

FERNANDO WILLIAN NEVES

**FITNESS REPRODUTIVO DE *Euschistus heros* (F.)  
MEDIANTE A EXPOSIÇÕES SUBLETAIS A MISTURAS  
INSETICIDAS CONTENDO THIAMETHOXAM E LAMBDA-  
CIHALOTRINA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2019

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa

T

N518f  
2019

Neves, Fernando Willian, 1983-  
Fitness reprodutivo de *Euschistus heros* (F.) mediante a  
exposições subletais a misturas inseticidas contendo  
thiamethoxam e lambda-cihalotrina / Fernando Willian Neves. –  
Viçosa, MG, 2019.

vii, 22 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Eugênio Eduardo de Oliveira.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f.15-22.

1. Pragas agrícolas. 2. *Euschistus heros*. 3. Hormese.  
4. Entomologia. I. Universidade Federal de Viçosa.  
Departamento de Entomologia. Programa de Pós-Graduação em  
Defesa Sanitária Vegetal. II. Título.

CDD 22. ed. 632.65754

FERNANDO WILLIAN NEVES

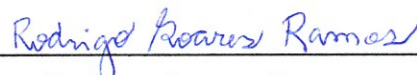
**FITNESS REPRODUTIVO DE *Euschistus heros* (F.)  
MEDIANTE A EXPOSIÇÕES SUBLETAIS A MISTURAS  
INSETICIDAS CONTENDO THIAMETHOXAM E LAMBDA-  
CIHALOTRINA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

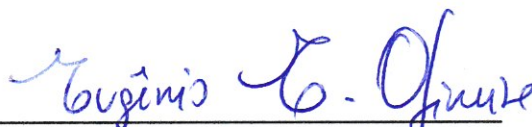
APROVADA: 28 de fevereiro de 2019.



Sabrina Helena da Cruz Araújo



Rodrigo Soares Ramos



Eugênio Eduardo de Oliveira  
(Orientador)

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Entomologia por oferecer o Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal, possibilitando a conciliação dos estudos com a atuação no mercado de trabalho.

À empresa ENTO+, por viabilizar o sonho da realização do mestrado. Ao diretor Mateus Chediak pelo apoio nos estudos, amizade, troca de conhecimento e pela paciência.

Ao meu orientador Eugênio Eduardo de Oliveira pelos conhecimentos compartilhados, orientação, paciência e amizade.

Aos membros da banca pelos conselhos e contribuições para o bom desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Marcelo Picanço Coutinho pelo carisma, dedicação, ensinamentos e atenção dada a mim pelos momentos difíceis por qual passei.

Aos amigos do laboratório de Fisiologia e Neurobiologia de Insetos da UFV, em especial Edmar Tuelher, Higor Rodrigues e Sarah pela dedicação, apoio incondicional, pelo suporte no planejamento e execução dos bioensaios e pelas contribuições na escrita da dissertação.

Aos amigos da turma do mestrado profissional, em especial Roberval, Francisco Saraiva, Filomena, Graziela, Leonardo e Adriano Rank pelos bons momentos vivenciados dentro de sala de aula e pelos saberes compartilhados.

Ao Professor Laércio Zambolim, do Departamento de Fitopatologia por me conceder conhecimento e a oportunidade de desenvolver trabalho junto ao Mapa, no Programa de Produção Integrada de Frutas.

Aos amigos viçosenses que perduraram para o todo sempre, os quais me acolheram com bastante carinho e dedicação em minha passagem por Viçosa.

A toda minha família, em especial à minha namorada Rosemeire Alves da Silva pelo amor, carinho e companhia nos nossos poucos anos de história.

## BIOGRAFIA

FERNANDO WILLIAN NEVES, filho de José Neves Neto e Maria Izabel Funchal Neves, nascido em Osasco-SP no dia 27 de dezembro de 1983. Estudou na Escola Estadual José Jorge, concluindo o segundo grau em dezembro de 2003.

Em 2008 ingressou no curso de agronomia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), onde atuou como estagiário no Departamento de Entomologia Agrícola, no Laboratório de Semioquímicos (janeiro a outubro de 2009), sob supervisão do Prof<sup>o</sup> Eraldo Rodrigues de Lima, o qual desenvolveu trabalho com semioquímicos. Posteriormente atuou no Departamento de Fitopatologia nos laboratórios de Interação Planta-Patógeno e no Laboratório de Controle e Manejo de Doenças (janeiro de 2010 até dezembro de 2013), sob orientação dos professores Fabrício de Ávila Rodrigues e Francisco Xavier Ribeiro do Vale.

Em janeiro de 2012 realizou estágio obrigatório na Usina Açucareira de Guaíra, no Estado de São Paulo, onde atuou nas diversas atividades de campo. Em janeiro de 2013 teve oportunidade de realizar estágio na Irriger, prestando serviço no Oeste de Minas Gerais a grandes produtores de sementes. Graduou-se Engenheiro Agrônomo em março de 2014.

Foi monitor de campo no Grupo Irmãos Franciosi, no Oeste Baiano no ano de 2014 até 2015, quando mudou-se definitivamente para o Estado do Mato Grosso, aonde atuou como Coordenador de Pesquisa na Fitolab (2015) e Professor Universitário na Faculdade Centro Mato Grossense (FACem), no qual lecionou a Disciplina de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas (2015), sediada no município de Sorriso. Posteriormente foi Gerente de Fazenda (2016) na cidade de Gaúcha do Norte-MT, conduzindo lavoura de soja e milho.

Em março de 2016 concluiu o Curso de Especialização em Proteção de Plantas e em janeiro de 2017 ingressou no curso de Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal, ambas na Universidade Federal de Viçosa-UFV.

Atuou como Professor universitário no curso de Agronomia da Faculdade da Amazônia (FAMA), no qual lecionou as disciplinas de Fisiologia

Vegetal e Entomologia Agrícola (2018). Atualmente é Professor de Solos I, Solos II, Fisiologia Vegetal e Irrigação e Drenagem do curso Técnico em Agropecuária - IFMT, Campus Avançado de Sapezal-MT (2019). Também foi professor de Introdução ao Agronegócio, no curso Auxiliar em Agronegócio oferecido pelo IFMT.

Atualmente é Coordenador de Produção e Operações no Grupo Webler, responsável pelo projeto de sustentabilidade ambiental das quatro unidades do grupo, no qual realiza compostagem de todos os resíduos gerados pela agroindústria e produção de produtos biológicos para o controle de insetos pragas das culturas de algodão, soja, milho, feijão, girassol, arroz, pastagens e eucalipto.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	4
2.1 Insetos .....	4
2.2 Condição e delineamento experimental.....	6
2.3 Curva concentração-mortalidade do inseticida Engeo Pleno™ S para <i>Euschistus heros</i> .....	6
2.4 Bioensaio de reprodução .....	7
2.5 Bioensaio de sobrevivência .....	9
2.6 Análises estatísticas.....	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
3.1 Curva concentração-mortalidade do inseticida para <i>E. heros</i> .....	10
3.2 Impacto sobre parâmetros reprodutivos e de sobrevivência de <i>E. heros</i> .....	11
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	15

## RESUMO

NEVES, Fernando Willian, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2019. **Fitness reprodutivo de *Euschistus heros* (F.) mediante a exposições subletais a misturas inseticidas contendo thiamethoxam e lambda-cialotrina.** Orientador: Eugênio Eduardo de Oliveira.

