

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

WESLEI DOS SANTOS CUNHA

**COMPATIBILIDADE DE INSETICIDAS AO PARASITOIDE *Palmistichus elaeisis*
(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)**

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2020**

WESLEI DOS SANTOS CUNHA

**COMPATIBILIDADE DE INSETICIDAS AO PARASITOIDE *Palmistichus elaeisis*
(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Orientador: José Cola Zanuncio

Coorientadores: Angelica Plata-Rueda
Luis Carlos Martinez

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2020**

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

T

Cunha, Wesley dos Santos, 1994-
C972c Compatibilidade de inseticidas ao parasitoide *Palmistichus elaeisis*
2020 (Hymenoptera: Eulophidae) / Wesley dos Santos Cunha. - Viçosa, MG,
2020.

25 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: José Cola Zanuncio.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 21-25.

1. Insetos nocivos - Controle biológico. 2. Inseticidas. 3. Longevidade. 4. *Palmistichus elaeisis* - Comportamento sexual. 5. *Palmistichus elaeisis* - Tamanho. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Entomologia. Programa de Pós-Graduação em Entomologia. II. Título.

CDD 22. ed. 632.96

WESLEI DOS SANTOS CUNHA

COMPATIBILIDADE DE INSETICIDAS AO PARASITOIDE *Palmistichus elaeisis*
(HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)

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

APROVADA: 27 de julho de 2020.

Assentimento:



Weslei dos Santos Cunha

Autor



José Cola Zanuncio

Orientador

**A Deus, meu Guia em todos
os momentos, a minha
família e amigos.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as conquistas. Aos meus pais e minha irmã pelo incentivo em continuar com minha carreira acadêmica. A Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de estudo. A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela bolsa. Ao meu orientador José Cola Zanuncio pela aceitação em me orientar e por todas instruções dadas no mestrado. Aos queridos Luis Carlos Martinez e Angelica Plata-Rueda pela coorientação e amizade. A toda equipe do Laboratório de Controle Biológico do BIOAGRO, em especial a Thaiany Moreira Alvarenga, uma parceira de trabalho e da vida. A Bruno Franklin pela amizade. Aos meus amigos da Entomologia, Carlos, Daniel e Vinícius, parceiros dos “rolês” em Viçosa. Aos amigos colombianos, Jose, Deyse e Katherine, que me acolheram tão bem em todos os momentos. A Camila Oliveira pelas dicas dadas desde que cheguei em Viçosa. E aos meus amigos de apartamento, Lucas, João Pedro, Wellington, Eduardo e Tallis, primeiras pessoas que conheci em Viçosa.

RESUMO

CUNHA, Wesley dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2020. **Compatibilidade de inseticidas ao parasitoide *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)**. Orientador: José Cola Zanuncio. Coorientadores: Angelica Plata-Rueda e Luis Carlos Martinez.

Palmistichus elaeisis Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) é um endoparasitoide gregário que pode controlar pragas em culturas agrícolas e florestais. Inseticidas químicos podem causar efeitos colaterais em parasitoides e, portanto, devem ser investigados quanto a sua compatibilidade com esses agentes de controle. O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos subletais dos inseticidas abamectina, clorfaniliprole, clorfenapir e tiametoxam em *P. elaeisis* parasitando pupas de *Anticarsia gemmatalis*. Casais de *P. elaeisis*, com cerca de 24 horas da emergência, foram individualizados em tubos de vidro por 72 horas com uma pupa de *A. gemmatalis* tratada com os inseticidas (dose de campo) ou controle (apenas com água). A produção de imaturos, morfometria, sobrevivência e parâmetros reprodutivos de *P. elaeisis* foram avaliados. O número de imaturos produzidos por *P. elaeisis* foi menor em pupas de *A. gemmatalis* expostas aos inseticidas abamectina e tiametoxam que no controle. A largura do abdômen e da cabeça, de adultos emergidos de pupas tratadas com tiametoxam, foi menor que no controle. O comprimento da tíbia foi menor com abamectina, clorfenapir e tiametoxam. A largura do tórax do inseto foi menor com todos os inseticidas. A abamectina, tiametoxam e clorfaniliprole reduziram a probabilidade de sobrevivência de *P. elaeisis* em 35, 20 e 10 %, respectivamente, 31 dias após a emergência de fêmeas desse parasitoide. O período de desenvolvimento ovo-adulto, de parasitoides obtidos de pupas expostas ao tiametoxam, foi maior que o daquelas expostas ao clorfaniliprole. O número de adultos emergidos por hospedeiro e a proporção de fêmeas foram menores de pupas expostas ao tiametoxam que no controle. A toxicidade dos inseticidas abamectina, clorfaniliprole, clorfenapir e tiametoxam a *P. elaeisis* os tornam incompatíveis com esse parasitoide.

