



DYRSON DE OLIVEIRA ABBADE NETO

**INSETICIDAS UTILIZADOS NO CONTROLE DE PRAGAS
DO ALGODOEIRO SÃO SELETIVOS PARA *Harmonia
axyridis* (Pallas) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)?**

**LAVRAS - MG
2017**

DYRSON DE OLIVEIRA ABBADE NETO

**INSETICIDAS UTILIZADOS NO CONTROLE DE PRAGAS DO
ALGODOEIRO SÃO SELETIVOS PARA *Harmonia axyridis* (Pallas)
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)?**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Manejo Integrado de Pragas, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho
Orientador

**LAVRAS - MG
2017**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Abbade Neto, Dyrson de Oliveira.

Inseticidas utilizados no controle de pragas do algodoeiro são seletivos para *Harmonia axyridis* (Pallas) (coleoptera: coccinellidae)? / Dyrson de Oliveira Abbade Neto. - 2017.

57 p. : il.

Orientador(a): Geraldo Andrade Carvalho.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Seletividade de Inseticidas. 2. Cotonicultura. 3. Inimigo natural. I. Carvalho, Geraldo Andrade. II. Título.

DYRSON DE OLIVEIRA ABBADE NETO

**INSETICIDAS UTILIZADOS NO CONTROLE DE PRAGAS DO
ALGODOEIRO SÃO SELETIVOS PARA *Harmonia axyridis* (Pallas)
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)?**

**ARE THE INSECTICIDES USED TO CONTROL COTTON CROP
PESTS SELECTIVE TO *Harmonia axyridis* (Pallas) (COLEOPTERA:
COCCINELLIDAE)?**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Manejo Integrado de Pragas, para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 30 de janeiro de 2017
Prof. Dr. Ronald Zanetti - UFLA
Dr. Rogério Antônio Silva - EPAMIG

Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho
Orientador

**LAVRAS - MG
2017**

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Entomologia (DEN), pela oportunidade concedida para realização do Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Dr. Geraldo Andrade Carvalho, pela sua orientação, dedicação, confiança, amizade e pelos ensinamentos, que foram muito importantes não só para a realização deste trabalho, mas também para meu crescimento profissional.

Aos membros da banca de dissertação Dr. Ronald Zanetti (UFLA) e Dr. Rogério Antônio Silva (EPAMIG/ Sul de Minas) por aceitarem o convite, bem como por suas sugestões para enriquecimento do trabalho.

Aos meus pais Dyrson Abbade Junior e Maria Teresa Machado Gardim, pelo amor, dedicação, ensinamentos e incentivos.

Ao meu irmão Henrique, primos Heitor e Daniel, e tia Ana Lucia, pela amizade, companheirismo e torcida.

Aos meus amigos do Laboratório de Seletividade, Elisa, Rafaella, Pablo, Luis, Marianne, Mariana, Brenda, Thaís, Karen, Lara, Camila, Otávio, Aline e Othon, pela harmoniosa convivência e amizade.

Aos amigos Rodrigo e Eliana (Léa), pela ajuda na condução dos experimentos, bem como pela amizade e companheirismo.

A minha família de Lavras, Julinho, D. Irene e a República Puro de Origem, pelos momentos de alegria, amizade e carinho.

Aos professores e colegas de departamento pelos ensinamentos e harmoniosa convivência.

A todos que, indiretamente ou diretamente, colaboraram para o êxito deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Em programas de manejo integrado de pragas (MIP) do algodoeiro é preconizado o uso conjunto de vários métodos de controle. Nesta cultura o bicudo destaca-se como a principal praga, visto que causa perdas expressivas na produção e exige muitas aplicações de inseticidas para seu controle que geralmente causam desequilíbrios biológicos. Uma estratégia para amenizar esses desequilíbrios é o uso de compostos seletivos. Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos de seis inseticidas registrados no MAPA para o controle de *Anthonomus grandis* sobre *Harmonia axyridis* em condições de laboratório. Ovos, larvas de terceiro ínstar, pupas e adultos de *H. axyridis* foram tratados com os produtos etiprole, etofenproxi, lambdacialotrina, lambdacialotrina + clorantraniliprole, pimetrozina e tiametoxan + clorantraniliprole via pulverização em torre de Potter, os quais foram aplicados em suas maiores concentrações recomendadas para o controle do bicudo. Após serem tratados, os insetos foram mantidos sob condições controladas de $24\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR de $70\pm 10\%$ e fotoperíodo de 12:12 (L:D) e alimentados com ovos de *Ephestia kuehniella ad libitum*. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições, sendo constituída de oito insetos ou 14 ovos. Verificou-se que o predador em suas fases iniciais de desenvolvimento (ovos e larvas) foi mais sensível aos inseticidas, seguido pelas fases de pupa e adulta. O inseticida etiprole foi o único que não causou efeito letal ao predador em nenhuma fase de desenvolvimento; entretanto, provocou alguns efeitos subletais quando aplicado em seus ovos (redução da fase larval e da reprodução). Lambdacialotrina causou alta mortalidade do predador em todas as fases de desenvolvimento que foram expostas ao produto. Em função da baixa toxicidade apresentada pelo inseticida etiprole, este composto deve ser priorizado em programas de MIP na cultura algodoeira visando a preservação da joaninha *H. axyridis*. Os demais inseticidas devem ser avaliados em condições de semicampo e campo para comprovação da toxicidade a esse predador.

Palavras-chave: Algodoeiro. Pragas. Predador. Controle Químico. Seletividade.

ABSTRACT

In integrated pest management programs (IPM) of the cotton crop, the joint use of several control methods is advocated. In this crop, the boll weevil stands out as the main pest, since it causes expressive losses in yield and demands a great deal of applications of insecticides for its control which in general causes biological disequilibrium. A strategy to reduce those disequilibriums is the use of selective compounds. Thus, the present work is intended to evaluate the effects of six insecticides registered in MAPA for control of *Anthonomus grandis* over *Harmonia axyridis* under laboratory conditions. Eggs, third instar larvae, pupae and adults of *H. axyridis* were treated with the products ethiprole, etofenprox, lambdacyhalothrin, lambdacyhalothrin + chlorantraniliprole, pymetrozine and thiamethoxam + chlorantraniliprole via spraying in Potter tower, which were applied at their highest concentrations recommended for the boll weevil control. After they were treated, the insects were maintained under controlled conditions of $24\pm 2^{\circ}\text{C}$, RH of $70\pm 10\%$ and photoperiod of 12:12 (L:D) and fed eggs of *Ephestia kuehniella ad libitum*. The completely randomized design with five replications was utilized, consisting of either eight insects or fourteen eggs. It was found that the predator in its initial developmental stages (eggs and larvae) was more sensitive to the insecticides, followed by the pupa and adult stages. The insecticide ethiprole was the only that caused no lethal effect to the predator in any developmental stage; however, it provoked some sublethal effects when applied on its eggs (reduction of the larval stage and of the reproduction). Lambdacyhalothrin caused high mortality of the predator in all the developmental stages which were exposed to the product. Due to the low toxicity presented by the insecticide ethiprole, this compound must be prioritized in IPM programs in the cotton crop aiming at the preservation of the ladybug *H. axyridis*. The other insecticides must be evaluated under semi-field and field conditions for the confirmation of the toxicity to that predator.

Key words: Cotton crop. Pests. Predator. Chemical control. Selectivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Porcentagem de eclosão de larvas a partir de ovos tratados com os inseticidas e a sobrevivência das larvas de *Harmonia axyridis* após 48 horas de sua eclosão. Letras minúsculas não diferem entre si nas barras de cor cinza pelo teste GLM “quasibinomial” ($p < 0,001$; g.l. = 6; $F = 131,52$) e letras maiúsculas não diferem entre si nas barras de cor preta pelo teste Teste de Scott-Knott ($p < 0,001$; g.l. = 6; $F = 249,42$).**33**
- Figura 2.** 2a) Larvas neonatas de *Harmonia axyridis* vivas após eclosão de ovos tratados com água ou etiprole; b) larvas neonatas mortas poucas horas após a sua eclosão de ovos tratados com tiametoxam + clorraniliprole, pimetozina e etofenproxi; c) Ovos com desenvolvimento embrionário, mas sem eclosão de larvas devido ao efeito ovicida de lambdacialotrina + clorraniliprole e lambdacialotrina. Fotos obtidas por meio de microscópio estereoscópico com aumento de 35 vezes. **33**
- Figura 3.** Porcentagem de sobrevivência de larvas de terceiro ínstar de *H. axyridis* 96 horas após o tratamento com os inseticidas. Mesmas letras não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,001$; g.l. = 6; $F=90,423$).**36**
- Figura 4.** Duração da fase larval de *Harmonia axyridis* após aplicação dos inseticidas em larvas de terceiro ínstar. Mesmas letras não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,001$; g.l. = 3; $F = 9,9089$). Para os inseticidas tiametoxam + clorraniliprole, lambdacialotrina + clorraniliprole e lambdacialotrina não sobreviveram insetos suficientes para avaliação dessa característica biológica. **36**
- Figura 5.** Pesos dos machos e de fêmeas de *Harmonia axyridis* oriundos de larvas de terceiro ínstar tratadas. Mesmas letras não diferem entre si nas barras de mesma cor pelo teste Scott-Knott ($p < 0,5498$; g.l. = 3; $F = 0,65179$) para fêmeas e para os machos ($p < 0,01$; g.l. = 3; $F = 5,3079$). Para tiametoxam + clorraniliprole, lambdacialotrina + clorraniliprole e lambdacialotrina não sobreviveram insetos suficientes para avaliar essa característica biológica. **37**
- Figura 6.** Pupa e adulto de *Harmonia axyridis* no tratamento controle: sem nenhuma deformação (6a) e adultos com élitros deformados e incapacitados de se livrarem das exúvias nos tratamentos com lambdacialotrina + clorraniliprole (6b) e lambdacialotrina (6c). Fotos obtidas por meio de microscópio estereoscópico com aumento de 25 vezes; escala referente a 1cm**41**
- Figura 7.** Curvas de sobrevivência (segundo o modelo ajustado de Weibull) para adultos de *Harmonia axyridis* provenientes de pupas tratadas com os inseticidas em torre de Potter.....**41**

Figura 8. Porcentagem de sobrevivência (a) e viabilidade dos ovos (b) de adultos de *Harmonia axyridis* tratados com os inseticidas. Mesmas letras não diferem entre si nas barras pelo teste GLM quasibinomial ($p < 0,01$; g.l.= 6; $F = 40,33$) na figura de sobrevivência. Teste de Scott-Knott ($p < 0,001$; g.l. = 4; $F = 7,219$) foi usado na figura de viabilidade dos ovos. Utilizou-se no mínimo cinco casais por tratamento para o teste de viabilidade de ovos. Não foi possível obter insetos suficientes para realizar essas análises para os tratamentos com lambdacialotrina + clorantraniliprole e lambdacialotrina, devido a alta mortalidade causada pelos inseticidas..... **42**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características dos inseticidas utilizados em algodoeiro que foram avaliados nos bioensaios com a joaninha *Harmonia axyridis*. **28**

Tabela 2. Duração das fases larval e pupal (dias), peso dos adultos formados (mg), período de pré-oviposição (dias), fecundidade e viabilidade dos ovos de adultos de *Harmonia axyridis* oriundos de ovos do predador tratados com o inseticida etiprole via torre de Potter. **34**

Tabela 3. Duração (dias) e sobrevivência das pupas (%), período de pré-oviposição (dias), fecundidade total por fêmea e viabilidade dos ovos (%) de adultos de *Harmonia axyridis* oriundos de larvas de terceiro ínstar que foram tratadas com os inseticidas via torre de Potter..... **38**

Tabela 4. Duração do período pupal (dias), emergência (%), período de pré-oviposição (dias), fecundidade total e viabilidade dos ovos (%) de *Harmonia axyridis* oriundos de pupas tratadas com os inseticidas via torre de Potter.**40**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	15
3 HIPÓTESES	16
4 REFERENCIAL TEÓRICO	17
4.1 Aspectos bioecológicos de coccinelídeos	17
4.2 Controle biológico utilizando <i>H. axyridis</i>	19
4.3 Aspectos gerais de seletividade.....	20
4.4 Efeito de inseticidas sobre <i>H. axyridis</i>	22
4.5 Características dos inseticidas utilizados nos bioensaios	25
4.5.1. Lambdacialotrina	25
4.5.2 Clorantraniliprole	25
4.5.3. Tiametoxam.....	25
4.5.4. Etofenproxi.....	26
4.5.5 Pimetrozina	26
4.5.6 Etiprole	26
5 MATERIAL E MÉTODOS	27
5. 1 Coleta e criação de <i>H. axyridis</i>	27
5.2 Tratamentos avaliados e técnica de aplicação	27
5.3 Efeito da aplicação dos inseticidas sobre ovos de <i>H. axyridis</i>	28
5.4 Efeito da aplicação dos inseticidas sobre larvas de <i>H. axyridis</i>	29
5.5 Efeito da aplicação dos inseticidas sobre pupas de <i>H. axyridis</i>	30
5.6 Efeito da aplicação dos inseticidas sobre adultos de <i>H. axyridis</i>	30
5.7 Análise dos dados.....	31
6 RESULTADOS	32
6.1. Efeito da aplicação dos inseticidas sobre ovos de <i>H. axyridis</i>	32
6.2. Efeito da aplicação dos inseticidas sobre larvas de <i>H. axyridis</i>	35
6.3. Efeito da aplicação dos inseticidas sobre pupas de <i>H. axyridis</i>	39
6.4. Efeito da aplicação dos inseticidas sobre adultos de <i>H. axyridis</i>	42
7 DISCUSSÃO	43
8 CONCLUSÃO	48
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	49
10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1 INTRODUÇÃO

O algodoeiro, *Gossypium hirsutum* Linnaeus é uma das culturas mais importantes do mundo, sendo cultivado em mais de 80 países e gera movimentação financeira mundial estimada em 30 bilhões de dólares. O Brasil foi responsável por aproximadamente 7 bilhões de dólares em 2015, se enquadrando entre os cinco maiores produtores mundiais. Entre os produtos de maior relevância econômica no mercado interno estão fios, tecidos, malhas, torta, farelo, caroço, biodiesel, óleo bruto e fibra. Referente ao mercado internacional, o Brasil tem forte presença na exportação de pluma, tecidos, malhas, fios e línter (ANUÁRIO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 2015).

Os principais estados produtores de algodão no Brasil são Mato Grosso e Bahia, produzindo em torno de 86% da produção nacional, seguidos pelos estados do Mato Grosso do Sul e Goiás. Na safra 2016/17 a expectativa de plantio nacional deverá situar-se em torno de 950 mil hectares (CONAB, 2016).