A cultura da soja é atacada por um grande complexo de insetos-pragas, sendo que os percevejos pentatomídeos fitófagos tem assumido importante papel na redução de produtividade, cujo *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) é o principal deles. A ocorrência de elevadas populações destes insetos e a não utilização dos níveis de ação levam frequentemente ao uso indiscriminado de produtos químicos para seu controle. Para a obtenção da curva de concentração-resposta foi utilizado o inseticida Engeo Pleno™ S (Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo, SP, Brasil) que possui em sua composição a mistura dos ingredientes ativos (i.a.) tiametoxam (141,0 g/L) e lambda-cialotrina (106,0 g i.a./L), os quais são pertencentes aos grupos químicos neonicotinoide e piretroide. A exposição subletal a tiametoxam + lambda-cialotrina não afetou diferencialmente a aptidão sexual dos casais de *E. heros*. O tempo médio de sobrevivência (TL<sub>50</sub>) variou significativamente entre os casais de *E. heros*. As curvas de sobrevivência foram significativamente diferentes pelo teste de Log-Rank (P < 0,05; P = 0,036). O tempo médio de sobrevivência (TL<sub>50</sub>) para as fêmeas não expostas foi de 37,9 dias enquanto o TL<sub>50</sub> para as fêmeas expostas ao tiametoxam + lambda-cialotrina foi de 45,5 dias. Para os machos as curvas de sobrevivência também foram significativamente diferentes pelo teste de Log-Rank (P < 0,05; P = 0,009). O tempo médio de sobrevivência (TL<sub>50</sub>) para os machos não expostos foi de 36,3 dias enquanto o TL<sub>50</sub> para os machos expostos a tiametoxam + lambda-cialotrina foi de 46,2 dias. Em ambos os casos ocorreu um fenômeno de hormese, onde a sobrevivência foi estimulada com doses subletais.

## ABSTRACT

NEVES, Fernando Willian, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2019. **Reproductive fitness of *Euschistus heros* (F.) through sublethal exposures to insecticidal mixtures containing thiamethoxam and lambda-cyhalotrina.** Advisor: Eugênio Eduardo de Oliveira.

The soybean crop is attacked by a large insect-pest complex, and phytophagous pentatomid insects have assumed an important role in the reduction of productivity, whose *Euschistus heros* is the main one. The occurrence of high populations of these insects and the non-use of action levels often lead to the indiscriminate use of chemical products for their control. In order to obtain the concentration-response curve, the insecticide Engeo Pleno™ S (Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo, SP, Brazil) was used which contains the active ingredient (a.i.) mixture thiamethoxam (141.0g a.i./L) and lambda-cyhalothrin (106.0g a.i./L), which belong to the neonicotinoid and pyrethroid chemical groups. The sublethal exposure to thiamethoxam + lambda-cyhalothrin did not differentially affect the sexual fitness of the couples of *E. heros*. The mean survival time (LT<sub>50</sub>) varied significantly among the couples of *E. heros*. The survival curves were significantly different by the Log-Rank test ( $P < 0.05$ ;  $P = 0.036$ ). The mean survival time (LT<sub>50</sub>) for the non-exposed females was 37,9 days while the LT<sub>50</sub> for females exposed to thiamethoxam + lambda-cyhalothrin was 45.5 days. For male's survival curves were significantly different by the Log-Rank test ( $P < 0.05$ ;  $P = 0.009$ ). The mean survival time (LT<sub>50</sub>) for the unexposed males was 36.3 days while the LT<sub>50</sub> for males exposed to thiamethoxam + lambda-cyhalothrin was 46.2 days. In both cases a hormesis phenomenon occurred, where survival was stimulated with sublethal doses.

## 1. INTRODUÇÃO

A soja é a principal cultura cultivada no Brasil e, pela sua rentabilidade, tem ocupado lugar de outras culturas de importância econômica. A área de cultivo na safra 2018/19, é de uma contínua tendência de crescimento da área plantada, atingindo 1,7% em relação à safra passada, correspondendo ao plantio de 35,8 milhões de hectares. A produção deverá atingir 118,8 milhões de toneladas, uma redução de 0,4% na produção, ante a safra passada (Conab, 2019). A cultura da soja é atacada por um grande complexo de insetos-pragas, sendo que os percevejos pentatomídeos fitófagos tem assumido importante papel na redução de produtividade, cujo *Euschistus heros* é o principal deles (Hoffman-Campo *et al.*, 2000).

O percevejo-marrom *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) era considerado como um pentatomídeo Neotropical comum na década de 1970. Nos dias atuais, *E. heros*, conhecido como percevejo-marrom-da-soja é considerado a espécie mais difícil de controlar devido à alta pressão de seleção exercida sobre suas populações pelo uso indiscriminado, repetitivo de inseticidas sintéticos do mesmo grupo químico e falhas na aplicação (Silva *et al.*, 2006, Sosa-Gómez & Silva 2010). A partir de 2010, disseminou-se pelo Centro Oeste brasileiro devido às ótimas condições ambientais para o desenvolvimento e reprodução, e atualmente é o inseto-praga mais abundante nos cultivos de commodities do Brasil, tendo como hospedeiros diversas famílias botânicas, como amendoim bravo, carrapicho-de-carneiro, girassol e guandu (Panizzi *et al.*, 1976; Corrêa *et al.*, 1977; Cividanes *et al.*, 1994; Panizzi, 2002; Soria *et al.*, 2010).

Através de um forte aparelho bucal do tipo picador-sugador chamado estilete, com comprimento médio de 5,41 a 5,63 mm em insetos adultos (Panizzi *et al.*, 1992; Hori, 2000; Depieri & Panizzi, 2010), o *E. heros* injeta uma substância chamada amilase, o qual é produzida nas glândulas salivares da maioria dos heteropteros. Convenientemente após a inserção do estilete, poderá ocorrer o surgimento de manchas escuras e áreas de coloração esbranquiçada, os quais são espaços celulares vazios após o ataque. Os

danos dependem do estágio fenológico e da população do inseto-praga em campo.

A princípio, poderá ocorrer abortamento de flores que consecutivamente pode acarretar em não formação de vagens. Os grãos e/ou sementes atacados ficam com tamanho reduzido, chochos e com coloração escura, além de reduzir o potencial germinativo e vigor, no caso de sementes. Outra consequência ocasionada pelo percevejo-marrom é o atraso da maturação fisiológica, o qual poderá dificultar a colheita devido à soja-louca I. (Miner, 1966; Sosa-Gomez & Moscardi, 1995). A transmissão de microrganismos como, por exemplo, a inoculação de fungos pelos pentatomídeos, também pode ocorrer juntamente com os danos diretos causados nas sementes de soja (Panizzi & Slansky 1985).

