



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**



DJISON SILVESTRE DOS SANTOS

**RESISTÊNCIA À LAMBDA-CIALOTRINA EM *Eriopis connexa* (GERMAR, 1824)
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE): DESEMPENHO E SOBREVIVÊNCIA APÓS
*KNOCKDOWN***

Rio Largo, AL
2013

DJISON SILVESTRE DOS SANTOS

**RESISTÊNCIA À LAMBDA-CIALOTRINA EM *Eriopsis connexa* (GERMAR, 1824)
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE): DESEMPENHO E SOBREVIVÊNCIA APÓS
*KNOCKDOWN***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Alagoas, para obtenção do título de Mestre em Agronomia,
Área de Concentração: Proteção de Plantas.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Braz Torres

Co-Orientadora: Dra. Agna Rita dos Santos Rodrigues

Rio Largo, AL
2013

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecária Responsável: Fabiana Camargo dos Santos

S237r

Santos, Djison Silvestre dos.

Resistência à lambda-cialotrina em *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae) : desempenho e sobrevivência após knockdown / Djison Silvestre dos Santos. – 2013.
76 f.

Orientador: Jorge Braz Torres.

Co-orientadora: Agna Rita dos Santos Rodrigues.

Dissertação (Mestrado em Agronomia : Proteção de plantas) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2013.

Bibliografia: f. .

Anexos: f. 74-76.

1. Joaquina – Resistência a inseticidas. 2. Custo adaptativo. 3. Joaquina – Sobrevivência. 4. Controle biológico de pragas. I. Título.

CDU: 632.348:632.937.3

DJISON SILVESTRE DOS SANTOS

RESISTÊNCIA À LAMBDA-CIALOTRINA EM *Eriopis connexa* (GERMAR, 1824)
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE): DESEMPENHO E SOBREVIVÊNCIA APÓS
KNOCKDOWN

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jorge Braz Torres

Orientador

Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE

Dr^a. Agna Rita dos Santos Rodrigues

Co-Orientadora

1^a Avaliadora

Universidade Federal Rural de Pernambuco-UFRPE

Prof^a Dr^a. Sônia Maria Forti Broglio

2^o Avaliador

Universidade Federal de Alagoas-UFAL

Prof. Dr^a. Roseane Cristina Prêdes Trindade

3^a Avaliadora

Universidade Federal de Alagoas-UFAL

*A Deus, por ter me dado primeiramente minha vida e por tudo que tenho hoje.
Aos meus pais, Mauro Aureliano dos Santos e Maria José Silvestre dos Santos
pelo amor, carinho e todos os ensinamentos durante toda minha vida.
À minha esposa, Josilene da Mota Silvestre, pelo amor e companheirismo
durante todos os momentos.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Alagoas (UFAL), pela oportunidade concedida, de concluir mais objetivo em minha vida.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco pela oportunidade e apoio para executar toda minha pesquisa.

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

À minha família, principalmente aos meus pais, Mauro Aureliano dos Santos e Maria José Silvestre dos Santos e ao meu irmão Dalison Silvestre dos Santos, fonte de apoio, incentivo, amor e carinho durante toda minha vida.

Minha esposa Josilene da Mota Silvestre pela confiança depositada em mim todo momento, pelo apoio, carinho, compreensão e amor.

Agradeço especialmente ao meu orientador Jorge Braz Torres por todos os ensinamentos, paciência, dedicação e amizade.

A Dr^a Agna Rita dos Santos Rodrigues pela amizade, profissionalismo e desprendimentos em ajudar-me na construção deste trabalho.

A prof.^a Dr^a Sônia Maria Forti Broglio pela amizade e por dedicar apoio e ensinamentos em toda minha vida acadêmica.

Ao prof.^a. Dr^a. Roseane Cristina Prêdes Trindade, pelas contribuições e apoio.

Aos professores do curso de pós-graduação em Agronomia pelos conhecimentos adquiridos no decorrer do curso.

Aos amigos da Pós-Graduação: Benigno França Amorim de Almeida, José Jadilson Nunes de Macedo, Letice Souza da Silva, Lucas dos Santos Medeiros, Maria Inajal Rodrigues da Silva das Neves, Polyana Geysa da Silva Cavalcante, Renato Américo de Araújo Neto, Tatiana de Lima Salvador e William Antônio Raposo Rodrigues, pela amizade, incentivo e pelos momentos de alegria e descontração.

Aos meus amigos Jakeline Maria dos Santos, Simone Silva da Costa e David Vitor pela força e pelos momentos de descontração.

Aos amigos Felipe Colares e Eduardo Moreira Barros pelo companheirismo e amizade durante todo período de experimento.

Aos meus amigos do laboratório de Controle Biológico e Ecologia de Insetos, Aline, Karla Fernanda, Juliana, Robério, Sibele e Rodrigo pela companhia durante todo o tempo e

em especial a Rogério, Guilherme, Paulo Roberto e Ivan pela amizade, confiança e auxílio na condução dos experimentos.

À Pós-Graduação, aos professores e colegas pela contribuição na minha formação acadêmica.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para o sucesso deste trabalho.

RESUMO

A tendência do manejo integrado de pragas é aumentar a integração do uso de inseticidas, combinados com outros métodos de controle, especialmente com o controle biológico. No entanto, inimigos naturais e inseticidas sintéticos na maioria dos casos são incompatíveis, gerando assim, impactos sobre o agroecossistema. Entre os inimigos naturais com potencial para controlar pragas, destaca-se a joaninha *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae). Assim, neste estudo foi investigado o desempenho de *Eriopis connexa* após sofrer *knockdown* devido ao tratamento com o inseticida lambda-cialotrina, bem como avaliar a capacidade de indivíduos da população resistente em sobreviver e reproduzir em plantas de algodão tratadas com este inseticida, e também em sobreviver à exposição a resíduo seco de oito inseticidas piretroides e um organofosforado. Os insetos empregados nos estudos foram criados em laboratório e alimentados com ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). A população de *E. connexa* resistente (R) foi mantida sob pressão de seleção com tratamento tópico do adulto com 0,5 µl da concentração 0,35 mg i.a./mL da lambda-cialotrina. As fêmeas recuperadas após *knockdown* nos diferentes intervalos apresentaram fecundidade e longevidade similares, mas apresentaram 50% a menos de produção de ovos e menor longevidade que fêmeas suscetíveis. Fêmeas suscetíveis e resistentes apresentaram taxa líquida de reprodução (R_0) similares, porém as populações resistentes apresentaram maior taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) e menor tempo médio de geração (T). Em relação à capacidade de estabelecimento em plantas pulverizadas com lambda-cialotrina, a população de *E. connexa* resistente apresentou aproximadamente 94% de sobrevivência de larvas e 58, 9% de adultos, no entanto quanto à reprodução, fêmeas resistentes apresentaram uma redução na produção de ovos. Testes de contato com vários piretroides em resíduo seco em folhas de algodão, a maior mortalidade foi observada na população suscetível. Os inseticidas que causaram maior e menor mortalidade foram o bifentrina e fenpropatrina, respectivamente, para ambas as populações. O inseticida organofosforado metidationa ocasionou mortalidade total para larvas e adultos em todas as populações. Diferenças consistentes apenas são observadas na fecundidade entre as populações, podendo estar relacionada ao custo adaptativo da resistência. Além disso, apesar de indivíduos da população resistente apresentar menor produção de ovos, estes apresentam considerável sobrevivência sobre plantas pulverizadas com lambda-cialotrina, como também apresentam baixa mortalidade tanto para larvas como para adultos a vários outros piretroides. Estes resultados poderão auxiliar na escolha do inseticida piretroide a ser aplicado influenciando assim, na conservação da joaninha *E. connexa* resistente à lambda-cialotrina no manejo integrado de pragas, permitindo uma integração do controle químico e biológico.

Palavras-chave: Joaninha. Resistência. Custo adaptativo. Sobrevivência.

ABSTRACT

The integrated pest management advises that different methods of pest control might be used simultaneously with the biological control as the foundation one. However, natural enemies and synthetic pesticides are incompatible at most. Among the natural enemies, the lady beetle *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) is widely found in the agroecosystems. Thus, this work investigated the performance of a resistant (R) population of *E. connexa* to lambda-cyhalothrin after suffering knockdown effect from topical treatment. Further, survival and reproduction of this R population caged on treated cotton plants with lambda-cyhalothrin as well as the survival when exposed to dry residue on cotton leaves from eight pyrethroids and one organophosphate were compared to the susceptible (S) population. The larvae and adults used in the study were reared with eggs of *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). The R-population was maintained under selection pressure treating the adults topically with 0.5µl placed on the ventral side of the abdome from a concentration of 0.35 mg a.i./mL of lambda-cyhalothrin. The R females recovering from knockdown within the intervals of 24, 48 and 72h after treatment exhibited similar longevity and egg production, but with lower longevity and about 50% less egg production compared to untreated S females. The fertility life table parameters determined for S and R untreated females and females R recovered within 24h-period resulted in similar net reproductive rate (R_0) with large variation among R females, and greater intrinsic rate of population increase (r_m) and shorter mean generation time (T) for R females. Regarding the capacity of survival on treated cotton plants, larvae of R and S populations exhibited 94% and 35.7% of survival from third instar to pupa and 66% and 2% of adult emergence. Further, adults R confined on treated plants exhibited 58.9% survival after 12 days, while all adults of S population die within 3-days period without laying eggs. Again, R females recovered on treated cotton plants reduced by 50% egg production compared to S females caged on untreated plants during 12 days of observation. Mortality of resistant and susceptible *E. connexa* larvae exposed to dry residue of eight pyrethroid insecticides varied from 0 to 43.7% and from 3.3 to 100%, respectively. The insecticide fenpropathrin caused the lowest mortality for larvae of both *E. connexa* populations. Between larvae and adults of *E. connexa*, lower mortality of larvae is observed across most of tested insecticides compared to adult beetles. The organophosphate metidationa caused 100% mortality for larvae and adults of both populations. The results show consistent difference between R and S populations only for egg production and it can be related to adaptive cost for resistance in the R females. Although beetles from R population produce lower number of eggs, they exhibit greater survival on treated plants with lambda-cyhalothrin. Further, larvae and adults from R population also exhibit greater survival to dry residues from various other pyrethroid insecticides. These results might lead to a judicious selection of pyrethroid insecticides aiming to preserve the resistant population of *E. connexa* and, hence, allowing the integration of biological and chemical control.

Key-words: Ladybeetle. Resistance. Adaptive cost. Survival.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 - Desempenho reprodutivo e da descendência de *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae) resistente à lambda-cialotrina após efeito *knockdown*.

Tabela 1 - Médias ($\pm$ EP) de características analisadas em adultos de *Eriopis connexa* suscetível (S0) e resistente (R0) sem tratamento com o inseticida e de adultos resistente recuperados do *knockdown* nos intervalos de 24 (R24), 48 (R48) e 72 horas (R72) após tratamento tópico com lambda-cialotrina em grau técnico (0,35 mg i.a./mL). 28

Tabela 2 - Duração de larvas, duração de pupa, viabilidade de larva, viabilidade pupa e peso de adultos da progênie de *Eriopis connexa* suscetível (S0), resistente (R0) sem exposição ao inseticida e resistente recuperadas do *knockdown* nos intervalos de 24 a 72 horas (R24, R48 e R72) após o tratamento tópico com lambda-cialotrina em grau técnico a 0,35mg de i.a./mL..31

Tabela 3 - Características reprodutivas e parâmetros da tabela de vida de fertilidade de *Eriopis connexa* suscetível (S0) e resistente (R0) sem exposição à lambda-cialotrina e resistente (R24) recuperadas do *knockdown* após 24h do tratamento tópico com lambda-cialotrina em grau técnico (0,35 mg i.a./mL) 32

CAPÍTULO 2 - Resposta de populações de *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae) resistente e suscetível à lambda-cialotrina a diferentes piretroides.

Tabela 1 - Produto comercial, ingrediente ativo, dosagem e a praga alvo desta maior dosagem recomendada do produto para pulverização em algodoeiro..... 48

Tabela 2 - Resultados da ANOVA para os efeitos das fontes principais de variação, inseticidas, população da joaninha (resistente e suscetível) e do estágio (larva e adulto) e das interações da análise de variância para a mortalidade de larva e adultos e emergência de adultos oriundos de pupas formadas pelas larvas expostas aos inseticidas..... 53

Tabela 3 - Mortalidade média (%) de larvas e adultos de *Eriopis connexa* resistente e suscetível à lambda-cialotrina expostas a oito piretroides e um organofosforado recomendados para o controle de pragas do algodoeiro 55

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1 - Desempenho reprodutivo e da descendência de *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae) resistente à lambda-cialotrina após efeito *Knockdown*.

Figura 1 - Sobrevivência de fêmeas de *Eriopis connexa* susceptível (S0), e resistente (R0) sem contato com o inseticida e resistente recuperada do *knockdown* no período de 24 (R24), 48 (R48) e 72 horas (R72) após tratamento com 0,35 mg i.a./mL da lambda-cialotrina em grau técnico. Nota: Curvas de sobrevivência determinadas pelo método de Kaplan-Meier diferem pelo teste de Log-Rank ($\chi^2 = 87,0529$; $P = 0,001$; $GL = 4$). 29

Figura 2 - Produção de ovos fêmeas (mx) e mortalidade específica da fase adulta (lx) de fêmeas de *Eriopis connexa* das populações suscetível (S0) e resistente (R0) sem tratamento tópico com lambda-cialotrina e população resistente tratada com lambda-cialotrina e recuperada do *knockdown* 24h após o tratamento durante a fase adulta.. 33

CAPÍTULO 2 - Resposta de populações de *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae) resistente e suscetível à lambda-cialotrina a diferentes piretroides.

Figura - Sobrevivência de larvas e emergência ($\pm EP$) de *Eriopis connexa* das populações suscetível “S” e resistente “R” confinadas em plantas de algodão pulverizadas (+LC) ou não pulverizadas (-LC) com lambda-cialotrina. Barras seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade comparando a sobrevivência ou a emergência.. 50

Figura 2 - Proporção de adultos sobreviventes (A) e número médio de ovos acumulados por fêmea (B) das populações suscetível “S” e resistente “R” de *Eriopis connexa* confinadas em plantas de algodão pulverizadas (+LC) ou não pulverizadas (-LC) com lambda-cialotrina durante 12 dias de observações. Linhas seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Log-Rank e Tukey HSD (B) a 5% de probabilidade... 51

Figura 3 - Mortalidade média ($\pm EP$) de indivíduos das populações suscetível e resistente em função de todos os inseticidas piretroides de *Eriopis connexa* . Barras seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade entre larvas e adultos da mesma população..... 54

Figura 4 - Emergência de adultos (médias $\pm EP$) de *Eriopis connexa* resistente (R) e suscetível (S) após contato com resíduo seco dos respectivos inseticidas na maior dosagem recomendada pelo fabricante para o controle de pragas do algodoeiro. Nota: Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre os inseticidas para população R e maiúscula para população S pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade. *Indica diferença significativa entre a população R e S pelo teste t a 5% de probabilidade.....57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	12
2	Desempenho reprodutivo e da descendência de <i>Eriopis connexa</i> (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae) resistente à lambda-cialotrina após efeito <i>Knockdown</i>.....	18
	RESUMO.....	18
	ABSTRACT	19
2.1	INTRODUÇÃO	20
2.2	MATERIAL E MÉTODOS	22
2.2.1	Obtenção das Populações de <i>Eriopis connexa</i> Suscetível e Resistente.....	22
2.2.2	Criação das Populações de <i>Eriopis connexa</i> Suscetível e Resistente.....	22
2.2.3	Desempenho de Fêmeas de <i>Eriopis connexa</i> de Populações Suscetível, Resistente e Resistente após <i>Knockdown</i>	23
2.2.4	Desempenho da Progenie de <i>Eriopis connexa</i> Suscetível, Resistente e Resistente após sofrer <i>Knockdown</i>	25
2.2.5	Tabela de Vida de Fertilidade para Fêmeas Suscetível e Resistente de <i>Eriopis connexa</i>	25
2.3.	RESULTADOS	27
2.3.1	Desempenho de Fêmeas de <i>Eriopis connexa</i> de Populações Suscetível, Resistente e Resistente após <i>Knockdown</i>	27
2.3.2	Desempenho da Progenie de <i>Eriopis connexa</i> Suscetível, Resistente e Resistente após sofrer <i>Knockdown</i>	30
2.3.3	Tabela de Vida de Fertilidade para Fêmeas Suscetível e Resistente de <i>Eriopis connexa</i>	32
2.4	DISCUSSÃO	34
2.5	CONCLUSÕES.....	38
3	Resposta de populações de <i>Eriopis connexa</i> (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae) resistente e suscetível à lambda-cialotrina a diferentes piretroides.....	39

RESUMO.....	39
ABSTRACT	40
3.1 INTRODUÇÃO	41
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	43
3.2.1 Descrição das populações de <i>Eriopis connexa</i> Estudadas.....	43
3.2.2 Criação de <i>Eriopis connexa</i> em Laboratório.	44
3.2.3 Sobrevivência de Larvas e Adultos de <i>Eriopis connexa</i> Resistente (R) e Suscetível (S) Confinadas em Plantas Tratadas com Lambda-cialotrina.....	45
3.2.4 Mortalidade de Larvas e Adultos de <i>Eriopis connexa</i> Resistente e Suscetível à Lambda-cialotrina Expostas a Resíduo Seco de Diferentes Inseticidas.	47
3.3 RESULTADOS	49
3.3.1 Sobrevivência de Larvas e Adultos de <i>Eriopis connexa</i> Resistente e Suscetível Confinadas em Plantas Tratadas com Inseticida Lambda-cialotrina.....	49
3.3.2 Mortalidade de Larvas e Adultos de <i>Eriopis connexa</i> Resistente e Suscetível à Lambda-cialotrina Expostas a Resíduo Seco de Diferentes Piretroides.....	52
3.4 DISCUSSÃO	57
3.5 CONCLUSÕES.....	61
3.6 CONCLUSÕES GERAIS	62
3.7 REFERÊNCIAS	62
ANEXO.....	71

1 INTRODUÇÃO GERAL

A utilização de inseticidas sintéticos ainda continua sendo o principal método de controle de artrópodes-praga nos tempos modernos, constituindo-se no método mais difundido no manejo integrado de pragas (MIP) (KOGAN, 1998; JEYANTHI; KOMBAIRAJU, 2005). Porém, a forma e a intensidade como estes inseticidas estão sendo utilizados resulta em redução das vantagens preconizadas pelo MIP com diversos efeitos indesejados, tais como ressurgência de pragas, surtos de pragas secundárias, resistência em artrópodes-pragas e impacto sobre inimigos naturais (GEORGHIOU, 1972; CROFT, 1990).

O uso frequente de inseticidas de alta toxicidade e largo espectro de ação na agricultura afeta o desenvolvimento da dinâmica populacional dos inimigos naturais em campo (BASTOS; TORRES, 2006), interfere no equilíbrio dos mais diversos organismos no agroecossistema e está associado à seleção de populações de insetos e ácaros resistentes aos inseticidas (POLETTI; OMOTO, 2003). Devido a estes problemas, ocorre aumento nos custos de produção por falhas no controle, elevadas dosagens dos inseticidas e necessidade de substituição de inseticidas, dentre outros (JOHNSON; TABASHNIK, 1999; RICHETTI et al., 2004).

Os piretroides são inseticidas bastante utilizados para controle de diversas pragas, por estes possuírem propriedades favoráveis como alta toxicidade sobre insetos e baixa sobre mamíferos, além de apresentar eficiência em baixas doses e rápida degradação (KHAMBAY; JEWESS, 2010). Sua principal utilização na agricultura é em particular para controlar lagartas e também coleópteros (KHAMBAY; JEWESS, 2010). Os piretroides tiveram seu uso difundido como alternativa aos organoclorados, carbamatos e organofosforados, produtos muito persistentes no ambiente e, em sua maioria, muito tóxicos (CASIDA, 1980). Piretroides são derivados sintéticos das piretrinas, ésteres tóxicos isolados das flores das espécies de *Chrysanthemum cineraria* Vis. (Asteraceae) (ELLIOTT, 1976). Os piretroides são moléculas de ésteres formados pela combinação de um álcool e ácido meiótico (ELLIOTT; JANES, 1978). Os piretroides atuam sobre o canal de sódio na membrana nervosa, de forma a manter os canais iônicos de sódio da membrana abertos, causando a despolarização dos neurônios. As moléculas do piretroide se ligam à proteína associada ao canal de sódio, impedindo o seu fechamento. Consequentemente, as membranas do neurônio não conseguem voltar ao estado de repouso, ocorrendo bloqueio da transmissão de impulsos (YU, 2008). Os piretróides estão classificados em duas categorias (tipo I e tipo II), com base nos sintomas de envenenamento, efeitos sobre o sistema nervoso e estruturas químicas (KHAMBAY; JEWESS, 2010). Os

piretroides do tipo I não possuem grupo α ciano na constituição de sua molécula, e suas principais características são: rápida demonstração de envenenamento, descargas repetitivas em resposta a um único estímulo produzindo efeito *knockdown* (rápida paralisia), e baixa mortalidade com alta taxa de recuperação. Já os piretroides tipo II são considerados mais tóxicos devido à presença de um grupo α ciano, e seus sintomas são: lenta demonstração de envenenamento, porém, provocando convulsões que ocasiona paralisia do inseto, levando a alta mortalidade e menor recuperação (KHAMBAY; JEWESS, 2010). O uso intensivo deste inseticida na agricultura, no entanto vem selecionando populações de insetos-praga à resistência a piretroides (DONG, 2007).

A lambda-cialotrina é entre os piretroides a que mais registro tem para uso contra pragas desfolhadoras, em diversas culturas no Brasil (AGROFIT, 2013). No entanto, apresentando alto impacto sobre os inimigos naturais (FONSECA et. al., 2007; LEITE et al., 2010). De maneira geral, entre os piretroides, seus produtos possuem alto impacto sobre inimigos naturais. Diamatino (2011) avaliando a seletividades de alguns inseticidas utilizados na cultura do algodoeiro concluiu que o piretroide alfa-cipermetrina era tóxico para os insetos da família Coccinellidae. Ahmad; Arif; Sayyed (2011) também confirmam a toxicidade de piretroides, porém neste caso foi observado para a cipermetrina que apresentou mais de 80% de mortalidade da joaninha *Coccinella undecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) quando exposta aos efeitos residuais deste produto. Maiores resultados sobre seletividade de inimigos naturais a inseticidas têm sido relatados por Tabeli; Kavousi; Sabahi (2008), mostrando a importância de tais informações para a preservação de insetos benéficos como também para manejo de pragas.