A cotonicultura está entre as atividades agrícolas com maior custo de produção; no Brasil o gasto com insumos agrícolas representa cerca de 55% do total da produção, sendo que 25% deste total é destinado exclusivamente na compra de inseticidas (SANTOS, 2013). Apesar de ocupar menos de 2% da área plantada mundialmente, no algodoeiro são gastos, anualmente, em torno de 25% de todos os inseticidas utilizados na agricultura. A atratividade da planta de algodão aos insetos ocorre por inúmeros fatores, tais como longo período de desenvolvimento da lavoura, que pode durar por mais de seis meses e o cultivo em áreas extensas. Além disso, existem fatores ligados diretamente à planta, como a presença de estruturas vegetativas e reprodutivas vistosas, bem como presença de semioquímicos. Estes fatores estimulam a sua colonização por insetos pragas, inimigos naturais e outros artrópodes (MIRANDA et al., 2008; HEGDE et al., 2011).

Dentre os artrópodes pragas que atacam o algodoeiro no Brasil, destacam-se a lagarta rosca, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1767) (Lepidoptera: Noctuidae); lagarta-da-maçã, *Heliothis virescens* (Fabricius, 1781) (Lepidoptera: Noctuidae); curuquerê, *Alabama argillacea* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae); lagarta rosada, *Pectinophora gossypiella* (Saunders, 1843) (Lepidoptera: Gelechiidae); pulgões, *Aphis gossypii* (Glover, 1877) e *Myzus persicae* (Sulzer 1778) (Hemiptera: Aphididae); bicudo, *Anthonomus grandis*

(Boheman, 1843) (Coleoptera: Curculionidae); ácaros, *Tetranychus urticae* (Koch 1836), *Tetranychus ludeni* (Zacher, 1913) (Acari: Tetranychidae) e *Polyphagotarsonemus latus* (Banks, 1904) (Acari: Tarsonemidae), e mosca-branca (*Bemisia tabaci* biótipo B) (Hemiptera: Aleyrodidae) (GALLO et al., 2002; RODRIGUES et al., 2007).

Dentre as diversas pragas presentes na cultura, o bicudo-do-algodoeiro, *A. grandis* é considerado uma das principais pelos danos causados e pela dificuldade de controle. O bicudo foi relatado no Brasil pela primeira vez em 1983, atacando botões florais de lavouras de algodão localizadas nos arredores do aeroporto de Viracopos, na região de Campinas no Estado de São Paulo (HABIB et al., 1983). Este inseto praga provoca sérios danos, como queda anormal de botões florais e flores, além de impedir a abertura dos frutos, destruindo-os internamente. Devido ao ataque do bicudo, a lavoura tem sua produtividade comprometida, com as plantas apresentando grande desenvolvimento vegetativo, mas sem produção. A época de ocorrência dessa praga na cultura do algodoeiro vai dos 50 dias após a emergência das plantas até o final do desenvolvimento da cultura (GALLO et al., 2002).

A fim de garantir a produção das lavouras, tornam-se necessárias muitas aplicações de inseticidas para o controle do bicudo. Dentre os compostos utilizados, destacam-se Malathion 1000 (organofosforado), Paracap 350SC (organofosforado), Fipronil Nortox 800WG (pirazol), Singular (pirazol), Karate Zeon 250SC (piretroide), Fury 400 (piretroide) e Marshal Star (metilcarbamato) (TAMAI, M. A. - comunicação pessoal, 2016).

Estudos de custo de produção da safra de 2013/14 mostraram que o gasto com inseticidas chegaram a R\$ 1.625,26 por hectare o que representa mais de 20% do custo de produção (IMEA, 2015), e mesmo com todo esse investimento, nos últimos 15 anos o bicudo provocou prejuízos em todo o Brasil da ordem de R\$ 1,5 bilhão (AGOPA, 2015).

Além do bicudo, os pulgões também são considerados importantes pragas do algodoeiro, destacando-se as espécies *A. gossypii* e *M. persicae*, pois além de causarem danos diretos, podem ser transmissores de doenças viróticas como o azulão e o vermelhão, sendo esta última considerada a principal doença virótica do algodão no Brasil. Todas as cultivares brasileiras são suscetíveis a esta doença, podendo sofrer perdas de produção (HILLOCKS et al., 1992; GALLO et al., 2002).

O uso de inseticidas para o combate de *A. grandis* e dos pulgões pode reduzir populações de inimigos naturais presentes na cultura do algodoeiro e causar aumento populacional de outras pragas. Dentre os inimigos naturais presentes na cultura algodoeira e

que são predadores de pulgões, se destacam os coccinelídeos (CARDOSO et al., 2003; RIBEIRO, 2007). Uma espécie comum na cotonicultura é *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) que apresenta grande potencial como agente de controle biológico de pulgões (LANZONI et al., 2004). No Brasil, a presença deste coccinelídeo foi observada pela primeira vez em 2002 na região Sul e em 2005 na região Nordeste (ALMEIDA et al., 2002; MARTINS et al., 2006). Estudos demonstraram que esse coccinelídeo é um eficiente controlador de colônias de pulgões *A. gossypii* em pimentão; o mesmo ocorrendo na cultura do algodoeiro (IGUCHI et al., 2012).

Apesar de muitos inseticidas causarem efeitos negativos sobre inimigos naturais, como as joaninhas, existem compostos seletivos, ou seja, aqueles tóxicos para as pragas e inofensivos para os organismos benéficos. A seletividade pode ser classificada como fisiológica quando é inerente ao composto, ou seja, devido às suas características físico-químicas podem ser menos tóxicos aos organismos benéficos, ou ecológica, quando se baseia em diferenças comportamentais entre as pragas e seus inimigos naturais (CARVALHO et al., 2002).

Os estudos do impacto de inseticidas sobre inimigos naturais são de extrema importância para a integração dos métodos de controle biológico e químico, sendo necessária a avaliação dos efeitos letal e subletal sobre predadores e parasitoides para a determinação do efeito total da aplicação de inseticidas para estes artrópodes (DESNEUX et al., 2007). Os efeitos subletais são definidos como aqueles que ocorrem com os espécimes sobreviventes à exposição dos inseticidas e podem se manifestar reduzindo o tempo de vida, a fecundidade, viabilidade de ovos, sobrevivência dos insetos da geração seguinte, mudanças na razão sexual e ou alterações no seu comportamento (DESNEUX et al., 2004; BAYRAM et al., 2010).

Considerando que o controle do bicudo do algodoeiro e de pulgões é feito com várias aplicações de inseticidas, é de suma importância que os compostos apresentem algum tipo de seletividade. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a seletividade de inseticidas utilizados no controle do *A. grandis* para o predador *H. axyridis*.

2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar os efeitos dos inseticidas sobre o período embrionário, eclosão, duração da fase larval e pupal, sobrevivência das pupas, deformação nos adultos, razão sexual, peso dos adultos, fecundidade e viabilidade das posturas da primeira geração de *H. axyridis* a partir de ovos tratados;

Avaliar os efeitos dos inseticidas sobre a sobrevivência, duração da fase larval e pupal, sobrevivência das pupas, deformação nos adultos, fecundidade e viabilidade das posturas da primeira geração de *H. axyridis* a partir de larvas tratadas;

Avaliar os efeitos dos inseticidas sobre a duração da fase pupal, sobrevivência das pupas, sobrevivência após emergência, deformação nos adultos, fecundidade e viabilidade das posturas da primeira geração de *H. axyridis* a partir de pupas tratadas;

Avaliar os efeitos dos inseticidas sobre a sobrevivência, fecundidade e viabilidade das posturas da primeira geração de *H. axyridis* a partir de adultos tratados.

3 HIPÓTESES

- Os inseticidas causam prolongamento do período embrionário, quando aplicados em ovos do predador;
- Os inseticidas causam redução na eclosão de larvas, quando aplicados em ovos do predador;
- A duração do período pupal e larval é afetada negativamente com a aplicação dos inseticidas em ovos do predador;
- Os inseticidas aplicados sobre ovos do predador causam efeito negativo sobre a sobrevivência das pupas, deformação nos adultos, razão sexual, peso dos adultos, fecundidade e viabilidade das posturas da primeira geração;
- Os inseticidas quando aplicados em larvas do predador causam redução na sobrevivência;
- Os inseticidas quando aplicados em larvas do predador causam efeitos negativos na duração do período larval;
- Os inseticidas quando aplicados em larvas do predador afetam negativamente a duração do período pupal e a sobrevivência das pupas;
- Os inseticidas quando aplicados em larvas do predador causam deformação nos adultos;
- Os inseticidas quando aplicados em larvas do predador causam redução na fecundidade e viabilidade das posturas da primeira geração;
- Os inseticidas quando aplicados em pupas do predador causam redução na duração da fase pupal e sobrevivência das pupas;
- Os inseticidas quando aplicados em pupas do predador reduzem a sobrevivência dos adultos;
- Os inseticidas quando aplicados em pupas do predador causam deformação nos adultos;
- Os inseticidas quando aplicados em pupas do predador causam redução na fecundidade e viabilidade das posturas da primeira geração;
- Os inseticidas quando aplicados em adultos do predador causam redução na sobrevivência;
- Os inseticidas quando aplicados em pupas do predador causam redução na fecundidade e viabilidade das posturas da primeira geração.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Aspectos bioecológicos de coccinelídeos

A ordem Coleoptera possui mais de 300 mil espécies catalogadas, sendo o maior agrupamento de insetos que se distinguem facilmente das outras ordens pela presença de élitros e pela forte esclerose do exoesqueleto. Diversas espécies são fitófagas e consideradas pragas; porém existem aquelas que são úteis, como as joaninhas, da família Coccinellidae, que são predadoras de muitas pragas agrícolas, como por exemplo, pulgões, cochonilhas, moscas-brancas, ácaros e outros insetos de pequeno porte (GALLO et al., 2002).

A família Coccinellidae é composta por pequenos coleópteros, com cerca de 6.000 espécies no mundo, distribuídas em seis subfamílias (Coccidulinae, Coccinellinae, Scymninae, Chilocorinae, Sticholotidinae e Epilachninae) e 360 gêneros. Com exceção dos micófagos Coccinellinae (Halyziini e Tythaspis) e dos fitófagos Epilachninae, todos os outros coccinelídeos são predadores de insetos e ácaros (VANDENBERG, 2002).

Os coccinelídeos são holometabólicos, apresentando metamorfose completa, com desenvolvimento a partir de ovo, seguido dos estágios larval, pupal e adulto.

São encontrados em todos os tipos de ecossistemas terrestres, sejam em tundras, cerrados, florestas, planícies ou montanhas (KOCH, 2003). São predadores em todas as fases de desenvolvimento, tanto nas fases de larva quanto adulta, apresentando intensa atividade na busca por alimento (OLIVEIRA et al., 2004). A média de duração de cada estágio é de 2,8 dias para eclosão, 10,2 dias de desenvolvimento larval e 4,5 dias de desenvolvimento pupal (LAMANA, 1998).

Entre as espécies de coccinelídeos, *H. axyridis* é uma joaninha multicolorida nativa da Ásia. Sua ocorrência natural é no sul da Sibéria, a partir das montanhas do Altai até o Pacífico, incluindo a Manchúria, China, Japão, Coréia e Mongólia (DOBZHANSKY 1933; KOCH, 2003).

De acordo com Brown et al. (2008), a joaninha *H. axyridis* tem se tornado, particularmente desde 2002, o coccinelídeo mais amplamente distribuído na Europa, devido, principalmente, à sua rápida propagação. Isto se deu ao fato de que esta espécie foi comercializada por várias empresas de controle biológico a partir de 1995 na França, Bélgica e Holanda, e também foi introduzida intencionalmente em pelo menos outros nove países. Atualmente, se encontra estabelecida em cerca de treze países europeus.

Em 1916, na América do Norte, as primeiras liberações intencionais para controle biológico de afídeos começaram na Califórnia. Posteriormente, ocorreram introduções mais frequentes nos EUA e no Canadá durante os anos 1970 e 1980 (GORDON, 1985) e depois estendeu-se por todo o Canadá e México (KOCH et al., 2006).

Na América do Sul, *H. axyridis* foi introduzida pela primeira vez na Argentina, no final de 1990 (SAINI, 2004). De acordo com Almeida e Silva (2002), *H. axyridis* foi observada pela primeira vez no Brasil em 2002, na cidade de Curitiba, alimentando-se de *Tinocallis kahawaluokalani* (Kirkaldy, 1907) (Hemiptera: Aphididae) em extensa *Lagerstroemia indica* Linnaeus (Lythraceae), espécie muito utilizada na arborização urbana, e em cultivos de *Pinnus* spp. predando as espécies de pulgões *Cinara atlantica* (Wilson, 1919) e *Cinara pinivora* (Wilson, 1919) (Hemiptera: Aphididae).

Em Minas Gerais, a espécie foi encontrada pela primeira vez em 2006, em Viçosa. Foi observada em alguns quintais em plantas de *Brassica oleracea* (Brassicaceae), *Citrus aurantifolia* (Rutaceae), *Leucaena leucocephala* (Fabaceae: Mimosoidae) e *Rosa* sp. (Rosaceae). Na maioria destas plantas, *H. axyridis* se alimentou de pulgões, enquanto que em *L. leucocephala* foi observada predando *Heteropsylla cubana* (Crawford, 1914) (Homoptera: Psyllidae) (REZENDE et al., 2010).

O ovo deste predador mede cerca de 1,2 mm de comprimento, tem formato oval e quando recém-ovipositado é de coloração amarelo-claro e com a maturação vai se tornando amarelo mais escuro. Aproximadamente 24 horas antes da eclosão das larvas, os ovos se tornam cinza escuros (EL-SEBAEY et al., 1999).

Suas larvas são do tipo campodeiforme, cobertas por protuberâncias chamadas de lobos. Os ínstar são diferenciados com base na coloração. Larvas recém-eclodidas têm geralmente uma coloração escura. O segundo ínstar é semelhante ao primeiro, exceto pela coloração laranja nas áreas no dorso lateral do primeiro e segundo segmentos abdominais. No terceiro ínstar, a coloração laranja cobre a área dorsal e dorso lateral do primeiro segmento abdominal. O quarto ínstar tem as mesmas marcações alaranjadas do terceiro ínstar; no entanto, os lobos das áreas dorsais do quarto e quinto segmentos abdominais também são de coloração laranja (SASAJI, 1977; RHOADES, 1996, EL-SEBAEY et al., 1999).