O uso de inseticidas é indispensável para o aumento da produtividade na agricultura e na agropecuária. Na agricultura, são utilizados no controle de insetos em plantações, culturas especialmente vegetais e em grãos armazenados (Burns et al., 2013). A ocorrência de elevadas populações destes insetos e a não utilização dos níveis de ação levam frequentemente ao uso indiscriminado de produtos químicos para seu controle (Corrêa-Ferreira 2005), o qual vem sendo realizado nas últimas três décadas com inseticidas químicos de amplo espectro de ação (Sosa-Gómez et al., 2009; Panizzi 2013). Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Agrofit, 2019), dos 47 produtos comerciais registrados, existem 24 produtos para o controle de *E. heros* pertencentes aos grupos químicos neonicotinoides e piretroides, além de suas misturas com outros grupos químicos, como organofosforados e carbamatos.

Dentre esses insumos, a classe dos inseticidas neonicotinoides é uma das mais utilizadas no Brasil e no mundo, com registros em mais de 120 países (Goulson, 2013). O inseticida thiamethoxan pertence à classe dos neonicotinoides, subclasse das tianicolinas. Estes foram lançados no mercado através do imidaclopride, que juntamente com o nitempiram e o acetamipride são considerados a primeira geração de neonicotinoides e representam a subclasse das cloronicotinilas. A partir de 1998, com o início da

comercialização do tiametoxan, formou-se a segunda geração dessa classe de compostos, que inclui ainda tiaclopride, clotianidina e dinotefuram (Maienfisch et al., 2001; Nauen et al., 2003). Seu modo de ação é de contato, de ação lenta e com período residual alto (BCPC, 2003). Afeta os receptores nicotínicos de acetilcolina no sistema nervoso central.

Os piretroides sintéticos podem-se dividir em tipo I e tipo II, com base nos sintomas de intoxicação, estrutura química, sinais de envenenamento e ação no sistema nervoso (Casarett e Doull, 2008). Do tipo I fazem parte a aletrina, bioaletrina, resmetrina, bifentrina e a permetrina, enquanto do tipo II são exemplos a fenpropatina,  $\lambda$ -cialotrina, cipermetrina, deltametrina e fenvalerato.

Os piretróides do tipo I parecem agir principalmente nos nervos periféricos causando a Síndrome do Envenenamento tipo I ou “Síndrome T”, caracterizada por induzir, em ratos, tremores por todo corpo, comportamento agressivo, aumento da sensibilidade aos estímulos externos, hiperexcitabilidade, ataxia e convulsões. Em insetos ocorre a interferência no funcionamento dos canais de sódio, no qual ocorre o prolongamento moderado da abertura dos canais resultando na intensidade do efeito, permitindo um fluxo excessivo de íons  $\text{Na}^{++}$  para o interior da célula nervosa (Barlow et al., 2001; Soderlund et al., 2002).

Os piretroides tipo II contêm um grupo ciano (CN) na porção fenoxibenzil (Verschoyle & Aldridge, 1980; Latuszynska et al., 2003; Nasuti et al., 2003), e normalmente são mais potentes (Institute of Medicine, 2003; Robert & Reigart, 2013). Os piretróides tipo II agem preferencialmente no sistema nervoso central induzindo nos insetos o prolongamento da abertura dos canais de sódio, levando à despolarização da membrana e bloqueio do potencial de ação, sem causar disparos repetitivos (Barlow et al., 2001; Soderlund et al., 2002).

O inseticida Lambda-cialotrina é um inseticida piretroide sintético alfa-ciano, cujo modo de ação é por contato com alto período residual. (BCPC, 2003). Agem nos insetos com rapidez causando paralisia imediata e

mortalidade, efeito de choque denominado “Knock down” (WHO, 2005; Santos et al., 2007). Os piretroides são, atualmente, os inseticidas mais utilizados, pois apresentam alta toxicidade em baixas quantidades para exercerem sua ação.

A utilização desses produtos no país é legitimada pela legislação brasileira através do Decreto nº 4.074, de 4 de janeiro de 2002, que regulamenta a Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989, a qual dispõe sobre várias questões como, por exemplo, a comercialização, transporte, e armazenamento além de exigir o registro em órgão federal de agroquímicos produzidos, exportados, importados, comercializados e utilizados em território nacional de acordo com as diretrizes e exigências dos órgãos federais responsáveis pelos setores da saúde, do meio ambiente e da agricultura (BRASIL, 1989).

Diante do presente exposto, esta dissertação foi realizada com o objetivo de avaliar o efeito subletal da mistura comercial de tiametoxam + lambda-cialotrina sobre os parâmetros reprodutivos, como cópula, fecundidade e viabilidade dos ovos, e de sobrevivência de indivíduos adultos de *Euschistus heros*.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Insetos**

Os insetos utilizados nos ensaios foram oriundos da criação de *E. heros* mantida sob condições controladas de temperatura ( $27 \pm 2$  °C), umidade relativa ( $60 \pm 20\%$ ) e fotoperíodo (14h) no Laboratório de Fisiologia e Neurobiologia de Invertebrados da Universidade Federal de Viçosa.

Massas de ovos obtidas da criação de manutenção são acondicionadas em placas de Petri (9,0 cm de diâmetro) forradas com papel filtro. Após a eclosão, as ninfas permaneceram agrupadas (Figura 1) até a primeira ecdise, uma vez que não se alimentam no primeiro instar (Chocorosqui & Panizzi, 2008).



**Figura 1.** Ninfas recém emergidas e seu comportamento gregário.

Com o estabelecimento da nova geração dos insetos, cada instar destes insetos eram mantidos em recipientes de plástico (19,0 x 22,0 x 10,0cm), forrados com papel filtro e alimentados com feijão vagem (*Phaseolus vulgaris* L.), grãos de soja (*Glycine max* L.), sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) e grãos de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) (Figura 2) até a fase adulta (Chocorosqui & Panizzi 2008; Depieri & Panizzi 2011; Fortes & Cônsoli 2011).



**Figura 2.** Ninfas de 5º instar mantidas em recipientes de plástico com alimentação.

## **2.2 Condição e delineamento experimental**

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Fisiologia e Neurobiologia de Invertebrados e no Laboratório de Ecotoxicologia e Ecofisiologia, do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período entre maio a setembro de 2017. Os insetos adultos são oriundos da criação estabelecida no Laboratório de Fisiologia e Neurobiologia de Invertebrados, cuja as condições experimentais de fotoperíodo, temperatura, UR e alimentação são as mesmas da criação.

Foram realizados dois experimentos: 1) Determinação de curva concentração-mortalidade do inseticida Engeo Pleno™ S para *Euschistus heros*; 2) Bioensaio de reprodução e sobrevivência na concentração de 2 % (i.e., exposição subletal) da dosagem recomendada para aplicação a campo. O produto formulado é composto por dois ingredientes ativos e encontram-se devidamente registrados junto ao Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA).