Os insetos predadores são frequentemente considerados como reguladores eficazes de populações de insetos-praga (OBRYCKI; KRING, 1998; CARDOSO; LAZZARI, 2003) com inúmeras espécies, entre elas da família Coccinellidae. As principais espécies de joaninhas predadoras são *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763), *Eriopis connexa* (Germar, 1824), *Hippodamia convergens* (Guérin, 1842), *Coleomegilla maculata* (De Geer, 1775), *Olla v-nigrum* (Mulsant, 1866), *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) e *Scymnus* spp. (GASSEN, 1986; ARAUJO-SIQUEIRA; ALMEIDA, 2006; GRAVENA, 2005, TORRES et al. 2009). Coccinellidae é uma família monofilética com espécies distribuídas por todo o mundo. A família é dividida em sete subfamílias (Coccidulinae, Coccinellinae, Scymninae, Ortaliinae, Chilocorinae, Sticholotidinae e Epilachninae), as quais possuem 42 tribos (COSTA LIMA, 1953; DIXON, 2000). Apenas poucos representantes da subfamília Coccidulinae (Psyllaborini) alimentam-se de fungos e todos da subfamília Epilachninae, de plantas

superiores; os demais são predadores de afídeos, psílídeos, cochonilhas, ovos, pequenas larvas de lepidópteros e coleópteros, e ainda de ácaros fitófagos (HODEK; HONĚK, 2009). Devido a sua capacidade de predação um grande número de espécies-praga de importância econômica, e possuir grande atividade de busca ocupando todos os ambientes, os coccinelídeos (joaninhas predadoras) possuem grande potencial como agentes de controle biológico. (OBRYCKI; KRING, 1998; HODEK; HONĚK, 2009). Na região Neotropical, destaca-se a joaninha *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae), dentre outras, como predadora de pulgões (SARMENTO et al., 2007).

Os inimigos naturais minimizam a necessidade da intervenção do homem no controle de pragas. Entretanto, na agricultura atual, somente em algumas situações o controle biológico natural é eficiente para controlar artrópodes-praga sem a complementação de inseticidas (DEGRANDE et al. 2002). O conhecimento de compatibilidade e impacto dos inseticidas (efeito letal e subletal) em espécies benéficas é essencial à integração ativa de controle químico e biológico (GREATHEAD, 1995).

A integração do controle biológico e químico só seriam possíveis através da seletividade, que é a capacidade de um inseticida ser tóxico para os insetos-praga e não prejudicar os inimigos naturais e outras espécies não alvo. (CROFT, 1990). A seletividade pode ser classificada como ecológica ou fisiológica (RIPPER; GREENSLADE; HARTLEY, 1951). A seletividade ecológica relaciona-se a formas de utilização dos inseticidas de modo a minimizar a exposição do inimigo natural ao inseticida, enquanto que a fisiológica está relacionada à tolerância do inimigo natural ao produto. Neste último tipo de seletividade, podem estar envolvidos os processos de absorção, penetração, transporte e ativação dos compostos, que resultam em toxicidade diferencial de inseticidas a diferentes organismos-alvo (MULLIN; CROFT, 1985; CROFT, 1990).

Uma maneira de obtenção da seletividade fisiológica seria através da resistência em inimigos naturais. A resistência a inseticidas é definida como a habilidade herdada de um organismo de tolerar as doses de um inseticida que seriam letais para a maioria dos indivíduos da mesma espécie (WHO, 1957; WHO, 1960). No âmbito evolutivo, a resistência a inseticidas pode ser considerada como uma característica pré-adaptativa, genética e hereditária (DOBZHANSKY, 1951). A resistência em indivíduos pode ser manifestada para dois ou mais compostos químicos distintos através da resistência cruzada ou resistência múltipla. A resistência cruzada refere-se aos casos em que um único mecanismo de resistência confere resistência a dois ou mais compostos químicos (produtos estes geralmente relacionados; por ex., DDT e lambda-cialotrina). Já a resistência múltipla ocorre quando pelo menos dois

diferentes mecanismos de resistência coexistentes conferem resistência a dois ou mais compostos químicos, produtos estes geralmente não relacionados (METCALF, 1955).

Os principais mecanismos de resistência aos inseticidas são: redução na penetração do inseticida, aumento na taxa de metabolismo do inseticida pela atividade de esterases, monooxigenases dependentes do citocromo P450 e glutathiona-S-transferases, ou por uma alteração na sensibilidade do sítio-alvo (GEORGHIOU; TAYLOR, 1986; PARAKRAMA KARUNARATNE, 1998; YU, 2008). Para piretróides, a insensibilidade de sítio-alvo e a destoxificação metabólica são importantes mecanismos que conferem resistência (SATTELLE; YAMAMOTO, 1988). O primeiro é denominado de resistência *knockdown* (*KdR*), e foi relatado pela primeira vez em *Musca domestica* (L.), (Diptera: Muscidae) (SATTELLE; YAMAMOTO, 1988). Já o segundo mecanismo ocorre principalmente através da clivagem da ligação éster por esterases ou oxidases, e a hidroxilação do anel aromático ou do grupo metil por oxidases (SODERLUND; CASIDA, 1977).

A evolução da resistência em inimigos naturais representa um grande avanço no manejo integrado de pragas, porém pouco são os casos documentados (CROFT, 1990; JOHNSON; TABASHNIK, 1999). Diferentemente das pragas, a resistência em inimigos naturais é vista de forma benéfica, pois o resultado esperado da sobrevivência dos indivíduos resistentes seria menor a probabilidade da ressurgência e surtos de pragas secundárias em culturas onde o controle químico é praticado (HARDIN et al., 1995; DUTCHER 2007; RAO; SHIVANKAR; SINGH, 2007) .

Algumas hipóteses tentam explicar a menor ocorrência de resistência em inimigos naturais, dentre elas: (i) a falta de documentação; (ii) pré-adaptação diferencial e (iii) limitação de alimento (CROFT; MORSE, 1979). Quanto à falta de documentação, é relatado que as pragas atraem mais a atenção do que os inimigos naturais, devido aos danos causados (JOHNSON; TABASHNIK, 1999). A pré-adaptação diferencial é baseada no fato de que os herbívoros são melhores pré-adaptados a sobreviver à aplicação de pesticidas do que os inimigos naturais. Isto porque os desafios que os insetos pragas são submetidos frente às defesas bioquímicas das plantas produziram um aperfeiçoado mecanismo de destoxificação enzimática (PLAPP; BULL, 1978). Esta hipótese tem sido discordada por alguns autores, onde são relatados que inimigos naturais podem desenvolver resistência a inseticidas, através de seleções realizadas pelas aplicações de produtos para controle de artrópodes-pragas (THEILING; CROFT, 1988). A hipótese da limitação de alimento sustenta o fato de que os inimigos naturais que conseguem sobreviver a uma aplicação de um determinado inseticida são submetidos à escassez de alimento devido ao efeito da aplicação na população das pragas.

Assim, os inimigos naturais sobreviventes não conseguiriam reproduzir ou sobreviver, aumentando a probabilidade de dispersão para outros locais em busca de alimento (GEORGHIOU, 1972).

Os ácaros predadores Phytoseiidae têm sido os inimigos naturais com maior destaque nos estudos de resistência. Estes predadores apresentam parâmetros que favorecem a evolução da resistência, principalmente em razão do seu alto potencial reprodutivo, rápido ciclo de vida, além do fato que algumas espécies apresentam reprodução por pseudo-arrenotoquia (POLETTI; OMOTO, 2003). Outro grupo de predador que tem recebido atenção é a família Chrysopidae. Recentemente, Pathan et al. (2008; 2010) e Sayyed; Pathan; Faheem (2010) detectaram e caracterizaram a resistência ao piretroide deltametrina neste grupo de inimigos naturais. PATHAN et al. (2008), estudando diferentes populações de *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) coletadas de campos de algodão no Paquistão, detectaram graus de resistência de 21 a 97 vezes para inseticidas organofosforados e piretroides.

O primeiro caso documentado de resistência em Coccinellidae foi com *C. maculata*, a qual foi caracterizada como sendo resistente aos inseticidas DDT, parationa metílica e monocrotofós (HEAD et al. 1977; GRAVES et al. 1978). Também a resistência ao piretroide lambda-cialotrina em *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville) (Coleoptera: Coccinellidae) foi documentada em populações da Geórgia, E.U.A coletadas de campo de algodão (RUBERSON et al., 2007). Posteriormente, Rodrigues et al. (2013a) estudou a herança e o mecanismo de resistência de uma população de *H. convergens* também oriunda desta mesma localidade e relatou que a herança da resistência era ligada ao sexo com uma razão de resistência de 220,03 vezes.

Kumral et al. (2011) detectaram resistência ao piretroide bifentrina em população de *Stethorus gilvifrons* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) coletada em campos comerciais de maçã na Turquia. No Brasil, Rodrigues (2012) estudou a suscetibilidade de 28 populações distribuídas em oito espécies de joaninhas de importância para o controle biológico, e detectou quatro populações de *E. connexa* com níveis de resistência entre 11 a 38 vezes ao piretroide lambda-cialotrina. A população de *E. connexa* com maior nível de resistência foi selecionada, e teve a herança da resistência estudada, indicando influência de um gene autossomal e incompletamente dominante (RODRIGUES et al., 2013b). Também, a destoxificação metabólica foi indicada como mecanismo que confere resistência em *E. connexa*, provavelmente através da atividade de carboxilesterases do tipo B (RODRIGUES, 2012). Estudos recentes realizados por Spindola et al. (2013) avaliaram a sobrevivência

diferencial de adultos das populações suscetível e resistente de *E. connexa* e do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae), a principal praga do algodoeiro e alvo da utilização da lambda-cialotrina para o seu controle. Em plantas de algodão tratadas com lambda-cialotrina, verificou-se sobrevivência de 0% para *E. connexa* suscetível e acima de 86% para a população resistente e entre 17 e 22% do bicudo. Estes resultados confirmam a aplicação prática da resistência desta população de *E. connexa*. Ainda, vale ressaltar a superior sobrevivência quando comparando com *A. grandis* que é considerada uma das pragas mais importante para cultura do algodoeiro no Brasil.

A resistência a inseticidas em sua maioria pode estar acompanhada de um custo adaptativo, podendo comprometer a reprodução e a sobrevivência dos indivíduos resistentes em ambientes livres de inseticidas (GEORGHIOU, 1972). O custo adaptativo muitas vezes pode limitar o desenvolvimento de indivíduos resistentes na ausência da pressão de seleção, uma vez que o genótipo resistente pode apresentar efeito pleiotrópico, deixando estes indivíduos menos competitivos, devido à limitação imposta pelo custo no metabolismo (GOULD, 1998). Em estudos sobre custo adaptativo, o menor desempenho tem sido encontrado em espécies de insetos herbívoros apresentando resistência (BIANTAO et al., 2009; FENG et al., 2009), o que pode ser esperado e que foi confirmado em inimigos naturais por Ferreira et al. (2013). Estes autores observaram que a população resistente de *E. connexa* também utilizada neste estudo, apresentou custo adaptativo, principalmente voltado para redução da produção de ovos e da predação do pulgão *Aphis gossypii* (Glover, 1877)(Hemiptera: Aphididae) nos três dias após recuperar do *knockdown*, quando exposto ao tratamento tópico com a lambda-cialotrina. Ao contrário dos resultados encontrados por este mesmo autor, Spollen; Hoy (1992) verificaram que o parasitoide *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae), resistente ao carbaril, não apresentaram custo adaptativo, porém a partir da 15ª geração sem seleção, esta população teve um declínio na DL₅₀, indicando uma instabilidade da resistência. Por outro lado, Pathan et al. (2010), avaliando o desempenho de *C. carnea* observaram maior produção de ovos, viabilidade e predação para indivíduos resistentes a organofosforado e piretroides.

Assim este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de joaninhas *E. connexa* resistente à lambda-cialotrina provenientes de diferentes intervalos após *knockdown*, bem como avaliar a sobrevivência de fêmeas confinadas em plantas pulverizadas com o inseticida lambda-cialotrina, e sobrevivência de *E. connexa* expostas a diferentes piretroides.

2 Desempenho reprodutivo e da descendência de *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae) resistente à lambda-cialotrina após efeito *Knockdown*

RESUMO

O desempenho de adultos de *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae) resistente à lambda-cialotrina foi estudado quando recuperados do *knockdown* nos intervalos de 24, 48 e 72 horas após tratamento, bem como dos seus descendentes. A taxa de recuperação, dos indivíduos após o efeito *knockdown* foi de aproximadamente 69,4% com maior proporção de indivíduos recuperados 48 horas após o tratamento com o inseticida. Fêmeas da população suscetível produziram aproximadamente 50% mais ovos e apresentaram maior longevidade do que fêmeas resistentes. Entre as fêmeas resistentes não houve diferença na produção de ovos e na longevidade e sobrevivência independente dos intervalos de 24, 48 e 72 horas de recuperação após *knockdown*. Apesar dessas diferenças, as características de desenvolvimento da descendência como duração e viabilidade larval, peso e viabilidade de pupal e peso de adultos não apresentaram diferenças consistentes em favor de indivíduos suscetíveis ou resistentes. Os parâmetros de crescimento populacional de fêmeas suscetíveis, resistentes e resistentes recuperadas 24h após tratamento mostraram que as fêmeas resistentes apresentaram maiores taxas intrínsecas de crescimento populacional (r_m) que fêmeas suscetíveis, porém menor sobrevivência e tempo médio de geração (T). Não foi observada diferença na taxa líquida de reprodução (R_o) entre as populações. Assim, diferença consistente apenas é observada na menor fecundidade para fêmeas resistentes independente do efeito *knockdown* e pode estar relacionada ao custo adaptativo da resistência. No entanto, devido a um menor T, fêmeas resistentes apresentam uma elevada r_m indicando potencial de crescimento populacional mesmo com menor fecundidade.

Palavras-chave: Joaninha. Resistência. Custo adaptativo. Tabela de vida.

Effect *knockdown* from lambda-cyhalothrin treatment on production and progeny development of a resistant population of *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae)

ABSTRACT

The performance of *Eriopis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae) resistant to lambda-cyhalothrin was studied when recovered from *knockdown* effect within 24, 48 and 72h periods after treatment. Further, the development of the progeny produced was also studied and fertility life table parameters determined. The recovering rate from *knockdown* was nearly 69.4% for resistant population with greater recovering rate after 48h from treatment with lambda-cyhalothrin. Females from susceptible population produced about 50% more eggs and lived longer compared to resistant ones. However, resistant females recovering within different intervals 24, 48 and 72h after *knockdown* or without insecticide exposure produced similar number of eggs and exhibited similar longevity. Despite differences on egg production and longevity between resistant and susceptible females, the progeny produced did not exhibit consistent differences for development and survival of larvae and pupae, and adult weight in favor of either susceptible or resistant population. The population growth parameters estimated through the life history life table for susceptible, resistant and resistant females recovered from *knockdown* 24h after treatment resulted in higher intrinsic rate of population growth (r_m) and lower mean generation time (T) for resistant females compared to susceptible females; while, the net reproductive rate (R_o) was similar across populations. Therefore, the only consistent difference observed in this study regards the lower egg production irrespective of *knockdown* effect by resistant females what might be related to adaptive costs for resistance. Further, due to lower T, the calculation resulted in greater r_m for resistant females indicating high potential for population growth despite low fecundity.

Key words: Ladybeetle. Resistance. Adaptive cost. Life table.

2.1 INTRODUÇÃO

O controle de insetos-praga é realizado principalmente pela utilização de inseticidas sintéticos, porém nem sempre é levada em consideração a seletividade destes produtos aos inimigos naturais. Em virtude da baixa seletividade existente na maioria dos inseticidas sintéticos, o emprego do controle químico acaba contribuindo para a mortalidade de predadores e parasitoides, ocasionando efeitos colaterais indesejáveis, que na maioria dos casos acarretam aumento dos custos de produção (GEORGHIOU, 1972). Tentar reduzir completamente o impacto de inseticidas sobre os inimigos naturais é praticamente impossível devido à necessidade de sua utilização para o controle de pragas não alvo dos inimigos naturais. Assim, isto possivelmente só poderia ser obtido através da não utilização de inseticidas no agroecossistema ou o uso de inseticidas seletivos, os quais são poucos os exemplos disponíveis no mercado.

Os piretroides atualmente são os inseticidas mais usados em diversas culturas, e pelo menos uma aplicação deste produto é utilizada durante o cultivo de qualquer grande lavoura no Brasil (AGROFIT, 2013; IRAC, 2012). Estes inseticidas surgiram como uma alternativa aos inseticidas organofosforados, carbamatos e organoclorados, os quais apresentam alta toxicidade, causando grande impacto ambiental. No entanto, os piretroides são inseticidas que facilmente selecionam populações de pragas para a resistência (DONG, 2007) e possuem alta toxicidade para inimigos naturais (CROFT, 1990) e, assim, precisam ser cuidadosamente utilizados.

As joaninhas são consideradas predadores suscetíveis a uma gama de inseticidas sintéticos (GUSMÃO et al., 2000). Entretanto, alguns autores tem detectado resistência neste grupo de predadores. Os primeiros casos foram relatados por Head et al. (1977) e Graves; Mohamad; Clower et al. (1978) com a joaninha *Coleomegilla maculata* (De Geer, 1775) (Coleoptera: Coccinellidae) oriundas de campos de algodão, as quais foram resistente aos inseticidas DDT, parationa metílica e monocrotofós. Ruberson et al. (2007) em estudos realizados com a joaninha *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville, 1842) oriundas também de campos de algodão na Georgia, EUA, apresentaram níveis de resistência a lambda-cialotrina superior a 80 vezes. No Brasil Rodrigues (2012) também observou resistência a lambda-cialotrina em *H. convergens* proveniente de campos de citros em São Paulo. Kumral 2011 em estudos também verificaram resistência de 10,9 vezes a bifentrin na joaninha *Stethorus gilvifrons* (Muls.) em campos de macieira. Recentemente, Rodrigues (2012), relatou resistência ao lambda-cialotrina variando de 10,5 a 37,7 vezes em quatro populações de

Eriopsis connexa (Germar, 1824) coletadas de diferentes localidades e culturas no Brasil. O uso de inimigos naturais resistentes a inseticidas seria uma alternativa viável para o manejo integrado de pragas, integrando assim verdadeiramente o controle químico e biológico (CROFT, 1990; TORRES, 2012).

Vantagens e desvantagens estão associadas à seleção e manutenção da resistência de insetos a inseticidas (CARRIÈRE et al. 1994; POLETTE; OMOTO, 2003). Muitas vezes, alelos que conferem resistência podem se tornar desvantajosos, quando os insetos se encontram na ausência do inseticida por serem responsáveis pelo menor desempenho da população resistente quando comparadas a suscetível. Esta desvantagem é em geral caracterizada como custo adaptativo (CROW, 1957). Para os insetos considerados praga, o custo adaptativo pode ser considerado como um benefício para o manejo, pois na ausência da pressão de seleção a população resistente apresentaria menor desempenho e seria diluída na população suscetível com maior desempenho (ROUSH; MCKENZIE, 1987). Da mesma forma que os insetos pragas, inimigos naturais resistentes podem ser acometidos pelo menor desempenho devido ao custo adaptativo. Em estudo recente com uma população de *E. connexa* resistente a lambda-cialotrina, Ferreira et al. (2013) verificaram redução de 50% na fecundidade relativo a população suscetível, em condições de laboratório. Por outro lado, Pathan et al. (2010), avaliando também o desempenho de *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) observaram maior produção de ovos, viabilidade e predação para indivíduos resistentes, quando comparados a população suscetível. Também, Spollen; Hoy (1992) encontraram que o parasitóide *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae), resistente ao carbaril, não apresentaram custo adaptativo, porém a partir da 15ª geração sem seleção esta população teve um declínio na resistência, indicando uma instabilidade na resistência. Desta forma, os resultados são variáveis e podem estar relacionados aos mecanismos que caracterizam a resistência. A resistência advinda de destoxificação enzimática como encontrada para *E. connexa* (RODRIGUES, 2012), provavelmente através de esterases podem acarretar custo em energia e, conseqüentemente, mudanças fisiológicas no organismo para manter a sobrevivência e redução na produção de descendentes. Isto porque o envolvimento de esterases na resistência é muitas vezes resultante da duplicação e amplificação do gene, que geram alto custo de produção destas enzimas (HARDSTONE; LAZZARO; SCOTT, 2009).

Os trabalhos realizados após a constatação de *E. connexa* resistente a lambda-cialotrina por Ferreira et al. (2013) e Rodrigues (2012) consideraram aqueles indivíduos resistentes que foram capazes de sair do efeito *knockdown* 24h após o tratamento com o

inseticida. No entanto, na seleção contínua realizada em laboratório com a população resistente de *E. connexa* é observada recuperação de indivíduos até o período de 72h após o tratamento. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi testar a hipótese de que há variação no desempenho de indivíduos recuperados nos intervalos de 24, 48 e 72 h após *knockdown*, bem com este efeito pode ser prolongado afetando o desenvolvimento da descendência.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Obtenção das Populações de *Eriopsis connexa* Suscetível e Resistente.

