		
g.l.		6, 116	6, 42	6, 21	6, 42	6, 42		
Valor de p		< 0.0001	0.0432	0.0032	0.0250	0.0319		

[a]Médias seguidas de mesma letra na coluna não difere significativamente (GLM com distribuição quase-Poisson, seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$)

[b]Médias seguidas de mesma letra na coluna não difere significativamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$)

[c] Médias seguidas de mesma letra na coluna não difere significativamente (GLM com distribuição Gaussiana, seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$)

[d]Coeficiente de redução do inseticida calculado pela formula $E_x = 100 - (100 - M_c) \times R_1 \times R_2$ conforme proposto por Biondi et al. (2012).

[e]Classes de toxicidade propostas pela IOBC/WPRS para estudos de seletividade de pesticidas em inimigos naturais: I: inofensivo ($E_x < 30\%$); II: levemente nocivo ($30\% \leq E_x \leq 79\%$); III: moderadamente nocivo ($80\% \leq E_x \leq 99\%$), e IV: altamente nocivos ($E_x > 99\%$) como descritos por Sterk et al. (1999).

4.2 Efeitos em larvas

Clorpirifós, etofenproxi, fosmete e imidacloprido causaram 100% de mortalidade larval, 24 h após serem pulverizados (Tabela 3). Observaram-se índices de mortalidade de 35,0 a 57,5% quando as larvas foram tratadas com azadiractina e tiametoxam, respectivamente (Tabela 3). No entanto, esses inseticidas não afetaram a duração da fase larval ou a sobrevivência e duração dos estádios pupal dos insetos sobreviventes (Tabela 3). Além disso, esses compostos não reduziram o número de postura de ovos pelas fêmeas (fecundidade), o número de larvas eclodidas (fertilidade) ou a longevidade de fêmeas e machos (Tabela 4).

Com base em um coeficiente de redução, clorpirifós, etofenproxi, fosmete, e imidacloprido foram altamente prejudiciais para larvas de *H. convergens*, enquanto que, azadiractina e tiametoxam foram levemente nocivos (Tabela 4).

Tabela 3 – Sobrevivência e duração dos estádios larval e pupal de *Hippodamia convergens* quando larvas de primeiro instar foram tratadas com inseticidas.

Tratamento	Concentration (mg a.i. L^{-1})	Estádios			
		Larvas		Pupas	
		Sobrevivência[a] (%)	Duração[b] (d)	Sobrevivência[a] (%)	Duração[b] (d)
Controle		97.5±7.50 a	10.6±0.28 a	94.9±5.00 a	3.6±0.13 a
Azadiractina	30	65.0±9.08 b	10.9±0.44 a	92.3±4.01 a	3.5±0.25 a
Clorpirifós	72	0.0±0.00 c	-	-	-
Etofenproxi	90	0.0±0.00 c	-	-	-
Fosmete	250	0.0±0.00 c	-	-	-
Imidacloprido	40	0.0±0.00 c	-	-	-
Tiametoxam	25	42.5±8.50 b	10.2±0.15 a	100.0±0.00 a	3.1±0.10 a
F		68.250	0.983	1.688	2.631
g.l.		6, 268	2, 75	3, 73	3, 73
p value		< 0.0001	0.4040	0.2260	0.0548

[a]Médias seguidas de mesma letra na coluna não difere significativamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$)

[b]Médias seguidas de mesma letra na coluna não difere significativamente (GLM com distribuição Gaussiana, seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$)

Tabela 4 - Efeitos letal (mortalidade cumulativa de estádio imaturo) e subletal (fecundidade total, fertilidade e longevidades de fêmeas e machos), coeficiente de redução e classes de toxicidade de inseticida aplicadas em larvas de primeiro instar de *Hippodamia convergens* (IOBC/ WPRS).

Tratamento	Concentração (mg a.i. L^{-1})	Mortalidade cumulativa de estádio imaturo[a] (M_c %)	Efeitos sobre reprodução (E_r)		Longevidade[c] (d)		Coeficiente de redução[d] (E_x)	Classes de toxicidade IOBC/WPRS[e]
			Fecundidade total[b] (número de ovos por fêmeas^{-1}) (R_1)	Fertilidade[a] (%) (número de larvas eclodidas) (R_2)	Fêmeas	Machos		
Controle	-	7.5±7.50 c	294.1 ± 43.76 a	89.1 ± 3.45 a	127.0 ± 7.49 a	106.4 ± 3.92 a	-	-
Azadiractina	30	40.0±4.08 b	180.3 ± 32.66 a	84.4 ± 4.26 a	121.5 ± 9.43 a	101.0 ± 4.68 a	62.3	II
Clorpirifós	72	100.0±0.00 a	-	-	-	-	100.0	IV
Etofenproxi	90	100.0±0.00 a	-	-	-	-	100.0	IV
Fosmete	40	100.0±0.00 a	-	-	-	-	100.0	IV
Imidacloprido	250	100.0±0.00 a	-	-	-	-	100.0	IV
Tiametoxam	25	57.5±2.50 b	220.7± 38.16 a	86.3 ± 3.27 a	113.3 ± 6.62 a	103.0 ± 6.50 a	58.2	II
F		68.250	1.259	0.711	2.001	1.387		
g.l.		6, 268	3, 42	3, 12	3, 42	3, 42		
Valor de *p*		< 0.0001	0.3010	0.5520	0.2050	0.6911		

[a] Médias seguidas de mesma letra na coluna não difere significativamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido por teste *post hoc* de Tukey, p < 0,05).

[b] Médias seguidas de mesma letra na coluna não difere significativamente (GLM com distribuição quase-Poisson, seguido por teste *post hoc* de Tukey, *p* < 0,05).

[c] Médias seguidas de mesma letra na coluna não difere significativamente (GLM com distribuição Gaussiana, seguido por teste *post hoc* de Tukey, *p* < 0,05).

[d]Coeficiente de redução do inseticida calculado pela formula $E_x = 100 - (100 - M_c) \times R_1 \times R_2$ conforme proposto por Biondi et al. (2012).

[e]Classes de toxicidade propostas pela IOBC/WPRS para estudos de seletividade de pesticidas em inimigos naturais: I: inofensivo (E_x < 30%); II: levemente nocivo (30% ≤ E_x ≤ 79%); III: moderadamente nocivo (80% ≤ E_x ≤ 99%), e IV: altamente nocivos (E_x > 99%) como descritos por Sterk et al. (1999).

4.3 Efeitos sobre os adultos

Apenas clorpirifós e etofenproxi reduziram a sobrevivência de adultos (Tabela 5). Clorpirifós, etofenproxi e fosmete reduziram a fecundidade e as longevidades de fêmeas e machos, mas não afetaram a fertilidade feminina (Tabela 5). Por outro lado, a azadiractina, imidacloprido e tiametoxam não alteraram os parâmetros biológicos de adultos e foram semelhantes ao controle (Tabela 5). Considerando-se um coeficiente de redução, clorpirifós, etofenproxi, e fosmete foram moderadamente nocivos para adultos *de H. convergens*, ao passo que o imidacloprido foram levemente nocivos, e azadiractina e tiametoxam foram inócuos (Tabela 5).