## **2.3 Curva concentração-mortalidade do inseticida Engeo Pleno™ S para *Euschistus heros***

Para a obtenção da curva de concentração-resposta (Finney, 1971) foi utilizado o inseticida Engeo Pleno™ S (Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo, SP, Brasil) que possui em sua composição a mistura dos ingredientes ativos tiametoxam (141,0g i.a./L) e lambda-cialotrina (106,0g i.a./L), em formulação de suspensão concentrada (SC). O bioensaio com inseticida seguiu métodos que foram adaptados de estudos toxicológicos em *E. heros* realizados com frascos de vidro (Willrich et al., 2003; Snodgrass et al., 2005). A mistura do inseticida foi utilizada para revestir as paredes internas de frascos de vidro transparente de 250 mL (EME Equipment, Paulicéia, SP, Brasil). Usou-se água (destilada e deionizada) como veículo para a formulação comercial do inseticida e adicionaram-se alíquotas de 2 mL da solução a cada frasco de vidro.

Um tratamento de controle (ou seja, aplicação apenas de água destilada e deionizada) e oito as concentrações da mistura dos inseticidas tiametoxam e lambda-cialotrina variando de 0,158 + 0,119 µg a.i./cm<sup>2</sup> (i.e., o

equivalente a dose de bula recomendada) a sete vezes menos a dose recomendada de campo, que corresponde a ( $1,58 \times 10^{-2} + 1,19 \times 10^{-2}$ ;  $1,58 \times 10^{-3} + 1,19 \times 10^{-3}$ ;  $1,58 \times 10^{-4} + 1,19 \times 10^{-4}$ ;  $1,58 \times 10^{-5} + 1,19 \times 10^{-5}$ ;  $1,58 \times 10^{-6} + 1,19 \times 10^{-6}$ ;  $1,58 \times 10^{-7} + 1,19 \times 10^{-7}$  (calculadas como  $\mu\text{g i.a./cm}^2$  da superfície tratada).

Quatro repetições, cada uma contendo 10 adultos recém-emergidos (< 24 h), foram utilizadas em cada concentração. A parte interna do terço superior de cada frasco foi revestido com Teflon® PTFE (DuPont, Wilmington, DE, EUA) e fechado com um pedaço de véu de organza e um elástico para evitar que os insetos escapem (Figura 3).



**Figura 3.** Frascos de vidro contendo os tratamentos e adultos de *E. heros*. A parte interna do terço superior de cada frasco revestido com Teflon® para evitar fuga dos insetos.

Após 48 horas de exposição ao inseticida, os insetos foram considerados como mortos se não eram capazes de caminhar uma distância equivalente a duas vezes o tamanho de seu próprio corpo quando estimulados com um pincel de ponta fina. Os dados de mortalidade foram corrigidos pela mortalidade nos tratamentos controle.

## 2.4 Bioensaio de reprodução

Para estes experimentos, um grupo de quarenta fêmeas e quarenta machos adultos recém-emergidos (< 24h) de *E. heros* foram expostos ao resíduo seco de tiametoxam e lambda-cialotrina a  $0,00316 + 0,00238 \mu\text{g i.a./cm}^2$  (i.e., dosagem subletal, equivalente a 2% da dose de campo), que foi

a concentração testada que não induziu mortalidade em nossos bioensaios concentração-resposta. Para o controle, insetos foram expostos apenas a resíduos de água destilada e deionizada. Após o período de exposição (48 horas), as fêmeas e os machos foram individualizados em potes plásticos (capacidade: 150 mL) e alimentados com feijão vagem (*Phaseolus vulgaris* L.), grãos de soja (*Glycine max* L.), sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) e grãos de amendoim (*Arachis hypogaea* L.). A parte inferior dos recipientes foi coberta com papel filtro para absorver a umidade, e seus topos foram cobertos com um pedaço de véu de organza e um elástico para evitar que os insetos escapassem.

Após completarem 13 dias na fase adulta, quando atingem a maturidade sexual, as fêmeas e machos expostos e não expostos foram agrupados. Estes quarenta casais foram mantidos em potes de plástico (com as condições de alimentação e manutenção descritas acima) por três dias, permitindo tempo suficiente para que ocorresse a cópula. Após este período, os machos e fêmeas foram individualizados em potes separados.

Quarenta fêmeas foram utilizadas (20 expostas à mistura de tiametoxam e lambda-cialotrina e 20 fêmeas expostas à água destilada) e seus ovos eram recolhidos e armazenados em recipientes cobertos com uma película plástica (Parafilm®) como demonstrado na Figura 4. Os insetos adultos e ovos permaneceram acondicionados em condições controladas de temperatura ( $27 \pm 2$  °C), umidade relativa ( $60 \pm 20\%$ ) e fotoperíodo (14h) durante todo o experimento. O número de ovos por fêmea, a viabilidade dos ovos e as taxas de sobrevivência foram registrados diariamente.



**Figura 4** - Recipiente com células para armazenamento de ovos recolhidos de cada casal.

## 2.5 Bioensaio de sobrevivência

Os indivíduos machos e fêmeas adultos após completarem 3 dias agrupados para acasalamento foram desagrupados para avaliar o tempo de sobrevivência. Estes oitenta indivíduos (machos e fêmeas) foram mantidos separados (testemunha e tratamento) em potes de plástico, acondicionados em condições controladas de temperatura ( $27 \pm 2$  °C), umidade relativa ( $60 \pm 20\%$ ) e fotoperíodo (14h) e sendo alimentados conforme descrito nas condições anteriores durante todo o experimento. Os insetos foram considerados como mortos quando não conseguiam caminhar mais que o comprimento do próprio corpo depois de serem estimulados com ajuda de um pincel de ponta fina.

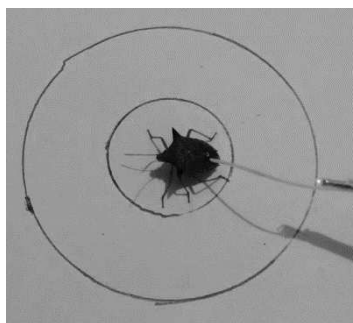


Figura 5 - Indivíduo adulto sendo estimulado para verificar mobilidade.