Duas populações da joaninha *E. connexa*, uma resistente e outra suscetível, foram mantidas no Laboratório de Controle Biológico da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) desde 2009. A população suscetível foi coletada em plantio de algodão no município de Frei Miguelinho, PE (07° 55' S e 35° 51' W) e a população caracterizada como resistente foi coletada em plantio de repolho no município de Viçosa, MG (20° 45' S e 42° 51' W). Os adultos de ambas as populações foram submetidos ao tratamento tópico com a lambda-cialotrina comercial Karate Zeon 50 CS (5% w/v - 50 g/L SC, Syngenta S.A., Brasil) visando determinar a curva de resposta dose-mortalidade. As DL_{50} s foram de 0,038 para a população de Frei Miguelinho e 1,45 mg/mL para população de Viçosa (RODRIGUES, 2012). Pelos resultados, a população de Frei Miguelinho foi aproximadamente 38 vezes mais suscetível do que a população de Viçosa. A população R foi mantida sobre contínua pressão de seleção com a concentração de 0,35 mg de i.a. de lambda-cialotrina/mL em grau técnico, enquanto a população S foi mantida sem exposição ao inseticida.

2.2.2 Criação das Populações de *Eriopsis connexa* Suscetível e Resistente.

Os adultos de cada população, R e S, foram mantidas sob condições controladas de laboratório a 25 ± 1 °C e fotofase de 12h e, umidade relativa (U.R) de $70\% \pm 5\%$. Estes foram criados em recipientes plásticos de 500 mL contendo abertura na tampa fechada com tecido *voil* para permitir a circulação de ar. Pedacos de papel toalha foram colocados no interior dos recipientes como substrato para as posturas. Diariamente, as posturas foram transferidas para recipientes de plásticos de 500 mL, e mantidas até a eclosão das larvas. Estas foram

transferidas na densidade de duas larvas por recipiente plástico de 80 mL. No interior dos recipientes foram colocados pedaços de papel toalha de aproximadamente 2 x 2 cm como substrato para pupação, embora pupas também se formem nas paredes dos recipientes. Como alimento para as larvas foram utilizados ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), previamente congelados para sua inviabilização. A alimentação foi feita em intervalos de dois ou mais dias dependendo do consumo. Para os adultos, além de ovos de *A. kuehniella* foi ofertado uma dieta pastosa preparada com levedura de cerveja e mel na proporção de 50: 50%.

2.2.3 Desempenho de Fêmeas de *Eriopsis connexa* de Populações Suscetível, Resistente e Resistente após *Knockdown*.

O experimento foi conduzido em condições de laboratório a $25 \pm 1,2^\circ\text{C}$ e 12h fotofase. Neste experimento, foram avaliados o desempenho reprodutivo e a sobrevivência de fêmeas de *E. connexa* resistentes quando recuperadas nos intervalos de 24, 48 e 72h após o tratamento (R24, R48 e R72) com à lambda-cialotrina. Além disso, as populações suscetível e resistente sem tratamento foram estudadas para fins de comparação. O experimento foi realizado nas gerações F₂₃ da população resistente e F₁₉ da população suscetível.

Inicialmente, adultos de *E. connexa* recém-emergidos foram individualizados em recipientes plásticos de 80 mL (J. Prolab[®]) para que não ocorresse cópula, mantendo isolados até os cinco dias de idade. Os tratamentos constaram de: população suscetível sem tratamento com inseticida (S0); população resistente sem tratamento com inseticida (R0) e população resistente tratada topicamente com lambda-cialotrina em grau técnico na concentração de 0,35 mg i.a/mL. O inseticida foi depositado na parte ventral dos insetos, utilizando uma seringa de HamiltonTM 25 µL de capacidade, sendo aplicados 0,5 µl por inseto. Os insetos tratados foram acondicionados em placas de Petri colocando 1 inseto por placa e 10 placas foram consideradas uma repetição.

A avaliação do efeito *knockdown* foi realizada duas horas após a aplicação do inseticida. O indivíduo foi considerado em *knockdown* quando no momento da avaliação, este foi colocado na posição decúbito dorsal e o mesmo não retornava a posição normal. O número de insetos recuperados foi registrado após os intervalos de 24, 48 e 72 horas do tratamento. Em seguida, com os insetos recuperados foram formados casais para o acompanhamento da longevidade e produção de ovos. Aos cinco dias de idade foram formados casais da população

suscetível e resistente sem tratamento (S0 e R0). Para cada tratamento, foram formados 15 casais (repetições), com exceção do tratamento R72 que foram formados apenas 12 casais, devido ao número reduzido de insetos recuperados neste intervalo. Os casais foram formados por meio de observações, onde aqueles que apresentaram abdome mais dilatado (em função da ovogênese) foram consideradas fêmeas.

Os casais foram mantidos em recipientes plásticos de 80 mL. No interior dos recipientes, foram colocados um pedaço de papel toalha de aproximadamente 4 cm² como substrato para oviposição e ovos de *A. kuehniella* como alimento. Diariamente, os casais foram observados para avaliação da mortalidade, reposição de alimento e contagem do número de ovos produzidos, os quais foram avaliados posteriormente quanto à eclosão de larvas. As posturas depositadas no papel foram transferidas para outros recipientes, e quando realizadas nas paredes dos recipientes, as posturas foram mantidas e o casal transferido para outro recipiente evitando a destruição mecânica dos ovos.

Para as fêmeas sem exposição à lambda-cialotrina (S0 e R0), o período de pré-oviposição foi contabilizado a partir do dia de emergência até a realização da primeira postura, considerando os cinco dias que os adultos ficaram individualizados. Para as fêmeas tratadas e recuperadas (R24, R48 e R72), o período para oviposição após tratamento foi o intervalo de tempo necessário para realização da primeira postura após a aplicação do lambda-cialotrina. Já o período para oviposição após recuperação do *knockdown* foi aquele intervalo de tempo necessário para produção de ovos posteriormente à recuperação do efeito *knockdown*.

O número de adultos recuperados nos intervalos de 24, 48 e 72h após efeito *knockdown* foi comparado para igualdade na taxa de recuperação entre os intervalos utilizando o Proc Freq do SAS e interpretado pelo teste de qui-quadrado. A sobrevivência média das fêmeas entre os tratamentos foi analisada pelo teste Log-Rank com as curvas de sobrevivência estimadas pelo método de Kaplan-Meier utilizando o Proc Lifetest do SAS. O período de pré-oviposição foi analisado pelo teste “t” utilizando o Proc Ttest do SAS. Já o período para oviposição após tratamento ou após recuperação do *knockdown*, o número de ovos produzidos por fêmea, a eclosão de larvas e a longevidade de fêmeas foram submetidos à análise de variância (Proc ANOVA) após serem submetidos aos testes para normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homogeneidade de variância (Bartlett) pelo Proc Univariate do SAS. Quando necessário, os dados foram transformados em raiz quadrada ($x + 0,5$) para atender os requisitos da ANOVA. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey HSD ao nível de

5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa SAS Version 9.0 (SAS Institute 2002).

2.2.4 Desempenho da Progênie de *Eriopis connexa* Suscetível, Resistente e Resistente após sofrer *Knockdown*.

Neste experimento, foram utilizadas larvas das gerações F₂₀ e F₂₄ das populações S e R, respectivamente. Este experimento teve como objetivo avaliar o desenvolvimento da progênie de fêmeas de *E. connexa* R quando recuperadas do *knockdown* após serem tratadas com o inseticida lambda-cialotrina. Para tanto, foram utilizadas larvas neonatas oriundas de terceira e quarta posturas dos casais de *E. connexa* das populações obtidas no experimento anterior. Assim, cinco tratamentos foram considerados: S0, R0, R24, R48 e R72. O estudo foi iniciado com o monitoramento de 50 larvas oriundas de diferentes fêmeas para cada tratamento. As larvas foram criadas em recipientes plásticos de 80 mL e alimentadas com ovos de *A. kuehniella*. Em cada recipiente, foram colocadas duas larvas de *E. connexa* e consideradas como uma repetição. Assim, foram utilizadas 25 repetições por tratamento nas análises, sendo cada repetição composta pela média das características do desenvolvimento das duas larvas. As larvas foram monitoradas até a emergência dos adultos, os quais foram pesados e sexados após a emergência através de dissecação para observação da genitália.

A duração dos períodos de larva e pupa, viabilidades de larva e pupa e peso de adultos fêmeas e machos foram submetidos aos testes para normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homogeneidade de variância (Bartlett) pelo proc Univariate do SAS. Posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância através do Proc ANOVA do SAS. Quando necessário, os dados foram transformados em raiz quadrada ($x + 0,5$) para atender os requisitos da ANOVA. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey HSD ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa SAS (SAS Institute 2002).

2.2.5 Tabela de Vida de Fertilidade para Fêmeas Suscetível e Resistente de *Eriopis connexa*.

Neste experimento foram estabelecidos três tratamentos para as populações de *E. connexa*: fêmeas da população suscetível sem tratamento (S0), fêmeas da população

resistente sem tratamento (R0) e fêmeas da população resistente recuperadas do efeito *knockdown* no período de 24 horas após tratamento com o inseticida lambda-cialotrina (R24). O experimento foi realizado nas gerações F₂₇ da população resistente e F₂₄ da população suscetível. Os adultos de *E. connexa* emergidos foram individualizados em recipientes plástico de 80 mL por um período de cinco dias, evitando assim que ocorresse a cópula entre eles. Como nos estudos anteriores foram formados 15 casais de cada tratamento, o procedimento e concentração do inseticida lambda-cialotrina utilizados para a população tratada também foram os mesmos do experimento anterior.

Após a formação dos casais, foram coletadas 65 larvas de diferentes fêmeas provenientes de terceira e quarta postura dos tratamentos S0, R0 e R24. Para cada tratamento, as larvas foram individualizadas em recipientes plástico de 80 mL. As larvas foram monitoradas durante todo o período, sendo registradas as durações das fases de larva e pupa, e das respectivas viabilidades. Após a emergência, os adultos foram mantidos isolados a fim de evitar a cópula. Quando atingiram cinco dias de idade adulta, 15 casais de cada progênie foram formados. Para verificação da razão sexual, os adultos remanescentes foram sexados através do método de dissecação, observando a genitália. Os casais formados foram mantidos em recipientes plásticos de 80mL, com um pedaço de papel toalha em seu interior como substrato para oviposição e alimentados diariamente com ovos de *A. kuehniella*. O número de ovos e eclosão de larvas das joaninhas foram registradas quando realizada a alimentação dos adultos. As posturas realizadas no papel toalha foram transferidas para outro recipiente, entretanto quando as fêmeas ovipositaram na parede do recipiente, os adultos foram transferidos para outro recipiente com a finalidade de evitar danos à postura.

Os dados do número de ovos por fêmea, porcentagem de eclosão de larvas e longevidade de fêmeas foram submetidos ao teste de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homogeneidade de variância (Bartlett) pelo Proc Univariate do SAS, sendo necessária a transformação do número de ovos e sua viabilidade em raiz ($x+0,5$) e a longevidade de fêmeas em log ($x+1$) para atender os requisitos da ANOVA. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey HSD ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa SAS (SAS Institute 2002).

Os resultados de duração de ovo a emergência de fêmeas, viabilidade de ovo a adulto, razão sexual e produção diária de ovos por fêmea foram empregados para estimar os parâmetros da tabela de vida de fertilidade taxa líquida de reprodução (R_0), taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) e tempo médio de geração (T) para fêmeas dos respectivos tratamentos. Os cálculos foram realizados adaptando o protocolo escrito por Maia; Luiz;

Campanhola et al. (2000) para determinar os parâmetros da tabela de vida de fertilidade empregando o programa SAS (SAS Institute 2002), o qual utiliza o método de Jackknife para estimar intervalos de confiança permitindo assim, comparações entre os tratamentos.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Desempenho de Fêmeas de *Eriopsis connexa* de Populações Suscetível, Resistente e Resistente após *Knockdown*.

Todas as joaninhas tratadas com o inseticida lambda-cialotrina apresentaram efeito *knockdown*, confirmando que 100% dos indivíduos sofreram contaminação pelo inseticida. Dos 193 adultos da população resistente tratados com a lambda-cialotrina, 134 recuperaram do efeito *knockdown*, resultando numa taxa de recuperação de 69,4%. Dos indivíduos resistentes e recuperados do *knockdown*, a maior proporção de recuperação ocorreu no período de 48h após o tratamento com o inseticida ($\chi^2 = 12,58$; $P = 0,0019$; GL = 2) (Tabela 1). O monitoramento das fêmeas mostrou que não há diferença no período de pré-oviposição entre fêmeas resistente e suscetível sem tratamento com a lambda-cialotrina (S0 e R0) ($F_{1, 27} = 1,14$; $P = 0,2633$). Para as fêmeas resistentes com aplicação da lambda-cialotrina (R24, R48 e R72), foram excluídas das análises valores corresponde de uma fêmea por tratamento por apresentarem período para oviposição após tratamento fora do padrão (acima de 16 dias; acima da média $\pm 2 \times$ Desvio padrão). Assim, foi observado efeito significativo neste período para as fêmeas R24, R48 e R72 ($F_{2, 34} = 5,06$; $P = 0,0119$), enquanto o mesmo não foi observado para o período após recuperação do *knockdown* ($F_{2, 34} = 1,58$; $P = 0,2211$) (Tabela 1). Também, não foi empregado o número de ovos de uma fêmea dos tratamentos R0, R24 e R72, respectivamente.

Tabela 1– Médias ($\pm$ EP) de características analisadas em adultos de *Eriopis connexa* suscetível (S0) e resistente (R0) sem tratamento com o inseticida e de adultos resistente recuperados do *knockdown* nos intervalos de 24 (R24), 48 (R48) e 72 horas (R72) após tratamento tópico com lambda-cialotrina em grau técnico (0,35 mg i.a./mL).

Parâmetros	Populações				
	S0	R0	R24	R48	R72
<i>Knockdown</i> (%)	- ¹	-	100	100	100
Taxa de recuperação (%) ²	-	-	29,4 b	44,4 a	26,2 b
Período de pré-oviposição (dias) ³	9,1 a ($\pm$ 1,19)	11,5 a ($\pm$ 1,72)	-	-	-
Período para oviposição após tratamento (dias) ⁴			5,5 b ($\pm$ 0,78)	8,5 ab ($\pm$ 1,07)	9,3 a ($\pm$ 1,09)
Período para oviposição após recuperação (dias) ⁴	-	-	4,5 a ($\pm$ 0,78)	6,5 a ($\pm$ 1,07)	6,3 a ($\pm$ 1,09)
No. médio de ovos por fêmea ⁴	797,1 a ($\pm$ 136,80)	340,4 b ($\pm$ 62,13)	314,2 b ($\pm$ 41,60)	275,9 b ($\pm$ 59,83)	295,3 b ($\pm$ 108,42)
Eclosão de larvas (%) ⁴	43,9 a ($\pm$ 5,25)	33,0 a ($\pm$ 4,17)	41,2 a ($\pm$ 4,42)	33,0 a ($\pm$ 4,17)	28,0 a ($\pm$ 5,57)
Longevidade das fêmeas (dias) ⁴	129,9 a ($\pm$ 11,02)	56,3 b ($\pm$ 5,10)	45,8 b ($\pm$ 6,34)	45,7 b ($\pm$ 5,12)	51,4 b ($\pm$ 7,53)

¹Ausência de valores devido às características do tratamento testado.

²Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem pelo teste de qui-quadrado a 5% de probabilidade para a hipótese de igualdade nas proporções de indivíduos recuperados.

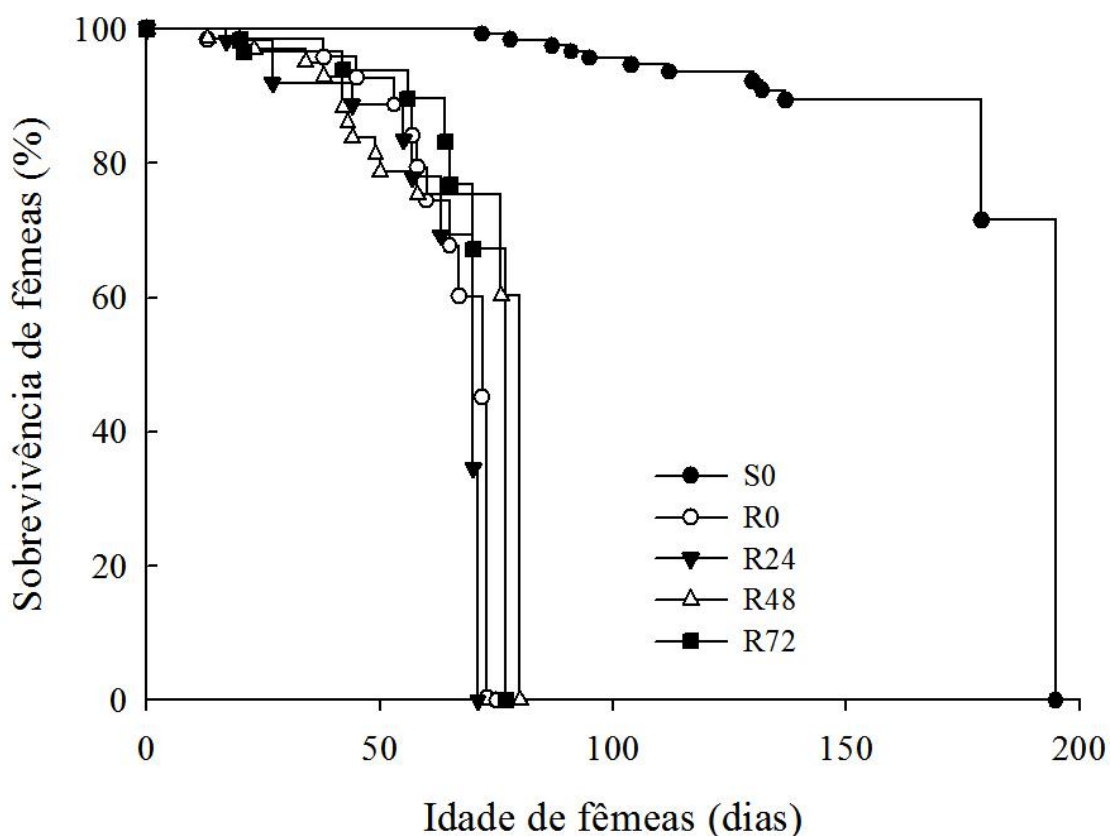
³Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem estatisticamente pelo teste t ($P > 0,05$).

⁴Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey HSD ($P > 0,05$).

Fonte: Autor, 2013.

A população suscetível sem tratamento com o inseticida (S0) foi a que apresentou maior fecundidade média entre os tratamentos ($F_{4, 64} = 6,52$; $P = 0,0002$). Independente do tratamento (R24, R48 e R72) ou não da lambda-cialotrina (R0) em adultos da população resistente, não foi encontrada diferença significativa no número médio de ovos por fêmea, o qual variou de 275,9 a 340,4 (Tabela 1). Ovos depositados por um, três, cinco, duas e quatro fêmeas dos tratamentos S0, R0, R24, R48 e R72, respectivamente, não foram incluídos na análise de eclosão de larvas, pois todos os ovos foram inviáveis. (Tabela 1). Também, não foi observada diferença quanto à porcentagem de eclosão de larvas ($F_{4, 52} = 1,50$; $P = 0,2157$), com médias variando de 28,0 a 43,9%, independente do tratamento.

Figura 1– Sobrevivência de fêmeas de *Eriopis connexa* susceptível (S0), e resistente (R0) sem contato com o inseticida e resistente recuperada do *knockdown* no período de 24 (R24), 48 (R48) e 72 horas (R72) após tratamento com 0,35 mg i.a./mL de lambda-cialotrina em grau técnico. Nota: Curvas de sobrevivência determinadas pelo método de Kaplan-Meier diferem pelo teste de Log-Rank ($\chi^2=87,0529$; $P = 0,001$; GL = 4).



Fonte: Autor, 2013.

A longevidade dos adultos da população resistente R0 e resistente recuperada após 24, 48 e 72h do tratamento foram similares, com médias variando de 45,7 a 56,3 dias. No entanto, fêmeas S0 apresentaram significativamente maior longevidade entre os demais tratamentos ($F_{4, 53} = 20,92$; $P < 0,0001$), vivendo em média 129,9 dias (Tabela 1). Esta maior longevidade é caracterizada pela curva de sobrevivência calculada para as fêmeas suscetíveis em que apresentou maior sobrevivência ($\chi^2 = 87,05$; $P < 0,0001$; GL = 4), com maior proporção de indivíduos morrendo na população apenas após 150 dias, enquanto fêmeas dos tratamentos R0, R24, R48 e R72 não sobreviveram além dos 90 dias (Figura 1).

2.3.2 Desempenho da Progênie de *Eriopis connexa* Suscetível, Resistente e Resistente após sofrer *Knockdown*.

Larvas oriundas de posturas de fêmeas S0 apresentaram menor duração de desenvolvimento tanto para machos quanto para fêmeas, sendo o oposto encontrado para larvas de fêmeas R0, as quais necessitaram maior tempo para o desenvolvimento. Já as larvas oriundas de posturas de fêmeas resistente e recuperadas do *knockdown* apresentaram resultados de duração de desenvolvimento intermediários não diferindo entre si. Para a duração da fase de pupa, aquelas originando machos apresentaram similar duração, enquanto que para pupas que originaram fêmeas, a duração não mostrou um efeito claro dos tratamentos, sendo muito próximos variando entre 3,8 a 4,6 dias. Por outro lado, as viabilidades para as fases de larva e pupa foram semelhantes entre todos os tratamentos (Tabela 2).

O peso de adultos mostrou diferença significativa tanto para machos quanto para fêmeas entre os tratamentos. Larvas oriundas de posturas de fêmeas R48 originaram fêmeas mais pesadas, enquanto que machos mais pesados foram oriundos de posturas de fêmeas R72, embora similar àqueles oriundos de fêmeas R48 após tratamento (Tabela 2).

Tabela 2 - Duração de larvas, duração de pupa, viabilidade de larva, viabilidade pupa e peso de adultos da progênie de *Eriopis connexa* suscetível (S0), resistente (R0) sem exposição ao inseticida e resistente recuperadas do *knockdown* nos intervalos de 24 a 72 horas (R24, R48 e R72) após o tratamento tópico com lambda-cialotrina em grau técnico a 0,35mg de i.a./mL.