4.4 Efeitos nos parâmetros populacionais

Todos os inseticidas reduziram a taxa líquida de reprodução (R_0), a taxa intrínseca de crescimento (r_m), e a taxa finita de crescimento (λ) do predador quando os ovos foram tratados (Tabela 6). Clorpirifós, etofenproxi, e fosmete causaram reduções mais elevadas em R_0, r_m, e λ comparado à azadiractina, imidacloprido e tiametoxam (Tabela 6). Azadiractina, clorpirifós, etofenproxi e fosmete aumentaram o tempo médio de geração (T), enquanto que, imidacloprido e tiametoxam não afetaram os valores T, dados semelhantes aos da testemunha (Tabela 6). Quando testada em larvas, azadiractina e tiametoxam causaram reduções significativas no R_0, r_m, e λ, e tiametoxam aumentou os valores de T do predador em comparação com o controle (Tabela 6).

Tabela 5 - Efeitos letal (mortalidade cumulativa de estádio imaturo) e subletal (fecundidade total, fertilidade e longevidades de fêmeas e machos), coeficiente de redução e classes de toxicidade de inseticida aplicadas em adultos de *Hippodamia convergens* (IOBC/ WPRS).

Tratamento	Concentração usada (mg i.a. L^{-1})	Mortalidade cumulativa de adultos[a] (M_c %)	Efeitos sobre reprodução (E_r)		Longevidade[c] (d)		Coeficiente de redução[d] (E_x)	Classes de toxicidade IOBC/WPRS[e]
			Fecundidade total[b] (número de ovos por fêmea^{-1}) (R_1)	Fertilidade[a] (%) (número de larvas eclodidas) (R_2)	Fêmeas	Machos		
Controle	-	5.0±5.00 b	261.3±21.31 a	93.5 ± 3.70 a	119.0 ± 5.69 a	108.9 ± 4.32 a	-	-
Azadiractina	30	7.5±9.56 b	235.6±20.14 a	90.7 ± 6.47 a	120.1 ± 7.34 a	106.6 ± 3.78 a	15.0	I
Clorpirifós	72	70.0± 8.16a	208.2 ±13.59 b	82.6 ± 5.15 a	94.9 ± 5.21b	80.8 ± 4.98b	77.8	III
Etofenproxi	90	72.5 ± 5.75a	211.0 ±15.21 b	85.1 ± 8.91a	96.3 ± 6.99b	79.9 ± 5.44b	78.7	III
Fosmete	40	60.0±5.25 b	193.7±17.95b	83.2 ± 8.61 a	91.8 ± 6.71b	83.0 ± 4.92b	72.2	III
Imidacloprido	250	32.5± 7.52b	246.0 ±29.88 a	81.2 ± 7.93 a	124.3 ± 5.33 a	106.5 ± 6.26 a	41.9	II
Tiametoxam	25	12.5±5.77b	255.9±25.49 a	88.7 ± 9.48 a	126.1 ± 7.30 a	111.2 ± 4.51 a	14.4	I
F		12.390	3.621	1.279	3.001	2.387		
g.l.		6, 273	6, 68	6, 21	6, 68	6, 68		
Valor de *p*		< 0.0001	0.0351	0.3624	0.0275	0.0401		

[a]Médias seguidas de mesma letra na coluna não difere significativamente (GLM com distribuição quase-binomial, seguido por teste *post hoc* de Tukey, p < 0,05).

[b] Médias seguidas de mesma letra na coluna não difere significativamente (GLM com distribuição quase-Poisson, seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$).

[c] Médias seguidas de mesma letra na coluna não difere significativamente (GLM com distribuição Gaussiana, seguido por teste *post hoc* de Tukey, $p < 0,05$).

[d]Coeficiente de redução do inseticida calculado pela formula $E_x = 100 - (100 - M_c) \times R_1 \times R_2$ conforme proposto por Biondi et al. (2012).

[e]Classes de toxicidade propostas pela IOBC/WPRS para estudos de seletividade de pesticidas em inimigos naturais: I: inofensivo (E_x < 30%); II: levemente nocivo (30% ≤ E_x ≤ 79%); III: moderadamente nocivo (80% ≤ E_x ≤ 99%), e IV: altamente nocivos (E_x > 99%) como descritos por Sterk et al. (1999).

Tabela 6 - Estimativa dos parâmetros populacionais de *Hippodamia convergens,* quando ovos e larvas de primeiro instar foram tratadas com inseticidas.

Tratamento	Concentração usada (g i.a. L^{-1})	Parametros populacionais[a]			
		Taxa líquida de reprodução (R_0) (fêmea $fêmea^{-1}$)	Tempo médio de geração (T) (d)	Taxa intrínseca de crescimento (r_m) (fêmea $fêmea^{-1}$ d^{-1})	Taxa finita de crescimento (λ) (fêmea $fêmea^{-1}$ d^{-1})
		Ovos			
Controle	–	109.4 ± 18.33 a	32.5 ± 0.79 c	0.146 ± 0.0092 a	1.157 ± 0.0189 a
Azadiractina	30	63.4 ± 12.39 b	34.3 ± 1.09 b	0.121 ± 0.0116 b	1.129 ± 0.0133 b
Clorpirifós	72	4.8 ± 3.21 c	39.2 ± 1.25 a	0.040 ± 0.0156 c	1.040 ± 0.0140 c
Etofenproxi	90	7.4 ± 4.75 c	35.1 ± 1.22 b	0.057 ± 0.0102 c	1.059± 0.0128 c
Fosmete	40	9.6 ± 5.33 c	36.4 ± 1.27 b	0.062 ± 0.0126c	1.064 ± 0.0132 c
Imidacloprido	250	41.7 ± 16.07 b	32.4 ± 1.06 c	0.115 ± 0.0154 b	1.122 ± 0.0119 b
Tiametoxam	25	57.0 ± 19.33 b	30.8 ± 0.82 c	0.131 ± 0.0132 b	1.140 ± 0.0106 b
		Larvas			
Controle	–	110.4 ± 17.42 a	32.0 ± 0.77 b	0.147 ± 0.0096 a	1.158 ± 0.0173 a
Azadiractina	30	45.1 ± 14.39 b	34.0 ± 1.50 ab	0.112 ± 0.0130 b	1.118 ± 0.0122 b
Tiametoxam	25	59.0 ± 18.17 b	36.7 ± 0.86 a	0.111 ± 0.0098 b	1.117 ± 0.0088 b

[a]Médias seguidas pela mesma letra na coluna não difere significativamente pareados por teste de bootstrap ($p < 0.05$).