## 2.6 Análises estatísticas

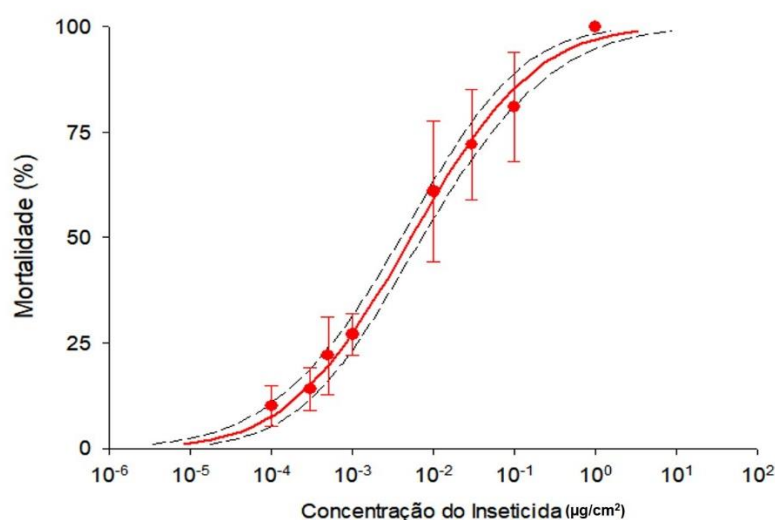
As curvas de concentração-mortalidade foram estimadas por análises probit usando o procedimento PROC PROBIT (SAS Institute 2008). Os resultados dos bioensaios de sobrevivência foram submetidos à análise de sobrevivência realizada utilizando os estimadores de Kaplan-Meier (método Log-rank) com SigmaPlot 12.0 (Systat Software, San Jose, CA, EUA). Quando apropriado, a análise de regressão foi realizada usando o procedimento de ajuste de curva do SigmaPlot 12.0. Análises de regressão foram realizadas para reconhecer as tendências dos resultados diários de fecundidade e fertilidade em cada tratamento ao longo do tempo. As premissas de normalidade e homogeneidade de variância foram verificadas e nenhuma transformação de dados foi necessária (PROC UNIVARIATE, SAS Institute 2008).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo, foram investigados os efeitos da exposição subletal do tiametoxam + lambda-cialotrina sobre *E. heros*. Embora exposições subletais não tenha causado efeitos sobre parâmetros reprodutivos destes insetos (i.e., cópula, fecundidade e eclosão de ninfas), fêmeas e machos adultos subletalmente expostos aumentaram suas habilidades de sobrevivência, o que pode ser entendido como uma resposta hormética (i.e., estimulação positiva causada por doses subletais de compostos que a princípio são tóxicos em altas doses) (Cutler, 2013; Guedes e Cutler, 2014; Guedes *et al.*, 2016).

#### 3.1 Curva concentração-mortalidade do inseticida para *E. heros*

O modelo probit foi adequado para os resultados concentração-mortalidade porque o teste forneceu baixos valores de  $X^2$  (<2.0) e altos valores de  $P$  (>0,05). As concentrações letais (em  $\mu\text{g i.a./cm}^2$ ) de tiametoxam + lambda-cialotrina, que foram estimadas com base em bioensaios de concentração-mortalidade, são mostradas na Figura 5. A  $CL_{50}$  estimada de tiametoxam + lambda-cialotrina foi de  $0,00316 + 0,00238 \mu\text{g / cm}^2$ , e a dose recomendada para aplicações no campo ( $0,158 + 0,119 \mu\text{g ia / cm}^2$ ) estavam dentro da faixa de concentração estimada.

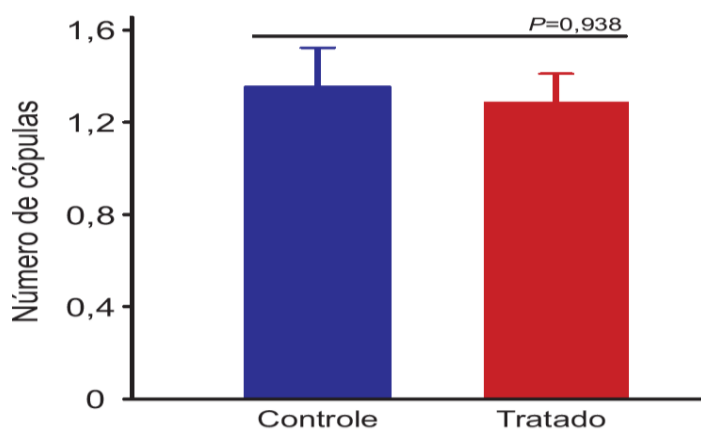


**Figura 6** - Concentrações letais (em  $\mu\text{g/cm}^2$ ) de tiametoxam + lambda-cialotrina.

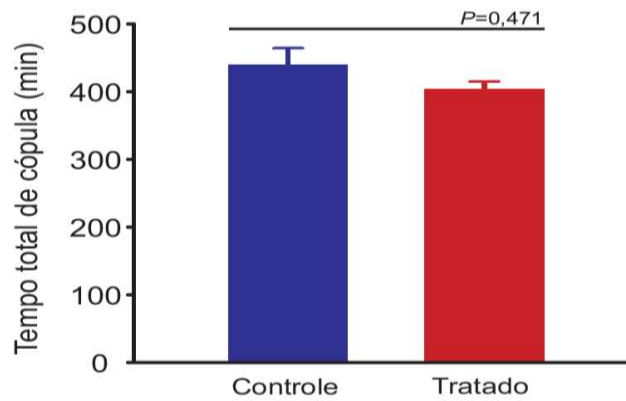
### 3.2 Impacto sobre parâmetros reprodutivos e de sobrevivência de *E. heros*

A exposição subletal de tiametoxam + lambda-cialotrina a 2% da dose de campo, não implicou em prejuízos ou ganhos reprodutivos aos insetos tratados. Estes resultados diferem de trabalhos em que exposições subletais com clorantraniliprole e imidacloprido, tanto de machos como o de fêmeas, geraram alterações em parâmetros reprodutivos deste mesmo inseto (Tuelher *et al.*, 2017, Santos *et al.*, 2016, Haddi *et al.*, 2016).

A exposição subletal a tiametoxam + lambda-cialotrina não afetou diferencialmente a aptidão sexual dos casais de *E. heros*. Machos tratados acasalados com fêmeas tratadas exibiram um número igual de tentativas de acasalamento quando comparados aos casais que não foram tratados (Figura 6). Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos para os outros parâmetros (Teste de Tukey ( $p < 0,05$ )), ou seja, o tempo decorrido para o primeiro acasalamento e duração total de acasalamento (Figura 7).

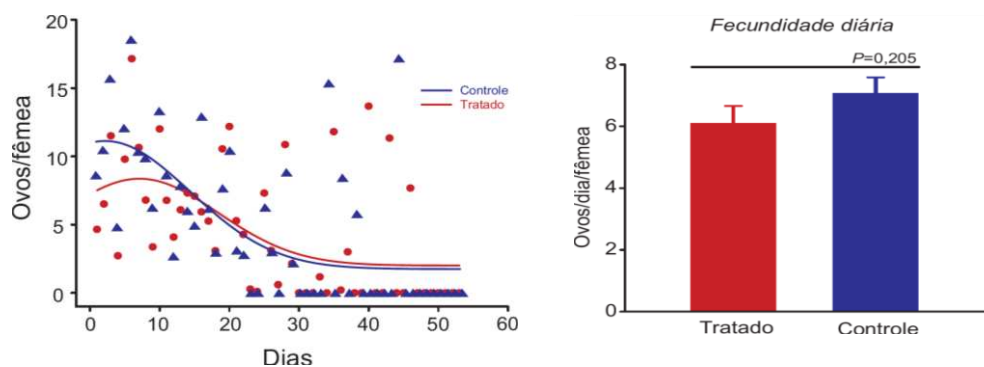


**Figura 7** – Número médio de cópulas de *E. heros*. Machos tratados acasalados a fêmeas tratadas exibiram um número significativamente igual de tentativas de acasalamento do que casais que não foram tratados.