Palavras-chave: Controle biológico. Controle químico. Longevidade. Razão sexual. Tamanho do corpo.

ABSTRACT

CUNHA, Wesley dos Santos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2020. **Compatibility of insecticides to the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)**. Advisor: José Cola Zanuncio. Co-advisors: Angelica Plata-Rueda and Luis Carlos Martinez.

Palmistichus elaeisis Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) is a gregarious endoparasitoid that can control pests in agricultural and forest crops. Chemical insecticides can cause side effects in parasitoids and, therefore, they should be investigated for their compatibility with these control agents. The aim of this study was to evaluate the sublethal effects of the insecticides abamectin, chloranthranilprole, chlorfenapyr and thiamethoxam in *P. elaeisis* parasitizing pupae of *Anticarsia gemmatalis*. *P. elaeisis* couples, about 24 hours after emergence, were individualized in glass tubes for 72 hours with an *A. gemmatalis* pupa treated with insecticides (field dose) or control (only water). The production of immatures, morphometry, survival and reproductive parameters of *P. elaeisis* were evaluated. The number of immatures produced by *P. elaeisis* was lower in pupae of *A. gemmatalis* exposed to the insecticides abamectin and thiamethoxam than in the control. The width of the abdomen and head of adults emerging from pupae treated with thiamethoxam was smaller than in the control. The length of the tibia was shorter with abamectin, chlorfenapyr and thiamethoxam. The thorax width was smaller with all insecticides. Abamectin, thiamethoxam and chloranthranilprole reduced the probability of *P. elaeisis* survival by 35, 20 and 10%, respectively, 31 days after the emergence of females of this parasitoid. The egg-adult development period of parasitoids obtained from pupae exposed to thiamethoxam was longer than those exposed to chloranthranilprole. The number of adults emerged per host and the proportion of females were lower in pupae exposed to thiamethoxam than in control. The toxicity of the insecticides abamectin, chloranthranilprole, chlorfenapyr and thiamethoxam to *P. elaeisis* make them incompatible with this parasitoid.

Keywords: Biological control. Body size. Chemical control. Longevity. Sex ratio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1 INSETOS	10
2.2 INSETICIDAS.....	10
2.3 PRODUÇÃO DE IMATUROS	10
2.4 MORFOMETRIA	11
2.5 TESTE DE TEMPO-MORTALIDADE	11
2.6 PARÂMETROS REPRODUTIVOS	11
2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	12
3 RESULTADOS	13
3.1 PRODUÇÃO DE IMATUROS	13
3.2 MORFOMETRIA	14
3.3 TESTE DE TEMPO-MORTALIDADE	16
3.4 PARÂMETROS REPRODUTIVOS	17
4 DISCUSSÃO	18
5 CONCLUSÕES.....	20
REFERÊNCIAS.....	21

1 INTRODUÇÃO

O uso indiscriminado de inseticidas é uma prática que tem causado efeitos indesejáveis, como surtos de pragas secundárias, ressurgimento de pragas, seleção de insetos resistentes, eliminação de organismos benéficos, contaminação ambiental, e riscos para a saúde humana (EHI-EROMOSELE et al., 2013). Diante disso, programas de manejo integrado de pragas (MIP) que consideram o uso de várias estratégias estão sendo utilizados com maior frequência (DE PAIVA et al., 2018). O controle biológico é uma das táticas do MIP em muitas culturas, consistindo na liberação de inimigos naturais para reduzir a densidade de pragas (VAN LENTEREN, 2012; NAFIU et al., 2014). Embora a prioridade do MIP seja o uso de táticas de controle não químicas, a integração com inseticidas muitas vezes é necessária pois os inimigos naturais sozinhos podem não ser efetivos para o controle da praga (WANG et al., 2019). Em programas de MIP, os inseticidas devem ser seletivos a espécies de pragas alvo e inofensivos aos organismos benéficos não-alvo (DESNEUX et al., 2007).