5 DISCUSSÃO

No presente estudo avaliou-se a susceptibilidade de ovos, larvas e adultos de *H. convergens* à seis inseticidas comumente utilizados em sistemas agrícolas. Os resultados obtidos mostraram que todos os inseticidas afetaram, em diferentes graus, os parâmetros biológicos e populacionais do predador. Entre os estádios de vida do predador, os maiores níveis de toxicidade foram observados para as larvas de primeiro instar tratadas diretamente, mostrando que esta fase de desenvolvimento é mais suscetível aos inseticidas do que a fase de ovos e adultos. Outros estudos também relataram toxicidade diferencial entre as fases da vida em *H. axyridis* (Pallas) (GALVAN et al, 2005; YOUN et al., 2003), *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae), *Chrysoperla Carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) (GARZÓN et al, 2015), e *Ceraeochrysa cubana* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae) (ONO et al, 2017). De acordo com esses pesquisadores, os estádios larvais desses predadores foram mais suscetíveis aos inseticidas do que os ovos e/ou adultos. As menores susceptibilidades de ovos e de adultos estão associadas à proteção embrionária proporcionada pelo córion do ovo (RUGNO et al., 2015) e ao maior grau de esclerotização da cutícula em adultos, o que reduz a capacidade de inseticidas penetrar no tegumento de insetos (ALBERTI; COONS, 1999). Mudanças na atividade enzimática de desintoxicação e sensibilidade local nos diferentes estádios de vida, podem também afetar os níveis de toxicidade dos inseticidas. Cho et al. (2002) relataram que a atividade glutationa-S-transferase e a concentração fosfamidom (organofoforado) requeridos para a inibição de acetilcolinesterase em adultos de *H. axyridis* foram respectivamente 6,2 e 183,5 vezes superior em adultos do que em larvas. Da mesma forma, Qian et al. (2010) descobriram que a atividade específica da acetilcolinesterase para ninfas de 7 dias de idade era a mais elevada que entre todas as fases de ninfa e adultos de *Blattella germânica* L. (Blatodea: Blattellidae) tratadas com Diclorvós e Propoxur; de acordo com estes pesquisadores, a atividade elevada da glutationa s-transferase e a insensibilidade do local alvo foram os principais fatores associados às diferenças nos níveis de toxicidade entre larvas e adultos desta espécie. Embora não seja avaliada no presente estudo, provavelmente, a atividade das enzimas que desintoxicam estes inseticidas foram menores em larvas do que em adultos de *H. convergens.* Estudos adicionais são necessários para compreensão dos

processos fisiológicos e bioquímicos envolvidos na toxicidade diferencial destes compostos aos estádios de vida do predador.

Clorpirifós, etofenproxi e fosmete foram considerados os inseticidas mais nocivos para *H. convergens,* pois afetaram significativamente os parâmetros avaliados tanto em todos os estádios observados, ovos, larvas e adultos. Toxicidade aguda semelhante foi observado para os ovos de *C. cubana* (Hagen) (RUGNO et al., 2015), larvas de *H. axyridis* (GALVAN et al., 2005), larvas e adultos de *H. convergens* (HUREJ; DUTCHERT, 1994) e *H. axyridis* (YOUN et al., 2003), e de adultos *C. sanguinea*, *Orius insidiosus* (Say) (Heteroptera: Anthocoridae) e *Chauliognathus flavipes* Fabricius (Coleoptera: Cantharidae) (FERNANDES et al., 2016) também tratados com estes inseticidas. O efeito altamente nocivo destes inseticidas está associado não apenas com o modo de ação, mas também com a baixa solubilidade e pesos moleculares elevados destes compostos (BERG et al., 2003). O inseticida clorpirifós atua como um inibidor da enzima acetilcolinesterase (SILVA e BUENO, 2014) e etofenproxi como um modulador do canal de sódio (SATTELLE; YAMAMOTO, 1988), causando hiperexcitação, redução da alimentação e, eventualmente, a morte do inseto. A baixa solubilidade e os pesos moleculares elevados destes compostos aumentam sua afinidade com os constituintes à base de cera presentes nas cutículas dos insetos (VINCENT; WEGST, 2004), levando à mortalidade e efeitos subletais pronunciados nos indivíduos sobreviventes (AMARASEKARE e SHEARER, 2013; CORRALES; CAMPOS, 2004).

Além de causar mortalidade, esses inseticidas reduziram a fecundidade e / ou fertilidade das fêmeas do predador. Como esses inseticidas agem sobre o sistema nervoso central, eles também podem induzir a uma interrupção nos processos fisiológicos e comportamentais que afetam não apenas a quantidade e a qualidade dos espermatozoides (ABDALLAH et al., 2010) e os óvulos produzidos, mas também o comportamento de acasalamento dos adultos e os processos de ovulação e oviposição das fêmeas (WANG et al., 2010). Esses efeitos provavelmente ocorreram no presente estudo, pois fêmeas de ovos tratados e fêmeas tratadas diretamente com clorpirifós, etofenproxi e fosmete produziram menos ovos e larvas que a testemunha. Reduções nos parâmetros reprodutivos também foram observados em fêmeas de *Kampimodromus aberrans* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae) e *A. spinidens* tratadas com piretroide e inseticidas organofosforados (TIRELLO et al, 2013.). Hamilton e Schal (1990) descobriram que os ovos presentes na ooteca de baratas alemãs

(Dictyoptera: Blattellidae) não eclodiram quando tratados com clorpirifós. Além disso, os inseticidas piretroides e organofosforados podem induzir um efeito repelente sobre os predadores, devido à sua ação no sistema nervoso central ou periférico (RINKEVICH et al., 2013), o que pode reduzir a eficácia desses agentes de controle biológico nos agroecossistemas.

No que diz respeito aos neonicotinoides imidacloprido e tiametoxam, os resultados indicaram que *H. convergens* foi mais susceptível a imidacloprido do que a tiametoxam. Estes resultados corroboram estudos anteriores que mostraram que o imidacloprido é altamente tóxico para ovos e larvas de *H. axyridis* (YOUN et al., 2003) e para larvas de *H. axyridis* e *C. sanguínea* (MICHAUD, 2002). Além disso, as doses subletais de imidacloprido reduziram a mobilidade e o consumo de presa em *H. axyridis* (WANG; SHEN, 2002), e alteraram a resposta funcional de *Serangium japonicum* Chapin (Coleoptera: Coccinellidae) para ovos de *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae) (HE et al., 2012). Os efeitos adversos do imidacloprido sobre a atividade motora em insetos têm sido relatados (LAMBIN et al., 2001), notadamente em besouros predadores (EISENBACK et al., 2010). Por outro lado, a pulverização direta de tiametoxam em ovos, larvas e adultos de *H. convergens*, indicaram que este inseticida é menos nocivo para o predador que imidacloprido. Tiametoxam também foi considerado menos nocivo para *C. sanguínea* (SCARPELLINI, 2008), *H. axyridis* (MOSER; OBRYCKI, 2009; YOUN et al., 2003), *H. variegata* (RAHMANI; BANDANI, 2013), e *Apolygus lucorum* (Meyer-Dur) (Hemiptera: Miridae) (PAN et al, 2014) em comparação com outros neonicotinoides, piretroides e inseticidas organofosforados. Em contraste, Moscardini et al. (2015) descobriram que o tiametoxam aumentou a proporção de fêmeas e o período necessário para a emergência de larvas, e reduziu a viabilidade dos ovos e do período pupal da progênie quando larvas *H. convergens* foram expostas a resíduos de inseticidas. Os mesmos pesquisadores encontraram que o tiametoxam reduziu o período de pré-oviposição feminina quando adultos foram expostos aos seus resíduos. E embora não observados neste estudo, esses efeitos subletais podem afetar a eficácia do predador como agente de controle biológico de pragas agrícolas.