As pupas são livres e a exúvia do quarto ínstar permanece ligada à extremidade posterior da pupa, onde é fixada ao substrato (SAVOISKAYA et al., 1973). O adulto de *H.*

axyridis possui o corpo oval e convexo e a coloração é variável. A cabeça pode ser preta, amarela ou amarela com marcações pretas (SASAJI, 1971). O élitro pode variar, sendo amarelo-laranja até vermelho, com nenhum ou até 19 pintas pretas ou também pode ser de coloração preta com pintas vermelhas (CHAPIN, 1965). A variação de cores de *H. axyridis* se deve à temperatura e pode também ser resultado de diferenças em sua constituição fenotípicas devido aos ambientes em que as joaninhas foram expostas (SEO et al., 2008).

4.2 Controle biológico utilizando *H. axyridis*

Na literatura, são registradas para *H. axyridis* cerca de 77 espécies de presas, encontradas em aproximadamente 82 espécies de plantas, pertencentes a 36 diferentes famílias botânicas, das quais Asteraceae, Pinaceae, Fabaceae e Rosaceae são as com o maior número de relações tritróficas (KOCH et al., 2006; MARTINS, 2008).

Esse amplo espectro de presas e plantas hospedeiras contribuem para que essa espécie de joaninha seja considerada um importante agente de controle biológico, principalmente de pulgões. Em trabalho realizado no Japão, foi demonstrado que a liberação da joaninha asiática foi eficiente para controlar pulgões da espécie *A. gossypii* e *M. persicae* em campos de produção de pimentão (IGUCHI et al., 2012). Brown (2010) realizou uma pesquisa no estado da Virginia Ocidental – EUA, visando ao controle do pulgão *Aphis spiraecola* Patch, 1914 (Hemiptera: Aphididae) em pomares de macieira (*Malus domestica* Borkh). Para avaliar a eficiência no controle de pulgão, parte das plantas infestadas foi revestida por gaiolas e no interior destas foram liberadas diferentes quantidades de *H. axyridis*, sendo que a outra parte foi mantida descoberta para que ocorresse predação ou parasitismo naturalmente. Constatou que as colônias de pulgão foram eliminadas mais rápido dentro das gaiolas, com apenas joaninhas, do que as plantas descobertas com presença de variados inimigos naturais.

Uma das principais pragas da cultura da soja nos Estados Unidos é o pulgão *Aphis glycines* Matsumura (Hemiptera: Aphididae), que geralmente tem sua população reduzida pela presença de joaninhas. A espécie *H. axyridis* foi encontrada representando 25% do total de predadores presentes na lavoura, além de outros inimigos naturais, tais como *Orius insidiosus* (Says) (Hemiptera: Anthocoridae) e *Leucopis* spp. (Diptera: Chamaemyiidae) (FOX et al., 2004). Segundo Koch et al. (2016) e Landis et al. (2004) a espécie *H.*

axyridis pode causar redução significativa (21% a 95%) da população desse pulgão na cultura da soja.

Em levantamentos populacionais de inimigos naturais realizados nos Estados Unidos, na cultura do milho, foi verificado que após 10 anos do aparecimento da *H. axyridis*, essa espécie passou a ser o predador de maior abundância (até 77% dos coccinelídeos presentes) em alguns estados, como o de Minnesota (KOCH et al., 2003).

Apesar de vários trabalhos mostrarem o potencial de eficiência da *H. axyridis* no controle biológico de pragas, também existem linhas de pesquisa que demonstram o risco em relação à predação intraguilida sobre outras espécies de joaninhas, tais como *Coccinella septempunctata* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae) e *Adalia bipunctata* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae). Devido à maior agressividade, a joaninha asiática apresentou alta capacidade de predação intraguilida (predando ovos e larvas) em experimentos de semicampo, podendo colocar em risco a população natural das outras duas espécies de joaninhas. No entanto, ainda são necessários mais experimentos em condições de campo para comprovação dessa competitividade (RAAK-VAN DEN BERG et al., 2012).

4.3 Aspectos gerais de seletividade

Os controles biológico e químico ocupam posições de destaque em programas de manejo integrado de pragas, auxiliando na manutenção de populações de artrópodes pragas abaixo do nível de dano econômico (YAMAMOTO et al., 2003). No entanto, inseticidas utilizados no controle de pragas agrícolas podem causar diversos problemas, como a seleção de populações resistentes, contaminação ambiental, aumentos de custo de produção e a morte de inimigos naturais (METCALF, 1980).

A redução de populações de insetos benéficos causada por inseticidas não seletivos pode causar sérios problemas para sistemas agrícolas em todo o mundo. Predadores e parasitoides podem ser contaminados com os inseticidas via contato ou ingestão do hospedeiro, presa, néctar e pólen das flores. Os efeitos negativos dos inseticidas nos organismos podem ser classificados em agudo e crônico. Na intoxicação aguda, os efeitos podem ser observados logo após seu uso, em um curto período de tempo, enquanto na intoxicação crônica os sintomas aparecem meses ou até mesmo, anos depois da exposição do insetos ao produto (JEPSON, 1989; WALKER et al. 2001; FERNANDES et al., 2008).

A seletividade dos inseticidas aos inimigos naturais pode ser classificada como fisiológica, quando é inerente ao composto, ou seja, devido às suas características físico-químicas, podendo ser menos tóxicos aos organismos benéficos ou ecológica quando se baseia em diferenças comportamentais entre as pragas e seus inimigos naturais (CARVALHO et al., 2002).

Para que haja sucesso em programas de controle biológico de pragas é necessário intensificar o uso de inseticidas seletivos que controlem as pragas-alvo com eficiência, mas que apresentem o menor impacto possível sobre inimigos naturais nas mesmas condições em que as pragas são controladas. A seletividade de inseticidas a organismos benéficos permite a compatibilização dos métodos químico e biológico para a maioria das culturas. Desta forma, para que os objetivos do MIP sejam alcançados, inseticidas, acaricidas, herbicidas, fungicidas entre outros produtos químicos e biológicos devem ser inofensivos ou apresentar baixa toxicidade aos inimigos naturais (DEGRANDE et al., 2002).

Yamamoto e Bassanezi (2003) apresentaram resultados dos principais trabalhos a respeito de seletividade de produtos fitossanitários para os mais importantes inimigos naturais de pragas da cultura de citros. Os autores descreveram que em função da praga-alvo de controle, os técnicos podem escolher o produto que tenha menor impacto sobre os inimigos naturais. Desta forma, será possível reduzir o uso de produtos fitossanitários que causam problemas aos inimigos naturais presentes em lavouras de citros.

Fernandes et al. (2010) realizaram estudos referentes à seletividade de inseticidas para predadores e parasitoides. Descreveram três diferentes tópicos que devem ser abordados quanto à seletividade visando menores desequilíbrios biológicos: (i) reconhecimento das principais pragas agrícolas e seus inimigos naturais, (ii) estudo do impacto dos inseticidas sobre os predadores e parasitoides e (iii) uso de produtos seletivos aos inimigos naturais. Alertaram que antes de realizar a pulverização, é necessário escolher um produto que seja eficiente no controle das pragas e ao mesmo tempo seletivo aos inimigos naturais. É indispensável identificar corretamente os grupos e espécies de inimigos naturais, pois os inseticidas podem causar impacto na sobrevivência, crescimento, desenvolvimento, reprodução (dimorfismo sexual, fecundidade, longevidade e fertilidade) e comportamento (mobilidade, orientação, alimentação e oviposição) dos insetos. A seletividade dos inseticidas pode estar relacionada com características específicas, tais como alta ou baixa solubilidade e peso molecular (YU, 2008).

Os inseticidas são muito utilizados como ferramenta para o controle de afídeos em diversas culturas de importância econômica. No entanto, outros métodos de controle vêm sendo desenvolvidos, como o controle biológico; entretanto, os inseticidas químicos podem limitar este desenvolvimento caso não sejam compatíveis com os inimigos naturais (GRAVENA, 1992; NAUEN et al., 2005). Uma forma de favorecer a conservação dos inimigos naturais é por meio do uso de inseticidas seletivos (GALVAN et al., 2006).

4.4 Efeito de inseticidas sobre *H. axyridis*

Os efeitos de inseticidas, utilizados para o controle de pulgões em pomares de macieira, sobre o predador *H. axyridis*, foram avaliados por CHO et al. (1997). Larvas e adultos da joaninha foram tratados com os inseticidas via aplicação tópica por meio de microseringa e foi demonstrado que deltametrina e esfenvalerato foram os mais tóxicos, e que deltametrina e alfametrina se comportaram como menos tóxicos. Todos os produtos avaliados foram mais tóxicos para os afídeos do que para o inimigo natural.

Em trabalho realizado por Youn et al. (2003), em casa de vegetação, foi avaliada a toxicidade de 12 pesticidas (acetamipride, etofenprox, imidaclopride, tiametoxam e outros) para *H. axyridis* em diferentes estágios de desenvolvimento. Verificou-se que ovos do predador expostos a acetamipride ou imidaclopride não apresentaram eclosão de larvas; enquanto que quando expostos a etofenprox ou tiametoxam tiveram 26,5% e 92,5% de viabilidade. Quando larvas de primeiro e segundo ínstar do predador foram tratadas com acetamipride, etofenprox e imidaclopride a taxa de sobrevivência foi zero. Porém, 40-60% do primeiro ínstar e 100% de larvas de segundo ínstar sobreviveram ao tratamento com tiametoxam. Quando larvas de terceiro e quarto ínstar foram expostas a acetamipride ou etofenprox, não ocorreram sobreviventes, enquanto que imidaclopride e tiametoxam foram considerados como levemente nocivos.

Musser e Shelton (2003) estudaram o impacto de inseticidas usados na cultura do milho sobre a joaninha asiática. Em ensaios de campo, verificou-se que o milho transgênico ou o inseticida espinosade foram menos tóxicos para *H. axyridis* em comparação com o piretroide lambdacialotrina e que o imidaclopride foi classificado como moderadamente tóxico ao predador.

Galvan et al. (2005a) verificaram os efeitos de inseticidas utilizados nas culturas do milho e da soja sobre a joaninha asiática, sob condições de laboratório e de campo. A densidade de joaninhas em parcelas de milho tratadas via pulverização com espinosade e indoxacarbe não se diferenciou daquela onde não foram feitas pulverizações; entretanto, onde foram aplicados os inseticidas clorpirifós, carbaril, bifentrina e alfacialotrina a densidade populacional reduziu significativamente. Em soja, as densidades de larvas de *H. axyridis* em parcelas tratadas com clorpirifós foram maiores que em parcelas tratadas com alfacialotrina. Nos ensaios de laboratório foi avaliada a toxicidade aguda para ovos, larvas de primeiro e terceiro ínstares, pupas e adultos do predador. Espinosade, seguido de indoxacarbe foram os inseticidas com toxicidade mais baixa para todas as fases de desenvolvimento do inimigo natural.

Dois agonistas de ecdisônio, halofenozida e metoxifenozida, pertencentes ao grupo de reguladores de crescimento dos insetos, em diferentes concentrações, foram avaliados quanto aos seus efeitos sobre *H. axyridis* em seu último ínstar, em condições de laboratório. Ambos foram tóxicos nas concentrações de 25, 50 e 100 mg do produto comercial por litro de água, provocando indução prematura de muda larval, inibição da alimentação e pupação incompleta. Nas maiores concentrações (500 e 1000 mg/L), os compostos causaram as maiores mortalidades (CARTON et al., 2003).

A seletividade de produtos fitossanitários utilizados em plantações de lúpulo foi avaliada para larvas de *H. axyridis* em condições de laboratório. Os inseticidas bifentrina, diazinon, dimetoato, metomil, carbaril, malatiom e fosmete causaram 100% de mortalidade quando aplicados nas dosagens recomendadas para a cultura. Pirimicarbe e endosulfan foram os inseticidas menos tóxicos, com médias de mortalidade de 6,7 e 11,0%. Tiametoxam também causou baixa mortalidade, enquanto imidaclopride e clorpirifós foram altamente tóxicos, com mortalidades de cerca de 80% (JAMES, 2003).

A toxicidade dos inseticidas indoxacarbe e espinosade para larvas de terceiro ínstar e adultos de *H. axyridis* foi avaliada por Galvan et al. (2006). Os autores testaram três formas de exposição aos inseticidas, sendo elas aplicadas diretamente nos insetos (aplicação tópica), sobre placas de Petri (efeito residual) ou sobre pulgão da soja (efeito de ingestão). A mortalidade de espécimes expostos em cada estágio de desenvolvimento foi registrada 2 e 7 dias após aplicação dos tratamentos. Esses compostos demonstraram baixa toxicidade a este inimigo natural em aplicação tópica; porém, a mortalidade das larvas foi maior quando *H.*

axyridis foi exposta a ambos os inseticidas via placas de Petri tratadas (residual), seguido de pulgões tratados. Para os adultos do predador, indoxicarbe foi tóxico em aplicação tópica e na forma residual; enquanto espinosade se mostrou nocivo em todas as formas de exposição. Concluíram que o inseticida indoxicarbe pode causar decréscimo de populações de *H. axyridis* em condições de campo, pois causou mortalidade de larvas de terceiro ínstar e adultos, via todas as formas de exposição.

Kraiss e Cullen (2008) avaliaram os efeitos dos inseticidas piretrina, “insecticidal soap” e óleo mineral, utilizados em cultivo orgânico sobre o predador *H. axyridis*. O experimento foi realizado em condições de laboratório, sendo que os compostos foram pulverizados por meio de torre de Potter e avaliou-se a mortalidade dos insetos após 72 horas. Observou-se que o inseticida piretrina foi altamente tóxico para larvas de primeiro ínstar (mortalidade de 98%), mas não teve efeito sobre as de terceiro ínstar, pupas e adultos. O óleo mineral e “insecticidal soap” foram moderadamente tóxicos para larvas de primeiro (mortalidades de 48,9% e 40%) e terceiro ínstars (mortalidades de 31,9% e 38,8%), e não provocaram efeitos negativos sobre pupas e adultos do predador.

Avaliou-se a seletividade dos inseticidas clorpirifós e tebufenozida para a joaninha *H. axyridis* nos estágios de ovo, larva de terceiro ínstar e adulto, em condições de laboratório e campo. Verificaram que clorpirifós apresentou efeito ovicida e quando aplicado sobre larvas, causou 100% de mortalidade após as primeiras 24 horas de exposição e afetou negativamente o desenvolvimento de insetos adultos. Tefubenoziide não provocou efeitos sobre os ovos. Nenhuma larva morreu quando tebufenozide foi usado e os adultos não foram mortos até 72 horas de sua aplicação (QUIÑONES-PANDO et al., 2009).