A aplicação de inseticidas na cultura da soja tem ocorrido de forma excessiva nos últimos anos no Brasil e Estados Unidos, os dois maiores produtores dessa leguminosa no mundo, impedido a eficiência de agentes de controle biológico nativos (BUENO et al., 2020). Espécies de Lepidoptera da família Noctuidae, como *Anticarsia gemmatalis*, estão entre os principais alvos dessas aplicações (ROLIM et al., 2013). Além do controle químico, essas pragas podem ser manejadas com inimigos naturais, como parasitoides (PEREIRA et al., 2008; DUDEZAK et al., 2017).

Palmistichus elaeisis Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) é um endoparasitoide gregário que pode controlar pragas em culturas agrícolas e florestais (PEREIRA et al., 2008). Esse inimigo natural é nativo da região neotropical e tem hábito polífago, alimentado de espécies Lepidoptera e Coleoptera (DELVARE & LASALLE, 1993). Fêmeas de *P. elaeisis* colocam ovos na pupa do hospedeiro e as larvas emergidas se alimentam dos tecidos do hospedeiro até emergirem como adultas (PEREIRA et al., 2010). *P. elaeisis* parasita espécies de Lepidoptera de importância econômica, como *Anticarsia gemmatalis* (TAVARES et al., 2018).

Inseticidas químicos podem causar efeitos colaterais em parasitoides, como malformação dos ovários, alteração do comportamento, redução da taxa de emergência de adultos, proporção de fêmeas, tamanho do corpo, fecundidade e longevidade (DESNEUX et al., 2007). Efeitos dos inseticidas diflubenzuron, malathion, triflumuron e deltametrina foram

avaliados em *P. elaeisis* e somente o triflumuron foi compatível com esse parasitoide (ALCÁNTARA-DE LA CRUZ et al., 2017; COSTA et al., 2020). No entanto, a compatibilidade de outros inseticidas, autorizados para o manejo de *A. gemmatalis* na cultura da soja, deve ser investigada em *P. elaeisis*.

Os inseticidas abamectina, clorantraniliprole, clorfenapir e tiametoxam são utilizados contra uma ampla gama de pragas, inclusive *A. gemmatalis* (AGROFIT, 2020). A abamectina pertence ao grupo das avermectinas, agindo como agonista aos receptores do GABA no sistema nervoso dos artrópodes (SHENG et al., 2019). O clorantraniliprole, do grupo das diamidas antranílicas, modula o receptor de rianodina causando contração muscular do inseto (CORDORVA et al., 2006). O clorfenapir, do grupo análogo de pirazol, age na respiração celular inibindo a produção de ATP por romper o gradiente de prótons na fosforilação oxidativa mitocondrial (HOLLINGWORTH & GADELHAK, 1998). O tiametoxam, do grupo dos neonicotinoides, atua como agonista dos receptores nicotínicos de acetilcolina nas membranas pós-sinápticas do sistema nervoso dos insetos (JESCHKE & NAUEN, 2008). Os impactos desses inseticidas no parasitoide *P. elaeisis*, são pouco conhecidos, portanto necessitam de investigação.

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos subletais dos inseticidas abamectina, clorantraniliprole, clorfenapir e tiametoxam em *P. elaeisis* parasitando pupas de *A. gemmatalis*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Insetos

Palmistichus elaeisis, *A. gemmatalis* e *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) foram obtidos de criação massal do Laboratório de Controle Biológico da Universidade Federal de Viçosa (UFV) (Viçosa, Minas Gerais, Brasil). Esses insetos foram mantidos em sala de ambiente controlado com temperatura de 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e 12:12 h de fotoperíodo (L:D).

Indivíduos de *P. elaeisis* foram criados usando pupas de *T. molitor* como hospedeiras. Adultos de *P. Elaeisis* foram mantidos em caixas plásticas (25 × 25 x 40 cm) recebendo gotículas de mel como fonte de alimento.

Indivíduos de *T. molitor* foram criados em caixas plásticas (60 × 40 × 12 cm). Larvas e adultos foram alimentados ad libitum com farelo de trigo pedaços de colmo de cana-de-açúcar [*Saccharum officinarum* Linnaeus (Poaceae)] e pedaços de chuchu [*Sechium edule* Swartz (Cucurbitaceae)].