Imidacloprido e tiametoxam possuem atividade sistêmica e são bastante tóxicos para os insetos, tanto através do contato como ingestão. Estas características permitem que estes compostos sejam aplicados de diferentes maneiras, como pulverização foliar, tratamentos de sementes e aplicações no solo. Portanto, o

consumo de presas contaminadas por esses podem aumentar os efeitos nocivos destes inseticidas para os predadores devido efeitos cumulativos. Moscardini et al. (2015) verificaram que as sementes de girassol tratados com tiametoxam prolongou o período pupação de *C. maculata.* Tiametoxam e clotianidina também causaram sintomas neurotóxicos em larvas de *H. axyridis* exposta por 6 horas a plantas de milho desenvolvidas a partir de sementes tratadas (MOSER e OBRYCKI, 2009). Imidacloprido também impediu o parasitismo de *Nilaparvata lugens* (Stal) (Heteroptera: Delphacidae) por *Anagrus nilaparvatae* (Pang e Wang) (Hymenoptera: Mymaridae) quando as vespas consumiram mel contaminado com este inseticida (LIU et al., 2010). O parasitismo de pulgões por *Aphelinus Certus* Yasnosh (Hymenoptera: Aphelinidae) foi reduzida quando as vespas foram alimentadas com pulgões de plantas de soja tratadas com imidacloprido e tiametoxam (FREWIN et al., 2014.). Portanto, estudos adicionais devem ser realizados para avaliar não apenas os efeitos desses inseticidas nos parâmetros biológicos e comportamentais, mas também os impactos desses compostos sobre a densidade populacional e a efetividade do predador exposto a diferentes formas de contato.

A pulverização de azadiractina, formulado a base de um bioinsecticida, na concentração de 30 mg L^{-1}, em ovos, larvas e adultos de *H. convergens* indicaram que esta formulação reduziu a viabilidade dos ovos e larvas e a sobrevivência do predador. Níveis de mortalidade semelhantes ao do presente estudo foram descritos sobre larvas de *Coccinella undecimpunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae) (HAMD et al, 2005) (LOWERY e ISMAN, 1995), *H. variegata* e *E. conexa* (VENZON et al., 2007) tratados com diferentes compostos e concentrações à base de azadiractina. Cosme et al. (2007), estudando os impactos de uma formulação à base de azadiractina (Nim-I-Go), descobriram que as concentrações de 50 e 100 mg L^{-1} causaram reduções significativas na viabilidade *do* ovo e sobrevivência das larvas de *C. sanguinea*. No entanto, a 10 mg L^{-1} o bioinsecticida foi considerado adequado para utilização programas de MIP, pois induziu uma associação positiva entre o bioinsecticida e predador. Os níveis de toxicidade dos bioinsecticidas à base de azadiractina em estádios imaturos de predadores estão associados à ação desses compostos sobre a ecdisona e os hormônios juvenis, que afetam não apenas os processos de síntese de quitina, muda e pupação (MORDUE; BACKWELL, 1993) mas também parâmetros reprodutivos de adultos (VENZON et al., 2007).

Em relação aos efeitos letais e subletais observados em ovos e/ou de larvas *de H. convergens*, clorpirifós, etofenproxi, fosmete e imidacloprido afetaram os parâmetros populacionais *(R_o, r_m, λ* e *T)* do predador. Embora tenham reduzido os parâmetros da população, os valores médios de R_o, r_m e λ foram positivos, indicando que a população de *H. convergens* ainda se mostrou capaz de aumentar. De acordo com Van Lenteren (2000), é desejável que o agente de controlo biológico apresente r_m igual ou superior ao r_m da população pragas alvo. Os valores r_m mais elevados são importantes pois representam um maior potencial reprodutivo do agente biológico (MOSCARDINI et al., 2013). Em comparação com o controle, os resultados mostraram que clorpirifós, etofenproxi e fosmete causaram os maiores efeitos prejudiciais sobre *H. convergens*, o que pode reduzir a eficácia do predador como agente de controle biológico. Devido ao impacto reduzido dos inseticidas de azadiractina e tiametoxam nos parâmetros da população de predadores, eles foram considerados mais compatíveis com os programas de MIP. No entanto, este estudo foi realizado em laboratório, onde os insetos foram mantidos em resíduos de inseticidas durante um longo período, produzindo resultados que podem não ocorrer em condições de campo. No campo, os fatores bióticos e abióticos podem degradar os ingredientes ativos (DAAM; VAN DEN BRINK, 2010; HULBERT et al., 2011), reduzindo os riscos de contaminação de ovos, larvas e adultos de *H. convergens*. Portanto, são necessários estudos de campo e campo para avaliar o efeito residual desses inseticidas na densidade dinâmica populacional de *H. convergens*, visando determinar se esses compostos podem ser usados em associação com este predador em programas de MIP.

6 CONSIDERAÇÕES

Pelo fato dos inseticidas utilizados na condução do experimento afetarem os parâmetros populacionais do predador, tais produtos devem ser utilizados com cautela, principalmente nos períodos de menor incidência de *H. convergens* em agroecossistemas e conciliando outras táticas de manejo integrado com o controle químico, a fim de reduzir os efeitos deletérios destes compostos sobre este e outros predadores naturalmente presentes no ambiente.

É necessário ainda estudos adicionais de semi-campo e campo para consolidação dos conhecimentos a respeito dos inseticidas testados avaliando parâmetros biológicos e comportamentais da joaninha predadora *Hippodamia convergens*.

5 REFERÊNCIAS

Abbott, WS, 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18, 265-267.

Abdallah, FB, Slima, AB, Dammak, I., Keskes-Ammar, L., Mallek, Z., 2010. Comparative effects of dimethoate and deltamethrin on reproductive system in male mice. Andrologia 42, 182-186.

Abdel-Salam, Ah., Abdel-Baky, Nf., 2001. Life table and biological studies of Harmonia axyridis (Pallas) (Col., Coccinellidae) reared on the grain moth eggs of Sitotroga cerealella (Olivier) (Lep., Gelechiidae). Journal of Applied Entomology, Berlin. 125, 455-462.

Alberti, G., Coons, LB, 1999. Acari: mites: integument, in: Harrison, FW, Foelix, RF (Eds.), Microscopic anatomy of invertebrates, chelicerate Arthropod 8C, John Wiley & Sons, New York. pp. 681-714.

Almasi, A., Sabahi, Q., Talebi, K., Mardani, A., 2013. Laboratory evaluation of the toxicity of proteus, pymetrozine, deltamethrin, and pirimicarb on lady beetle *Hippodamia variegata* (Goeze) (Col.: Coccinellidae). J. Plant Prot. Res. 53, 143-147.

Amarasekare, KG, Shearer, PW, 2013. Comparing effects of insecticides on two green lacewings species, *Chrysoperla johnsoni* and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). J. Econ. Entomol. 106, 1126-1133.