A seletividade de produtos registrados para o controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho foi avaliada por Amâncio et al. (2014), sendo que os inseticidas imidacloprido + betaciflutrina, tiametoxam + lambdacialotrina e *Bacillus thuringiensis* aizawaigc foram aplicados em adultos de *H. axyridis*. Foi observado que o produto à base de tiametoxam + lambdacialotrina causou 100% de mortalidade logo nas primeiras 24 horas de avaliação, sendo classificado como nocivo. A mistura de imidacloprido + betaciflutrina provocou 70% de mortalidade às 24 horas e 100% às 168 horas de sua aplicação. O inseticida biológico *B. thuringiensis* aizawaigc causou mortalidade de cerca de 90% às 168 horas e foi classificado como moderadamente nocivo.

4.5 Características dos inseticidas utilizados nos bioensaios

Os principais inseticidas utilizados no controle de pragas da cultura algodoeira pertencem aos grupos químicos piretroide, organofosforado e pirazol; no entanto, no presente trabalho também foram avaliados compostos de outros grupos químicos que são recomendados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

O controle de pragas na cultura algodoeira é realizado por meio de um grande número de inseticidas, os quais podem apresentar largo espectro de ação, devido às diferentes características químicas, tipos de formulação, peso molecular e solubilidade em água.

4.5.1. Lambdacialotrina

Pertence ao grupo químico dos piretroides e age por contato e ingestão, atuando como modulador de canais de sódio junto ao sistema nervoso dos insetos. Apresenta log Kow igual a 7, peso molecular de 449,85 g/mol e solubilidade em água de 5×10^{-3} g/L em pH = 7 (YU, 2008). As marcas comerciais avaliadas no presente estudo foram Karate Zeon[®] 250 SC e Ampligo[®], ambas comercializadas pela empresa Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.

4.5.2 Clorantraniliprole

Pertence ao grupo químico das diamidas, recém lançado no mercado e age nos moduladores dos receptores de rianodina, apresentando efeito de contração muscular por meio da liberação de cálcio intracelular. Apresenta log Kow = 2,80; solubilidade em água de 0,972 mg/L e peso molecular de 483,15 g/mol. (FAO, 2016a) Os produtos comerciais usados no presente trabalho foram Ampligo[®] e Voliam flexi[®], ambos comercializados pela Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.

4.5.3. Tiametoxam

Pertence ao grupo químico dos neonicotinoides; se transloca de forma sistêmica nos vasos lenhosos das plantas e age por contato e ingestão, atuando no sistema nervoso dos insetos como agonista de receptores nicotínicos do neurotransmissor acetilcolina. O peso molecular desta molécula é de 291,7 g/mol, apresenta solubilidade em água de 4,1 g/L e log

Kow = -0,13 (YU, 2008). O produto comercial utilizado foi o Voliam Flexi[®] comercializado pela empresa Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.

4.5.4. Etofenproxi

Pertence ao grupo químico de éter difenílico (éter piretroide); é um inseticida de contato que atua sobre o sistema nervoso dos insetos como moduladores de canais de sódio, de forma semelhante aos piretroides. Apresenta solubilidade em água de $22,5 \times 10^{-6}$ g/L; log Kow = 6,9 e peso molecular de 376,5 g/mol. (FAO, 2016b). O produto comercial utilizado no presente estudo foi o Safety[®], comercializado pela IharaBras S.A. Indústrias Químicas.

4.5.5 Pimetrozina

Pertence ao grupo químico piridina azometina; atua paralisando a glândula salivar, tornando-se um bloqueador da alimentação. Essa substância tem solubilidade em água de 290 mg/L; log Kow de -0,18 e peso molecular de 217,096 g/mol. (TOMLIN, 1997). O produto comercial utilizado foi o Chess[®] 500 WG, comercializado pela empresa Syngenta Proteção de Cultivos Ltda.

4.5.6 Etiprole

Pertence ao grupo químico dos fenilpirazóis, age por contato, atuando no sistema nervoso dos insetos por meio da inibição do complexo receptor do GABA, sendo antagonistas aos canais de cloro. O produto comercial avaliado foi o Curbix[®] 200 SC, comercializado pela empresa Bayer CropScience Ltda. A molécula apresenta peso molecular de 397,21 g/mol, solubilidade em água de 0,009 g/L e log Kow de 2,90 (YU, 2008).

5 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Ecotoxicologia do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras, no período de janeiro a dezembro de 2016.

A criação de *H. axyridis* e todos os bioensaios foram conduzidos em sala climatizada a $24\pm 2^{\circ}\text{C}$, UR de $60\pm 10\%$ e fotoperíodo de 12:12 (L:E).

5.1 Coleta e criação de *H. axyridis*

Em junho de 2015 cerca de 200 adultos de *H. axyridis* foram coletados em diversas culturas presentes no Campus da Universidade Federal de Lavras e mantidos em criação de laboratório.

Os adultos da criação foram mantidos em gaiolas de acrílico com 60 cm x 30 cm x 30 cm, com aberturas laterais revestidas por tecido tipo *voile*, a fim de permitir ventilação e evitar a fuga dos insetos. Folhas de couve, *Brassica oleracea* var. *acephala* foram mantidas no interior das gaiolas para servir de substrato de postura. A cada 24 horas as posturas foram retiradas das gaiolas e transferidas para placas de Petri de 5 cm de diâmetro, onde permaneceram até a eclosão das larvas. Em seguida, as larvas foram transferidas para gaiolas plásticas de 20 cm x 10 cm x 10 cm e mantidas até fase de pupa, sendo essas transferidas novamente para placas de Petri até a emergência. Os adultos foram distribuídos em gaiola de acrílico, dando origem à novo ciclo de desenvolvimento.

As larvas e adultos do predador foram alimentados a cada 48h com pulgões *M. persicae* mantidos em folhas de *Nicandra physaloides* (Linnaeus.) mais ovos de *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1879) (Lepidoptera: Pyralidae) *ad libitum* e água fornecida via algodão umedecido.

5.2 Tratamentos avaliados e técnica de aplicação

Os produtos com suas marcas comerciais e técnicas, dosagens e fabricantes encontram-se na Tabela 1. Água destilada foi utilizada como tratamento controle.

Tabela 1 - Características dos inseticidas utilizados em algodoeiro que foram avaliados nos bioensaios com a joaninha *Harmonia axyridis*

Nome técnico	Nome comercial	Grupo Químico	Dosagem (mL ou g/ ha) ¹	Fabricante
Clorantraniliprole + tiametoxan	Voliam Flexi	Diamida e Neonicotinóide	250	Syngenta
Clorantraniliprole + lambdacialotrina	Ampligo	Diamida e Piretroide	400	Bayer
Pimetrozina	Chess 500WG	Piridina azometina	400	Syngenta
Etiprole	Curbix 200SC	Fenilpirazol	500	Bayer
Etofenproxi	Safety	Éter Difênílico	500	Ihara
Lambdacialotrina	Karate zeon 250SC	Piretroide	60	Syngenta

¹ Dosagens máximas do produto comercial/ha recomendadas pelos fabricantes para o controle do bicudo do algodoeiro. Fonte: Agrofit – MAPA, 2016.

A aplicação dos produtos foi realizada via torre de Potter, ajustada a uma pressão de 15 lb.pol⁻², possibilitando a aplicação de 1,5±0,5 mg de calda química.cm⁻², conforme metodologia estabelecida pela “International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants” (IOBC) (van de Veire et al., 1996).

5.3 Efeito da aplicação dos inseticidas sobre ovos de *H. axyridis*

Foram utilizados 70 ovos com até 24 horas de idade por tratamento, obtidos da criação de laboratório. Quatorze ovos foram distribuídos por placa de Petri de 10 cm de diâmetro, formando cinco repetições por tratamento. A contagem dos ovos foi realizada com auxílio de um de microscópio estereoscópico (40x).

Foram submetidos aos tratamentos via pulverização em torre de Potter, sendo as placas mantidas em condições de laboratório por aproximadamente 30 minutos para que os resíduos dos produtos secassem. Em seguida, as placas foram vedadas com filme plástico de PVC para impedir a fuga das larvas.

As avaliações se iniciaram 24 horas após a aplicação dos tratamentos, para determinação da duração do período embrionário e a viabilidade dos ovos tratados. Para evitar o canibalismo, após 48 horas da eclosão, as larvas sobreviventes foram individualizadas em placas de Petri com 5 cm de diâmetro e fechadas com filme plástico. As larvas de *H. axyridis* foram alimentadas *ad libitum* com ovos de *E. kuehniella* a cada 48 horas e a água foi fornecida por meio algodão umedecido.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com sete tratamentos e cinco repetições, sendo cada uma formada por uma placa de Petri com 14 ovos do predador. Avaliou-se a duração das fases larval e pupal, sobrevivência das pupas, deformações nos adultos, a razão sexual e a longevidade das fêmeas adultas.

Com o objetivo de avaliar efeitos dos produtos na reprodução, formaram-se no mínimo cinco casais com os adultos sobreviventes, por tratamento, os quais foram individualizados em placas de Petri de 10 cm de diâmetro, alimentados e mantidos nas mesmas condições mencionadas anteriormente. Após o período de pré-oviposição, foram registrados o número total de ovos (fecundidade total) colocados durante as 5 primeiras posturas consecutivas. Para avaliar a viabilidade, ovos da terceira e quarta posturas foram individualizados em placas de Petri. Ao término das avaliações das posturas os insetos foram pesados.

Para avaliar se houve efeito transgeracional dos inseticidas, 40 larvas de cada postura individualizada, foram colocadas em placas de Petri até a formação de adultos, com intuito de avaliar a razão sexual da segunda geração e o peso dos adultos gerados.

5.4 Efeito da aplicação dos inseticidas sobre larvas de *H. axyridis*

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos e cinco repetições, sendo cada uma formada de oito larvas de terceiro ínstar. Após a pulverização dos produtos via torre de Potter, os insetos foram individualizados em placas de Petri de 5 cm de diâmetro vedadas com filme plástico de PVC e alimentadas conforme citado anteriormente.

A sobrevivência dos insetos foi avaliada diariamente até as 96 horas após a pulverização. Também foi avaliada a duração das fases larval e pupal, sobrevivência das pupas e deformações de adultos emergidos.

Com o objetivo de avaliar os efeitos na reprodução dos adultos provenientes de larvas tratadas, formou-se no mínimo cinco casais sobreviventes por tratamento (um casal por repetição), conforme normas da IOBC, os quais foram individualizados em placas de Petri de 10 cm. Após o período de pré-oviposição, foi registrado o número total de ovos durante as cinco primeiras posturas consecutivas para se obter a fecundidade das fêmeas; e para avaliar a viabilidade desses ovos, a terceira e quarta postura foram individualizados em placas de Petri. Após a quinta postura os insetos foram pesados.

5.5 Efeito da aplicação dos inseticidas sobre pupas de *H. axyridis*

Foram utilizadas 40 pupas por tratamento com até 24 horas, que foram distribuídas num total de cinco por placa de Petri e levadas à torre de Potter para serem tratadas conforme mencionado anteriormente. Em seguida, as pupas foram individualizadas em placas de Petri de 5 cm de diâmetro e após emergência dos adultos, estes foram mantidos e alimentados conforme já descrito. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com sete tratamentos e cinco repetições, sendo cada parcela formada por oito pupas.

Avaliou-se a duração da fase de pupa, sobrevivência das pupas e deformações morfológicas.

Assim como no bioensaio anterior, para observar os possíveis efeitos dos inseticidas sobre a reprodução da *H. axyridis*, formaram-se no mínimo cinco casais, os quais foram individualizados em placas de Petri de 10 cm para realização das avaliações. As características biológicas avaliadas foram as mesmas citadas no subitem anterior.

5.6 Efeito da aplicação dos inseticidas sobre adultos de *H. axyridis*

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, formado por 40 adultos com até 48 horas de idade, divididos em cinco repetições, sendo cada uma formada por oito adultos para cada tratamento, os quais foram distribuídos em placas de Petri. Para evitar que os insetos voassem no momento da pulverização via torre de Potter, foi necessário expor os insetos ao gás CO₂ por 10 segundos. Posteriormente à aplicação dos tratamentos, os adultos foram transferidos para novas placas de Petri de 10 cm de diâmetro, sendo

mantidos e alimentados conforme descrito anteriormente. A sobrevivência dos insetos foi avaliada diariamente até 96 horas após a aplicação dos produtos.

Visando avaliar os efeitos dos compostos na reprodução dos adultos sobreviventes, foram separados no mínimo cinco casais por tratamento (cada casal representou uma repetição), os quais foram distribuídos em placas de Petri de 10 cm, sendo que as avaliações foram realizadas da mesma forma descrita no subitem 5.4.

5.7 Análise dos dados

Dados de número e viabilidade de ovos, duração do período larval, sobrevivência das larvas, duração do período pupal, sobrevivência das pupas, peso dos adultos e duração do período embrionário foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Bartlett ($p > 0,05$) para verificação dos pressupostos de normalidade e homocedasticidade da análise de variância (ANOVA). Em seguida, foram submetidos à one-way ANOVA teste Scott-Knott ($P < 0,05$) (R Development Core Team, 2016). No caso dos dados que não assumiram distribuição normal, foram submetidos ao GLM (Modelos Lineares Generalizados) utilizando outras distribuições como “Poisson” e “Binomial” (R Development Core Team, 2016). Dados da razão sexual foram submetidos ao teste de Qui-quadrado a $P < 0,05$ (Prop test, R Development Core Team, 2016).

Os dados de sobrevivência dos adultos e larvas foram submetidos à análise de sobrevivência seguindo o modelo de distribuição de Weibull (Survival, R Development Core Team, 2016). Este procedimento permitiu a estimativa de curvas de sobrevivência obtidas através de estimadores de mínimos quadrados e sem a presença de censura, gerados a partir da proporção de adultos ou larvas sobreviventes. Para a confecção do gráfico foi utilizada a equação: $f(x) = e^{-(\mu^{-\alpha} \cdot t^{\alpha})}$, onde α no software **R** é representado $1/Scale$, sendo que $Scale$ é o valor apresentado com o comando “summary”, e μ é o tempo letal 50 (tempo médio para morte da metade da população tratada) em cada tratamento.

6 RESULTADOS

6.1. Efeito da aplicação dos inseticidas sobre ovos de *H. axyridis*

Quando os inseticidas foram aplicados em ovos de *H. axyridis* verificou-se que nenhum dos tratamentos reduziu a duração do período embrionário, com médias de 2,4 a 2,8 dias ($p = 0,9201$; g.l. = 6; $F = 0,3216$). No entanto, os produtos lambdacialotrina + clorantraniliprole, etofenproxi e lambdacialotrina apresentaram efeito ovicida, com porcentagens de eclosão de 17,1%; 82,3% e 5,7%, respectivamente. Os demais produtos foram inócuos aos ovos, não afetando a sua viabilidade (Figura 1).