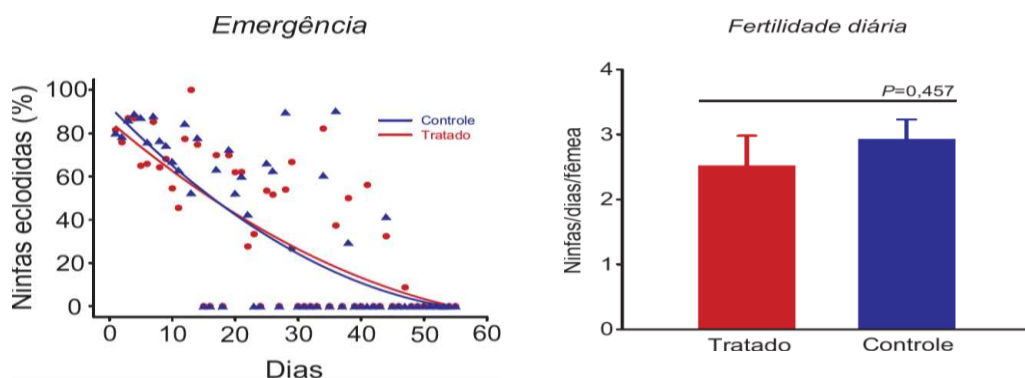


**Figura 8** - Tempo decorrido para o primeiro acasalamento e duração total de acasalamento.

Com relação aos parâmetros de fecundidade (Figura 8) e fertilidade (Figura 9), vale a pena observar que o tempo de incubação dos ovos foi idêntico para ambos os tratamentos (teste Tukey a 5% de probabilidade), tendo como resultado o mesmo número de ninfas emergidas para ambos os casos (Figura 9).

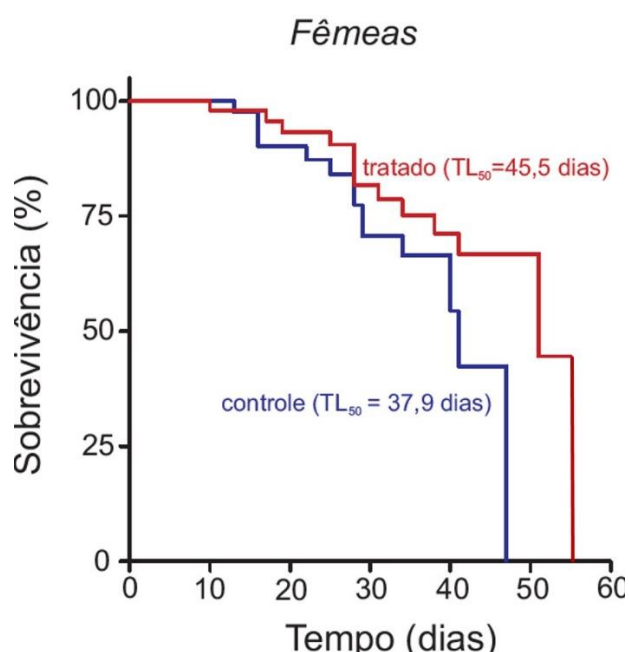


**Figura 9** - Fecundidade de casais expostos e não expostos não diferiram estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.



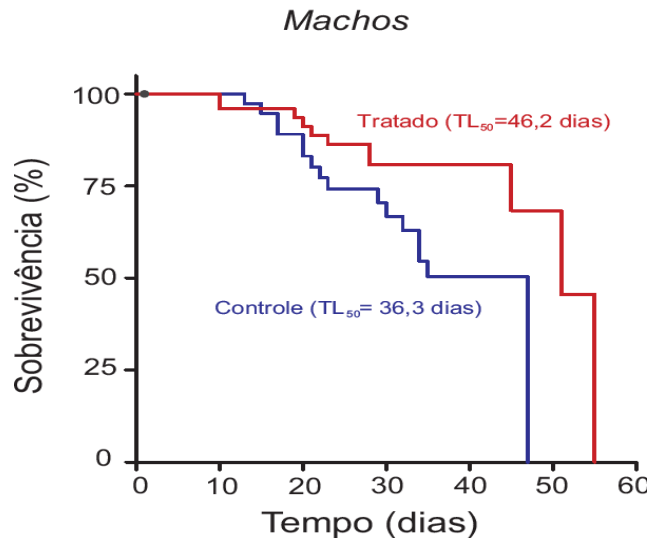
**Figura 10** - Tempo de eclosão e o número total de ninfas eclodidas foi idêntico para ambos os tratamentos, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Aqui, os resultados mostram que a exposição de fêmeas e machos adultos de *E. heros* à dose subletal de tiametoxam + lambda-cialotrina não afetou os parâmetros reprodutivos avaliados, ou seja, não causou impacto sobre o *fitness* desses insetos. No entanto, é importante notar que a exposição subletal à esta formulação de inseticidas, alterou positivamente o tempo médio de vida dos insetos tratados. O tempo médio de sobrevivência (TL50) variou significativamente entre os casais de *E. heros*. As curvas de sobrevivência foram significativamente diferentes pelo teste de Log-Rank ( $P < 0,05$ ;  $P = 0,036$ ). O TL50 para as fêmeas não expostas foi de 37,9 dias enquanto o TL 50 para as fêmeas expostas ao tiametoxam + lambda-cialotrina foi de 45,5 dias (Figura 10).



**Figura 10** - Curvas de sobrevivência de fêmeas de *E. heros* após uma exposição de 48 horas a resíduo seco de tiametoxam + lambda-cialotrina e água destilada. As curvas de sobrevivência foram significativamente diferentes pelo teste de Log-Rank ( $P < 0,05$ ).

Para os machos, as curvas de sobrevivência foram significativamente diferentes pelo teste de Log-Rank ( $P < 0,05$ ;  $P = 0,009$ ). O TL 50 para os machos não expostos foi de 36,3 enquanto o TL 50 para os machos expostos a tiametoxam + lambda-cialotrina foi de 46,2 dias (Figura 11).



**Figura 11** - Curvas de sobrevivência de machos de *E. heros* após uma exposição de 48 horas a resíduo seco de tiametoxam + lambda-cialotrina e água destilada. As curvas de sobrevivência foram significativamente diferentes pelo teste de Log-Rank ( $P < 0,05$ ).

Embora sejam necessárias investigações adicionais antes que declarações conclusivas possam ser feitas, o achado sugere que a mistura de tiametoxam + lambda-cialotrina em doses subletais pode melhorar a sobrevivência de adultos de *E. heros*. Em plantas com alta densidade foliar como a soja, o controle de pragas que se escondem internamente nas plantas, é de modo geral, baixíssimo, sendo definido como efeito “guarda-chuva”, o qual é consequência das gotas grossas e pesadas que apresentam baixa flutuação, o que pode ter contribuído para os recentes surtos desta espécie de percevejo observado em lavouras de soja no cerrado brasileiro (Courshee, 1960; Tuelher et al., 2017, 2018).

Nos campos de produção de soja, as aplicações de inseticidas direcionadas ao controle de insetos-pragas, principalmente os lepidópteros ocorrem antes da infestação por *E. heros* (Bueno et al., 2013; Moscardi et al., 2014; Panizzi et al., 2014), o que favorece a degradação dos inseticidas antes da chegada dos percevejos e, provavelmente, levam esses insetos a enfrentar exposição subletal. A ocorrência de estresse abiótico em populações naturais é comum, levando à evolução adaptativa e, por isto, os genótipos mais hábeis para lidar com o estresse, devem ter mais sucesso (Forbes, 2000).