Tratamentos ¹	Duração de larva		Duração de pupa		Viabilidade de larva (%)	Viabilidade de pupa (%)	Peso de adultos (mg)	
	Fêmeas	Machos	Fêmeas	Machos			Fêmeas	Machos
S0	13,9 ± 0,24 c	14,1 ± 0,36 c	4,6 ± 0,10 a	4,5 ± 0,14 a	90,0 ± 4,08 a	100 ± 0,00 a	9,5 ± 0,24 ab	7,6 ± 0,24 bc
R0	17,1 ± 0,82 a	17,4 ± 0,60 a	4,1 ± 0,18 ab	4,0 ± 0,13 a	74,0 ± 6,53 a	97,8 ± 2,17 a	8,4 ± 0,29 b	7,2 ± 0,25 c
R24	15,6 ± 0,47abc	15,3 ± 0,39 bc	4,2 ± 0,21 ab	4,3 ± 0,28 a	78,0 ± 5,06 a	94,0 ± 4,39 a	8,6 ± 0,31 b	7,7 ± 0,21 abc
R48	15,4 ± 0,37bc	14,6 ± 0,50 bc	3,8 ± 0,19 b	3,8 ± 0,17 a	70,0 ± 7,63 a	97,6 ± 2,38 a	10,4 ± 0,37 a	8,3 ± 0,24 ab
R72	16,5 ± 0,26 ab	16,0 ± 0,25 ab	4,5 ± 0,14 ab	4,2 ± 0,17 a	72,0 ± 8,20 a	94,7 ± 3,61 a	9,3 ± 0,40 ab	8,8 ± 0,46 a
<i>Estatística</i>	F = 8,15 ^{0,0001}	F = 8,79 ^{0,0001}	F = 2,99 ^{0,0226}	F = 2,19 ^{0,0774}	F = 1,50 ^{0,2065}	F = 0,74 ^{0,5679}	F = 5,24 ^{0,0007}	F = 4,56 ^{0,0023}

¹Médias (±EP) dos tratamentos seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2013.

2.3.3 Tabela de Vida de Fertilidade para Fêmeas Suscetível e Resistente de *Eriopis connexa*.

O número de ovos produzidos por fêmea e a longevidade de fêmeas diferiram entre os tratamentos (número de ovos: $F_{2,35} = 5,87$; $P = 0,0063$; e longevidade: $F_{2,35} = 29,32$; $P < 0,0001$). Para estes parâmetros, as fêmeas S0 apresentaram maiores médias (Tabela 3). Já a porcentagem média de eclosão de larvas não foi influenciada pelos tratamentos (diferentes populações de *E. connexa*) ($F_{2,33} = 0,27$; $P = 0,7668$) (Tabela 3).

Tabela 3 - Características reprodutivas e parâmetros da tabela de vida de fertilidade de *Eriopis connexa* suscetível (S0) e resistente (R0) sem exposição à lambda-cialotrina e resistente (R24) recuperadas do *knockdown* após 24h do tratamento tópico com lambda-cialotrina em grau técnico (0,35 mg i.a./mL).

Características	Tratamentos/Populações		
	S0	R0	R24
Número de ovos/fêmea ¹	728,1 ± 110,38 a	336,9 ± 50,18 b	475,8 ± 75,32 ab
Eclosão de larvas (%) ¹	51,3 ± 3,14 a	47,9 ± 4,17 a	47,8 ± 4,34 a
Longevidade de fêmeas, dias ¹	128,6 ± 7,59 a	63,5 ± 7,88 b	61,0 ± 4,14 b
Taxa líquida de reprodução (Ro) ²	157,3 a (105,8 - 208,8)	81,2 a (54,5 - 107,7)	108,9 a (70,9 - 146,8)
Taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) ²	0,079 b (0,067 - 0,092)	0,118 a (0,107 - 0,128)	0,127 a (0,118 - 0,137)
Tempo médio de geração (T), dias ²	63,3 a (52,8 - 73,6)	37,3 b (34,2 - 40,5)	36,7 b (34,3 - 38,8)

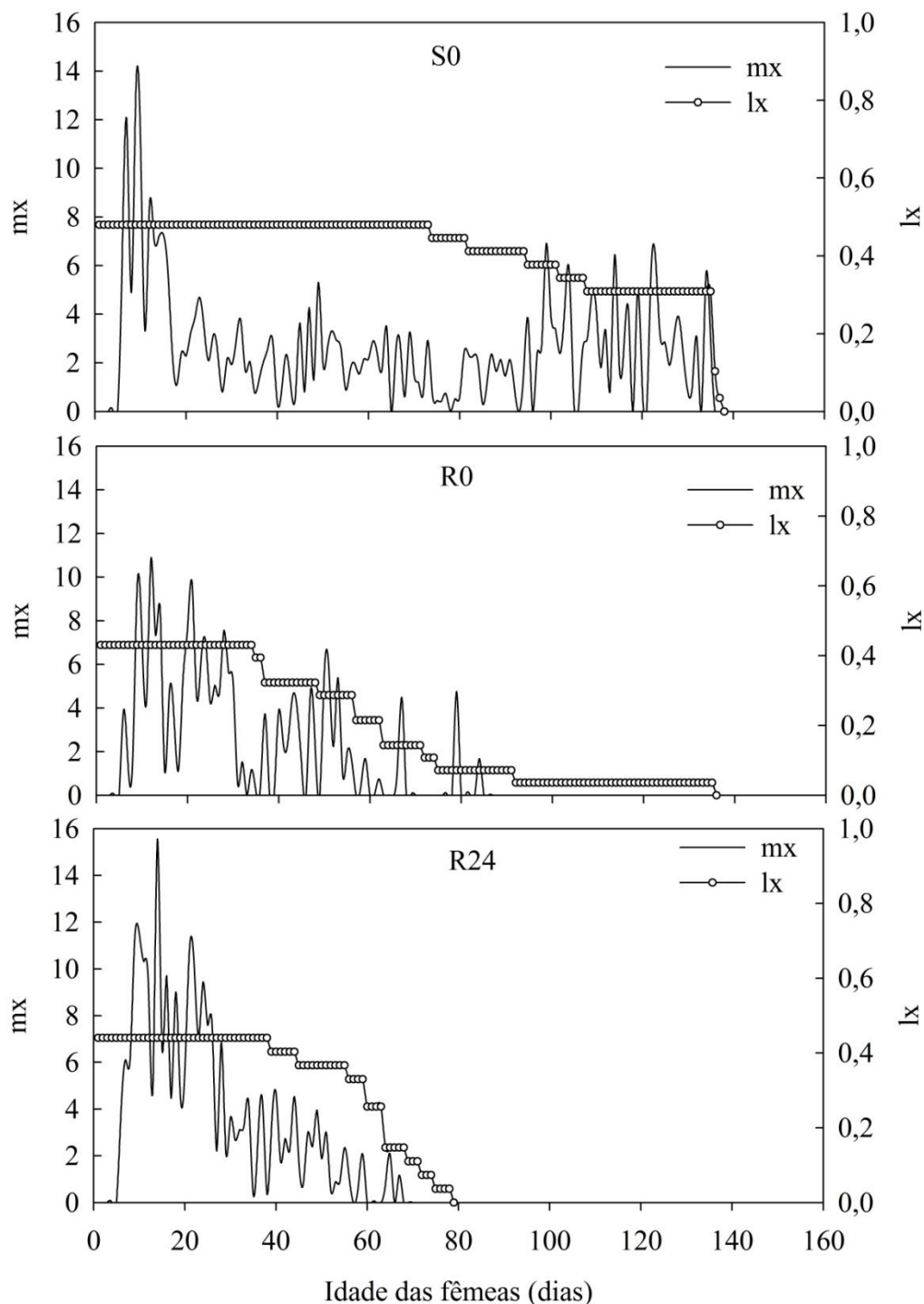
¹Médias (± EP) seguidas de mesma letra na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade.

²Valores entre parênteses correspondem ao intervalo de confiança a 95% de probabilidade para médias de tratamento estimados pelo método Jackknife (MAIA et al., 2000), sendo as médias seguidas de mesma letra na linha, similares estatisticamente pelo método de sobreposição do intervalo de confiança.

Fonte: Autor, 2013.

Para os tratamentos S0, R0 e R24, foram excluídas das análises da tabela de vida, uma, três e duas fêmeas, respectivamente. Isto porque tais fêmeas não produziram ovos ou os ovos produzidos não produziram larvas. Com base nos parâmetros da tabela de vida, a população suscetível (S0) apresentou menor taxa intrínseca de crescimento populacional (r_m) e maior tempo médio de geração (T) em relação às populações resistente (R0) e resistente recuperada (R24). No entanto, estas diferenças não foram observadas para a taxa líquida de reprodução (Ro) (Tabela 3).

Figura 2 - Produção de ovos fêmeas (mx) e mortalidade específica da fase adulta (lx) de fêmeas de *Eriopis connexa* das populações suscetível (S0) e resistente (R0) sem tratamento tóxico com lambda-cialotrina e população resistente tratada com lambda-cialotrina e recuperada do *knockdown* 24h após o tratamento durante a fase adulta.



Fonte: Autor, 2013.

A sobrevivência das fêmeas resistentes foi menor (lx) quando comparada com o tratamento S0. No entanto, para fêmeas resistentes, em especial, para fêmeas R24 é

observado picos mais elevados na produção de descendentes fêmeas (mx) e em menor intervalo de tempo na fase adulta. Após estes picos de produção de descendentes, ocorre uma mortalidade acentuada de fêmeas resistentes tanto no tratamento R0 quanto no tratamento R24 (Figura 2).

2.4 DISCUSSÃO

A evolução da resistência a inseticidas pode ser considerada um dos principais exemplos de microevolução em uma escala de tempo (DENHOLM; DEVINE; WILLIAMSON et al., 2002). A resistência em insetos é uma determinação genética, definida como mudança na frequência fenotípica, a qual é moldada devido à pressão de seleção (CROFT; VAN DE BAAN, 1988). De maneira geral, a diferença fenotípica é caracterizada como uma vantagem que algumas espécies têm sobre as demais, quando estas estão na presença do inseticida. Por outro lado, esta resistência pode estar associada à ocorrência de custo adaptativo (KONOPKA; SCOTT; MCNEIL, 2012), o que pode retardar o seu aparecimento, ou mesmo, a sua manutenção na natureza na ausência da pressão de seleção.

Nem sempre a resistência vem assistida de custo adaptativo. Às vezes, o fenótipo resistente pode além da vantagem de sobreviver à exposição ao inseticida, expressar outras características, tal como o aumento na taxa de predação que é desejada para os insetos predadores. Fato este encontrado por Pathan et al. (2010) estudando populações de *C. carnea* resistente ao organosforado profenofós e à deltametrina. Arnould et al. (2002) verificaram que a ausência de pressão de seleção em populações de *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) resistente à malationa ocasionou aumento na fecundidade após várias gerações. Isto mostra que os resultados podem ser variáveis e os encontrados neste estudo somam informações de como o custo adaptativo atua sobre uma população resistente de *E. connexa* à lambda-cialotrina.

A análise comparativa do desempenho entre as populações de *E. connexa* suscetíveis, resistentes e resistentes recuperadas após tratamento com lambda-cialotrina, demonstraram variações no tempo de desenvolvimento das fases imaturas dos insetos resistentes em relação aos suscetíveis. De maneira geral, não foi observada diferença no desempenho entre as fêmeas resistentes sem exposição ao inseticida e resistente pós-recuperação do *knockdown*, o que demonstra que mesmo a população resistente não

estando sobre pressão de seleção, ainda expressa um desempenho similar às expostas ao produto e menor que os indivíduos da população suscetível. Este custo pode estar associado à fixação do gene de resistência nesta população. Talvez a igualdade de desempenho entre as populações resistentes de *E. connexa* possa ter sido influenciada pelo pouco tempo que ficaram sem exposição ao inseticida, já que apenas uma geração não foi exposta. Estudos que estão sendo conduzidos paralelamente em laboratório com a população de *E. connexa* utilizada neste estudo, revelam que esta população apresenta estabilidade da resistência à lambda-cialotrina após 8 gerações sem pressão de seleção (R. LIRA, dados não publicados). Em afídeos, a resistência ao endossulfam e parationa permaneceu estável por um longo período sem exposição ao inseticida, sendo declinada a partir da décima geração (BAUERNFEIND; CHAPMAN, 1985). Da mesma forma, também foi observada uma redução na resistência no parasitoide *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae) após algumas gerações em condições de laboratório sem pressão de seleção (SPOLLEN; HOY, 1992).

A população de *E. connexa* resistente apresentou menor produção de ovos em comparação a população suscetível (Tabela 1). Estes resultados assemelham-se aos encontrados por Ferreira et al. (2013), ao comparar a reprodução de fêmeas de *E. connexa* resistente submetidas a diferentes concentrações da lambda-cialotrina em grau técnico (0,05; 0,10 e 0,25 mg i.a./mL). A redução na produção de ovos na população resistente de *E. connexa* pode acarretar em diminuição de seu crescimento populacional, o que pode representar uma desvantagem em relação aos indivíduos da população suscetível na ausência das aplicações da lambda-cialotrina. No entanto, a lambda-cialotrina é um produto encontrado em 17 formulações comerciais registradas no Brasil, para uso em 24 culturas entre olerícolas, fruteiras e herbáceas (AGROFIT, 2013), as quais empregam grande uso de inseticidas. Assim, considerando os agroecossistemas, onde são realizadas pulverizações com produtos formulados com a lambda-cialotrina, fica evidente que os indivíduos de *E. connexa* suscetíveis terão menor probabilidade de se manter nesses ambientes, quando comparados aos indivíduos resistentes, mesmo apresentando menor produção de descendentes.

O custo adaptativo é evidenciado pelos mecanismos que caracterizam a resistência no indivíduo (CROW, 1957), onde a produção de enzimas capazes de causar a degradação de moléculas de inseticidas, normalmente também exerce atividade na manutenção da fisiologia do indivíduo (FEYEREISEN, 1999), interferindo assim nos parâmetros da história de vida (GAZAVE et al., 2001). Rodrigues (2012) encontrou que

o mecanismo que confere resistência à mesma população de *E. connexa* utilizada neste estudo à lambda-cialotrina é metabólica. Segundo este autor, a destoxificação provavelmente ocorre através da atividade de carboxilesterases do tipo B. Em alguns casos, a maior atividade destas enzimas acarreta em um alto custo metabólico. De modo geral, a resistência por esterases resulta da amplificação do gene ou duplicação gênica (HADSTONE; LAZZARO; SCOTT, 2009). As esterases são enzimas que apresentam atividade hidrolítica multifuncional, e em comum, catalisam a hidrólise de um grande número de ésteres (WALKER; MACKENESS, 1983). Também, esta enzima exerce outras funções na fisiologia do inseto, principalmente na regulação dos mecanismos de reprodução (MIKHAILOV; TORRADO, 2000). Também, com menor fecundidade foi caracterizada a população resistente da mosca-das-frutas *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritoidea) (FANG et al., 2010). Estes autores sugeriram que a redução na fecundidade esta relacionada a um custo adaptativo. Foster et al. (2005) encontraram que a população resistente de *Myzus persicae* (Sulzer, 1778) (Hemiptera: Aphididae) apresentou menor emissão de feromônio de alarme. Os autores mencionaram que carboxilesterases poderiam estar relacionada à produção deste feromônio, consequentemente serem utilizadas para destoxificação do inseticida e reduzir a produção de feromônio.

A longevidade de fêmeas resistentes, independente do tratamento foi inferior àquela encontrada para fêmeas suscetíveis (S0), mostrando mais uma vez um custo da resistência. No estudo conduzido por Ferreira et al. (2013) não foi encontrado diferença para a longevidade e sobrevivência entre a população suscetível (S0) e resistente de *E. connexa*, sendo esta última população tratada com três doses crescentes da lambda-cialotrina. Neste estudo, no entanto, Ferreira et al. (2013) utilizaram indivíduos recuperados do *knockdown* 24h após o tratamento e a média de longevidade da população S0 foi de 71,5 dias em comparação a 129 dias encontrados neste estudo. Assim, a diferença dos resultados se dá pela maior longevidade média das fêmeas S0 obtidas neste estudo em relação à longevidade das fêmeas recuperadas nos diferentes intervalos após tratamento, que variaram entre 54,9 a 64,0 dias, de forma similar aos resultados de Ferreira et al. (2013).

Devido ao menor tempo de vida e reprodução a população resistente pode ter sua resistência diluída ao longo de sucessivas gerações em campo caso a pressão (aplicações de inseticidas) deixe de existir, pela consequência da invasão do alelo suscetível. O custo adaptativo associado à resistência a inseticidas em *E. connexa* é o resultado

provável de a um balanço fisiológico entre a sobrevivência quando expostos a substâncias tóxicas, como as moléculas dos inseticidas, e processos básicos fisiológicos como o desenvolvimento e reprodução (COUSTAU; CHEVILLON; FRENCH-CONSTANT et al., 2000; BERTICAT et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2007).

De modo geral, o desempenho dos descendentes foi variável entre as populações S e R com relação a alguns dos parâmetros avaliados. No entanto, as variações verificadas neste estudo não foram consistentes em favor de uma das populações para caracterizar um custo da resistência. Adicionalmente, não são suficientes para que a população suscetível, a qual apresentou menor tempo de desenvolvimento com relação a alguns dos tratamentos, venha produzir maior número de gerações em um mesmo intervalo de tempo quando comparada com a população resistente. As durações das fases de larva e pupa podem variar entre insetos e principalmente entre populações. Também, o peso de fêmeas foi variável, onde a progênie de fêmeas do tratamento R48 produziu fêmeas mais pesadas, comparada às demais progênies da população R, e semelhante à população S0. Vale salientar que a diferença no peso das fêmeas não apresentou um padrão claro entre populações S e R e para a progênie de fêmeas R recuperadas nos diferentes intervalos após tratamento. Além disso, a variação dos resultados foram de 2 mg entre o menor e maior peso de fêmeas para as progênies.

O peso da fêmea geralmente está correlacionado com a produção de ovos, pois fêmeas menores geralmente possuem menor fecundidade do que fêmeas maiores (GILBERT, 1984, HONEK; DIXON; MARTINKOVA et al 2008). Em *Sitophilus zeamais* (Mots, 1855) (Coleoptera: Curculionidae) foi observado que as fêmeas que tinham maior massa corporal apresentaram maior reprodução e maior resistência quando exposta a seleção (CORRÊA et al., 2011). A massa corporal elevada em insetos resistente permite maior oferta de energia para a manutenção dos mecanismos de resistência sem comprometer seus processos fisiológicos (OLIVEIRA et al., 2005; GUEDES et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2007). No entanto, o mesmo não foi observado neste estudo, uma vez que apesar das fêmeas do tratamento R48 apresentaram peso de pupa e fêmeas mais elevado e similar à população suscetível, o número de ovos produzidos foi similar aos demais tratamentos da população resistente.

O maior desempenho de um indivíduo de uma população pode indicar a habilidade da população em se estabelecer e manter em um ambiente. O desempenho de uma espécie pode ser caracterizado pela sobrevivência e produção de descendentes em função do recurso explorado (MITCHELL, 1981). Neste caso, podemos correlacionar

que o desempenho de uma população a pela taxa líquida de reprodução (R_0). Assim, a variável sobrevivência de larva, pupa e viabilidade de ovos da população R não diferenciam da população S, demonstrando que dependendo deste componente, a descendência da população R é tanto competitiva quanto a população S em condições de igualdade de recursos.

Os resultados demonstraram que mesmo permanecendo por 72h para recuperar do efeito tóxico, as fêmeas de *E. connexa* apresentaram similar fecundidade, longevidade e progênie que fêmeas resistente sem ter sofrido o efeito *knockdown*. Assim, os resultados mostram que este maior período de recuperação não está associado ao custo relativo à menor fecundidade quando comparado à população suscetível.

2.5 CONCLUSÕES

A resistência à lambda-cialotrina em fêmeas de *E. connexa* recuperadas do *knockdown* ou mesmo sem exposição ao inseticida apresenta custo adaptativo, com menor fecundidade em relação à população suscetível.

O desempenho de indivíduos resistentes recuperados do *knockdown* após 24, 48 e 72 h é similar, bem como o tempo e viabilidade de desenvolvimento dos seus descendentes.

Fêmeas de *E. connexa* resistente R0 e resistente recuperada 24 h após o *knockdown* apresentam taxa líquida de reprodução, tempo médio de geração e taxa intrínseca de crescimento populacional semelhantes.

3 Resposta de populações de *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae) resistente e suscetível à lambda-cialotrina a diferentes piretroides.

RESUMO

Este trabalho estudou a sobrevivência de larvas, de adultos e reprodução de *Eriopis connexa* resistente (R) à lambda-cialotrina, quando confinadas em plantas de algodão pulverizadas, bem como a sobrevivência de larvas e adultos da joaninha exposta ao resíduo seco de oito inseticidas piretroides e um inseticida organofosforado. Larvas de *E. connexa* R confinadas em plantas de algodão pulverizadas com lambda-cialotrina apresentaram 94% de sobrevivência após 24 horas e, enquanto, os adultos apresentaram 58,9% após 12 dias de confinados. Larvas e adultos da população suscetível (S) confinadas apresentaram 35,7% de sobrevivência de larvas, enquanto os adultos sobreviveram menos de três dias e não chegaram a reproduzir. Em plantas não pulverizadas com lambda-cialotrina, tanto as larvas quanto os adultos de *E. connexa* R e S não apresentaram diferença na sobrevivência. Por outro lado, fêmeas R confinadas nas plantas pulverizadas produziram menor número de ovos em relação a fêmeas R confinadas em plantas não pulverizadas. Em testes de contato em resíduo seco em folhas de algodão, a maioria dos piretroides ocasionaram mortalidade variando entre 0 e 43,7,9% para população R e de 3,3 a 100 para população S. O piretroide fenpropatrina causou menor mortalidade em ambas as populações de *E. connexa*. De modo geral, a mortalidade de larvas foi menor que a dos adultos para a maioria dos piretroides testados. O inseticida organofosforado metidationa ocasionou 100% de mortalidade para larvas e adultos da joaninha de ambas as populações. Estes resultados mostram que a população de *E. connexa* R sobrevive e reproduz em plantas pulverizadas com lambda-cialotrina. A população R também apresentou baixa mortalidade para vários piretroides. Esses resultados poderão auxiliar na escolha do inseticida piretroide a ser aplicado em consonância à conservação de *E. connexa* no manejo integrado de pragas.