Apesar de que a viabilidade dos ovos tratados com os inseticidas tiametoxam + clorantraniliprole, pimetozina e etofenproxi foram superiores a 82%, a sobrevivência após 48 horas das larvas provenientes desses ovos foi baixa, com porcentagens de 10,5%; 8,9% e 5,3%, respectivamente, impossibilitando as avaliações de outras características biológicas. Todas as larvas que eclodiram de ovos tratados com os inseticidas lambdacialotrina + clorantraniliprole e lambdacialotrina morreram em até 48 horas após eclosão. O inseticida etiprole permitiu sobrevivência das larvas de forma semelhante ao tratamento controle, possibilitando avaliações de outras características biológicas (Figuras 1 e 2).

A duração média da fase larval no tratamento controle foi de 11,3 dias, enquanto que no tratamento com etiprole esse período foi reduzido, com média de 10,7 dias. O inseticida etiprole não afetou negativamente a sobrevivência de pupas oriundas de ovos tratados, peso dos adultos formados (fêmeas e machos), seu período de pré-oviposição e fecundidade total (Tabela 2). No entanto, a viabilidade dos seus ovos reduziu no tratamento com este inseticida com média de 73,1%, enquanto no tratamento controle foi de 84,8% (Tabela 2).

O inseticida etiprole não afetou a razão sexual dos adultos da primeira e segunda gerações de *H. axyridis*. O peso dos insetos da segunda geração também não apresentou diferença entre o tratamento controle, com médias para o peso no tratamento etiprole de $30,0 \pm 0,75$ mg para machos e $34,9 \pm 0,99$ mg para as fêmeas, e o tratamento controle apresentou peso médio de $31,1 \pm 0,67$ mg para os machos e $35,8 \pm 0,99$ mg para as fêmeas.

Figura 1. Porcentagem de eclosão de larvas a partir de ovos tratados com os inseticidas e a sobrevivência das larvas de *Harmonia axyridis* após 48 horas de sua eclosão. Letras minúsculas não diferem entre si nas barras de cor preta pelo teste GLM “quasibinomial” ($p < 0,001$; g.l. = 6; $F = 131,52$) e letras maiúsculas não diferem entre si nas barras de cor cinza pelo teste Teste de Scott-Knott ($p < 0,001$; g.l. = 6; $F = 249,42$).

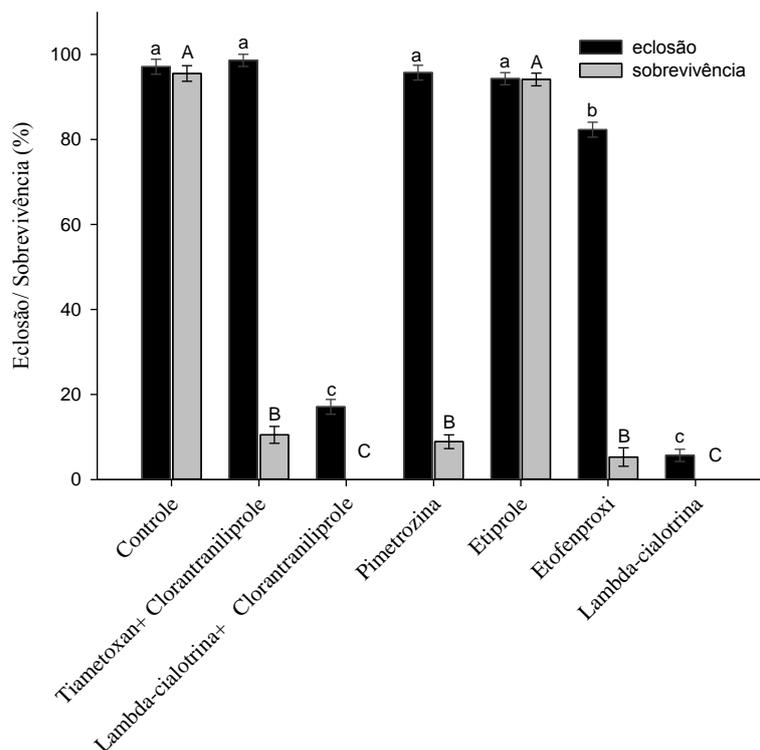


Figura 2. 2a) Larvas neonatas de *Harmonia axyridis* vivas após eclosão de ovos tratados com água ou etiprole; b) larvas neonatas mortas poucas horas após a sua eclosão de ovos tratados com tiametoxam + clorantraniliprole, pimetrozina e etofenproxi; c) Ovos com desenvolvimento embrionário, mas sem eclosão de larvas devido ao efeito ovicida de lambdacialotrina + clorantraniliprole e lambdacialotrina. Fotos obtidas por meio de microscópio estereoscópico com aumento de 35 vezes.



Tabela 2. Duração das fases larval e pupal (dias), peso dos adultos (mg), período de pré-oviposição (dias), fecundidade e viabilidade dos ovos de adultos de *Harmonia axyridis* oriundos de ovos do predador tratados com o inseticida etiprole via torre de Potter.

Tratamento	Fase larval (dias)	Fase pupal (dias)	Peso ♀ (mg)	Peso ♂ (mg)	Período de pré-oviposição (dias)*	Fecundidade total*	Viabilidade dos ovos (%)*
Controle	11.3±0.13 a	4.9±0.07	40,3±0,64	36,3±0,67	6,8±0,22	143,0±13,52	84,8±1,75 a
Etiprole	10,7±0,16 b	4,8±0,10	42,1±0,96	35,5±0,66	6,4±0,26	153,1±10,90	73,1±2,40 b
<i>p</i> -valor	<0,05	0,4484	0,1571	0,4011	0,304	0,5695	<0,01
g.l.	7,717	7,2192	25,148	35,08	19	16,666	18,633
<i>t</i>	2,8937	0,80146	-1,4585	0,84994	1,056	-0,5803	3,9005

Médias (± EP) seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste *t* ($p < 0,05$). * Utilizou-se no mínimo de 5 casais por tratamento para as avaliações. Não foi possível avaliar essas características biológicas nos demais tratamentos devido ao baixo número de espécimes sobreviventes. Demais características biológicas avaliadas sem diferenças significativas foram descritas no texto.

6.2. Efeito da aplicação dos inseticidas sobre larvas de *H. axyridis*

Quando os produtos foram aplicados em larvas de terceiro ínstar, apenas o tratamento etiprole não causou redução na sobrevivência larval, com média de 95%. Os demais inseticidas reduziram essa característica biológica, sendo que tiametoxam + clorantraniliprole, lambdacialotrina + clorantraniliprole e lambdacialotrina foram os mais tóxicos, com médias de 12,5%; 5,0% e 2,5%, respectivamente, impossibilitando avaliações de outras características biológicas; seguidos pelos produtos pimetrozina com 55,0% e etofenproxi com média de 65,0% (Figura 3). Salienta-se que larvas tratadas com etofenproxi apresentaram efeito “knock down”; no entanto, muitas delas se recuperaram até 48 horas depois do desmaio.

Para os três tratamentos inseticidas que causaram maior mortalidade, devido ao baixo número de insetos restantes, ficaram impossibilitadas as avaliações de efeitos subletais. O inseticida etofenproxi prolongou a fase larval, com média de 5,5 dias, enquanto que nos tratamentos controle, pimetrozina e etiprole as médias foram inferiores a 4,4 dias (Figura 4). A duração da fase pupal, sobrevivência de pupas, peso das fêmeas, período de pré-oviposição e fecundidade total não foram afetadas negativamente pelos tratamentos (Tabela 3).

O peso dos insetos machos adultos provenientes de larvas tratadas foi reduzido nos tratamentos à base de pimetrozina e etofenproxi, com médias de 34,7 e 36,8 mg. Sendo que etiprole mostrou-se inócuo. O peso das fêmeas não foi alterado em nenhum dos tratamentos (Figura 5). A viabilidade dos ovos foi reduzida apenas pelo etofenproxi, enquanto que nos demais tratamentos foram observadas médias acima de 76% (Tabela 3). Salienta-se que no tratamento com etofenproxi foi observado efeito “knock down” das larvas.

Figura 3. Porcentagem de sobrevivência de larvas de terceiro ínstar de *Harmonia axyridis* 96 horas após o tratamento com os inseticidas. Mesmas letras não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,001$; g.l. = 6; $F=90,423$).

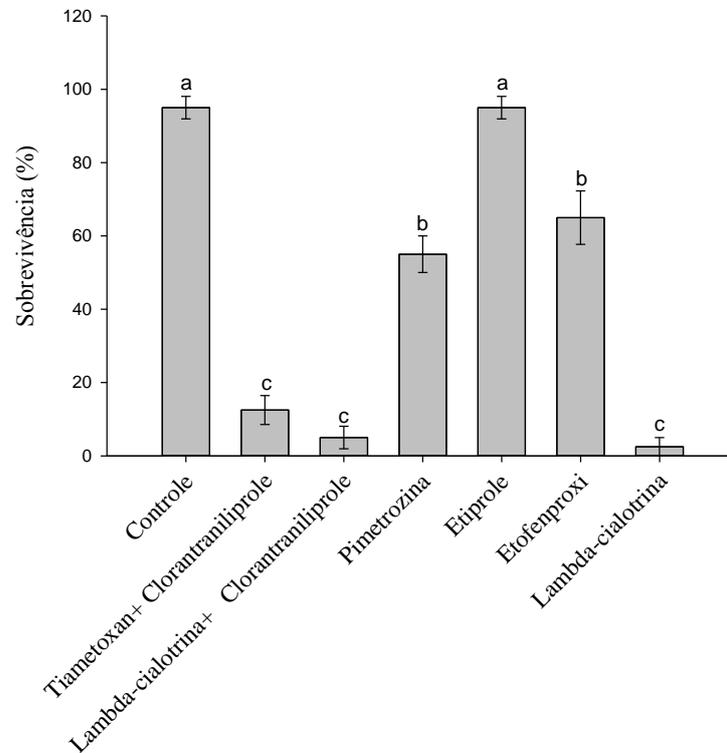


Figura 4. Duração da fase larval de *Harmonia axyridis* após aplicação dos inseticidas em larvas de terceiro ínstar. Mesmas letras não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($p < 0,001$; g.l. = 3; $F = 9,9089$). Para os inseticidas tiametoxan + clorantraniliprole, lambdacialotrina + clorantraniliprole e lambdacialotrina não sobreviveram insetos suficientes para avaliação dessa característica biológica.

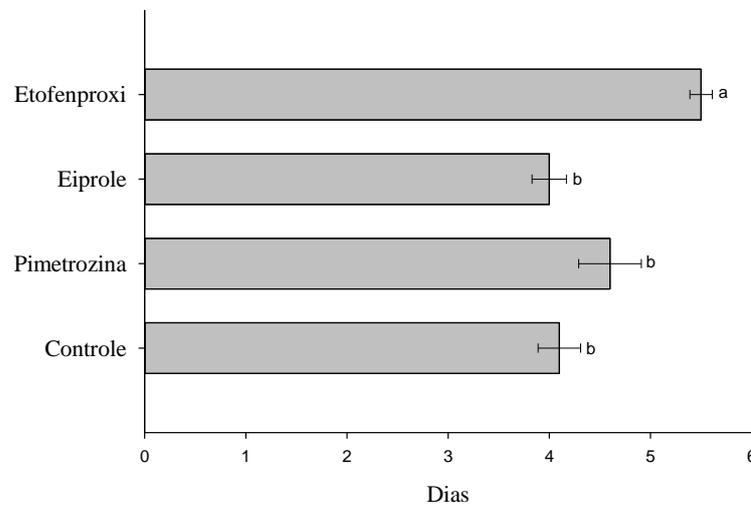


Figura 5. Pesos dos machos e de fêmeas de *Harmonia axyridis* oriundos de larvas de terceiro ínstar tratadas. Mesmas letras não diferem entre si nas barras de mesma cor pelo teste Scott-Knott ($p < 0,5498$; g.l. = 3; $F = 0,65179$) para fêmeas e para os machos ($p < 0,01$; g.l. = 3; $F = 5,3079$). Para tiametoxan + clorantraniliprole, lambdacialotrina + clorantraniliprole e lambdacialotrina não sobreviveram insetos suficientes para avaliar essa característica biológica.

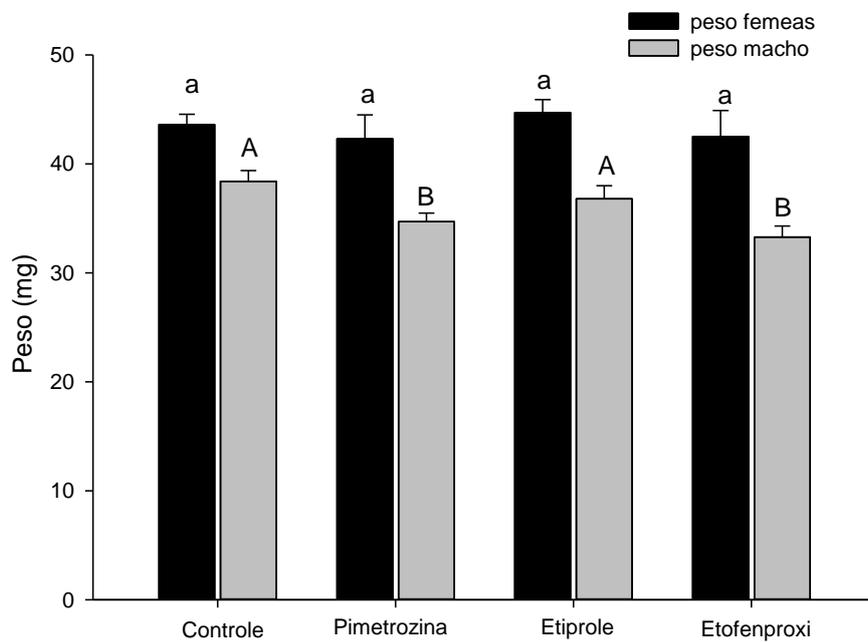


Tabela 3. Duração (dias) e sobrevivência das pupas (%), período de pré-oviposição (dias), fecundidade total por fêmea e viabilidade dos ovos (%) de adultos de *Harmonia axyridis* oriundos de larvas de terceiro ínstar que foram tratadas com os inseticidas via torre de Potter.