Andrewartha, HG.; Birch, LC., 1954. The innate capacity for increase in numbers. In: ANDREWARTHA, H. G.; BIRCH, L. C. (Ed.). The distribution and abundance of animals. Chicago: University of Chicago Pressp. 31-54.

Aristizábal, LF. Arthurs, SP., 2015 Convergent Lady Beetle Hippodamia convergens Guérin-Méneville (Insecta: Coleoptera: Coccinellidae. University of Florida. URL: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN103700.pdf> (accessed 20.05.17).

Barbosa, PRR., 2016. Toxicidade Relativa De Inseticidas Sintéticos À Joaninha Hippodamia Convergens (Guérin-Méneville) (Coleoptera: Coccinellidae). Tese de Doutorado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

Bellows Jr., TS., Van Driesche, RG.; Elkinton, JS., 1992. Life-table construction and analysis in the evaluation of natural enemies. Annual Review of Entomology, Stanford. 37, 587-614.

Berg, GL, Sine, C., Meister, RT, Poply, KJ, 2003. Farm chemicals handbook. Meister, Willoughby.

Bezerra-Silva, GCD, Silva, MA, Miranda, MP, Lopes, JRS, 2012. Effect of contact and systemic insecticides on the sharpshooter *Bucephalogonia xanthophis* (Hemiptera: cicadellidae), a vector of *Xylella fastidiosa* in citrus. Fla. Entomol. 95, 854-861.

Biondi, A., Campolo, O., Desneux, N., Siscaro, G., Palmeri, V., Zappalà, L., 2015. Life stage-dependent susceptibility of *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae) to two pesticides commonly used in citrus orchards. Chemosphere 128, 142-147.

Biondi, A., Desneux, N., Siscaro, G., Zappalà, L., 2012. Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: Selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator *Orius laevigatus* . Chemosphere 87, 803-812.

Boiça-Júnior, AL, Santos, TM, Kuranishi, AK, 2004. Desenvolvimento larval e capacidade predatória de *Cycloneda sanguinea* (L.) e *Hippodamia convergens* Guérin-Men. alimentadas com *Aphis gossypii* Glover sobre cultivares de algodoeiro. Acta Sci. Agron. 26, 239-244.

Bracamontes, JJJ., Gutierrez, HJ.; Covarrubias, AM., 1995. Predation capacity of Hippodamia convergens G. on rose aphid Macrosiphum rosae L. in the nursery.Manejo Integrado de Plagas, Buenos Aires. 38, 33-36.

Cabral, S., Garcia, P., Soares, AO, 2008. Effects of pirimicarb, buprofezin and pymetrozine on survival, development and reproduction of *Coccinella undecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). Bio C ontrol Sci. Technol. 18, 307-318.

Cardoso, JT., Lazzari, SMN., 2003. Consumption of *Cinara* spp. (Hemiptera, Aphididae) by *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) and *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville, 1842 (Coleoptera, Coccinellidae). Revista Brasileira de Entomologia, Curitiba. 47,559-562.

CARVALHO, G. A.; GODOY, M. S.; PEDROSO, E. C., 2007. Uso da seletividade de inseticidas e acaricidas no manejo integrado de pragas de hortaliças. In: ZAMBOLIM, L. et al. (Ed.). Manejo integrado de doenças e pragas: hortaliças. Viçosa, MG: UFVp. 539-575.

Carvalho, LM, Almeida, K.., Taques, TC, Soares, CSA, Almeida, EFA, Reis, SN, 2012. Manejo de pragas em cultivo de roseira de sistema de produção integrada e sistema convencional. Biosci. J. 28, 938-944.

Chi, H., 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. Environ. Entomol. 17, 26-34.

Chi, H., 2014. TWOSEX-mschart: a Computer Program for the Age-stage, Two-sex Life Table Analysis. http://140.120.197.173/ecology/Download/TWOSEXMSChart.rar.

Chi, H., Liu, H., 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. Touro. Inst. Zool. Acad. Sin. 24, 225-240.

Cho, JR, Kim, YJ, Kim, HS, Yoo, JK, 2002. Some biochemical evidence on the selective insecticide toxicity between the two aphids, *Aphis citricola* and *Myzus malisuctus* (Homoptera: Aphididae), and their predator, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). J. Asia-Pac. Entomol. 5, 49-53.

Cividanes, FJ., Souza, VP., 2003. Exigências térmicas e tabelas de vida de fertilidade de Myzus persicae (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) em laboratório. Neotropical Entomology, Londrina. 32, 413-419.

Cordeiro, EMG, Moura, ILT, Fadini, MAM, Guedes, RNC, 2013. Beyond selectivity: are behavioral avoidance and hormesis likely causes of pyrethroid-induced outbreaks of the southern red mite *Oligonychus ilicis*? Chemosphere 93, 1111-1116.

Corrales, N., Campos, M., 2004. Population, longevity, mortality and fecundity of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) from olive orchards with different agricultural management systems. Chemosphere 57, 1613-1619.

Correia, A do CB., 1986. Morfologia e aspectos biológicos de *Cycloneda zischkai* Marder, 1950 (Coleoptera: Coccinellidae). Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 54

Cosme, LV, Carvalho, GA, Moura, AP, 2007. Efeitos de inseticidas botânico e sintéticos sobre ovos e larvas de *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae) em condições de laboratório. Arq. Inst.Biol. 74, 251-258.

Croft, BA, 1990. Arthropod biological control agents and pesticides. Wiley, New York.

Daam, MA, Van den Brink, PJ, 2010. Implications of differences between temperate and tropical freshwater ecosystems for the ecological risk assessment of pesticides. Ecotoxicology 19, 24-37.

Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech, JM, 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. Annu. Rev. Entomol. 52, 81-106.

Dreistadt, SH, Flint, ML, 1996. Melon aphid (Homoptera: Aphididae) control by inundative convergent lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) release on chrysanthemum. Environ. Entomol. 25, 688-697.

Efron, B., Tibshirani, RJA, 1993. An introduction to the bootstrap. Springer, London.

Eisenback, BM, Salom, SM, Kok, LT, Lagalante, AF, 2010. Lethal and sublethal effects of imidacloprid on hemlock woolly adelgid (Hemiptera: Adelgidae) and two introduced predator species. J. Econ. Entomol.103, 1222-1234.

Elbert, A., Haas, M., Springer, B., Thielert, W., Nauen, R., 2008. Applied aspects of neonicotinoid uses in crop protection. Pest Manag. Sei. 64, 1099-1105.

Entomologist .89(4), 502-507.

Evans, EW., 2003. Searching and reproductive behaviour of female aphidophagous lady birds (Coleoptera: Coccinellidae): a review. European Journal of Entomology, Ceske Budejovice. 100, 1-10.

Fernandes, MES, Alves, FM, Pereira, RC, Aquino, LA, Fernandes, FL, Zanuncio, JC, 2016. Lethal and sublethal effects of seven insecticides on three beneficial insects in laboratory assays and field trials. Chemosphere 156, 45-55.

Flint, ML., Dreistadt, SH., 2005.Interactions among convergent lady beetle (Hippodamia convergens) releases, aphid populations, and rose cultivar. Biological Control, Orlando. 34, 38-46.