Em ambos os ensaios de sobrevivência ocorreu o fenômeno de hormese, onde a sobrevivência foi estimulada positivamente com doses subletais dos inseticidas. No entanto, se um organismo exposto a um agente tóxico gastar energia no processo de detoxificação para manter-se vivo, poderá reduzir a energia destinada à reprodução (Forbes, 2000).

O efeito de hormese pode ser um indicativo da persistência de altas populações deste inseto-praga nos campos de produção de soja após a entressafra, o que por ventura poderá ocasionar casos de resistência a estes inseticidas utilizados neste trabalho. A hormese e hormoliogose podem ser considerados fatores secundários, frequentemente negligenciados, e podem ser responsáveis também pelos fenômenos de ressurgência de insetos e ácaros pragas e erupção de pragas secundárias (Morse, 1998).

Assim, nossos resultados mostram que parâmetros reprodutivos de indivíduos adultos de *E. heros* expostos a dose subletal da mistura de tiametoxam + lambda-cialotrina não é afetado. No entanto, a mesma exposição subletal é capaz de aumentar o tempo de sobrevivência desses insetos em ambos os sexos. Outras investigações com estes ingredientes ativos individualizados são necessários para melhor compreender os mecanismos fisiológicos envolvidos neste ganho de tempo de sobrevivência, e se há custos fisiológicos envolvido neste processo que não estejam relacionados à reprodução.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agrofit.- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons). Acesso em: 28 de jan. de 2019.

Barlow, S. M.; Sullivan, F. M.; Lines, J. (2001). Risk assesment of the use of deltamethrin on bednets for the prevention of malaria. ***Food and Chemical Toxicology***, v. 39, p. 407-447.

Bueno, A.F.; Paula-Moraes, S.V.; Gazzoni, D.L.; Pomari, A.F. (2013). Economic thresholds in soybean-integrated pest management: old concepts, current adoption, and adequacy. *Neotropical Entomology*, 42:439–447.

Burns C.J.; McIntosh, L.J.; Mink, P.J.; Jurek, A.M.; Li, A.A. (2013). Pesticide exposure and neurodevelopmental outcomes: review of the epidemiologic and animal studies: *Journal of Toxicology and Environmental Health*. 16(6), 395-8.

Brasil. Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. *Diário Oficial da União* - Seção 1, 12 jul 1989, p.11459.

British Crop Protection Council. (2003). The Pesticide Manual. A World Compendium. Thirteen ed. *Clive Tomlin* ed. BCPC. England.

Casarett, L.J. e Doull, J. *Casarett and Doull's toxicology: the basic science of poisons*, 7th ed, (2008).

Cantalamezza, F. (1993). Acute toxicity of two pyrethroids, permethrin, and cypermethrin in neonatal and adult rats. *Archives of Toxicology*, v.67, p.510-513.

Cividanes, F.J.; Parra, J.R.P. (1994) Biologia em diferentes temperaturas e exigências térmicas de percevejos pragas da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 29: 1841/1846.

Conab – Companhia Nacional do Abastecimento. (2018). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**, v. 6 Safra 2018/19. Quarto levantamento. Janeiro 2019. Brasília, 126 p. Disponível em: [https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/23999\\_57b97f236e2bf03f1f87c796a16fab99](https://www.conab.gov.br/component/k2/item/download/23999_57b97f236e2bf03f1f87c796a16fab99). Acesso em: 24 de jan. de 2019.

Corrêa, B.S.; Panizzi, A.R., Newman, G.G.; & Turnipseed, S.G. (1977). Distribuição geográfica e abundância estacional dos principais insetos pragas da soja e seus predadores. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, 6.

Corrêa-Ferreira, B.S. (2005). Suscetibilidade da soja a percevejos na fase anterior ao desenvolvimento das vagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 40: 1067-1072.

Courshee, R.J. (1960). Some aspects of the application of insecticides. **Annual Review of Entomology**. v.5, p.27-352.

Chocorosqui, V.R.; Panizzi, A.R. (2008). Nymph and adult biology of *Dichelops melacanthus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) feeding on cultivated and non-cultivated host plants. **Neotropical Entomology**, v.37, p.353-360.

Cutler, G.C. (2013). Insects, insecticides and hormesis: evidence and considerations for study. **Dose-Response** 11: 154– 177.

Depieri, R.A., & Panizzi, A.R. (2010). Rostrum length, mandible serration, and food and salivary canals areas of selected species of stink bugs (Heteroptera, Pentatomidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, 54(4), 584-587.

Depieri, R.A.; Panizzi, A.R. (2001). Duration of feeding and superficial and in-depth damage to soybean seed by selected species of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v.40, p.197-203.

Forbes, V.E. (2000). Is hormesis an evolutionary expectation? **Functional Ecology**,14, 12-24.

Fortes, P.; Cõnsoli, F.L. (2011). Are there costs in the repeated mating activities of female Southern stink bugs *Nezara viridula*? **Physiological Entomology**, v.36, p.215-219.

Goulson, D. (2013). Review: an overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. **Journal of Applied Ecology**, v. 50, p. 977-87.

Guedes, R.N.; Cutler, G.C. (2014). Insecticide-induced hormesis and arthropod pest management. **Pest Manag Science**, 70(5):690-7.

Guedes, R.N.C.; Smagghe, G.; Stark, J.D.; Desneux, N. (2016). Pesticidal stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. *Annual Review of Entomology*, 61:43–62.

Haddi, K., Mendes, M. V., Barcellos, M. S., Lino-Neto, J., Freitas, H. L., Guedes, R. N. C., & Oliveira, E. E. (2016). Sexual success after stress? Imidacloprid-induced hormesis in males of the neotropical stink bug *Euschistus heros*. *PloS one*, 11(6).

Hoffman-Campo, C.B.; Moscardi, F.; Corrêa-Ferreira, B.S.; Oliveira, L.J.; Sosa-Gómez, D.R.; Panizzi, A.R.; Corso, I.; Gazzoni D.L.; Oliveira, E.B. de. (2000). *Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado*. Londrina: Embrapa-CNPSO, 70 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 30).

Hori, K. (2000). Possible causes of disease symptoms resulting from the feeding of phytophagous Heteroptera, p. 11-35. In: Schaefer, C. W., Panizzi, A. R. (eds) Heteroptera of economic importance. *CRC Press*, Boca Raton, p 828.

Institute of Medicine. (2003). Gulf War and Health: Volume 2. Insecticides and Solvents. Washington, DC: *The National Academies Press*, 2003.

Latuszynska, J.; Luty, S.; Raszewski, G.; Przebirowska, D.; Tokarska-Rodak, M. (2003). Neurotoxic effect of dermally applied chlorpyrifos and cypermethrin. Reversibility of changes. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, v.10, p.197-201.