Palavras-chave: Joaninha. Resistência. Sobrevivência. Seletividade.

Response of *Eriopis connexa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae) resistant and susceptible populations to different pyrethroids

ABSTRACT

This work evaluated the survival of larvae, adults, and reproduction of *Eriopis connexa* resistant (R) to lambda-cyhalothrin was studied caging adults on treated cotton plants in greenhouse. Further, mortality of larvae and adults exposed to dry residue of eight pyrethroids and one organophosphate insecticides were determined in the laboratory. Resistant larvae of *E. connexa* caged on treated cotton plants exhibited 94% of survival 24h after caged on treated plants and adult females of *E. connexa* exhibited 58.9% of survival 12 days after caging. Larvae of susceptible (S) population exhibited 35.7% survival, while the females lived less than three days and did not lay eggs. Survival of larvae, and reproduction and survival of adults during 12 days caged on untreated plants were similar for R and S populations. On the other hand, females R caged on treated plants and recovered from *knockdown* produced lower number of eggs compared to females R caged on untreated plants. The dry residue test with eight pyrethroids resulted in mortality ranging from 0 to 43.7% and from 0 to 100% to R and S populations, respectively. Among the pyrethroids, the fenpropathrin caused the lowest mortality, while the organophosphate metidationa caused 100% mortality for boths R and S populations. The overall mortality of *E. connexa* larvae was lower than adults across all tested pyrethroids. These results show that *E. connexa* resistant to lambda-cyhalothrin exhibit high survival rate when caged on treated cotton plants and also to dry residue of other pyrethroids. Thus, these findings might help to a judicious choice of a pyrethroid insecticide aiming to the conservation of *E. connexa* population within the integrated pest management.

Key words: Ladybeetle. Resistance. Survival. Selectivity.

3.1 INTRODUÇÃO

O controle de insetos pragas é realizado principalmente pelo uso de inseticidas sintéticos. Isto se deve à facilidade do acesso a estes produtos, à tecnologia para aplicação e à ação rápida sobre as pragas (SAYYED; PATHAN; FAHEEM, 2010). De modo geral, os inseticidas podem ser classificados como seletivos e não seletivos a depender da mortalidade resultante sobre os inimigos naturais (CASIDA; QUISTAD, 1998). Porém, quando a seletividade não é obtida, a população do inimigo natural pode ser drasticamente reduzida no agroecossistema, acarretando em várias consequências para o manejo integrado de pragas. Dentre elas, a ressurgência de pragas ou até mesmo o surgimento de novas pragas, pois se tornam livre da ação dos inimigos naturais (HARDIN et al., 1995; DUTCHER, 2007; RAO; SHIVANKAR; SINGH, 2007). Apesar da importância da seletividade na preservação de inimigos naturais, poucos são os produtos que apresentam esta característica. Assim, uma forma de se obter a seletividade fisiológica seria através da obtenção de resistência em inimigos naturais. A resistência a inseticida representa os resultados de alterações na frequência dos genes que são apresentados por alguns indivíduos, os quais possibilitam a sobrevivência a doses do inseticida que seriam letais para indivíduos de uma mesma espécie (WHALON; MOTA-SANCHEZ; HOLLINGWORTH, 2008).

Apesar da visão geral de ausência de resistência em inimigos naturais, alguns casos de resistência vêm contestando a ideia generalizada de ausência de seleção em campo para resistência. Dentre os relatos de inimigos naturais resistentes a pesticidas, destacam-se os ácaros fitoseídeos como os mais abordados em estudos de resistência, principalmente pelo alto potencial reprodutivo e rápido ciclo de vida (POLETTI; OMOTO, 2003). Recentemente, estudos com crisopídeos realizados por Pathan et al. (2008; 2010) e Sayyed; Pathan; Faheem (2010) demonstraram e caracterizaram a resistência ao piretroide deltametrina neste grupo de inimigos naturais. PATHAN et al. (2008), estudando diferentes populações de *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) coletadas em campos de algodão do Paquistão, detectaram graus de resistência de 21 a 97 vezes para inseticidas organofosforados e piretroides. Já em relação aos coccinelídeos, o primeiro caso documentado foi com *Coleomegilla maculata* (De Geer) (Coleoptera: Coccinellidae), a qual foi caracterizada como resistente aos inseticidas DDT, parationa metílica e monocrotofós (HEAD et al., 1977; GRAVES; MOHAMAD; CLOWER., 1978). Também, a resistência ao piretroide

lambda-cialotrina em populações da joaninha *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville) (Coleoptera: Coccinellidae), provenientes de campos de algodão na Geórgia, E.U.A. foi documentada por Ruberson; Robert; Michaud et al. (2007). Para uma população desta mesma espécie coletada na mesma região, Rodrigues et al. (2013a) relatou que a herança da resistência à lambda-cialotrina em *H. convergens* está ligada ao sexo com uma razão de resistência de 220,03 vezes. Também, Kumral et al. (2011) detectaram resistência ao piretroide bifentrina em população de *Stethorus gilvifrons* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) coletada em campos comerciais de maçã na Turquia.

Eriopis connexa (Germar, 1824) (Coleoptera: Coccinellidae) é uma espécie com ocorrência comum associada à população de insetos pragas, em especial de pulgões (SARMENTO et al., 2007). Em estudos recentes de suscetibilidade com populações de joaninhas de oito espécies, foram encontrado quatro populações de *E. connexa* com nível de resistência entre 11 a 38 vezes a lambda-cialotrina, sendo então consideradas resistentes (RODRIGUES, 2012). Dentre as populações estudadas, encontra-se a população utilizada no presente trabalho, a qual vem sendo mantida sob pressão de seleção em laboratório. Além da detecção, outros aspectos da resistência foram estudados para esta população. Por exemplo, a herança da resistência que é mediada pela influência de um gene autossomal e incompletamente dominante (RODRIGUES et al., 2013b). Também, a destoxificação metabólica foi indicada como mecanismo que confere resistência em *E. connexa* à lambda-cialotrina, através da possível atividade diferenciada de carboxilesterases do tipo B. Além destes estudos, Ferreira et al. (2013), verificaram que a população resistente de *E. connexa* apresenta um custo adaptativo para a resistência, principalmente voltado para redução da produção de ovos após sofrer ou não efeito *knockdown* do tratamento. Também, Spindola et. al. (2013) estudaram a sobrevivência diferencial de adultos das populações de *E. connexa* suscetível e resistente e do *Anthonomus grandis* (Beh, 1843) (Coleoptera: Curculionidae) após 24h de exposição em plantas pulverizadas com à lambda-cialotrina, bem como estudaram a resistência por comportamento (irritabilidade e repelência). Estes autores relataram sobrevivência acima de 86% para a população resistente de *E. connexa* e de apenas 17 a 20% para o bicudo algodoeiro nas mesmas condições, sendo também observado menor irritabilidade para população resistente, quando comparadas com a população suscetível, os quais não exibiram repelência as plantas tratadas.

Em razão da necessidade de novas informações acerca da resistência para fins de utilização de populações de inimigos naturais resistentes como tática de integração do controle biológico e químico no manejo de pragas, este trabalho estudou duas hipóteses: i) a resistência à lambda-cialotrina permite a sobrevivência de larvas e adultos de *E. connexa*, bem como a reprodução quando os insetos são expostos e confinados em plantas pulverizadas com este inseticida. Assim, a maior sobrevivência permitirá a sua manutenção em áreas pulverizadas; e ii) a resistência observada em *E. connexa* à lambda-cialotrina confere resistência a outros inseticidas piretroides que também são utilizados frequentemente na cultura do algodão. Desta forma, têm-se como objetivos verificar o potencial de larvas e adultos de *E. connexa* sobreviver quando expostas à lambda-cialotrina em casa-de-vegetação, além de avaliar a suscetibilidade a outros inseticidas piretroides, como forma de se obter a seletividade fisiológica a piretroides.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos de sobrevivência de larvas e adultos de *E. connexa* foram conduzidos em casa de vegetação do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, à temperatura média de $30,2 \pm 2^\circ\text{C}$, $68,2 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 11,9h. Já o experimento de seletividade a piretroides foi conduzido no Laboratório de Controle Biológico e Ecologia de Insetos da UFRPE sob $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e 12h de fotofase, umidade relativa de (U.R.) $\pm 70\%$.

3.2.1 Descrição das populações de *Eriopsis connexa* Estudadas.

Uma população de *E. connexa* foi coletada em campo de algodão localizado no município de Frei Miguelinho, PE ($07^\circ 55' \text{ S}$ e $35^\circ 51' \text{ W}$). Esta população foi multiplicada em laboratório e determinada a sua resposta ao produto formulado Karate Zeon 50 CS (lambda-cialotrina 5% m/v - 50 g/L, Syngenta S.A., São Paulo, SP), mediante estabelecimento da curva dose-resposta na geração F_2 . Para esta população, a DL_{50} estimada foi de 0,038 g i.a./L. Outra população de *E. connexa* foi coletada no município de Viçosa, MG ($20^\circ 45' \text{ S}$ e $42^\circ 51' \text{ W}$) em cultivo de couve. Esta população apresentou a DL_{50} de 1,45 g de i.a./L, determinada através da curva dose-resposta na

geração F₁. A população do município de Frei Miguelinho foi considerada suscetível (S, suscetível) e a população do município de Viçosa (R, resistente), (RODRIGUES, 2012). A população resistente foi submetida ao processo de seleção, utilizando as DL_{50s} estimadas como dose referência. A partir da geração F₁₂, a população resistente foi selecionada utilizando a lambda-cialotrina em grau técnico diluído em acetona. A população resistente foi mantida sobre contínua pressão de seleção com a concentração de 0,35 g de i.a./L do produto em grau técnico, enquanto a população suscetível foi mantida sem exposição ao inseticida.

3.2.2 Criação de *Eriopsis connexa* em Laboratório.

Os adultos de cada população, resistente e suscetível, foram criados em recipientes plásticos de 500 mL com tampa contendo uma abertura circular de aproximadamente 5cm de diâmetro fechada com tecido *voil* para permitir a circulação de ar sob condições controladas de laboratório a 25 ± 1 °C e fotofase de 12h e, umidade relativa (U.R) de $70\% \pm 5\%$. Pedacos de papel toalha são ofertados no interior dos recipientes como substrato para as posturas. Diariamente, as posturas foram transferidas para recipientes plásticos de 500 mL e mantidas até a eclosão das larvas que, então, foram transferidas na densidade de duas larvas por recipiente plástico de 80 mL. No interior desses recipientes de criação das larvas foram colocados pedaços de papel toalha de aproximadamente 2x2cm como substrato para pupação, embora pupas se formem nas paredes dos recipientes. Como alimento para as larvas, foram utilizados ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), previamente congelados para sua inviabilização. A alimentação foi feita em intervalos de dois ou mais dias dependendo do consumo. Para os adultos, além de ovos de *A. kuehniella* foi ofertada uma dieta pastosa preparada com levedura de cerveja e mel na proporção de 50: 50%.

3.2.3 Sobrevivência de Larvas e Adultos de *Eriopis connexa* Resistente (R) e Suscetível (S) Confinadas em Plantas Tratadas com Lambda-cialotrina.

O experimento foi conduzido em duas etapas: i) com larvas e ii) com adultos da joaninha. No experimento com larvas, foram utilizadas larvas de quarto instar de *E. connexa* das populações S e R nas gerações F₂₁ e F₂₄, respectivamente.

Plantas de algodão da variedade BRS Rubi entre 50 e 70 dias de idade, cultivadas em vasos e mantidas em casa de vegetação foram utilizadas no experimento. As plantas foram tratadas com a calda do inseticida Karate Zeon 50 CS, na dosagem de 400 mL/ha (20 g i.a/ha = 5,3 mL do produto comercial/L). As plantas foram pulverizadas até o ponto de escorrimento, utilizando pulverizador manual de 1000 mL. Já as plantas do grupo testemunha foram pulverizadas somente com água. Após a aplicação da calda de inseticida ou água, as plantas foram deixadas por aproximadamente uma hora para secar o excesso de umidade. Em seguida, as plantas foram transferidas para a casa de vegetação, onde todas as plantas tratadas e testemunha foram dispostas em bancadas e individualmente colocadas dentro de gaiolas confeccionadas com tela de nylon com malha de 2mm de abertura com 30 x 50 cm (diâmetro x altura) de tamanho. Essas gaiolas possuem Zípper[®] na posição vertical utilizada para a passagem das plantas, liberação dos insetos e avaliação. As plantas utilizadas haviam sido previamente infestadas com o pulgão do algodoeiro, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) e apresentavam colônias em todas as folhas e ponteiro.

O experimento foi constituído de quatro tratamentos: larvas R confinadas em gaiolas com plantas tratadas com lambda-cialotrina (R+LC); larvas R confinadas em gaiolas com plantas não tratadas (testemunha) (R-LC); larvas S confinadas em gaiolas com plantas tratadas com lambda-cialotrina (S+LC); larvas S confinadas em gaiolas com plantas não tratadas (testemunha) (S-LC). Em cada gaiola, foram liberadas 10 larvas correspondentes aos tratamentos. Cada planta confinada em gaiola constituiu uma repetição, sendo cinco, seis, cinco e sete repetições para os tratamentos R+LC (n = 50 larvas); R-LC (n = 60 larvas); S+LC (n = 50 larvas); e S-LC (n = 70 larvas).

Transcorridas 2h após a liberação dos insetos nas gaiolas, foi avaliado o efeito *knockdown* nas larvas e após 24h foi avaliada a mortalidade de larvas. As larvas foram consideradas mortas quando não conseguiam caminhar a distância aproximada de seu corpo. Já as larvas sobreviventes foram mantidas durante sete dias nas gaiolas. Após

este período, todas as larvas encontravam-se na fase de pupa. Assim, a parte das plantas confinadas nas gaiolas foi cortada e levada para o laboratório, onde procedeu a contagem do número de pupas. As pupas foram separadas em placas de Petri e monitoradas até a emergência dos adultos.

Os dados de mortalidade de larvas e emergência dos adultos de pupas dessas larvas foram submetidos à análise de variância (Proc ANOVA) após serem submetidas aos testes para normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homogeneidade de variância (Bartlett) pelo proc Univariate do SAS. As médias de mortalidade e emergência foram comparadas pelo teste de Tukey HSD ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa SAS (SAS Institute 2002).

O experimento com confinamento de adultos de *E. connexa* foi conduzido com os mesmos tratamentos R+LC, R-LC, S+LC e S-LC e de forma similar ao conduzido com as larvas, porém com algumas adaptações. Os adultos S e R utilizados no experimento tinham entre seis e dez dias de idade e encontravam-se nas gerações F₁₇ e F₂₂, respectivamente. Para a realização do experimento, foram utilizadas 22 plantas de algodão do cultivar BRS Rubi que aos 25 dias de idade foram infestadas com pulgão *A. gossypii*. Estas plantas foram pulverizadas após oito dias da infestação com os pulgões. Além de pulgões como presa foi, também, ofertado ovos de *A. kuehniella* e uma dieta pastosa composta de levedura de cerveja e mel (1:1) passada em fina camada na face superior de uma das folhas do topo das plantas. Sobre esta camada de dieta foi, então, colocado ovos de *A. kuehniella* com auxílio de um pincel de ponta fina. O número de repetições foi variável por tratamento em função da disponibilidade de adultos de cada população e foi de seis, seis, cinco e cinco repetições, para os tratamentos R+LC, R-LC, S+LC e S-LC respectivamente. Cada repetição consistiu de uma gaiola contendo cinco casais cada.

A avaliação de sobrevivência dos adultos confinados sobre as plantas foi realizada durante 12 dias consecutivos após a liberação dos insetos. Esta avaliação foi feita diariamente nos mesmos horários, contabilizando o número de insetos vivos em todos os tratamentos. Também, foi feita a coleta de posturas em intervalos de três dias, sendo efetuadas quatro avaliações durante os 12 dias de confinamento. As posturas foram levadas para o laboratório, e registrado o número de ovos.

A proporção de adultos sobrevivendo durante o período de 12 dias de confinamento em gaiolas com plantas tratadas e não tratadas com lambda-cialotrina foram utilizados para estimar curvas de sobrevivência pelo de Kaplan-Meier e, essas,

foram comparadas entre os tratamentos e entre pares dos tratamentos pelo teste Log-Rank através do Proc LIFETEST do SAS. Como não houve oviposição no tratamento S+LC (100% de mortalidade), este tratamento não foi incluído nesta análise. Os dados de oviposição foram submetidos à análise de variância (Proc ANOVA) após serem submetidos aos testes para normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homogeneidade de variância (Bartlett) pelo proc Univariate do SAS. Os dados foram, então, transformados em raiz quadrada ($x + 0,5$) para atender os requisitos da ANOVA. A média acumulada de ovos produzidos por fêmea durante o período de 12 dias foi comparada pelo teste de Tukey HSD ao nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando o programa SAS (SAS Institute 2002).

3.2.4 Mortalidade de Larvas e Adultos de *Eriopsis connexa* Resistente e Suscetível à Lambda-cialotrina Expostas a Resíduo Seco de Diferentes Inseticidas.

Para a realização deste estudo, foram utilizadas larvas de quarto instar e adultos de *E. connexa* das populações suscetível (S) e resistente (R) das gerações F₂₂ e F₂₆, respectivamente. Os inseticidas utilizados foram os piretroides lambda-cialotrina, deltametrina, alfa-cipermetrina, zeta-cipermetrina, fenpropatrina, esfenvalato, bifentrina e permetrina, e o organofosforado metidationa. Estes inseticidas estão registrados no Ministério da Agricultura para uso no controle das principais pragas da cultura do algodão no Brasil (Tabela 1) (AGROFIT 2013).

Para a instalação do experimento, folhas de algodão expandidas foram coletadas em campo e lavadas em água corrente. Após a secagem da umidade dessas folhas, discos de 9,0 cm de diâmetro foram cortados com auxílio de um vazador deste diâmetro de maneira que ocupasse todo o fundo da placa de Petri (9,0 cm de diâmetro x 1,5 cm de altura). Os discos de folhas foram imersos por cinco segundos na calda dos respectivos inseticidas. No preparo da calda inseticida foi adicionado espalhante adesivo Will Fix[®] a 0,05%. A testemunha constou de discos de folhas imersos apenas em água e espalhante adesivo. Após a imersão na calda, os discos de folhas foram deixados sobre bancada de laboratório a 25°C para secagem da calda inseticida por aproximadamente 2 horas. Posteriormente, os discos foram acondicionados no fundo das placas de Petri sobre disco de papel filtro levemente umedecido com água destilada para prolongar a turgescência do disco de folha de algodão.

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, sendo considerados como fatores principais os inseticidas e testemunha, idade das joaninhas (larvas e adultos) e populações R e S. Para cada tratamento e idade da joaninha foi empregado seis repetições que consistia de cinco insetos por placa (total de 30 larvas ou adultos por inseticida de cada população). Ovos de *A. kuehniella* foram colocados sobre os discos de folhas de algodão como alimento para os insetos. Os procedimentos foram iguais para larvas e adulto das populações resistente e suscetível.

Tabela 1 - Produto comercial, ingrediente ativo, dosagem e a praga alvo desta maior dosagem recomendada do produto para pulverização em algodoeiro.

Produto comercial	Ingrediente ativo	Maior dosagem recomendada (mL/ha)	Pragas
Suprathion 400 EC	metidationa ^{OF}	1000	<i>Anthonomus grandis</i>
Karate Zeon 50 CS	lambda-cialotrina ^{P-II}	400	<i>Heliothis virescens</i>
Decis 25 EC	deltametrina ^{P-II}	400	<i>Heliothis virescens</i>
Fastac 100	alfa-cipermetrina ^{P-II}	200	<i>Heliothis virescens</i>
Fury 400 EC	zeta-cipermetrina ^{P-II}	125	<i>Alabama argilacea</i>
Danimen 300EC	fenpropratina ^{P-II}	400	<i>Pectinophora gossypiella</i>
Sumidan 150 SC	esfenvarelato ^{P-II}	200	<i>Anthonomus grandis</i>
Talstar 100 EC	bifentrina ^{P-I}	600	<i>Spodoptera frugiperda</i>
Valon 384 EC	permetrina ^{P-I}	325	<i>Heliothis virescens</i>

OF, organofosforado; P-I, piretroide do tipo I (ausência do grupo ciano na molécula) e, P-II, piretroides do tipo II (presença do grupo ciano na molécula).

Fonte: AGROT, 2013.

Os insetos foram expostos aos inseticidas por um período de 24 horas. Após este intervalo, os discos de folha de algodão tratados com os inseticidas ou água foram retirados das placas de Petri, sendo mantido somente o disco de papel filtro com alimento e os insetos. O efeito *knockdown* foi avaliado após 2 horas e a mortalidade foi avaliada 48 horas após a liberação dos insetos nas placas. As larvas foram consideradas mortas quando não conseguiam caminhar uma distância equivalente ao tamanho de seu corpo. Para os adultos, esses foram postos com a parte ventral voltada para cima, e

foram considerados mortos quando não conseguiam retornar a posição normal. As larvas sobreviventes foram observadas até a emergência dos adultos. Para a mortalidade, o delineamento experimental foi em esquema fatorial 2 x 2 x 8 (populações x idade do inseto x inseticidas), enquanto que para a emergência foi em esquema fatorial 2 x 8 (populações x inseticidas), pois constava de apenas o tratamento com larvas. Os dados de mortalidade e emergência do grupo testemunha que foram 0 e 100%, respectivamente, e do inseticida metidationa que foram 100 e 0%, respectivamente, não foram incluídos nas análises por não apresentarem variação, porém apresentados como valores absolutos nos resultados e discussões. Os dados de mortalidade e emergência provenientes do experimento foram submetidos à análise de variância após serem submetidos ao teste de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homogeneidade de variância (Bartlett) pelo proc Univariate do SAS (SAS Institute 2002). Quando necessário, os dados foram transformados em raiz quadrada ($\sqrt{x + 1,0}$). As médias de mortalidade e emergência de cada população entre os inseticidas foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade (SILVA; AZEVEDO, 2002). A comparação entre larva e adulto da mesma população de *E. connexa* ou entre a idade da mesma ou de diferentes populações foi realizada pelo teste t (Proc TTEST).