Fogel, MN, Schneider, MI, Rimoldi, F., Ladux, LS, Desneux, N., Ronco, AE, 2016. Toxicity assessment of four insecticides with different modes of action on pupae and

adults of *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae), a relevant predator of the Neotropical region. Environ. Sei. Pollut. Res. 23, 14918-14926.

Franz, JM., Bogenschütz, H., Hassan, SA., Huang, P., Naton, E. Suter, H., Viggiani, G., 1980. Results of a joint pesticide test programme by the working group: pesticides and beneficial arthropods. Entomophaga 25: 231-236.

Frewin, AJ, Schaafsma, AW, Hallett, RH, 2014. Susceptibility of *Aphelinus certus* (Hymenoptera: Aphelinidae) to neonicotinoid seed treatments used for soybean pest management. J. Econ. Entomol. 107, 1450-1457.

Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto S., Carvalho RPL., Batista, GCde, Berti Filho, E., Parra, JRP., Zucchi, RA., Alves SB., Vendramim, JD., 1988. Manual de entomologia agrícola. 2nd ed., São Paulo, Agronômica Ceres. 649.

Galvan, TL, Koch, RL, Hutchison, WD, 2005. Toxicity of commonly used insecticides in sweet corn and soybean to multicolored Asian lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae). J. Econ. Entomol. 98, 780-789.

Garzón, A., Medina, P., Amor, F., Viñuela, E., Budia, F., 2015. Toxicity and sublethal effects of six insecticides to last instar larvae and adults of the biocontrol agents *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae). Chemosphere 132, 87-93.

Gazzoni, DL. 1994. Pesquisa em seletividade de inseticidas no Brasil: uma abordagem conceitual e metodológica. In Anais do 4º Simpósio de Controle Biológico, Gramado.

Georghiou, GP, Taylor, CE, 1977. Operational influences in the evolution of insecticide resistance. J. Econ. Entomol. 70, 653-658.

Gholamzadeh-Chitgar, M., Hajizadeh, J., Ghadamyari, M., Karimi-Malati, A., Hoda, H., 2015. Effects of sublethal concentration of diazinon, fenitrothion and chlorpyrifos on demographic and some biochemical parameters of predatory bug, *Andrallus spinidens* Fabricius (Hemiptera: Pentatomidae) in laboratory conditions.Int. J. Pest Manag. 61, 204-211.

Giles, KL, Stockland, R., Madden, RD, Payton, ME, Dillwith, JW, 2001. Preimaginal survival and development of *Coleomegilla maculata* and *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) reared on *Acyrthosiphon pisum*: effects of host plants. Environ. Entomol. 30, 964-971.

Guedes, RNC, Cutler, GC, 2014. Insecticide-induced hormesis and arthropod pest management. Pest. Manag. Sei. 70, 690-697.

Guedes, RNC, Smagghe, G., Stark. JD, Desneux, N., 2016. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. Annu. Rev. Entomol. 61, 43-62.

Guerreiro, JC, Bueno, PRR, Berti-Filho, E., Busoli, AC, 2005. Ocorrência estacional das principais espécies de Coccinellidae predadores de *Toxoptera citricida* nos citros. Rev. Ciênt. Eletr. Agr. 4, 1-14.

Hagen, KS., 1962. Biology and ecology of predaceous Coccinellidae. Annual Review of Entomology. Palo Alto. 7, 289-326.

Hagen, KS., 1970. Following the ladybug home. National Geographic, Washington. 137, 542-553.

Hamd, EEA, El-Shafie, HAF, Basedow, T., 2005. The different effects of two preparations of neem (*Azadirachta indica*)and of sumicidin® on the aphid predator *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera:Coccinellidae). J. Plant Dis. Prot. 112, 580-585.

Hamilton, RL, Schal, A., 1990. Sublethal effects of chlorpyrifos-methyl on reproduction in female German cockroaches (Dictyoptera: Blattellidae). J. Econ. Entomol. 83, 441-443.

Hassan, SA, Bigler, F., Bogenschütz, H., Boller, E., Brun, J., Calis, JNM, Coremans-Pelseneer, J., Duso, C., Grove, A., Heimbach, U., Helyer, N., Hokkanen, H., Lewis, GB, Mansour, F., Moreth, L., Polgar, L., Samsøe-Petersen, L., Sauphanor, B., Stäubli, A., Sterk, G., Vainio, A., Van De Veire, M., Viggiani, G., Vogt, H., 1994. Results of the sixth joint pesticide testing programme of the IOBC/WPRS-working group pesticides and beneficial organisms. Entomophaga 39, 107-119.

He, Y., Zhao, J., Zheng, Y., Desneux, N., Wu, K., 2012. Lethal effect of imidacloprid on the coccinellid predator *Serangium japonicum* and sublethal effects on predator voracity and on functional response to the whitefly *Bemisia tabaci*. Ecotoxicology 21, 1291-1300.

Hinde, J., Demétrio, CGB, 1998. Overdispersion: models and estimation. Comput. Stat. Data Anal. 27, 151-170.

Hinkelman, TM, Tenhumberg, B., 2013. Larval performance and kill rate of convergent ladybird beetles, *Hippodamia convergens* , on black bean aphids, *Aphis fabae* , and pea aphids, *Acyrthosiphon pisum* . J. Insect Sci. 13, 1-10.

Hodek, I., 1973. Biology of Coccinellidae. Prague: Academy of Sciences. 260.

Huang, YB, Chi, H., 2012. Age-stage, two-sex life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) (Diptera: Tephritidae) with a discussion on the problem of applying female age-specific life tables to insect populations. Insect Sci. 19, 263-273.

Hulbert, D., Isaacs, R., Vandervoort, C., Wise, JC, 2011. Rainfastness and residual activity of insecticides to control Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) in grapes. J. Econ. Entomol. 104,1656-1664.

Hurej, M.; Dutcher, JD, 1994. Indirect effect of insecticides on convergent lady beetle (Coleoptera: Coccinellidae) in pecan orchards. J. Econ. Entomol. 87, 1632-1635.

Iperti, G. 1999 Biodiversity of predaceous Coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. Agric Ecosyst. Environ. 74:323-342.

IRAC, Insecticide Resistance Action Committee, 2017. Mode of action classification: insecticide resistance management. URL < http://www.irac-online.org/modes-of-action/>. (accessed 06.01.17).

Jalali, MA, Van Leeuwen, T., Tirry, L., De Clercq, P., 2009. Toxicity of selected insecticides to the two-spot ladybird *Adalia bipunctata* . Phytoparasitica 37, 323-326.

Jessie, WP, Giles, KL, Rebek, EJ, Payton, ME, Jessie, CN, McCornack, BP , 2015. Preference and performance of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) and *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) on *Brevicoryne brassicae* , *Lipaphis erysimi* , and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) from winter-adapted canola. Environ. Entomol. 44, 880-889.

Koehler, PG, Strong, CA, Patterson, RS, Valles, SM, 1993. Differential susceptibility of German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) sexes and nymphal age classes to insecticides. J. Econ. Entomol. 86, 785-792.