Tratamento	Duração fase pupal (dias)	Sobrevivência pupas (%)	Período de pré oviposição (dias)*	Fecundidade total*	Viabilidade dos ovos (%)*
Controle	4,2±0,14	100,0±0,00	6,7±0,36	164,4±17,99	85,8±1,38 a
Pimetrozina	4,4±0,19	96,0±4,00	6,2±0,37	160,4±31,9	76,0±2,29 a
Etiprole	4,3±0,61	97,5±2,50	6,0±0,44	144,4±10,03	82,4±3,34 a
Etofenproxi	4,4±0,08	100,0±0,00	6,6±0,40	106,8±12,56	54,2±3,33 b
<i>p</i> -valor	0,4592	0,174 ¹	0,50047	0,18855	<0,001
g.l.	3	3	3	3	3
<i>F</i>	0,90757	1,8778	0,81395	1,745	14,8

Médias (± EP) seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ou ¹ GLM ($p < 0,05$). * Utilizou-se no mínimo cinco casais por tratamento para avaliação do período de pré-oviposição, fecundidade e viabilidade dos ovos. Devido à alta mortalidade causada pelos inseticidas tiametoxan + clorantraniliprole, lambdacialotrina + clorantraniliprole e lambdacialotrina às larvas, não foi possível avaliar as características biológicas apresentadas na tabela.

6.3. Efeito da aplicação dos inseticidas sobre pupas de *H. axyridis*

Observou-se que a duração do período pupal foi maior nos tratamentos com lambdacialotrina + clorantraniliprole, etofenproxi e lambdacialotrina, com médias de 5,1; 4,1 e 4,9 dias, respectivamente; os demais tratamentos esse período apresentou média de 3,9 dias (Tabela 4).

A emergência dos adultos oriundos de pupas tratadas não foi reduzida pelos tratamentos tiametoxam + clorantraniliprole, pimetozina, etiprole e etofenproxi, com médias acima de 90%. No entanto, lambdacialotrina + clorantraniliprole e lambdacialotrin causaram redução dessa característica biológica, com média de 47,5 e 65,0% (Tabela 4). Muitos dos adultos formados nesses dois últimos tratamentos apresentaram muitas deformações morfológicas como deformação no élitro e dificuldade em se livrarem das pupas (Figura 6), sendo que após dois dias da emergência, os insetos começaram a morrer e após cinco dias havia menos de 10% de insetos sobreviventes (Figura 7).

Devido à grande mortalidade observada nesses dois tratamentos, não foi possível realizar as avaliações dos efeitos na reprodução dos insetos. O tratamento tiametoxam + clorantraniliprole foi o único que prolongou o período de pré-oviposição, com média de 6,4 dias; enquanto que os demais tratamentos avaliados, controle, pimetozina, etiprole e etofenproxi mostraram-se inócuos, com médias de 4,6; 4,9; 4,4 e 4,7 dias, respectivamente (Tabela 4).

A fecundidade e viabilidade dos ovos foram reduzidas pelos inseticidas tiametoxam + clorantraniliprole e pimetozina, com médias de e 99,8 e 117,4 ovos e 57,2% e 57,6%, respectivamente. O inseticida etiprole mostrou-se inócuo, com média de fecundidade de 159,7 ovos e viabilidade de 74,4% (Tabela 4).

Tabela 4. Duração do período pupal (dias), emergência (%), período de pré-oviposição (dias), fecundidade total e viabilidade dos ovos (%) de *Harmonia axyridis* oriundos de pupas tratadas com os inseticidas via torre de Potter.

Tratamento	Duração período pupal (dias)*	Emergência (%)	Período de pré oviposição (dias)**	Fecundidade total **	Viabilidade dos ovos (%)**
Controle	3,9±0,03 c	95,0 ±3,06 a	4,6±0,48 a	139,1±7,98 a	77,8±1,71 a
Tiametoxan+Clorantraniliprole	3,9±0,07 c	95,0 ±3,06 a	6,4±0,24 b	99,8±12,80 b	57,2±3,13 b
Lambdacialotrina+ Clorantraniliprole	5,1±0,08 a	47,5 ±3,06 c	***	***	***
Pimetrozina	3,9±0,04 c	90,0 ±4,68 a	4,9±0,40 a	117,4±8,43 b	57,6±3,34 b
Etiprole	3,9±0,03 c	97,5 ±2,50 a	4,4±0,30 a	159,7±7,35 a	74,4±1,02 a
Etofenproxi	4,1±0,06 b	95,0 ±3,06 a	4,7±0,42 a	108,9±11,31 b	59,3±3,28 b
Lambdacialotrina	4,9±0,06 a	65,0 ±4,68 b	***	***	***
<i>p</i> -valor	<0,001	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001
g.l.	6	6	4	4	4
<i>F</i>	82,214	16,32	3,1313	6,1857 ¹	15,305

Médias (± EP) seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre teste Scott-Knott ($p < 0,05$) ou ¹ GLM quasibinomial ($p < 0,05$).

*Tempo registrado após aplicação dos tratamentos. ** Utilizou-se no mínimo cinco casais por tratamento. ***Não foram obtidos insetos suficientes para avaliação das características biológicas.

Figura 6. Pupa e adulto de *Harmonia axyridis* no tratamento controle: sem nenhuma deformação (6a) e adultos com élitros deformados e incapacitados de se livrarem das exúvias nos tratamentos com lambdacialotrina + clorantranilprole (6b) e lambdacialotrina (6c). Fotos obtidas por meio de microscópio esteroscópico com aumento de 25 vezes; escala referente a 1cm.

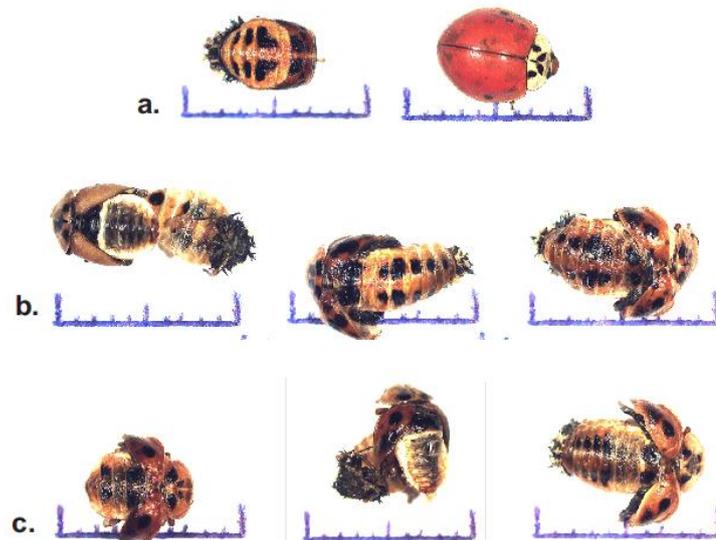
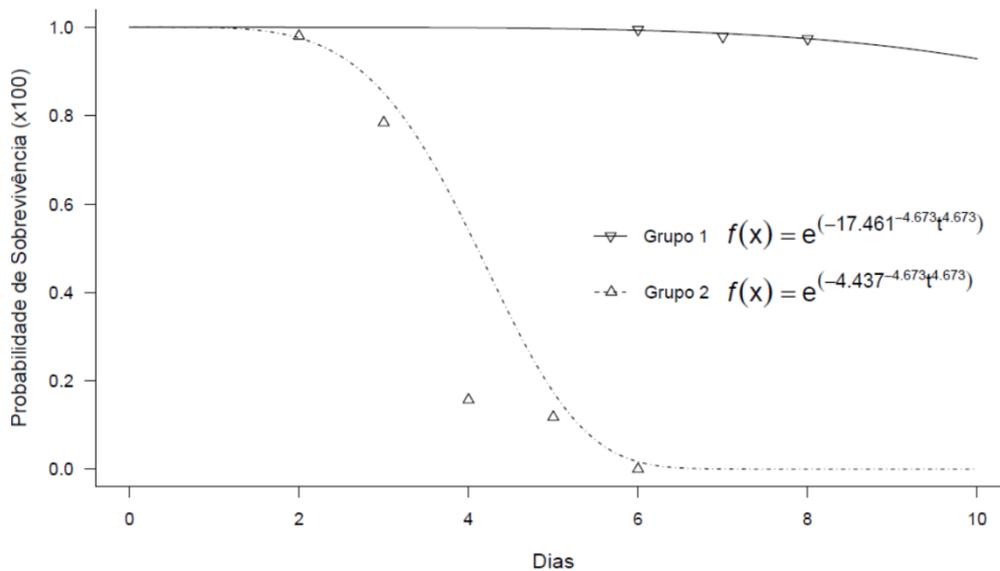


Figura 7. Curvas de sobrevivência segundo o modelo ajustado de Weibull, para adultos de *Harmonia axyridis* provenientes de pupas tratadas com os inseticidas em torre de Potter. Curva do grupo 1 representa os tratamentos controle, tiametoxan + clorantranilprole, pimetrozina, etiprole e etofenproxi, com o tempo letal 50 de 17,461 dias; enquanto a curva do grupo 2, representa os tratamentos lambdacialotrina + clorantranilprole e labdacialotrina com o tempo letal 50 de 4,437 dias.

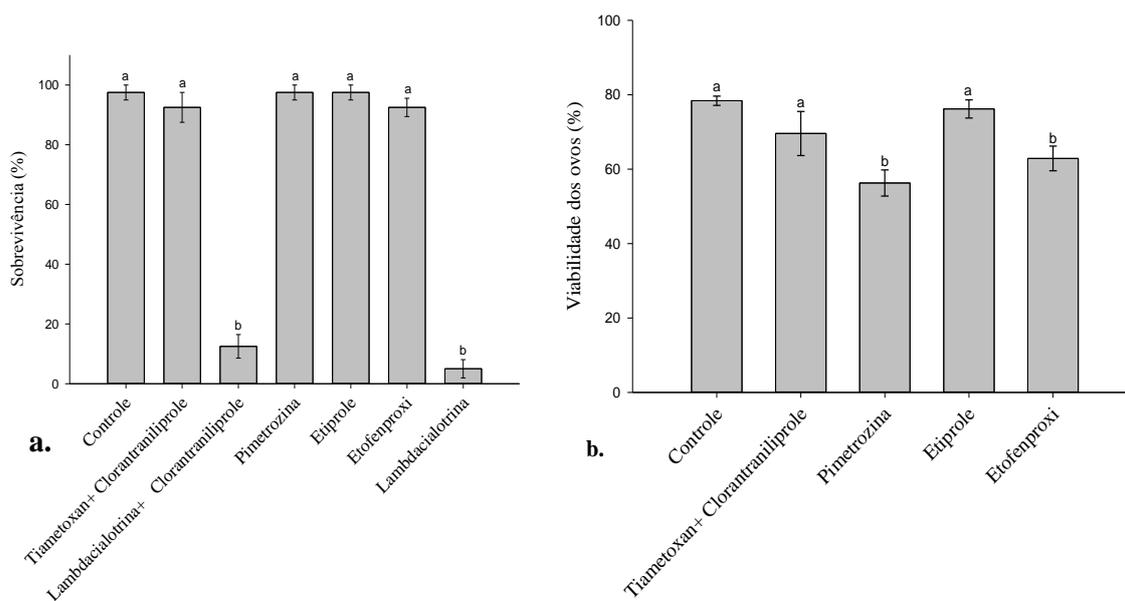


6.4. Efeito da aplicação dos inseticidas sobre adultos de *H. axyridis*

Lambdacialotrina + clorantraniliprole e lambdacialotrina foram os únicos inseticidas tóxicos aos adultos de *H. axyridis*, com médias de sobrevivência após 96 horas de 12,5% e 5,0%. Os demais tratamentos não apresentaram efeitos negativos, com médias acima de 92,5% de sobrevivência (Figura 8a).

O baixo número de sobreviventes nos tratamentos que apresentaram efeito tóxico impossibilitou as avaliações de efeitos subletais. O período de pré-oviposição e a fecundidade total dos ovos não foram afetados pelos inseticidas, com médias variando de 4,1 a 5,0 dias ($p = 0,5185$; g.l. = 4; $F = 0,8264$), e 149,2 a 128,4 ovos ($p = 0,4864$; g.l. = 4; $F = 0,8814$), respectivamente. A viabilidade dos ovos foi reduzida somente pelos inseticidas pimetozina e etofenproxi, com porcentagens médias de 56,6% e 62,9% (Figura 8b).

Figura 8. Porcentagem de sobrevivência (a) e viabilidade dos ovos (b) de adultos de *Harmonia axyridis* tratados com os inseticidas. Mesmas letras não diferem entre si nas barras pelo teste GLM quasibinomial ($p < 0,01$; g.l.= 6; $F = 40,33$) na figura 8a, Teste de Scott-Knott ($p < 0,001$; g.l. = 4; $F = 7,219$) na figura 8b. Utilizou-se no mínimo 5 casais por tratamento para o teste de reprodução. Devido a alta mortalidade causada pelos inseticidas lambdacialotrina + clorantraniliprole e lambdacialotrina, não foi possível avaliar a viabilidade dos ovos.



7 DISCUSSÃO

A ação ovicida foi constatada somente para os inseticidas que apresentaram log Kow ao redor de 7,0 como observado para os inseticidas lambdacialotrina, lambdacialotrina + clorantraniliprole e etofenproxi. Isto confirma a hipótese de que a ação ovicida pode estar relacionada às características físico-químicas dos inseticidas, visto que aqueles com lipofilicidade intermediária devem ter penetrado o córion mais facilmente (Nation, 2002).

Os inseticidas com baixa lipofilicidade como pimetozina (log Kow = -0,18), tiametoxan + clorantraniliprole (log Kow = -0,13 e 2,8) e etiprole (log Kow = 2,9) devem ter sido retidos na camada de cera do córion e por isto se mostraram inócuos em relação à eclosão de larvas. Segundo Chapman (1998) a camada mais externa do ovo de inseto é o córion constituído pelo endocóron e exocóron, que contém mais de 90% de proteínas e é revestido por ceras. Acredita-se, portanto, que a constituição do córion, notadamente a presença da camada de ceras, pode influenciar na penetração de inseticidas e sua translocação até seu sítio de ação, dependendo das propriedades lipofílicas dos compostos.

Salienta-se que devido ao hábito que as larvas de coccinelídeos apresentam de permanecerem sobre o córion, após a eclosão, por um período de até 24 horas (HODEK, 1973), pode ter favorecido sua contaminação e conseqüentemente morte logo após as larvas deixarem os ovos.

Os resultados do presente estudo assemelham-se aos de Youn et al. (2003), os quais verificaram que tiametoxan na dosagem de 50 mg i.a./L não reduziu a viabilidade de ovos de *H. axyridis*; no entanto, causou alta mortalidade das larvas de primeiro e segundo ínstaes. Os autores também observaram que o inseticida etofenproxi na dosagem de 200 mg i.a./L reduziu a viabilidade dos ovos e causou alta mortalidade para as larvas de primeiro ínstar que foram expostas a seus resíduos na superfície do córion. Ferreira et al. (2005) também encontraram resultados semelhantes, onde larvas de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera, Chrysopidae) oriundas de ovos tratados com etofenproxi morreram em menos de 48 horas após eclosão.