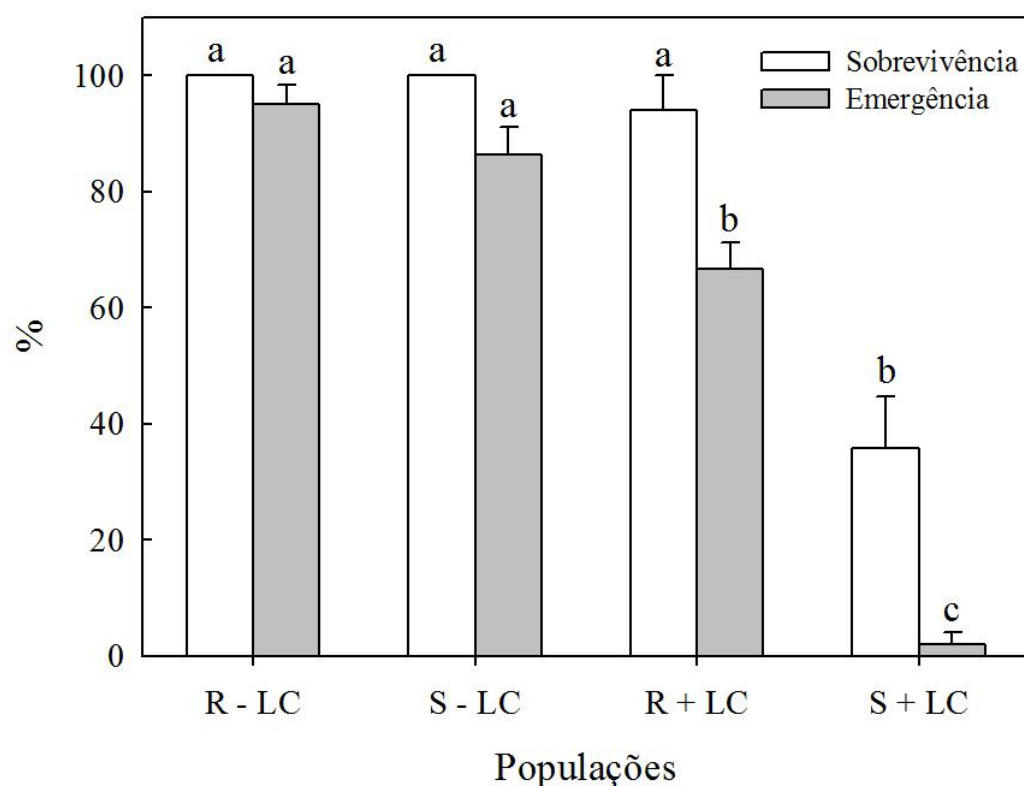
3.3 RESULTADOS

3.3.1 Sobrevivência de Larvas e Adultos de *Eriopsis connexa* Resistente e Suscetível Confinadas em Plantas Tratadas com Inseticida Lambda-cialotrina.

A sobrevivência de larvas de quarto instar de *E. connexa* foi variável entre os tratamentos ($F_{3, 19} = 42,36$; $P < 0,0001$), bem como a emergência de adultos oriundos das pupas formadas dessas larvas ($F_{3, 19} = 101,49$; $P < 0,0001$). As larvas de *E. connexa* avaliadas no período de 24 horas apresentaram sobrevivência de 100% para os tratamentos sem inseticida (R-LC e SS-L), e 94% para larva resistentes em plantas pulverizadas (R+LC), não diferindo estatisticamente. No entanto, larvas do tratamento S+LC apresentaram 35,7% de sobrevivência, a qual foi significativamente inferior aos demais tratamentos. A emergência de joaninhas de pupas formadas pelas larvas

confinadas nas plantas sem lambda-cialotrina R-LC e S-LC foi em média de 95 e 86%, respectivamente. A emergência de adultos resistente de larvas confinadas em plantas pulverizadas (R+LC) foi de 66% e inferior comparada à emergência em plantas não pulverizadas (95%). A população suscetível exposta às plantas pulverizadas S+LC apresentou emergência de apenas 2% (Figura1).

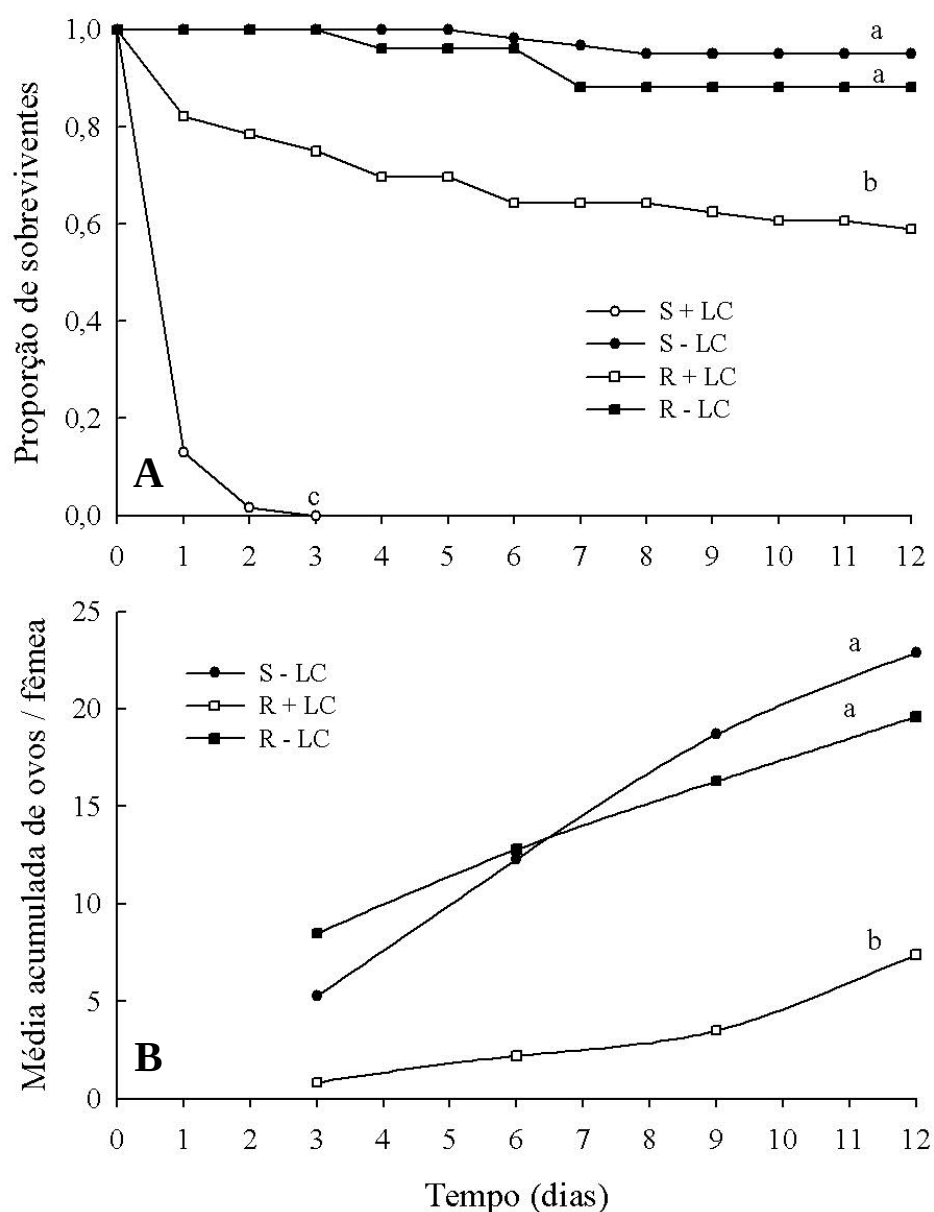
Figura 1 – Sobrevivência de larvas e emergência ($\pm$ EP) de *Eriopsis connexa* das populações suscetível “S” e resistente “R” confinadas em plantas de algodão pulverizadas (+LC) ou não pulverizadas (-LC) com lambda-cialotrina. Barras seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade comparando a sobrevivência ou a emergência.



Fonte: Autor, 2013.

A sobrevivência de adultos de *E. connexa* foi variável entre populações resistente (R) e suscetível (S) e tratamento com à lambda-cialotrina (LC) (Log-Rank, $\chi^2 = 217,48$; GL = 3; $p < 0,0001$). Houve efeito significativo na sobrevivência entre os tratamentos R+LC e R-LC (Log-Rank, $\chi^2 = 12,61$; GL = 1; $p = 0,0004$), R+LC e S-LC (Log-Rank, $\chi^2 = 22,65$; GL = 1; $p < 0,0001$). Contudo, não foi observada diferença entre os tratamentos sem aplicação da lambda-cialotrina R-LC e S-LC (Log-Rank, $\chi^2 = 1,5714$; GL = 1; $p = 0,2100$).

Figura 2 - Proporção de adultos sobreviventes (A) e número médio de ovos acumulados por fêmea (inferior) das populações suscetível “S” e resistente “R” de *Eriopsis connexa* confinadas em plantas de algodão pulverizadas (+LC) ou não pulverizadas (-LC) com lambda-cialotrina durante 12 dias de observações. Linhas seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Log-Rank e Tukey HSD (B) a 5% de probabilidade.



Fonte: Autor, 2013.

A sobrevivência da população R de *E. connexa* exposta ao inseticida (R+LC) foi de 58,9%, enquanto que a da população suscetível (S+LC) foi de 13,3% durante o intervalo de 24 horas. Já as populações R e S sem exposição à lambda-cialotrina (R-LC e S-LC) apresentaram sobrevivência de 88,2 e 95,0%, respectivamente. Também, foi observado que não ocorreu mortalidade acentuada no tratamento joaninha resistente

confinadas em plantas pulverizadas (R+LC) após o sexto dia, com o mesmo padrão de sobrevivência aos tratamentos sem pulverização R-LC e S-LC (Figura 2-A).

A ocorrência de oviposição no tratamento S+LC não foi observada, em razão da mortalidade precoce dos adultos suscetíveis (100% de mortalidade após três dias de confinamento) (Figura 2A). A produção média de ovos por fêmea foi influenciada pela exposição às plantas pulverizadas com lambda-cialotrina ($F_{2, 15} = 10,12$; $P = 0,0016$). O tratamento R+LC apresentou baixa produção média de ovos por fêmea (aproximadamente 7,3 n° de ovos/fêmea) quando comparado aos tratamentos sem exposição ao inseticida. Também, é observado um aumento contínuo da produção de ovos das fêmeas resistentes (R+LC) após nove dias de avaliação (Figura 2B).

3.3.2 Mortalidade de Larvas e Adultos de *Eriopsis connexa* Resistente e Suscetível à Lambda-cialotrina Expostas a Resíduo Seco de Diferentes Piretroides.

Não houve mortalidade de larvas e adultos das populações de *E. connexa* S e R no tratamento testemunha. Por outro lado, o inseticida metidationa produziu 100% de mortalidade tanto para larvas quanto para adultos destas populações. Assim, considerando somente os inseticidas piretroides, foi observado que a mortalidade foi influenciada pela população, estágio da joaninha e inseticidas (Tabela 2). Em média para todos os inseticidas testados, a população resistente apresentou mortalidade inferior a 8,1% a população suscetível com 49,2%. Em relação à idade da joaninha, a mortalidade média de larvas (21,4%) foi inferior quando comparada a mortalidade de adultos (35,8%) (Figura 3). Também, foi observado que a fenpropatrina e bifentrina produziram a menor e maior mortalidade para *E. connexa* independente da idade, com médias de 6,7 e 65%, respectivamente (Tabela 3). Os demais produtos apresentaram mortalidades variando entre 15,8 a 32,9%. Além disso, larvas da população S apresentaram menor mortalidade quando comparadas aos adultos ($t_{94} = 3,76$; $P = 0,0003$). Contudo, a mortalidade das larvas da população R não diferiu dos adultos ($t_{94} = 1,43$; $P = 0,1560$) (Figura 3).

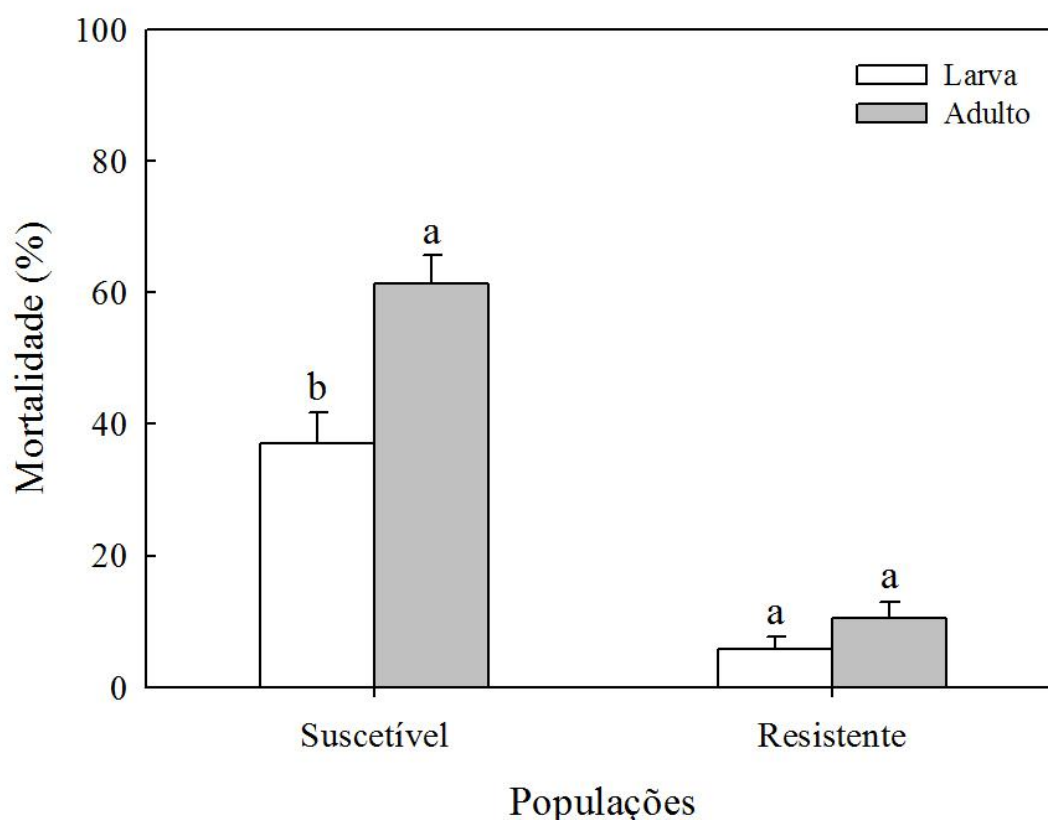
Tabela 2 - Resultados da ANOVA para os efeitos das fontes principais de variação, inseticidas, população da joaninha (resistente e suscetível) e do estágio (larva e adulto) e das interações da análise de variância para a mortalidade de larva e adultos e emergência de adultos oriundos de pupas formadas pelas larvas expostas aos inseticidas.

Fonte de Variação	G.L.	F	P
<i>Mortalidade</i>			
População	1	297,07	<0,0001
Estágio	1	34,21	<0,0001
Inseticida	7	26,69	<0,0001
População x Inseticida	7	8,59	<0,0001
População x Estágio	1	13,91	0,0003
Estágio x Inseticida	7	1,38	0,2155
População x Inseticida x Estágio	7	1,51	0,1662
Erro	160		
<i>Mortalidade de larvas</i>			
População	1	85,68	<0,0001
Inseticida	7	13,36	<0,0001
População x Inseticida	7	4,51	0,0003
Erro	80		
<i>Emergência de adultos de larvas tratadas</i>			
População	1	57,86	<0,0001
Inseticida	7	7,20	<0,0001
População x Inseticida	7	3,70	0,0016
Erro	80		
<i>Mortalidade de adultos</i>			
População	1	234,93	<0,0001
Inseticida	7	15,03	<0,0001
População x Inseticida	7	5,67	<0,0001
Erro	80		

Fonte: Autor, 2013.

Para a população R, foi observada maior mortalidade de larvas quando utilizada a bifentrina (26,7%), seguido da permetrina (10%), lambda-cialotrina e deltametrina (3,3%) e alfa-cipermetrina (2,8%) (Tabela 3). Também, foi observado que os inseticidas zeta-cipermetrina, fenpropatina e esfenvalato não ocasionaram mortalidade de larvas da população R. O inseticida bifentrina foi, também, o que causou maior mortalidade para adultos de *E. connexa* da população R (43,7%). Esta mortalidade foi superior à mortalidade ocasionada pelos demais inseticidas, que causaram mortalidade entre 0 a 13,3% (Tabela 3).

Figura 3 - Mortalidade média (+EP) de indivíduos das populações suscetível e resistente em função de todos os inseticidas piretroides de *Eriopsis connexa*. Barras seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade entre larvas e adultos da mesma população.



Fonte: Autor, 2013.

Em relação à população S, o inseticida bifentrina causou 90% de mortalidade de larvas, seguido da lambda-cialotrina com 51,7%, alfa-cipermetrina e zeta-cipermetrina com 46,7%. Os inseticidas deltametrina, fenpropatrina, esfenvalato e permetrina

mortalidade similares para larvas S variando de 3,3 a 26,1% de mortalidade (Tabela 3). Para os adultos da população S, foi observado que a bifentrina ocasionou 100% de mortalidade. Os inseticidas deltametrina, lambda-cialotrina, alfa-cipermetrina apresentaram mortalidade de adultos similares, com médias variando de 70 a 80%. Já os inseticidas permetrina, zeta-cipermetrina e esfenvalato causaram mortalidade média de adultos de 56,7; 53,7 e 43,3%, respectivamente. O inseticida fenpropratrina foi o que exibiu menor mortalidade em adultos da população S, não diferindo estatisticamente dos adultos da população R.

Tabela 3 – Mortalidade média (%) de larvas e adultos de *Eriopsis connexa* resistente e suscetível à lambda-cialotrina expostas a oito piretroides e um organofosforado recomendados para o controle de pragas do algodoeiro.

Tratamentos	População resistente (R)		População suscetível (S)	
	Larvas	Adultos	Larvas	Adultos
Metidationa	100 ¹	100	100	100
Alfa-cipermetrina	2,8 ± 2,78 bB	0,0 ± 0,00 bB	46,7 ± 12,29 bA	70,0 ± 6,83 bA
Bifentrina	26,7 ± 11,15 aB	43,7 ± 8,02 aB	90,0 ± 6,83 aA	100,0 ± 0,00 aA
Deltametrina	3,3 ± 3,33 bA	13,3 ± 9,88 bB	26,1 ± 11,23 cA	80,0 ± 7,30 bA*
Esfenvalato	0,0 ± 0,00 bA	6,7 ± 4,21 bB	13,3 ± 6,66 cA	43,3 ± 9,54 cA*
Fenpropratrina	0,0 ± 0,00 bA	10,0 ± 4,47 bA*	3,3 ± 3,33 cA	13,3 ± 6,66 dA
Lambda-cialotrina	3,3 ± 3,33 bB	3,3 ± 3,33 bB	51,7 ± 7,92 bA	73,3 ± 9,88 bA
Permetrina	10,0 ± 4,47 bA	6,7 ± 4,21 bB	18,9 ± 9,34 cA	56,7 ± 10,85 cA*
Zeta-cipermetrina	0,0 ± 0,00 bB	0,0 ± 0,00 bB	46,7 ± 8,43 bA	53,7 ± 4,21 cA

¹Mortalidade 100% sem variação para análise.

²Médias (±EP) seguidas de mesma letra minúscula, na coluna, e maiúscula, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott e teste t ($P > 0,05$), respectivamente.

*Indica significância entre larvas e adultos da mesma população.

Fonte: Autor, 2013.

Não foi constatada diferença significativa entre os inseticidas deltametrina, fenpropratrina, esfenvalato e permetrina quando comparada a mortalidade de larvas das diferentes populações. Por outro lado, os inseticidas lambda-cialotrina, alfa-cipermetrina, zeta-cipermetrina e bifentrina ocasionaram maior mortalidade de larvas S em relação às larvas da população R. Quando comparada a mortalidade de adultos,

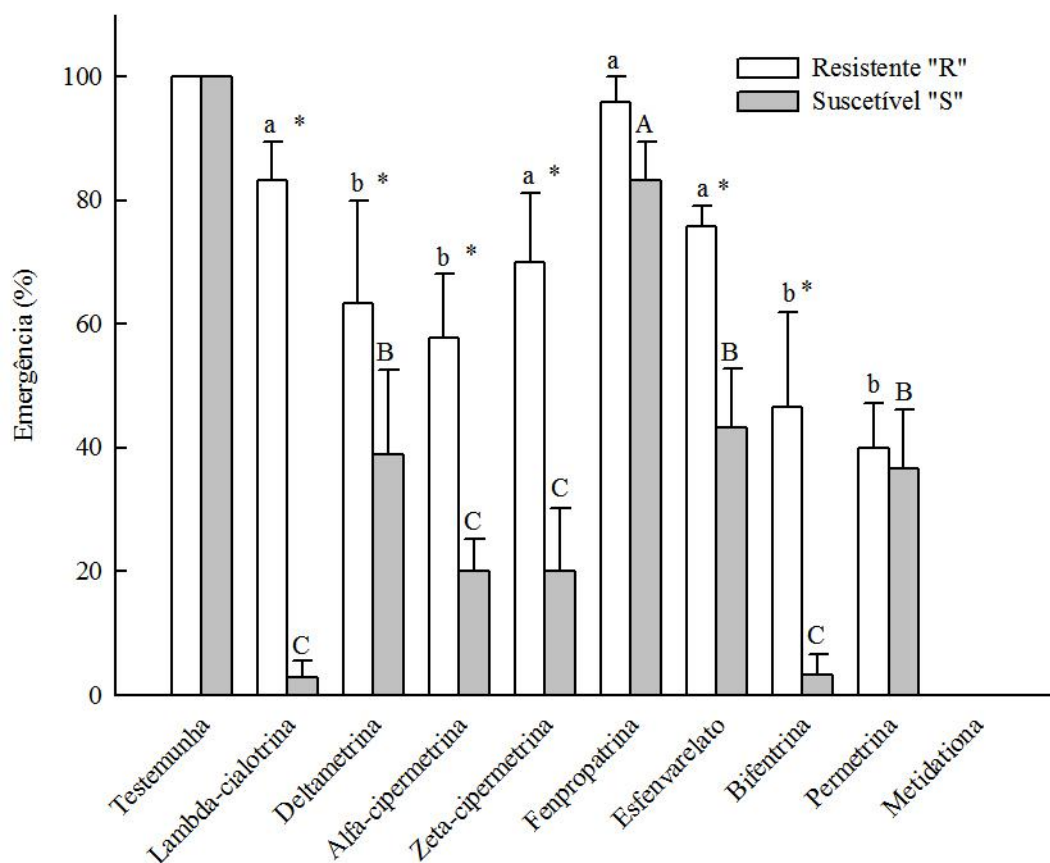
somente a fenpropratrina não apresentou diferença estatística entre as populações de *E. connexa*. Para os demais inseticidas, adultos da população R, também, apresentaram menor mortalidade comparado a adultos da população S (Tabela 3).