Maienfisch, P.; Huerlimann, H.; Rindlisbacher, A.; Gsell, L.; Dettwiler, H.; Haettenschwiler, J.; Sieger, E.; Walti, M. (2001). The discovery of thiamethoxam: a second-generation neonicotinoid. *Pest Management Science*, Sussex, v.57, n.2, p.165-176.

Miner, F.D. (1966). Biology and control of stink bugs on soybeans. Fayetteville: *Arkansas Experiment Station*, 40p. (Bulletin, n. 708).

Morse, J.G. (1998) Agricultural implications of pesticide-induced hormesis of insects and mites. *Human Experimental Toxicology*, 17, 266-269.

Moscardi, F.; Bueno, A.F.; Sosa-Gómez, D.R.; Roggia, S.; Hoffman-Campo, C.B.; Pomari, A.F.; Corso, I.V.; Yano, S.A.C. Artrópodes que atacam as folhas da soja. In: Hoffman-Campo, C.B.; Corrêa-Ferreira, B.S.; Moscardi, F. (ed.). **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**. Brasília: Embrapa, 2012. P.213-309.

Narahashi, T. (1996). Neuronal ion channel as the target sites of insecticides. **Pharmacology & Toxicology**, v.79, n.1, p.1-14.

Nasuti, C.; Cantalamessa, F.; Falcioni, G.; Gabbianelli, R. (2003). Different effects of type I and type II pyrethroids on erythrocyte plasma membrane properties and enzymatic activity in rats. **Toxicology**, v.191, n.2-3, p.233-244.

Nauen, R.; Ebbinghaus-Kintscher, U.; Salgado, V.L.; Kausmann, M. (2003). Thiamethoxan is a neonicotinoid precursor converted to clothianidin in insects and plants. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v.76, n.2, p.55-69.

Panizzi, A.R., & Smith, J. G. (1976). Ocorrência de Pentatomidae em soja no Paraná durante 1973/74. **Biológico**. São Paulo, v.42, n.7/8, p.173-176.

Panizzi, A.R. & F. Slansky, Jr. (1985). Review of phytophagous pentatomids (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. **The Florida Entomologist**, 68: 184-213.

Panizzi, A.R. & C.E. Rossi. (1991). The role of *Acanthospermum hispidum* in the phenology of *Euschistus heros* and of *Nezara viridula*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, 59: 67-74.

Panizzi, A.R.; Machado-Neto, E. (1992). Development of nymphs, and feeding habits of nymphal and adult *Edessa meditabunda* (Heteroptera: Pentatomidae) on soybean and on sunflower. **Annals of the Entomological Society of America** 85:477-482.

Panizzi, A.R. (2002). Stink bugs on soybean in northeastern Brazil and a new record on the southern green stink bug, *Nezara viridula* (L.)(Heteroptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, 31(2), 331-332.

Panizzi, A.R. (2013). History and contemporary perspectives of the integrated pest management of soybean in Brazil. *Neotropical Entomology*, 42: 119–127.

Panizzi A.R.; Bueno A.F.; Silva F.A.C. (2014). Insetos que atacam vagens e grãos. In: Hoffman-Campo CB, Corrêa-Ferreira BS, Moscardi F (eds) **Soja: Manejo Integrado de Insetos e outros Artrópodes-Praga**. Embrapa, Brasília, pp 335–420.

Panizzi, A.R. (2015). Growing problems with stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae): Species invasive to the U.S. and potential neotropical invaders. *American Entomologist*, 61:223–233.

Panizzi, A.R.; Lucini, T. (2016). What happened to *Nezara viridula* (L.) in the Americas? Possible reasons to explain populations decline. *Neotropical Entomology*, 45:619–628.

Robert, J & Reigart, J. (2013). Recognition and Management of Pesticide Poisonings: 6th Edition; **United States Environmental Protection Agency**.

SAS Institute (2008). **SAS/STAT User's Guide**. Cary, NC.

Santos, M.A.T.; Areas, M.A.; Reyes, F.G. (2007). Piretroides – Uma Visão Geral. *Alimentos e Nutrição*, Araraquara v.18, n.3, p.339-349.

Santos, M.F.; Santos, R.L.; Tomé, H.V.V.; Barbosa, W.; Martins, G.F.; Guedes, R.N.C.; Oliveira, E.E. (2016). Imidacloprid-mediated effects on survival and fertility of the Neotropical brown stink bug *Euschistus heros*. *Journal of Pest Science*, 89:231–240.

Silva, M.T.B.; Correa-Ferreira, B.S.; Sosa-Gomez, D.R. (2006). Erro e resistência. *Revista Cultivar*, 8(82): 22- 25.

Snodgrass, G.L.; Adamczyk, J.J.; Gore, J. (2005). Toxicity of insecticides in a glass-vial bioassay to adult Brown, green, and southern green stink gugs (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Economic Entomology*, 98:177–181.

Soderlund, D.M.; Clark, J.M.; Sheets, L.P.; Mullin, L.S.; Piccirillo, V.J.; Sargent, D.; Stevens, J.T.; Weiner, M.L. (2002). Mechanisms of pyrethroid neurotoxicity: implications for cumulative risk assessment. **Toxicology**, v.171, p.3-59.

Sosa-Gómez, D.R.; Silva, J.J.; Lopes, N.I.O.; Corso, I.C.; Almeida, A.M.R.; Moraes, G.C.P. & Baur, M.E. (2009). Insecticide susceptibility of *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) in Brazil. **Journal of Economic Entomology** 102:1209–1216.

Sosa-Gomez, D.R.; Silva da, J.J. (2010). Neotropical brown stink bug (*Euschistus heros*) resistance to methamidophos in Paraná, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 45(7): 767-769.

Spencer, C.L.; Yuill, K.H.; Borg, J.J.; Hancox, J.C.; Kozlowski, R.Z. (2001). Actions of pyrethroid insecticides on sodium currents, action potentials, and contractile rhythm in isolated mammalian ventricular myocytes and perfused hearts. **Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics**, v.298, n.3, p.1067-1082.

Tuelher, E.S.; Silva, É.H.; Freitas, H.L.; Namorato, F.A.; Serrão, J.E.; Guedes, R.N.C.; Oliveira, E.E. (2017). Chlorantraniliprole-mediated toxicity and changes in sexual fitness of the Neotropical brown stink bug *Euschistus heros*. **Journal of Pest Science**, 90:397–405.

Tuelher, E.S.; Silva, E.H.; Rodrigues, H.S.; Hirose, E.; Guedes, R.N.C.; Oliveira, E.E. (2018). Area-wide spatial survey of the likelihood of insecticide control failure in the neotropical brown sting bug *Euschistus heros*. **Journal of Pest Science**, 91:849-859.

Verschoyle, R.D.; Aldridge, W.N. (1980). Structureactivity relationships of some pyrethroids in rats. **Archives of Toxicology**, v.45, p.325-329.

Willrich, M.M.; Leonard, B.R.; Cook, D.R. (2003). Laboratory and field evaluations of insecticide toxicity to stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). **Journal of Cotton Science**, 7:156–163.

WHO. Safety of pyrethroids for public health use: **World Health Organization**; 2005.