Kraiss, H., Cullen, EM., 2008. Insect growth regulator effects of azadirachtin and neem oil on survivorship, development and fecundity of Aphis glycines (Homoptera: Aphididae) and its predator, Harmonia axyridis (Coleoptera: Coccinellidae). Pest management science. 64, 660-668.

Lambin, M., Armengaud, C., Raymond, S., Gauthier, M., 2001. Imidacloprid-induced facilitation of the proboscis extension reflex habituation in the honeybee. Arco. Insect Biochem. 48, 129-134.

Latgé, JP., Papierok, B. Aphid pathogens. In: Minks, AK., Harrewijn, P., 1988. Aphids: their biology, natural enemies and control. Amsterdam: Elsevierv. 323-335.

Liu, F., Bao, SW, Song, Y., Lu, HY, Xu, JX, 2010. Effects of imidacloprid on the orientation behavior and parasitizing capacity of *Anagrus nilaparvatae*, an egg parasitoid of *Nilaparvata lugens*. Bio C ontrol 55, 473-483.

Lowery, DT, Isman, MB, 1995.Toxicity of neem to natural enemies of aphids. Phytoparasitica 23, 297-306.

Lucas, É., Giroux, S., Demougeot, S., Duchesne, RM., Coderre, D., 2004. Compatibility of a natural enemy, *Coleomegilla maculata* lengi (Col., Coccinellidae) and four insecticides used against the Colorado potato beetle (Col., Chrysomelidae). Journal of Applied Entomology.128, 233-239.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017. AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários. MAPA/CGAF/DFIA/DAS, Brasília, Brazil. URL <http://www.extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. (accessed 20.02.17).

Michaud, JP, 2002. Relative toxicity of six insecticides to *Cycloneda sanguinea* and *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). J. Entomol. Sei. 37, 82-93.

Michaud, JP, 2012. Coccinellids in biological control. In: Hodek, I., Honek, A., van Emden, HF (Eds.), Ecology and behaviour of the ladybird beetles (Coccinellidae). John Wiley & Sons, New York, pp. 488-519.

Michaud, JP., 2000. Development and reproduction of ladybeetles (Coleoptera: Coccinellidae) on the Citrus aphids Aphis spiraecola Patch and Toxoptera citricida (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae). Biological Control 18: 287-297.

Michaud, JP., Grant, AK., 2003. IPM-compatibility of foliar insecticides for citrus: Indices derived from toxicity to beneficial insects from four orders. Journal of Insect Science.

Mordue, AJ, Blackwell, A., 1993. Azadirachtin: an update. J. Insect Physiol. 39, 903-924.

Moscardini, VF, Gontijo, PC, Carvalho, GA, Oliveira, RL, Maia, JB, Silva, FF, 2013. Toxicity and sublethal effects of seven insecticides to eggs of the flower bug *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). Chemosphere 92, 490-496.

Moscardini, VF, Gontijo, PC, Michaud, JP, Carvalho, GA, 2015. Sublethal effects of insecticide seed treatments on two nearctic lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae). Ecotoxicology 24, 1152-1161.

Moser, SE, Obrycki, JJ, 2009. Non-target effects of neonicotinoid seed treatments; mortality of coccinellid larvae related to zoophytophagy. Biol. Control 51, 487-492.

Mullin, CA., Croft, BA., 1985. An update on development of selective pesticides favoring arthropod natural enemies, In Hoy, MA., Herzog, DC. (eds.), Biological control in agricultural IPM systems. Orlando, Academic Press. 123-150.

Naveed, M., Salam, A., Saleem, MA, Sayyed, AH, 2008. Effect of foliar applications of some insecticides on *Bemisia tabaci*, predators and parasitoids: implications in its management in Pakistan. Phytoparasitica, 36, 377-387.

Nelder, JA, Wedderburn, RWM, 1972. Generalized linear models. JR Stat. Soc. 135, 370-384.

Obrycki, JJ, Harwood, JD, Kring, TJ, O'Neil, RJ, 2009. Aphidophagy by Coccinellidae: application of biological control in agroecosystems. Biol. Control 51, 244–254.

Obrycki, JJ, Kring, TJ, 1998. Predaceous Coccinellidae in biological control. Annu. Rev. Entomol. 43, 295-321.

Oliveira, NC., 2003. Efeito de diferentes sistemas de manejos de plantas invasoras sobre o controle biológico e incidência de Cinara atlantica (Hemiptera: Aphididae) em Pinus taeda e biologia de coccinelídeos (Coleoptera). Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 79 f.

Oliveira, NC., Wilcken, CF., Matos, CAO., 2004. Ciclo biológico e predação de três espécies de coccinelídeos (Coleoptera: Coccinellidae) sobre o pulgão gigante-do-pinus *Cinara atlantica* (Wilson) (Hemiptera: Aphididae). Revista Brasileira de Entomologia 48: 529-533.

Ono, EK, Zanardi, OZ, Santos, KFA, Yamamoto, PT, 2017. Susceptibility of *Ceraeochrysa cubana* larvae and adults to six insect growth-regulator insecticides. Chemosphere 168, 49-57.

Pan, H., Liu, Y., Liu, B., Lu, Y., Xu, X., Qian, X., Wu, K., Desneux, N., 2014. Lethal and sublethal effects of cycloxaprid, a novel *cis* -nitromethylene neonicotinoid insecticide, on the mirid bug *Apolygus lucorum*. J. Pest Sci. 87, 731-738.

Pan, H., Yang, X., Siegfried, BD, Zhou, X., 2015. A comprehensive selection of reference genes for RT-qPCR analysis in a predatory lady beetle, *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). PLoS ONE 10(4): e0125868.

Pedigo, LP., 1988. Entomology and pest management. New York, Macmillan, 646.

Perveen, F., 2008. Effects of sublethal doses of chlorfluazuron on insemination and number of inseminated sperm in the common cutworm, *Spodoptera litura* (F.) (Lepodoptera: Noctuidae). Entomological Science, Tifton. 11, 111-121.

Pervez, A., Omkar., 2004. Prey-dependent life attributes of an aphidophagous ladybird beetle, *Propylea dissecta* (Coleoptera: Coccinellidae). Biocon. Sci. Technol. 14:385-396.

Price, PW., 1984. Insect ecology. New York: John Wiley, 2, 607.

Qian, K., Wei, XQ, Zeng, XP, Liu, T., Gao, XW, 2010. Stage-dependent tolerance of the German cockroach, *Blattella germanica* for dichlorvos and propoxur. J. Insect Sci. 10: 201.

Qureshi, JA, Stansly, PA, 2011. Three homopteran pests of citrus as prey for the convergent lady beetle *Hippodamia convergens*: suitability and preference. Environ. Entomol. 40, 1503-1510.

R Development Core Team, 2016. R: a language and environment for statistical computing. A Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Rabinovich, JE., 1978. Ecologia de poblaciones animales. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. 114.

Rahmani, S., Bandani, AR, 2013. Sublethal concentrations of thiamethoxam adversely affect life table parameters of the aphid predator, *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae). Crop Prot. 54, 168-175.