As larvas da população S de joaninhas apresentaram mortalidade significativamente menor em relação aos adultos para os inseticidas deltametrina, esfenvalato e permetrina. Para a população R, somente larvas expostas à fenpropratrina apresentaram mortalidade inferior aos adultos. De modo geral, é notório que a mortalidade de larvas de ambas as populações foi inferior que a mortalidade dos adultos, mesmo estes valores não sendo significativos.

A emergência de *E. connexa* de pupas formadas por larvas expostas aos inseticidas foi influenciada pela população e inseticidas utilizados (Tabela 2). A emergência na população R (66,6%) foi superior à da população S (31,0%). Os inseticidas lambda-cialotrina, deltametrina, alfa-cipermetrina, zeta-cipermetrina, esfenvalato e bifentrina foram os que produziram emergência diferindo entre as populações R e S de *E. connexa*. Os inseticidas que apresentaram menor emergência de adultos da população S foram lambda-cialotrina (2,8%) e bifentrina (3,3%), seguidos do alfa-cipermetrina e zeta-cipermetrina com 20% de emergência. Entre todos os inseticidas, a exposição das larvas à fenpropratrina foi a que resultou em menor impacto na emergência de adultos para ambas as populações (população R com 95,8% em relação a população S com 83,3% de emergência) (Figura 4).

Os inseticidas piretroides afetaram significativamente a emergência de *E. connexa* (população R: $F_{7, 40} = 2,95$; $P = 0,0137$; e população S: $F_{7, 40} = 7,04$; $P < 0,0001$). Para a população R, os inseticidas fenpropratrina, lambda-cialotrina, esfenvalato e zeta-cipermetrina produziram resultados similares, com médias variando de 70 a 95% de emergência de adultos. Vale ressaltar, que a exposição à permetrina resultou em 40% de emergência de adultos da população R, sendo a menor taxa de emergência entre os inseticidas estudados. Em relação à população S, a porcentagem de adultos emergidos se mostrou heterogênea em relação aos inseticidas utilizados no estudo. A maior emergência para a população S foi observada com o inseticida fenpropratrina com aproximadamente 85% de emergência, diferindo dos demais inseticidas. Os inseticidas esfenvalato, deltametrina, permetrina produziram emergências intermediárias, com médias variando de 36,7 a 43% (Figura 4).

Figura 4 – Emergência de adultos (médias +EP) de *Eriopis connexa* resistente (R) e suscetível (S) após contato com resíduo seco dos respectivos inseticidas na maior dosagem recomendada pelo fabricante para o controle de pragas do algodoeiro. Nota: Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre os inseticidas para população R e maiúscula para população S pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade. *Indica diferença significativa entre a população R e S pelo teste t a 5% de probabilidade.



Fonte: Autor, 2013.

3.4 DISCUSSÃO

A resistência de inimigos naturais a inseticidas é pouco difundida e este estudo demonstra a capacidade de uma população da joaninha *E. connexa* resistente à lambda-cialotrina de sobreviver em plantas de algodão tratadas com este piretroide, e iniciar a produção de ovos após recuperar do efeito *knockdown* do inseticida. Em especial, considerando que a lambda-cialotrina é extensivamente utilizada para o controle de pragas desfolhadoras em algodoeiro e outras culturas (GILBERT; GILL, 2010; AGROFIT, 2013). De modo geral, joaninhas predadoras são consideradas suscetíveis a

inseticidas piretroides (GUSMÃO et al., 2000; LEITE et al., 2010; SCARPELLINI; ANDRADE, 2010; RODRIGUES, 2012), a exemplo de outros inimigos naturais que são mais suscetíveis ao contato com inseticida que as próprias pragas-alvo (CROFT, 1990). Desta forma, estes resultados são de grande importância para o manejo integrado de pragas porque inseticidas piretroides e as joaninhas predadoras, como *E. connexa*, possuem alvos diferentes nos agroecossistemas. Usualmente, os piretroides são eficazes contra desfolhadores, mas pouco eficazes contra pulgões, ácaros, psílídeos, cochonilhas, que são presas de joaninhas. Assim, a expansão do conhecimento da resistência à lambda-cialotrina que, simultaneamente, demonstrou baixa suscetibilidade a outros inseticidas piretroides como caracterizado para larvas e adultos desta espécie (Tabela 3), é de fundamental importância para uma verdadeira integração controle químico e biológico (TORRES, 2012).

A preservação de inimigos naturais nos agroecossistemas é uma tática fundamental para o Manejo Integrado de Pragas. As joaninhas adultas possuem grande mobilidade entre plantas e agroecossistemas, tornando-se expostas a diferentes inseticidas em diferentes agroecossistemas. Consequentemente, são submetidas aos resíduos tóxicos dos inseticidas sobre as plantas, bem como se alimentam de presas contaminadas. Desta maneira, aqueles inseticidas com menor toxicidade tanto para larvas quanto para adultos devem ser priorizados no caso da necessidade de pulverização. Assim, com os resultados obtidos neste estudo, tanto a população R quanto a população S de *E. connexa* estudadas são pouco afetadas pelo resíduo seco de fenpropatrina (Tabela 3). No entanto, o resultado mais interessante refere-se à população resistente de *E. connexa* à lambda-cialotrina, que também respondeu com baixa mortalidade aos piretroides testados com a exceção da bifentrina.

Neste estudo, a população R de *E. connexa* apresentou aproximadamente 58,9% de sobrevivência após 12 dias de confinadas sobre plantas pulverizadas com a lambda-cialotrina. No entanto, é clara a menor produção de ovos por fêmeas da população R em plantas pulverizadas em relação às fêmeas R e S confinadas em plantas não pulverizadas. Contudo, após o sexto dia de confinamento pode ser observado um gradual aumento na produção de ovos também da população R confinadas em plantas pulverizadas. Em relação a este fato, podemos mencionar que existe um impacto inicial do inseticida por ocasionar *knockdown* nos adultos e exigir sua recuperação. A recuperação do *knockdown* em *E. connexa* resistente envolve a destoxificação enzimática do inseticida (RODRIGUES, 2012) e, consequentemente gasto metabólico

para produção destas enzimas (HARDSTONE; LAZZARO; SCOTT, 2009). Assim, somente após a destoxificação, o metabolismo poderia estar novamente voltado à reprodução (MIKHAILOV; TORRADO, 2000), uma vez que esterases são enzimas que desempenham diversas atividades metabólicas para a destoxificação de inseticidas, mas também estão envolvidas na regulação da reprodução (MIKHAILOV; TORRADO, 2000).

A mortalidade foi diferenciada entre larvas e adultos de *E. connexa* para a maioria dos inseticidas no teste de exposição a resíduo seco dos inseticidas. Uma possível explicação para este resultado pode estar relacionada ao comportamento. Quando as larvas de *E. connexa* entram em contato com a superfície tratadas nos discos de folhas, estas caminham com o abdome erguido, tentando provavelmente minimizar o contato com o inseticida. Em razão deste comportamento, as larvas poderão ter uma menor taxa penetração cuticular do inseticida. Sabe-se que a taxa de penetração cuticular pode influenciar o grau de suscetibilidade de um organismo a um determinado produto (BROOKS, 1976). Da mesma forma, a penetração do inseticida pode influenciar a resistência, por promover uma melhor atuação da destoxificação metabólica (ABD-ELGHAFAR; ABO-ELGUAR; KNOWLES, 1994; AHMAD et al., 2006). Outra explicação seria que larvas de *E. connexa* podem também apresentar um metabolismo favorável a destoxificação do inseticida, o que precisa ser melhor investigado, visto que a sobrevivência de larvas será parte fundamental para a manutenção da população resistente nos agroecossistemas.

A resposta diferenciada encontrada para larvas e adultos e, também, entre os inseticidas piretroides pode estar relacionado à sua composição. Inseticidas piretroides são ésteres formados pela associação de um álcool e ácido meiótico (ELLIOTT; JANES, 1978), sendo diferenciados pela ausência (piretroide tipo I) ou presença (piretroide tipo II) de um grupo ciano na molécula (KHAMBAY; JEWESS, 2010). Piretroides dos tipos I e II foram utilizados neste estudo para avaliar a mortalidade de larvas e adultos de *E. connexa*, apresentando resultados distintos. Apesar dos piretroides tipo I serem considerados menos tóxicos por não haver um grupo ciano em sua composição (GILBERT; GILL, 2010), a permetrina e bifentrina causaram maior mortalidade de indivíduos de ambas as populações. Já os piretroides tipo II variaram em razão da molécula utilizada. Na maioria dos casos, a estereoquímica da molécula atua determinando as relações de estrutura-atividade, em detrimento às propriedades eletrônicas dos piretroides (SATTELLE; YAMAMOTO, 1988). Desta forma, a

presença de diferentes isômeros do piretroide ou conformação espacial da molécula pode influenciar o efeito tóxico do inseticida e, conseqüentemente, a mortalidade de *E. connexa*.

O inseticida fenpropatrina foi considerado seletivo para larvas e adultos de ambas as populações S e R de *E. connexa*. A razão da seletividade de piretroides, como a fenpropatrina, em especial para a população S ainda não é conhecida. Das prováveis explicações para este resultado temos: a diferença na aquisição do inseticida em função da reduzida penetração do produto através da cutícula do inseto; e o envolvimento de enzimas destoxificativas que não estão relacionadas à clivagem do éster, tais como glutathione-S-transferase (GSTs) e de oxidases de função mista (MFOs). Isto porque a penetração do produto pode variar em função de propriedades físico-químicas específicas da molécula do inseticida, bem como da composição da cutícula do inseto (BROOKS, 1976). Além disso, a fenpropatrina apresenta grupos metil formando a molécula do inseticida. Estes grupamentos podem ser alvo da conjugação ou de processos oxidativos, mediados pelas enzimas GSTs e MFOs, respectivamente. Ao estudar a atividade metabólica utilizando substratos modelos, Rodrigues (2012) não observou diferença significativa na atividade enzimática de GST e MFO entre as populações R e S de *E. connexa* utilizadas no presente estudo. Assim, caso as populações de *E. connexa* utilizem destas enzimas para degradar o inseticida fenpropatrina, seria esperado a similaridade de mortalidade entre as duas populações S e R.

Independente do inseticida piretroide testado foi observada menor mortalidade de *E. connexa* resistente à lambda-cialotrina. Este resultado é de suma importância, uma vez que outros produtos, além da lambda-cialotrina podem ser utilizados em outros agroecossistemas que não o algodoeiro, atuando sobre diferentes pragas alvo de controle. Apesar do surgimento de alguns casos de inimigos naturais resistentes a inseticidas, ainda são poucas as perspectivas do uso destes inimigos no manejo integrado de pragas. Em especial, na maioria dos agroecossistemas ocorre um complexo de pragas exigindo a utilização de diferentes inseticidas. Assim, a resistência a inseticidas de ampla utilização e, se possível, resistência a múltiplos inseticidas poderá ser uma opção a ser explorada.

3.5 CONCLUSÕES

Larvas e adultos de *E. connexa* resistente à lambda-cialotrina sobrevivem em plantas pulverizadas com este inseticida. Também, os adultos reproduzem após a recuperação do efeito *knockdown* da exposição a este inseticida.

O inseticida fenpropatrina não ocasiona mortalidade em contato com resíduo seco do produto para larvas e adultos de *E. connexa*.

O inseticida metidationa é altamente tóxico para *E. connexa*.

Larvas e adultos da população resistente de *E. connexa* respondem com baixa mortalidade a exposição por resíduo seco de vários piretroides.

Larvas de quarto ínstar de *E. connexa* da população resistente à lambda-cialotrina expostas via resíduo seco de inseticidas piretroides apresentam emergência de adultos acima de 50%, exceto quando utilizadas a bifentrina e permetrina.

3.6 CONCLUSÕES GERAIS

A seleção para resistência em fêmeas da joaninha *E. connexa* impõem custo adaptativo, apresentando redução na fecundidade e longevidade, no entanto as larvas e adultos da população resistente de *E. connexa* exibiu elevada sobrevivência, quando exposta a plantas pulverizadas com lambda-cialotrina. A resistência da joaninha *E. connexa* ao piretroide lambda-cialotrina também confere resistência a outros piretroides, portanto sugerindo que esta população apresenta qualidades favoráveis ao sucesso do controle biológico em consórcio ao controle químico, que poderá contribuir para o manejo integrado de pragas.

3.7 REFERÊNCIAS

- ABD-ELGHAFAR, S.F.; ABO-ELGHAR, G.E.; KNOWLES, C.O. Fenvalerate penetration, metabolism, and excretion in pyrethroid-susceptible and resistant *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.87, p. 872-878, 1994.
- AGROFIT. Disponível em: <<http://www.agrofit.com.br>> Acesso em janeiro. 2013.
- AHMAD, M.; ARIF, M. I.; SAYYED, M.R.A. Toxicity of Some Commonly Used Insecticides Against *Coccinella undecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). **Pakistan Journal of Zoology**, Punjab, v.31, p. 43-46, 2011.
- AHMAD, M.; DENHOLM, I; BROMILOW, R.H. Delayed cuticular penetration and enhanced metabolism of deltamethrin in pyrethroid-resistant strains of *Helicoverpa armigera* from China and Pakistan. **Pest Management Science**, Sussex, v.62, p. 805-810, 2006.
- ARAÚJO-SIQUEIRA, M.; ALMEIDA L.M. Estudos das espécies brasileiras de *Cycloneda Crotch* (Coleoptera, Coccinellidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v.23, p. 550-568, 2006.
- ARNAUD, L.; BROSTAUX, Y.; LK ASSIE, L.K.; GASPARD, C.; HAUBRUGE, E. Increased fecundity of malathion-specific resistant beetles in absence of insecticide pressure. **Heredity**, London, v.89, p. 425-429, 2002.
- BASTOS, C.S.; TORRES, J.B. **Controle biológico e o manejo integrado de pragas do algodoeiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006, 63p. (Circular Técnica no. 72).

- BAUERNFEIND, R.J.; CHAPMAN, R.K. Nonstable parathion and endosulfan resistance in green peach aphids (Homoptera: Aphididae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.78, p. 516-522, 1985.
- BERTICAT, C.; BOQUIEN, G.; RAYMOND, M.; CHEVILLON, C. Insecticide resistance genes induce a mating competition cost in *Culex pipiens* mosquitoes. - **Genetics Research**, Cambridge, v.79, p. 41-47, 2002.
- BIANTAO, J.; LIU, Y.; ZHU, Y.C.; LIU, X.; GAO, C.; SHEN, J. Inheritance, fitness cost and mechanism of resistance to tebufenozide in *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest Management Science**, Sussex, v.65, p. 996-1002, 2009.
- BROOKS, G.T. Penetration and distribution of insecticides, p. 3-58. In WILKINSON, C.F. (ed.), **Insecticide biochemistry and physiology**. New York, Plenum Press, 1976.p. 768.
- CAMPOS, R. A.; GRAVENA, S.; BERTOZO, R.; BARBIERI, J. Artrópodos predadores na cultura algodoeira e comparação de métodos de amostragem. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Piracicaba, v.15, p. 5-20, 1986.
- CARDOSO, J.T.; LAZZARI, S.M.N. Comparative biology of *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) and *Hippodamia convergens* (Guerin-Meneville, 1842) (Coleoptera, Coccinellidae) focusing on the control of *Cinara* spp. (Hemiptera, Aphididae). **Revista Brasileira de Entomologia**, Curitiba, v.47, p.443-446, 2003.
- CARRIÈRE, Y.; DELAND, J.P.; ROFF, D.A.; VINCENT, C. Life-history costs associated with the evolution of insecticide resistance. **Proceedings of the Royal Society B**, London, v. 258, p. 35-40, 1994.
- CASIDA, J.E. Pyrethrum flowers and pyrethroid insecticides. **Environmental Health Perspectives**. Philadelphia, v.34, p. 189-202, 1980.
- CASIDA, J.E.; QUISTAD, G.B. Golden age of insecticide research: past, present, or future? **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.43, p. 1-16. 1998.
- CORRÊA, A. S.; TOLLEDO, J.; PEREIRA, E.J.G.; GUEDES, R.N.C. Bidirectional selection for body mass and correlated response of pyrethroid resistance and fitness in *Sitophilus zeamais* . **Journal of Applied Entomology**, Hamburg, v.135, p. 285-292, 2011.
- COSTA LIMA, A.M. Família Coccinellidae. In COSTA LIMA, A.M. **Insetos do Brasil. Rio de Janeiro: Escola nacional de agronomia**, 8ª Tomo, Cap. 77. Coleópteros, 2ª parte, 1953. P. 283-303. (Série Didática nº 10).
- COUSTAU, C.; CHEVILLON, C.; FFRENCH-CONSTANT, R. Resistance to xenobiotics and parasites: can we count the cost? **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v.15, p. 378-383, 2000.

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

CROFT, B.A.; MORSE, J.G. Recent advances in natural enemy-pesticide research. **Entomophaga**, Paris, v.24, p. 3-11, 1979.

CROFT, B.A.; VAN DE BAAN, H.E. Ecological and genetic factors influencing evolution of pesticide resistance in tetranychid and phytoseiid mites. **Experimental and Applied Acarology**, Amsterdam, v.4, p. 277-300, 1988.

CROW, J.F. Genetics of insecticide resistance to chemicals. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.2, p. 227-246, 1957.

DEGRANDE, P.E.; REIS, P.R.; CARVALHO, G.A.; BELARMINO, L.C. Metodologia para avaliar o impacto de pesticidas sobre inimigos naturais, p. 75-81 In: PARRA, J.R.P.; BOTELHO, P.S.; CORRÊA-FERREIRA, B.S.; BENTO, J.M.S. (Eds.). **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo, Manole, 2002, p. 635.

DENHOLM I.; DEVINE, G.J.; WILLIAMSON, M.S. Evolutionary genetics - Insecticide resistance on the move. **Science**, Washington, v.297, p. 2222-2223, 2002.

DIAMANTINO, E.P. **Seletividade de inseticidas em favor dos inimigos naturais na cultura do algodoeiro no Sudeste da Bahia**. 2011.105p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudeste da Bahia. Vitória da Conquista.

DIXON, A. F. G. 2000. **Insect Predator-prey Dynamics Ladybird Beetles and Biological Control**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 257p.

DOBZHANSKY, T. **Genetics and the origin of species**. 3rd ed. New York: Columbia University Press, 1951. 364p.

DONG, K. Insect sodium channels and insecticide resistance. **Invertebrate Neuroscience**, Coverage, v.7, p. 17-30, 2007.

DUTCHER, J.M. Review of resurgence and replacement causing pest outbreaks in IPM, p. 27-43. In CIANCIO, A.; MUKERJI, K.G. (eds.), **General concepts in integrated pest and disease management**. Dordrecht, Springer, 2007, 360p.

ELLIOTT, M. Properties and application of pyrethroids. **Environmental Health Perspectives**, Washington, v.14, p. 3-13, 1976.

ELLIOTT, M.; JANES N.F. Synthetic pyrethroids – a new class of insecticide. **Chemical Society Reviews**, New York, v.7, p. 473-505, 1978.

FANG, C.; OKUYAMA, T.; WU, W.; FENG, H; HSU, J. Fitness Costs of an Insecticide Resistance and their Population Dynamical Consequences in the Oriental Fruit Fly. **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, 104.v, p. 2039-2045, 2001.

FENG, Y.T.; WU, Q.J.; XU, B.Y.; WANG, S.L.; CHANG, X.L.; XIE, W.; ZHANG, Y.J. Fitness costs and morphological change of laboratory-selected thiamethoxam resistance in the B-type *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Journal of Applied Entomology**, Hamburg, v.133, p. 466–472, 2009.

FERREIRA, E.S.; RODRIGUES, A.R.S.; SILVA-TORRES, C.S.A.; TORRES, J.B. **Life-history costs associated with resistance to lambda-cyhalothrin in the predatory ladybird beetle *Eriopis connexa***. *Agricultural and Forest Entomology*. Oxford. 2013. Disponível em: <[http:// 10.1111/j.1461-9563.2012.00599.x1-10](http://10.1111/j.1461-9563.2012.00599.x1-10)>. Acesso em: 12 de Janeiro de 2013.

FERREIRA, E.S.; RODRIGUES, A.R.S.; SILVA-TORRES, C.S.A.; TORRES, J.B. Life-history costs associated with resistance to lambda-cyhalothrin in the predatory ladybird beetle *Eriopis connexa*. **Agricultural and Forest Entomology**. Oxford. 2013. Disponível em: <[http:// 10.1111/j.1461-9563.2012.00599.x1-10](http://10.1111/j.1461-9563.2012.00599.x1-10)>. Acesso em: 12 de Janeiro de 2013.

FEYEREISEN, R. Insect P450 enzymes. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.44, p. 507-533, 1999.

FONSECA, P.R.B.; NOGUEIRA, R.F.; LOPES, J.; FERNANDES, M.G.; DEGRANDES, E. Impacto de aplicação de lambda-cialotrina sobre inimigos naturais de pragas de algodoeiro e período de recolonização de predadores. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, p. 409-412, 2007.