Supõe-se que o efeito ovicida causado pela mistura lambdacialotrina + clorantraniliprole provavelmente foi causado pelo piretroide, uma vez que este composto apresenta lipofilicidade intermediária e quando avaliado isoladamente, também causou baixa eclosão de larvas. Clorantraniliprole (diamida) por apresentar menor lipofilicidade deve ter

apresentado dificuldade de penetração no córion. Ioriatti et al. (2009) constataram baixo efeito ovicida do inseticida clorantraniliprole sobre ovos de *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Tortricidae). Além disso, no presente trabalho a outra mistura avaliada, tiametoxan + clorantraniliprole não apresentou efeito ovicida, mostrando-se inócuo aos ovos do predador.

A redução da fase larval para o inseticida etiprole pode ser devido a efeito subletal que alterou da taxa de desenvolvimento, apesar de não causar mortalidade e acelerou o período de desenvolvimento. O encurtamento desta fase reduz o período de alimentação e crescimento do inseto, podendo gerar adultos com estado nutricional inadequado, o que pode diminuir a qualidade de seus ovos (GUEDES et al., 2008; SHAPIRO et al., 2010; RODRIGUES et al., 2013). Contudo, não foi observado efeito transgeracional no tratamento com etiprole, já que a prole gerada por insetos tratados, não apresentou nenhum efeito nas características biológicas avaliadas. Dessa forma, o efeito subletal causado por este inseticida foi constatado apenas para os insetos que foram diretamente expostos ao produto.

É comum de se observar que os insetos em seus primeiros ínstaes são mais susceptíveis aos efeitos de inseticidas, talvez em função da inatividade de enzimas detoxificadoras, que geralmente são ativadas em estádios mais avançados de seu desenvolvimento (CHO et al., 2002; YOUN et al., 2003). Notou-se que as moléculas pimeprozina e etofenproxi causaram menor mortalidade nas larvas de terceiro ínstar, em comparação ao experimento de ovos, onde causaram altas mortalidades logo após a eclosão das larvas.

Assim como no córion, o tegumento dos insetos também apresenta uma camada de proteção, que proporciona permeabilidade, por meio de uma camada de cera mais externa e que constitui a epicutícula do tegumento. No entanto, suas composições podem variar entre as espécies de insetos, proporcionando diferentes graus de permeabilidade (CHAPMAN, 1998). Essa variação na permeabilidade juntamente com as características químicas específicas de cada inseticida podem proporcionar a seletividade.

Os inseticidas lambdacialotrina, lambdacialotrina + clorantraniliprole e etofenproxi reduziram a sobrevivência das larvas da joaninha, provavelmente devido aos seus altos valores de log Kow, superiores a 6,9, o que pode ter contribuído para a maior penetração no tegumento e maior atuação no sítio de ação. Ressalta-se que etofenproxi provocou efeito “knock-down” na maioria das larvas, sendo que as mesmas recuperaram-se rapidamente,

diferente do tratamento com o piretroide lambdacialotrina, possivelmente, pela diferente metabolização e ou absorção. Variações nas estruturas químicas dos inseticidas podem proporcionar diferentes níveis de absorções pelo inseto (WILKINSON, 2013) e ou diferentes vias de detoxificação (FUKUTO et al., 1983; NAUEN et al. 2015), mesmo quando inseticidas apresentam modo de ação semelhantes.

O maior gasto de energia para detoxificação do inseticida etofenproxi pode ter sido responsável pelo prolongamento da fase larval do predador. Galvan et al. (2005b) também observaram aumento do período da fase jovem de *H. axyridis*, quando os insetos foram tratados via pulverização com espinosade e indoxacarb, e relataram que provavelmente isto ocorreu devido à metabolização e ou excreção dos inseticidas no organismo do inseto. Essa interferência no desenvolvimento pode também ter afetado o estado nutricional dos adultos gerados, resultando em efeitos, como redução do peso de adultos e a diminuição da viabilidade dos ovos, conforme observações de Rodrigues et al. (2013).

Os resultados obtidos no presente estudo corroboram com os de Santos et al. (2016), os quais avaliaram o desempenho de *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) na recuperação do efeito “knock-down” causado por um piretroide (lambdacialotrina), inseticida pertencente ao mesmo grupo químico do etofenproxi. Verificaram que apesar das fêmeas tratadas recuperam-se do efeito “knock-down”, tiveram redução de fecundidade e longevidade.

O inseticida pimetrozina tem como modo de ação bloquear a glândula salivar, paralisando a sucção de alimento, ocorrendo principalmente em insetos sugadores (SECHSER et al., 2002). No entanto, os insetos mastigadores também apresentaram sensibilidade a este composto, o qual promoveu alterações histológicas no intestino dos insetos (MAGLIANO et al., 2015). Desta forma, a alteração do consumo alimentar deve ter contribuído para a redução no peso dos machos adultos no tratamento pimetrozina, como observado no presente trabalho.

Embora apenas o peso dos machos tenha sofrido alteração, este pode ter sido responsável pela redução da viabilidade dos ovos. Rodrigues et al. (2008) demonstraram que múltiplos acasalamentos são necessários para fornecer a quantidade adequada de espermatozoides às fêmeas e maximizar o seu sucesso reprodutivo. Desta forma, o menor peso observado para os machos no presente trabalho pode ter contribuído para redução de sua aptidão sexual.

Os resultados encontrados com o inseticida pimeprozina no presente trabalho confirmam os de Almasi et al. (2013), os quais constataram que larvas de terceiro ínstar de *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) apresentaram 40% de mortalidade quando expostas a este produto.

De acordo com Croft (1990) durante a fase de pupa, a camada cuticular pode ser mais impermeável, dificultando a penetração dos inseticidas, podendo ser a razão da menor susceptibilidade do inseto a substâncias químicas e, conseqüentemente, alta sobrevivência das pupas na maioria dos tratamentos. Segundo Guedes et al. (1992), inseticidas com lipofilicidade intermediárias são capazes de penetrar no tegumento do inseto possibilitando a translocação até o sítio de ação (GUEDES et al., 1992). Isto pode explicar o ocorrido no presente trabalho com inseticidas lambdacialotrina e lambdacialotrina + clorantraniliprole, capazes de penetrar o córion dos ovos dos insetos, bem como suas pupas, Isto pode ter sido a razão da ocorrência do prolongamento da fase pupal e redução na emergência de adultos de *H. axyridis* observados no presente trabalho.

Resultados semelhantes de sobrevivência de pupas tratadas com os inseticidas no presente estudo foram encontrados por Youn et al. (2003). Esses autores aplicaram topicamente tiametoxam (50 mg i.a./L) e etofenproxi (200 mg i.a./L) e verificaram que não houve redução na sobrevivência das pupas.

As explicações para a susceptibilidade entre os diferentes estádios da vida e quais os efeitos dos inseticidas no desenvolvimento de *H. axyridis* ainda não são claras. No entanto, os primeiros estádios de vida de inimigos naturais são reconhecidamente mais susceptíveis aos inseticidas em comparação a insetos mais desenvolvidos (YOUN et al., 2003). Essa variação de susceptibilidade pode ocorrer devido a mudanças na atividade enzimática e na sensibilidade do sítio de ação (CHO et al., 2002). Podendo provavelmente explicar, a menor ocorrência de efeitos letal e subletal obtidos no experimento com insetos adultos.

Os adultos do tratamento etofenproxi, assim como as larvas, também apresentaram efeito “knock-down”, mas se recuperaram rapidamente. No entanto, houve redução na viabilidade de seus ovos, que pode ter sido causada por algum efeito colateral durante a detoxificação do inseticida. Esse resultado corrobora com os de Ferreira (2012), onde insetos provenientes de recuperação do “knock-down” causado por lambdacialotrina (mesmo grupo químico que o etofenproxi) também resultou em efeitos negativos na reprodução, como redução de até 50% da fecundidade.

De maneira geral, as fases iniciais de desenvolvimento, ovos e larvas foram as mais susceptíveis aos inseticidas, seguido pelas fases de pupa e adulta. No entanto, o inseticida etiprole foi o único que não causou efeito letal sobre *H. axyridis* em qualquer fase de desenvolvimento, causando apenas alguns efeitos subletais. Os resultados observados no presente estudo corroboram com aqueles de Busoli et al. (2000) e Persad et al. (2000) os quais determinaram a seletividade do inseticida fipronil (fenilpirazol, mesmo grupo químico do etiprole) para vários predadores da família Coccinellidae.

Os resultados alcançados com o presente trabalho deverão ser úteis para programas de MIP visando a compatibilização entre os métodos químico e biológico por meio da joaninha asiática. Neste contexto, foi verificado que o inseticida etiprole foi menos tóxico ao predador, podendo ser recomendado em programas de MIP do algodoeiro. Os demais inseticidas se mostraram tóxicos, devendo ser avaliados em condições de casa de vegetação e campo para confirmação de sua toxicidade.

8 CONCLUSÃO

Os inseticidas não interferem negativamente no período embrionário, porém lambdacialotrina + clorantraniliprole, etofenproxi e lambdacialotrina reduzem a eclosão de *H. axyridis*.

O inseticida etiprole reduz a fase larval e a viabilidade dos ovos de *H. axyridis* provenientes de ovos tratados; no entanto, não afeta negativamente a fase pupal, sobrevivência das pupas, deformação nos adultos, razão sexual, peso dos adultos e fecundidade dos ovos.

Com exceção do etiprole, todos inseticidas reduzem a sobrevivência de larvas tratadas de *H. axyridis*, mas apenas o tratamento etofenproxi prolonga a fase larval. Etofenproxi e pimetrozina reduzem a viabilidade dos ovos. A duração da fase pupal, sobrevivência de pupas, peso das fêmeas, período de pré-oviposição e fecundidade total não são afetados negativamente pelos inseticidas quando aplicados em larvas do predador.

A duração da fase pupal, sobrevivência das pupas, sobrevivência após emergência e deformação nos adultos são afetados negativamente pelos inseticidas lambdacialotrina + clorantraniliprole e lambdacialotrina quando aplicados em pupas de *H. axyridis*. Tiametoxam + clorantraniliprole, pimetrozina e etofenproxi reduzem a fecundidade e viabilidade dos ovos quando aplicados em pupas do predador.

Lambdacialotrina + clorantraniliprole e lambdacialotrina reduzem a sobrevivência de adultos de *H. axyridis* tratados. A fecundidade não é afetada negativamente pelos inseticidas avaliados; no entanto, a viabilidade é reduzida nos tratamentos à base de pimetrozina e etofenproxi.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no presente trabalho são úteis para programas de manejo integrado de pragas (MIP), os quais visam a integração de métodos de controle, como exemplo os métodos químico e biológico. Dentro destes programas de MIP, o uso de inseticidas seletivos é uma importante estratégia, permitindo o controle das pragas e ao mesmo tempo a conservação dos inimigos naturais presentes nos agroecossistemas.

Neste contexto, sistemas de produção de algodão que visam ao controle de pragas sem grandes impactos ambientais, o uso de produtos seletivos (como etiprole) a *H. axyridis* deve ser priorizado.

Os demais inseticidas foram tóxicos para *H. axyridis* em laboratório, devendo ser avaliados em condições de casa de vegetação e campo para confirmação de sua toxicidade.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMASI, A. et al. Laboratory Evaluation of the Toxicity of Proteus, Pymetrozine, Deltamethrin, and Pirimicarb on Lady Beetle *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Plant Protection Research**. Poznań, v. 53, n. 2, março 2013.

ALMEIDA, L. M.; SILVA, V. B. Primeiro registro de *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera, Coccinellidae): um coccinélídeo originário da região Paleártica. **Revista Brasileira Zoologia**, Curitiba, v. 19, n. 3, p. 941-944, setembro 2002.

AMÂNCIO, M. B. et al. Seletividade de Inseticidas Utilizados no Controle de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) sobre *Eriopsis connexa* (Germar) e *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). **Anais XXX Congresso Nacional de Milho e Sorgo**. Salvador, Empresa de Pesquisa, 2014.

ANUÁRIO BRASILEIRO DO ALGODÃO 2015. Editora Gazeta, Santa Cruz do Sul – RS, 124 p. disponível em: http://www.grupogaz.com.br/tratadas/eo_edicao/7/2015/05/20150515_0ad03dca3/pdf/4775_2015algodao.pdf. Acesso em 10 outubro 2016.

ASSOCIAÇÃO GOIANA DOS PRODUTORES DE ALGODÃO – AGOPA. **Bicudo: da ameaça ao controle**. Disponível em: <http://www.agopa.com.br/pt-br/site.php?secao=boletins&pub=15406>

BAYRAM, A. et al. Lethal and sublethal effects of preimaginal treatments with two pyrethroids on the life history of the egg parasitoid *Telenomus busseolae*. **BioControl**. Dordrecht, v.55, p.697-710, dezembro 2010.

BROWN, P.M.J. et al. *Harmonia axyridis* in Europe: spread and distribution of a non-native coccinellid. In: ROY H. E.; WAJNBERG E. **From Biological Control to Invasion: the Ladybird *Harmonia axyridis* as a Model Species**. Biological Control, Orlando, v.53, p.5-21, 2008.

BROWN, M. W. Importance of early arrival of adult *Harmonia axyridis* for control of *Aphis spiraecola* on apple. **BioControl**. Dordrecht n. 56 p. 65-69, agosto 2010.

BUSOLI, A. C.; SOARES, J. J. Efeito de inseticida em insetos predadores em culturas de algodão. **Pesquisa agropecuária brasileira**. Brasília, v.35, n.9, p.1889-1894, setembro 2000.

CARDOSO, J.T.; LÁZZAR, S.M.N. Comparative biology of *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) and *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, 1842 (Coleoptera, Coccinellidae) focusing on the control of *Cinara* spp. (Hemiptera, Aphididae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v.47, n.3, p.443-446, janeiro 2003.

CARTON, B.; SMAGGHE, G.; TIRRY, L. Toxicity of two ecdysone agonists, halofenozide and methoxyfenozide, against the multicoloured Asian lady beetle *Harmonia axyridis* (Col., Coccinellidae). **Journal of Applied Entomology**, v.127, p.240-242, abril 2003.

CHAPIN, E. A. **Insects of Micronesia**: Coleoptera: Coccinellidae. Museum of Comparative Zoology, Cambridge, Massachusetts. p. 189-254, 1965.

CHAPMAN, R.F. **The Insects: Structure and function**. Cambridge: Cambridge University Press, 770p, 1998.