Raupp, MJ, Hardin, MR, Braxton, SM, Bull, BB, 1994. Augmentative releases for aphid control on landscape plants. J. Arboricult. 20: 241-249.

Rice, ME, Wilde, GE, 1988. Experimental evaluation of predators and parasitoids in suppressing greenbugs (Homoptera: Aphididae) in sorghum and wheat. Environ. Entomol. 17, 836-841.

Rinkevich, FD, Du, Y., Dong, K., 2013. Diversity and convergence of sodium channel mutations involved in resistance to pyrethroids. Pestic. Biochem. Phys. 106, 93-100.

Ripper, WE., Greenslade, RM., Hartley, GS., 1951. Selective insecticides and biological control. J. Econ. Entomol. 44: 448-458.

Rocha, LCD., Carvalho, GA., Moscardini, VF., Rezende, DT., 2011. Seletividade de inseticidas utilizados em cultura cafeeira para larvas de Cryptolaemus montrouzieri Mulsant. Ciência Rural, 41(6), 939-946.

Rugno, GR, Zanardi, OZ, Yamamoto, PT, 2015. Are the pupae and eggs of the lacewing *Ceraeochrysa cubana* (Neuroptera: Chrysopidae) tolerant to insecticides? J. Econ. Entomol. 108, 2630-2639.

Sattelle, DB, Yamamoto, D., 1988. Molecular targets of pyrethroid insecticides. Adv. Insect. Physiol. 20, 147-213.

Scarpellini, JR, 2008. Seletividade fisiológica de aficidas sobre joaninha *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) (Coleoptera, Coccinellidae) em algodoeiro. Arq. Inst. Biol. 75, 195-202.

Scarpellini, JR, Andrade, DJ, 2010. Avaliação do efeito de inseticidas sobre a joaninha *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville (Coleoptera: Coccinellidae) em algodoeiro. Arq. Inst. Biol. 77, 323-330.

Silva, DM, Bueno, AF, 2014. Toxicity of organic supplies for the egg parasitoid *Telenomus podisi* . Ciênc. Rural 44, 11-17.

Silva, VB., Almeida, LM., Caxambú, M. G., 2001. Levantamento de coccinelídeos (Coleoptera: Coccinellidae) importantes no controle biológico no Capão do Tigre, Curitiba, PR. In: Simpósio De Controle Biológico, 7, Poços de Caldas (MG). 291.

SILVEIRA-NETO, S. et al. 1976. Manual de ecologia dos insetos. Piracicaba: Agronômica Ceres, 419 p.

Smith, TR., Cave, RD., 2006. Pesticide susceptibility of Cybocephalus nipponicus and Rhyzobius lophanthae (Coleoptera, Cybocephalidae, Coccinellidae). Florida

Southwood, TRE, Handerson, PA, 2000. Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations. Blackwell Scientific, Oxford.

Stark, JD, Banks, JE, 2003. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. Annu. Rev. Entomol. 48, 505-519.

Stark, JD., Banks, JE., 2003. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. Annual Review of Entomology, Stanford. 48, 505-519.

Stark, JD., Vargas, R., Banks, JE., 2007. Incorporating ecologically relevant measures of pesticides effect for estimating the compatibility of pesticides and biocontrol agents. Journal of Economic Entomology, Lanham. 100, 1027-1032.

Stein, CP, Parra, JRP, 1987. Uso da radiação ultra-violeta para inviabilizar ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879) visando estudos com *Trichogramma* spp. A. Soc. Entomol. Bras. 16, 229-234.

Sterk, G., Hassan, SA, Baillod, M., Bakker, F., Bigler, F., Blumel, S., Bogenschutz, H., Boller, E., Bromand, B., Brun, J., Calis, JNM, Coremans-Pelseneer, J., Duso, C., Garrido, A., Grove, A., Heimbach, U., Hokkanen, H., Jacas, J., Lewis, G., Moreth, L., Polgar, L., Roversti, L., Samsoe-Petersen, L., Sauphanor, B., Schaub, L., Staubli, A., Tuset, JJ, Vainio, A., Van De Veire, M., Viggiani, G., Vinuela, Vogt, H., 1999. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-working group "pesticides and beneficial organisms". BioControl 44, 99-117.

Symondson, WOC, Sunderland, KD, Greenstone, MH, 2002. Can generalist predators be effective biocontrol agents? Annu. Rev. Entomol. 47, 561-594.

Tirello, P., Pozzebon, A., Duso, C., 2013. The effect of insecticides on the non-target predatory mite *Kampimodromus aberrans* : laboratory studies. Chemosphere 93, 1139-1144.

Van Den Bosh, MPS., Gutierrez, AP., 1982. The history and development of biological control. In: Van Den Bosh, MPS., Gutierrez, AP. An introduction to biological control. New York: Plenum Press. 21-36.

Van Lenteren, JC, 2000. A greenhouse without pesticides: fact or fantasy. Crop Prot. 19, 375-384.

Venzon, M., Rosado, MC, Pallini, A., Fialho, A., Pereira, CJ, 2007. Toxicidade letal e subletal do nim sobre o pulgão-verde e seu predador *Eriopis connexa* . Pesq. Agropec. Bras. 42, 627-631.

Vincent, JFV, Wegst, UGK, 2004. Design and mechanical properties of insect cuticle. Arthropod Struct. Dev. 33, 187-199.

Wang, LP., Shen, J., Ge, LQ., Wu, JC., Yang, GQ., Jahn, GC, 2010. Insecticide-induced increase in the protein content of male accessory glands and its effect on the fecundity of females in the brown planthopper *Nilaparvata lugens* Stål (Hemiptera: Delphacidae). Crop Prot. 29, 1280-1285.

Wang, XY, Shen. ZR, 2002. Effects of sublethal doses of insecticides on predation of multicolored Asian ladybird *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinelliodae). Acta Ecol. Sin. 22, 2278-2284.

Xiao, D., Zhao, J., Guo, X., Li, S., Zhang, F., Wang, S., 2015. Sublethal effect of beta-cypermethrin on development and fertility of the Asian multicoloured ladybird beetle *Harmonia axyridis* . J. Appl. Entomol. 140, 598-608.

Yao, FL., Zheng, Y., Zhao, JW., Desneux, N., He, YX., Weng, QY., 2015. Lethal and sublethal effects of thiamethoxam on the whitefly predator *Serangium japonicum* (Coleoptera: Coccinellidae) through different exposure routes. Chemosphere 128, 49-55.

Youn, YN, Seo, MJ, Shin, JG, Jang, C., Yu, YM, 2003. Toxicity of greenhouse pesticides to multicolored Asian lady beetles, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). Biol. Control 28, 164-170.

Yu, SJ, Hsu, EL, 1993. Induction of detoxification enzymes in phytophagous insects: roles of insecticide synergists, larval age, and species. Arco. Insect. Biochem. Physiol. 24, 21-32.

Zuo, Y., Wang, K., Lin, F., Li, Y., Peng, X., Piñero, Jc, Chen, M., 2016. Sublethal effects of indoxacarb and beta-cypermethrin on *Rhopalosiphum padi* (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. Fla. Entomol. 99, 445-450.