FOSTER, S.P.; DENHOLM, I.; THOMPSON, R.; POPPY, G.M.; POWELL, W. Reduced response of insecticide-resistant aphids and attraction of parasitoids to aphid alarm pheromone; a potential fitness trade-off. **Bulletin of Entomological Research**, Farnham Royal, v. 95, p. 37-46, 2005.

GASSEN, D.N. **Parasitas, patógenos e predadores e insetos associados à cultura do trigo**. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 1986. P. 186p. Circular Técnica.

GAZAVE, E.; CHEVILLON, C.; LENORMAND, T.; MARQUINE, M.; RAYMOND, M. Dissecting the cost of insecticide resistance genes during the overwintering period of mosquito *Culex pipiens*. **Heredity**, Amsterdam v.87, p. 441-448, 2001.

GEORGHIOU, G.P. The evolution of resistance to pesticides. **Annual Review of Ecology and Systematics**, California, v.3, p. 133-68, 1972.

GEORGHIOU, G.P.; TAYLOR, C.E. Factors influencing the evolution of resistance, p. 157-169. In National Research Council (ed.), **Pesticide resistance: strategies and tactics for management**. Washington D.C., National Academy Press, 1986, 489p.

GEORGHIOU, G.P.; TAYLOR, C.E. Operational influences in the evolution of insecticide resistance. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.70, p. 653-658, 1977.

GILBERT, L.I.; GILL, S.S. **Insect control**. London: Academic, 2010. Cap 01.p. 01-02.

- GILBERT, N. Control of fecundity in *Pieris rapae* the problem. **Journal of Animal Ecology**, London, v.53, p. 581-588, 1984.
- GOULD, F. Sustainability of transgenic insecticidal cultivars: integrating pest genetics and ecology. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.43, p. 701-726, 1998.
- GRAVENA, S. **Manual Prático de manejo ecológico de pragas dos citros**. Jaboticabal, Gravena Ltda, 2000. p. 372.
- GRAVES, J.B.; MOHAMAD, R.B.; CLOWER, D.F. Beneficial insects also developing “resistance”. **Louisiana Agricultural**. Luisiana, v.22, p. 10-11, 1978.
- GREATHEAD, D.J. Natural enemies in combination with pesticides for integrated pest management. In: Reuveni, R. (Ed.), **Novel Approaches to Integrated Pest Management**. Lewis Publishers, Boca Raton, FL, pp. 1995, p. 183–197.
- GUEDES, R.N.C.; OLIVEIRA, E.E.; GUEDES, N.M.P.; RIBEIRO, B.; SERRAO, J.E. Cost and mitigation of insecticide resistance in the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. *Physiological Entomology*, Oxford, v.31, p. 30–38, 2006.
- GUSMÃO, M.R.; PINANÇO, M.; LEITE, G. L. D.; MOURA, M. F.; Seletividade de inseticidas a predadores de pulgões. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista v.18, p. 130-133, 2000.
- HARDIN, M.R.; BENREY B.; COLL, M.; LAMP W.O.; RODERICK, G.K.; BARBOSA, P. Arthropod pest resurgence: an overview of potential mechanisms. **Crop Protection**, Guildford, v.14, p. 3-18, 1995.
- HARDSTONE, M.C.; LAZZARO, B.P.; SCOTT, J.G. The effect of three environmental conditions on the fitness of cytochrome P450 monooxygenase-mediated permethrin resistance in *Culex pipiens quinquefasciatus*. **BMC Evolutionary Biology**, London, v.2, p. 9- 42, 2009.
- HEAD, R.; NEEL, W.W.; SARTOR, C.R.; CHAMBERS, H. Methyl parathion and carbaryl resistance in *Chrysomela scripta* and *Coleomegilla maculata*. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, Florida, v.17, p. 163-164, 1977.
- HODEK, I.; HONĚK, A. Scale insects, mealybugs, whiteflies and psyllids (Hemiptera, Sternorrhyncha) as prey of ladybirds. **Biological Control**, Orlando, v.51, p. 232-243, 2009.
- HONEK, A.; DIXON, A.F.G.; MARTINKOVA, Z. Body size, reproductive allocation, and maximum reproductive rate of two species of aphidophagous Coccinellidae exploiting the same resource. **Entomologia Experimentalis Applicata**, Dordrecht, v.127, p. 1-9, 2008.
- HOY, M.A. Pesticide resistance in arthropod natural enemies: variability and selection, p. 203-236. In ROUSH, R.T.; TABASHNIKE, B. (eds.), **Pesticide resistance in arthropods**. New York, Chapman & Hall, 1990. 303p.

IRAC (**Comitê Brasileiro de Ação a Resistência a Inseticidas**) Disponível em: <<http://www.irac-br.gov.br>> Acesso em fev. 2012.

JEYANTHI, H.; KOMBAIRAJU, S. Pesticide use in vegetable crops: frequency, intensity and determinant factors. **Agricultural and Resource Economics Review**, México, v.18, p. 209-221, 2005.

JOHNSON, M.W.; TABASHNIK, B.E. Enhanced biological control through pesticide selectivity, p. 297-317. In Bellows, T.S. & T.W. Fisher (eds.), **Handbook of biological control**. San Diego, Academic Press, 1999.1046p.

KHAMBAY, B.P.S.; JEWESS P.J. Pyrethroids, p. 1-34. In. GILBERT, L.I; GILL S.S. (eds.), **Insect control**. London, Academic Press, 2010. 470p.

KOGAN, M. Integrated Pest Management: Historical Perspectives and Contemporary Developments. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.43, p. 243–70, 1998.

KONOPKA, J.K.; SCOTT, I.M.; MCNEIL, J.N. Costs of Insecticide Resistance in *Cydiapomonella* (Lepidoptera: Tortricidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.105, p. 872-877, 2012.

KUMRAL, N.A.; GENCER, N.S.; SUSURLUK, H.; YALCIN, C. A comparative evaluation of the susceptibility to insecticides and detoxifying enzyme activities in *Stethorus gilvifrons* (coleoptera: coccinellidae) and *Panonychus ulmi* (Acarina: Tetranychidae). **International Journal of Acarology**, West Bloomfield, v.37, p. 255–268, 2011.

LEITE, M.L.S.; CARVALHO, G.A.; MAIA, J.B.; MAKIYAMA, L.; VILELA, M. Ação residual de inseticidas para larvas e adultos do predador *Cycloneda sanguinea* Linnaeus, 1763 (Coleoptera: Coccinellidae). **Arquivos do. Instituto Biológico**, Campinas, v.77, p. 275-282, 2010.

MAIA, A. H.N.; LUIZ, A.J.B.; CAMPANHOLA, C. Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique: computational aspects. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.95, p. 511-518, 2000.

METCALF, R.L. 1955. Physiological basis for insect resistance to insecticides. **Physiological Reviews**. Oxford, v.35, p. 197-232.

MIKHAILOV, A.T.; TORRADO, M. Carboxylesterases moonlight in the reproductive tract: a functional shift pivotal for male fertility. **Frontiers in Bioscience**, Siamak Tabibzadeh. v.5, p. 53-62, 2000.

MITCHELL, R. Insect behavior, resource exploitation, and fitness. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.26, p. 373-96, 1981.

MULLIN, C.A.; CROFT, B.A. An update on development of selective pesticides favoring arthropod natural enemies. p. 123-150. In HOY, M.A.; HERZOG, D.C. (eds.), **Biological control in agricultural IPM systems**. Orlando, Academic Press, 1985. 589p.

OBRYCKI, J.J.; KRING, T.J. Predaceous Coccinellidae in biological control. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.43, p. 295-321, 1998.

OLIVEIRA, E.E.; GUEDES, R.N.C.; TOTOLA, M.R.; DE MARCO, P. Competition between insecticide-susceptible and – resistant populations of the maize weevil, *Sitophilus zeamais*. **Chemosphere**, Stuttgart, v.69, p. 17-24, 2007.

OLIVEIRA, E.E.; GUEDES, R.N.C.; CORREA, A.S.; DAMASCENO, B.L.; SANTOS, C.T. Resistência vs susceptibilidade a piretroides em *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae): Há vencedor? **Neotropical Entomology**, Londrina, v.34, p. 981–990, 2005.

PARAKRAMA KARUNARATNE, S.H.P. Insecticide resistance in insects: A Review. **Ceylon Journal of Science (Biological Science)**, Perdeniya, v.25, p. 72-99, 1998.

PATHAN, A.K.; SAYYED, A.H.; ASLAM, M.; LIU, T.X.; RAZZAQ, M.; GILLANI, W.A. Resistance to pyrethroids and organophosphates increased fitness and predation potential of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham v.103, p. 823-834, 2010.

PATHAN, A.K.; SAYYED, A.H.; ASLAM, M.; RAZAQ, M.; JILANI, G.; SALEEM, M.A. Evidence of field-evolved resistance to organophosphates and pyrethroids in *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.101, p. 1676-1684, 2008.

PLAPP, F.W.; BULL, D.L. Toxicity and selectivity of some insecticides to *Chrysopa carnea*, a predator of the tobacco budworm. **Environmental Entomology**, College Park v.7, p. 431-434, 1978.

POLETTI, M.; OMOTO, C. Resistência de inimigos naturais a pesticidas: Exploração de inimigos naturais a pesticidas em programas de manejo integrado de pragas. **Biotecnologia Ciências & Desenvolvimento**. Brasília, v.6, p. 16-26, 2003.

RAO, C.N; SHIVANKAR, V.J; SINGH, S. Secondary Pest Resurgence. p 597–601 in: SHIVANKAR, V.J.; SINGHS, S.; RAO, C.N. **Encyclopedia of Pest Management**, Volume II. CRC Press, 2007.p. 784.

RICHETTI, A.; MELO FILHO, G.A.; LAMAS, F.M.; STAUT, L.A.; FABRÍCIO, A.C. **Estimativa do custo de produção de algodão, safra 2004/05, para Mato Grosso do Sul e Mato Grosso**. Dourados, Embrapa Pecuária Oeste, 2004. 4p. (Comunicado técnico 91).

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

RODRIGUES, A.R.S. **Caracterização da resistência de joaninhas predadoras ao lambda-cialotrina**. 2012. 177p. Tese (Doutorado em Entomologia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

- RODRIGUES, A.R.S.; RUBERSON, J.R.; TORRES, J.B.; SIQUEIRA, H.A.A.; SCOTT, J.G. Pyrethroid Resistance and Its Inheritance in a Field Population of *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville) (Coleoptera: Coccinellidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**. San Diego, v.105, p. 135-2143, 2013a.
- RODRIGUES, A.R.S.; TORRES, J.B.; SIQUEIRA, H.A.A.; LACERDA, D.P.A. Inheritance of lambda-cyhalothrin resistance in the predator lady beetle *Eriopis connexa*(Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). **Biological Control**. Orlando, v.64, p. 217-224, 2013b.
- ROUSH, R.T.; MCKENZIE, J.A. Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.32, p. 361-380, 1987.
- RUBERSON, J.R.; ROBERTS, P.; MICHAUD, J.P. Pyrethroid resistance in Georgia populations of the predator *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). **Proceedings of Beltwide Cotton Conference**, New Orleans, v.1, 361-365, 2007.
- SARMENTO, R.A.; PALLINI, A.; VENZON, M.; SOUZA, O.F.F.; MOLINA-RUGAMA, A.J.; OLIVEIRA, C.L. Functional response of the predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) to different prey types. **Brazilian Archives of Biology and Technolog**, Curitiba, v.50, p. 121-126, 2007.
- SAS INSTITUTE. SAS User`s guide: statistic version 9 for Windows. Cary, NC, USA, SAS Institute Co, 2002.
- SATTELLE, D.B.; YAMAMOTO D. Molecular targets of pyrethroid insecticides. **Journal of Insect Physiology**, Oxford v.20, p. 147-213, 1988.
- SAYYED, A.H.; PATHAN, A.K.; FAHEEM, U. Cross-resistance, genetics and stability of resistance to deltamethrin in a population of *Chrysoperla carnea* from Multan, Pakistan. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v.98, p. 325-332, 2010.
- SCARPELLINI, J.R.; ANDRADE de D.J. Avaliação do efeito de inseticidas sobre a joaninha *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville (Coleoptera: Coccinellidae) em algodoeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, Campinas, v.77, p. 323-330, 2010.
- SILVA, F. A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, p71-78, 2002.
- SODERLUND, D.M.; CASIDA, J.E. 1977. Effects of pyrethroid structure on rates of hydrolysis and oxidation by mouse-liver microsomal-enzymes. **Pesticide Biochemistry and Physiolog**, San Diego, v.7, p. 391-401.2002.
- SPINDOLA, A. F.; SILVA-TORRES, C.S.A.; RODRIGUES, A.R.S.; TORRES, J.B. Survival and behavioural responses of the predatory ladybird beetle, *Eriopis connexa* populations susceptible and resistant to a pyrethroid insecticide. **Bulletin of Entomological Research**, London, 2013 Disponível em: <<http://10.1017/S0007485313000072>, 2013. Acesso em: 22 de Fevereiro de 2013.

SPOLLEN, K.M.; HOY, M.A. Genetic improvement of an arthropod natural enemy: relative fitness of a carbaryl-resistant strain of the California red scale parasite *Aphytis melinus* DeBach. **Biological Control**. Orlando, v. 2, p. 87-94, 1992.

TABASHNIK, B.E.; JOHNSON, M.W. Evolution of pesticide resistance in natural enemies, p. 673-689. In BELLOWS, T.S.; FISHER, T.W. (eds.), **Handbook of biological control**, San Diego, Academic Press, 1999, 1046p.

TABELI, K.; KAVOUSHI, A.; SABAHI, A. Impacts of Pesticides on Arthropod **Biological. Pest Technology**, Richfield, v.2, p. 87-97, 2008.

THEILING, K.M.; CROFT, B.A. Pesticide side-effects on arthropod natural enemies: A database summary. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam. v.21, p. 191-218, 1988.

TORRES, J.B. Insecticide resistance in natural enemies - seeking for integration of chemical and biological controls. **Biofertilizers & Biopesticides**.3:e104, 2012.

TORRES, J.B.; BASTOS, C.S.; PRATISSOLI, D. Controle biológico de pragas com uso de insetos predadores. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.30, p. 17-32, 2009.

TORRES, J.B.; RUBERSON, J.R. Lady beetle shift in Bt and non-Bt cotton In: Beltwide Cotton Conference, 2005, New Orleans. **Proceedings of Beltwide Cotton Conferences. Memphis: National Cotton Council of America**, 2005. 27p.

WALKER, C.H.; MACKENESS, M.I. Esterases: problems of identification and classification. **Biochemical Pharmacology**, Kansas, v.32, p. 3265-3269, 1983.

WHALON, M.E.; D. MOTA-SANCHEZ, D.; HOLLINGWORTH, R.M. Analysis of global pesticide resistance in arthropods, p. 5-31 WHALON. M.E.; MOTA-SANCHEZ, D.; HOLLINGWORTH, R.M. (eds.), **Global pesticide resistance in arthropods**. Cambridge, CAB International, 2008, 208p.

WHO. **Expert committee on insecticides: seventh report**. Geneva, Technical Report Series 125, 1957,31p.

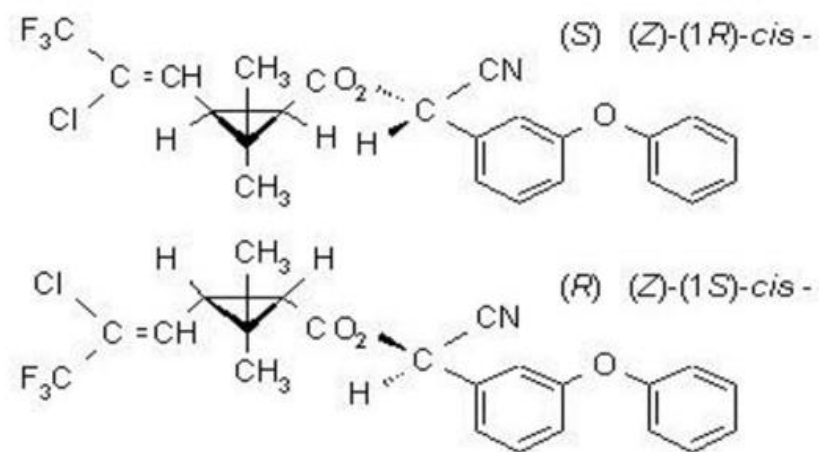
WHO. **Insecticide resistance and vector control**. Geneva, Technical Report Series 191, 1960, 98p.

YAMAMOTO, I. Mode of action of pyrethroids, nicotinoids, and rotenoids. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v.15, p. 257-272, 1970.

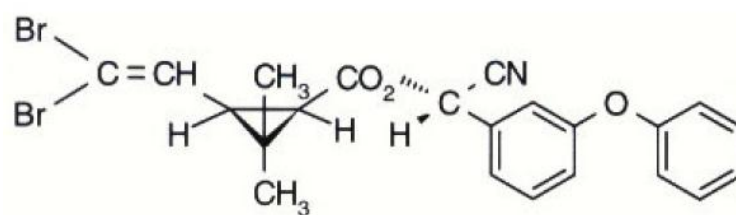
YU, S.J. **The Toxicology and Biochemistry of Insecticides**. CRC Press, 2008. 296p.

ANEXO

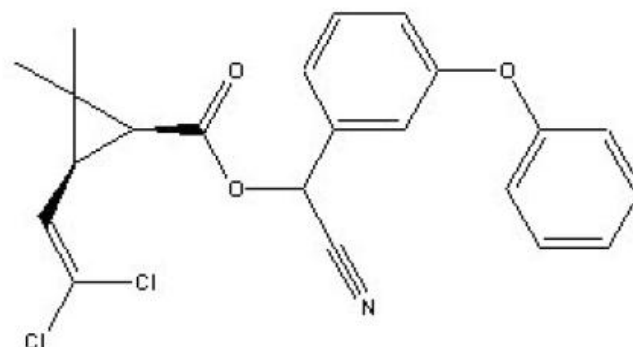
Anexo 1 - Estrutura química da lambda-cialotrina.



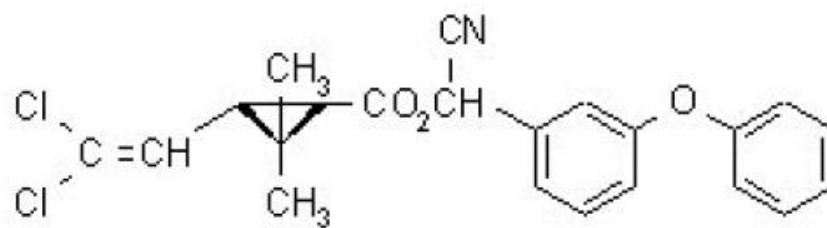
Anexo 2 - Estrutura química da deltametrina.



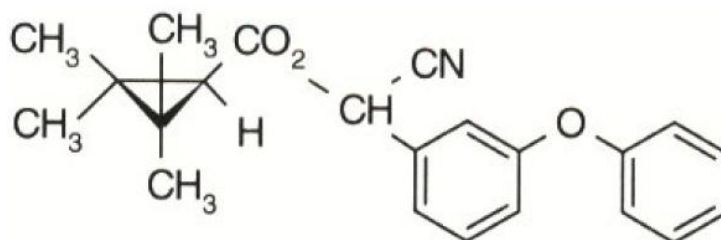
Anexo 3 - Estrutura química da alfa-cipermetrina.



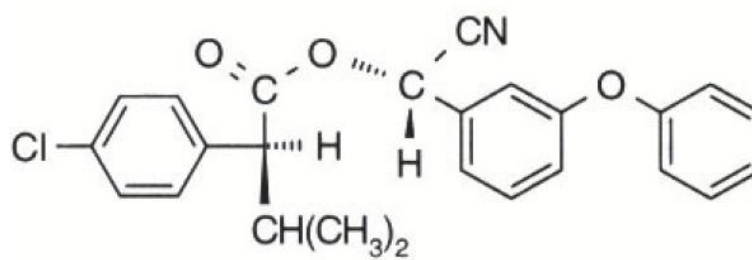
Anexo 4 - Estrutura química da zeta-cipermetrina.



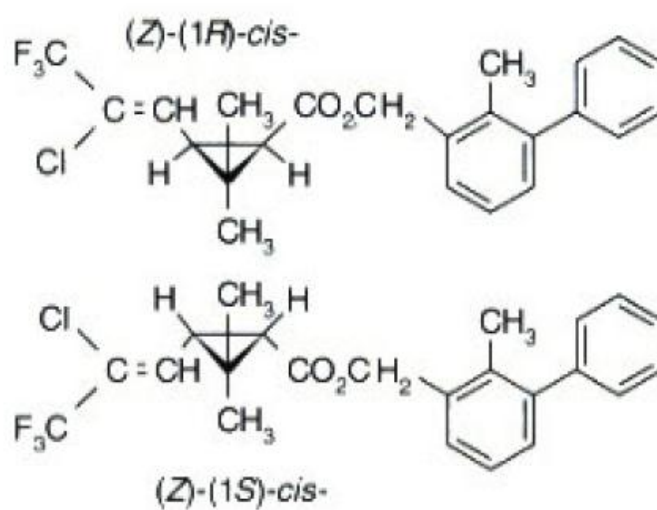
Anexo 5 - Estrutura química da fenpropatrina.



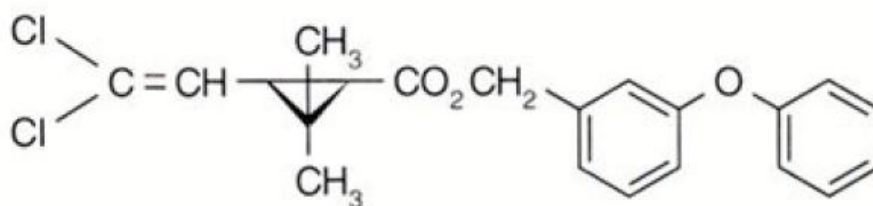
Anexo 6 - Estrutura química da esfenvalato.



Anexo 7 - Estrutura química da bifentrina.



Anexo 8 - Estrutura química da permetrina.



Anexo 9 - Estrutura química da metidationa.