CHO, Y.J. et al. 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). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v.5, p. 49–53, maio 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Análise das culturas de verão: Algodão**. In: Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, V.2- Safra 14/15. n.9, p.31-40, jun. 2015

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

DEGRANDE, P.E. et al. Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais. In: PARRA, J. R. P. et al. **Controle Biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 636 p., 2002.

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

DESNEUX, N., DECOURTYE, A., DELPUECH, J. M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, Stanford v.52, p.81-106, janeiro 2007.

DOBZHANSKY, T. **The American Naturalist**: Geographical Variation in Lady-Beetles. v.67, p.97-126, The University of Chicago Press, abril 1933.

EL-SEBAEY, I. I. A.; EL-GANTIRY, A. M. Biological aspects and description of different stages of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). **Bulletin of Faculty of Agriculture**, University of Cairo, v.50 n.1 p.87-97, 1999

FERNANDES, M. E. S. et al. Physiological selectivity of insecticides to *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) and *Protonectarina sylveirae* (Hymenoptera: Vespidae) in citrus. **Sociobiology**, Feira de Santana – BA, v.51, p.765-774, janeiro 2008.

FERNANDES, F. L.; BACCI, L.; FERNANDES, M. S. Impact and Selectivity of Insecticides to Predators and Parasitoids. **EntomoBrasilis**, Vassouras – RJ, v. 3, n.1, p. 1-10, 2010.

FERREIRA, A. J. et al. Selectividade de inseticidas na cultura da macieira a ovos de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae). **Ciencia Rural**, Santa Maria v35, n.4, p.756-762, julho 2005.

FERREIRA, E. dos S. **Desempenho de Eriopis connexa (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) resistente à Lambda-cialotrina**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia; Proteção de plantas) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Chlorantraniliprole**, 2016a. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation08/Chlorantraniliprole.pdf. Acessado 05 novembro de 2016.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Fao Specifications and Evaluations For Agricultural Pesticides: Etofenprox**, 2016b. Disponível em: http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/Specs/Etofenprox07.pdf. Acessado em 05 novembro de 2016.

FOX, T.B. et al. Predators suppress *Aphis glycines* Matsumura population growth in soybean. **Environmental Entomology**, College Park, v.33, p.608-618, junho 2004.

FUKUTO, T. R.; MALLIPUDI, N. M. **Suppression of metabolic resistance through chemical structure modification**. In: G. P. GEORGHIOU, and T. SAITO. Pest resistance to pesticides: Challenges and prospects. Plenum Press, New York, NY. 1983.

GALLO, D. et al. **Pragas das plantas e seu controle: Algodoeiro**. In: Entomologia agrícola. Piracicaba, v.10, p. 397-418, 2002.

GALVAN, T. L.; KOCH, R.L.; HUTCHISON, W.D. Toxicity of Commonly Used Insecticides in Sweet Corn and Soybean to Multicolored Asian Lady Beetle (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.98, n.3, p.780-789, junho 2005a.

GALVAN, T.L.; KOCH, R.L.; HUTCHISON, W.D. Effects of Spinosad and Indoxacarb on Survival, Development, and Reproduction of the Multicolored Asian Lady Beetle (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control**, Orlando, v. 34, p. 108–114, julho 2005b.

GALVAN, T. L.; KOCH, R.L.; HUTCHISON, W.D. Toxicity of indoxacarb and spinosad to the multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **Pest Management Science**, Hoboken, v.62, p.79-804, setembro 2006.

CARVALHO, G.A.; BELARMINO, L.C. Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais. In: PARRA, J. R. P.; et al. **Controle Biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 636 p., 2002.

GORDON, R. D. The Coleoptera (Coccinellidae) of America north of Mexico. **Journal of the New York Entomological Society**, v. 93, n.1, p.1-912, janeiro 1985.

GRAVENA, S. Controle biológico no manejo integrado de pragas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, p.281-299, abril 1992.

GUEDES, R. C.; LIMA, J. O. G.; ZANUNCIO, J. C. Seletividade dos inseticidas deltametrina, fenvalerato e fenitroton para *Podisus connexivus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Porto Alegre, v 21, n. 3. p. 339-346, 1992.

GUEDES, I.V. ET AL. Aspectos biológicos de fêmeas adultas de *Orius insidiosus* (SAY, 1832) (HEMIPTERA: ANTHOCPRIDAE) alimentadas com diferentes densidades de *Aphis gossypii* (GLOVER, 1877) (HEMIPTERA: APHIDIDAE). **Científica**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 34-40, 2008.

HABIB, M. E. M.; FERNANDES, W. D. *Anthonomus grandis* Boheman (Curculionidae) já está na lavoura algodoeira do Brasil. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.58, n.1-2, p.74, 1983.

HILLOCKS, R. J; MATTHEWS, G. A. **Cotton Diseases**. Centre for Agriculture and Bioscience International (CABI). Wallingford - EUA, p. 415, 1992.

HODEK, I. **Biology of Coccinellidae**. Prague: Academic of Sciences, Netherlands 260 p., 1973.

HODEK, I. Bionomics and ecology of predaceous Coccinellidae. **Annual Review of Entomology**, v.12, p.79-104, janeiro 1967.

IGUCHI, M.; FUKUSHIMA, F.; MIURA, K. Control of *Aphis gossypii* and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) by a flightless strain of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) on green pepper plants in open fields. **Entomological Science**, Tifton, v. 15, n. 1, p. 127-132, janeiro 2012.

IORIATTI, C. et al. Effects of chlorantraniliprole on eggs and larvae of *Lobesia botrana* (Denis & Schiffermüller) (Lepidoptera: Tortricidae). **Pest Management Science**, Hoboken, v. 65, p. 717-22, junho 2009.

INSTITUTO MATO-GROSSENSE DE ECONOMIA AGROPECUÁRIA – IMEA. **Custo de produção algodão - Safra 2015/2016**. Disponível em: http://www.imea.com.br/upload/publicacoes/arquivos/R410_CPAIgodao_1_2015.pdf. Acessado 18 novembro 2016.

PERTI, G. Biodiversity of predaceous Coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.74, n.1-3, p.323-342, junho 1999.

JAMES, D. G. Pesticide Susceptibility of Two Coccinellids (*Stethorus punctum picipes* and *Harmonia axyridis*) Important in Biological Control of Mites and Aphids in Washington **Biocontrol Science and Technology**, v.13, p.253-/259, abril 2003.

JEPSON, P.C. **Pesticides and non-target invertebrates**. Intercept Limited, Wimborne-Inglaterra. 240p. 1989.

KOCH, R.L. The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: A review of its biology, uses in biological control, and non-target impacts. **Journal of Insect Science**. v.3, p.16 outubro 2003.

KOCH, R.L., VENETTE, R.C. HUTCHISON, W.D. Invasions by *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in the Western Hemisphere: Implications for South America. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.35, p 421-434, agosto 2006.

KRAISS, H.; CULLEN, E. M. Efficacy and Nontarget Effects of Reduced-Risk Insecticides on *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae) and Its Biological Control Agent *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.101, n.2, p. 391-398, abril 2008.

LAMANA ML, MILLER JC. Field observations on *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae) in Oregon. **Biological Control**, Orlando, v. 6, p. 232–237, abril 1996.

LANDIS, D.A.; FOX, T.B.; Costamagna A.C. Impact of multicolored Asian lady beetle as a biological control agent. **American Entomologist**. v.50, p.153-154. 2004.

LANZONI, A. et al, Biological traits and life table of the exotic *Harmonia axyridis* compared with *Hippodamia variegata*, and *Adalia bipunctata* (Coleoptera, Coccinellidae). **Journal of Applied Entomology**, Anglia, UK, v. 128, n. 4, p. 298-306, 2004.

MAGLIANO, F. et al. Effects of Pymetrozine on biochemical parameters and the midgut ultrastructure of *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae). **Animal Biology** v. 65, p. 271-285, Janeiro 2015

MARTINS, C. B. C., **Harmonia axyridis (Pallas) (Coleoptera, Coccinellidae): flutuação populacional, relações tritróficas em Curitiba, PR e evidências moleculares sobre sua origem no Brasil**. 2008. p. 83. Dissertação. Universidade Federal do Paraná, Curitiba 2008.

METCALF, R.L. Changing role of pesticides in crop protection. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 25, p. 219-256, 1980.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Cultura do algodoeiro, praga *Anthonomus grandis***. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acessado em 18 de novembro de 2016:

MIRANDA, J. S.; RODRIGUES, S. O Brasil agrícola: Algodão. **Revista A Granja**, São Paulo, Edição 712 p. 10-12, 2008.

MUSSER, F. R.; SHELTON, A. M. Bt Sweet Corn and Selective Insecticides: Impacts on Pests and Predators. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 96, n.1, p. 71-80, fevereiro 2003.

Nation, J. L. **Reproduction**. In J. L. Nation. Insect physiology and biochemistry. CRC Publisher. New York, p. 440- 441 2002.

NAUEN, R.; DENHOLM, I. Resistance of insect pests to neonicotinoid insecticides: current status and future prospects. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 58, p. 200 - 215, março 2005.

NAUEN, R. et al. Flupyradifurone: A brief profile of a new butenolide insecticide. **Pest Management Science**, Sussex, v.17, p. 850 – 862, junho 2015.

OLIVEIRA, N. C.; WILCKEN, C. F.; MATOS, O. C. A. 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**, v.48, n.4, p.529-533, dezembro 2004.

PERSAD, A.; KHAN, A. The effect of five insecticides on *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Homoptera: Pseudococcidae) and its natural enemies *Anagyrus kamali* Moursi (Hymenoptera: Encyrtidae), and *Cryptolaemus montrouzieri* mulsant and *Scymnus coccivora* aiyar (Coleoptera: Coccinellidae). **International Pest Control**, v.42 n.5 p.170-173. 2000.

QUIÑONES-PANDO, F. J.; TARANGO-RIVERO, S. H; BLANCO, C. A. Effect of Two Insecticides on *Hickory Shuckworm* (Lepidoptera: Tortricidae) and Predators of Pecan Pests. **Southwestern Entomologist**, v. 34, n. 3, p. 227-238, setembro 2009.

RAAK-VAN DEN BERG C.L.; DE LANGE H.J.; VAN LENTEREN J.C. Intraguild Predation Behaviour of Ladybirds in Semi-Field Experiments Explains Invasion Success of *Harmonia axyridis*. **PloS ONE**, v. 7 p. e40681, julho 2012.

REZENDE, M.Q. et al. Coleoptera, Coccinellidae, *Harmonia axyridis* (Pallas,1773): New record in Minas Gerais, southeastern Brazil. **Journal of Species Lists and Distribution**, v.6, p. 465-466, setembro 2010.

RHOADES, M.H. Key to first and second instars of six species of Coccinellidae (Coleoptera) from alfalfa in Southwest Virginia. **Journal of the New York Entomological Society**, v. 104, n. ½, p. 83-88, Winter - Spring, 1996.

RIBEIRO J. F., **Seletividade de inseticidas aos artrópodes-predadores de pragas do algodoeiro em condições de campo**. 2007. 36p. Dissertação. Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Dourados – MS, 2007

RODRIGUES S. M. M.; VIVAN L. M. A Mosca-Branca (*Bemisia tabaci* Biótipo B) no Mato Grosso. **Circular Técnica**, Campina Grande – PB, v. 111, 9 p. outubro 2007.

RODRIGUES, A.R.S. et al. Spermatogenesis, changes in reproductive structures, and time constraint associated with insemination in *Podisus nigrispinus*. **Journal of Insect Physiology**, v. 54, p. 1543–1551, dezembro 2008.

RODRIGUES, A.R.S. et al. Dietary effects upon biological performance and lambda-cyhalothrin susceptibility in the multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*. **Phytoparasitica**, v. 41, p. 285–294, julho 2013.

SAINI, E. D. Presencia de *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera:Coccinellidae) em La provincia de Buenos Aires. Aspectos biológicos e morfológicos. **Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)**, Buenos Aires, v. 33, n. 1, p.151-160, janeiro 2004.

SANTOS, D.S., RODRIGUES, A.R.S., TORRES, J.B. Performance of *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) resistant to lambda-cyhalothrin after extended recovery from knockdown. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 45, p. 718–724 julho 2016.

SASAJI, H. **Fauna Japonica, Coccinellidae (Insecta: Coleoptera)**. Academic Press of Japan, Tokyo, 340 p., 1971.

SASAJI H. **Larval characters of Asian Species of the Genus *Harmonia mulsant***. Memoir of the Faculty of Education, Fukui University Series II. Nat. Sci., v. 27, p. 1-17, 1977.

SAVOISKAYA, G. I.; KLAUSNITZER, B. Morphology and taxonomy of the larvae with keys for their identification. In: HODEK I. **Biology of Coccinellidae**. Springer Netherlands, p. 36-55, 1973.

SECHSER, B.; REBER, B.; BOURGEOIS, F. Pymetrozine: selectivity spectrum to beneficial arthropods and fitness for integrates pest management. **Journal of Pest Science**, Heidelberg, v. 75, n.3, p. 72-77, junho 2002.

SEO, M. J.; KIM, G. H.; YOUN, Y. N. Differences in biological and behavioural characteristics of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) according to colour patterns of elytra. **Journal of Applied Entomology**, v. 132, p. 239-247, março 2008.

SHAPIRO J P.; SHIRK, P.D.; Ovarian development in predacious *Orius pumilio*: relationship to diet, mating, and juvenile hormone. **Annals of the Entomological Society of America**. College Park, v.103, p. 971-978, novembro 2010.

TOMLIN, C.D.S. **The Pesticide Manual - World Compendium**, 11 th ed., British Crop Protection Council, Surrey, England 1997

VANDENBERG, N. J. Coccinellidae. In: ARNETT, R. H. et al. **American Beetles**. Ed. CRC Press, Boca Raton - FL, v. 2, p. 371-389. 2002.

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

WALKER, C.H.; HOPKIN, S.P.; SIBLY, R.M.; PEAKALL, D.B. **Principles of ecotoxicology**. 2 nd ed, Ed. CRC Press: Londres, 309 p. 2001.

WILKINSON, C. F. Uptake of insecticides. In: C. F. WILKINSON, **Insecticide biochemistry and physiology**, 2nd ed. Springer, New York, p. 281–312, 2013.

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.

YOUN, Y. N. et al. Toxicity of greenhouse pesticides to multicolored Asian lady beetles, *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control**, Orlando, v. 28, p. 164 – 170, outubro 2003.

YU, S. J. **The Toxicology and Biochemistry of Insecticides**. CRC Press: Boca Raton – FL, 276p. 2008.