Lagartas e adultos de *A. gemmatalis* foram criados com uma dieta artificial padrão (GREENE et al., 1976). As lagartas foram criadas em potes de polietileno (15 × 9 cm) até pupação e as pupas foram transferidas para gaiolas de madeira (33 × 33 × 33 cm) para emergência de adultos. Folhas de papel foram colocadas nas laterais da gaiola dos adultos para as fêmeas ovipositarem.

2.2 Inseticidas

Os inseticidas e suas doses comerciais de campo usadas foram: a) abamectina (KRAFT 36 EC), 150 ml ha⁻¹; b) clorantroliprole (ALTACOR®), 50 g ha⁻¹; c) clorfenapir (PIRATE®), 1,2 L ha⁻¹; d) tiametoxam (ACTARA® 250 WG), 200 g ha⁻¹.

2.3 Produção de imaturos

Pupas de *A. gemmatalis* foram imersas durante 5 segundos nos inseticidas na dose comercial de campo recomendada para a cultura da soja. Casais de *P. elaeisis*, com 24 horas de emergência, foram colocados em tubos de vidro (14 × 2,2 cm) e mantidos por 72 horas com uma pupa de *A. gemmatalis* exposta aos inseticidas e água destilada como controle. O experimento foi feito com 15 repetições, cada uma com uma pupa de *A. gemmatalis* e um casal de *P. elaeisis*. Após 15 dias, pupas parasitadas foram examinadas individualmente em

sistema de radiografia para amostras MX-20 (Faxitron X-Ray Corp, Wheeling, IL, USA) equipado com uma câmera digital de 14 bits. O número de indivíduos imaturos de *P. elaeisis* por pupa de *A. gemmatalis* foram quantificados após abertura das pupas.

2.4 Morfometria

Pupas de *A. gemmatalis* foram expostas aos inseticidas e água destilada por imersão durante 5 segundos. Casais de *P. elaeisis* com 24 horas de emergência foram mantidos em tubos de vidro com uma dessas pupas por 72 horas para parasitismo. Quinze repetições foram usadas, cada uma com um casal de *P. elaeisis* e uma pupa de *A. gemmatalis*. Trinta fêmeas de *P. elaeisis*, após emergência, foram selecionadas aleatoriamente para análise morfométrica. O comprimento da asa, do corpo e da tibia posterior e largura da cabeça, do tórax e do abdômen foram medidos usando imagens digitais capturadas por uma câmera digital acoplada ao estereomicroscópio Olympus, SZ-51 (Olympus Corporation, Tóquio, Japão). As imagens foram analisadas com o software ISCapture v.4.1 para Windows.

2.5 Teste de tempo-mortalidade

Pupas de *A. gemmatalis* foram expostas aos inseticidas e água destilada por imersão durante 5 segundos. Casais de *P. elaeisis* com 24 horas de emergência foram mantidos em tubos de vidro com uma dessas pupas por 72 horas para parasitismo. Quinze repetições foram usadas, cada uma com um casal de *P. elaeisis* e uma pupa de *A. gemmatalis*. Os parasitoides emergidos foram mantidos nos tubos de vidro fechados com algodão, recebendo duas gotas de mel diariamente. O número de fêmeas adultas vivas foi quantificado, diariamente, até a morte do último parasitoide.

2.6 Parâmetros reprodutivos

Pupas de *A. gemmatalis* foram expostas aos inseticidas e água destilada por imersão durante 5 segundos. Casais de *P. elaeisis* com 24 horas de emergência foram mantidos em tubos de vidro com uma dessas pupas por 72 horas para parasitismo. Quinze repetições foram usadas, cada uma com um casal de *P. elaeisis* e uma pupa de *A. gemmatalis*. O período de desenvolvimento ovo-adulto, número de adultos emergidos por hospedeiro e razão sexual (número de fêmeas/machos+fêmeas) da prole de *P. elaeisis* foram determinados.

2.7 Análise estatística

Os dados de produção de parasitoides imaturos, morfometria e parâmetros reprodutivos (período de desenvolvimento ovo-adulto, número de adultos emergidos por hospedeiro e razão sexual) foram submetidos a análise de variância (one-way Anova) e as medias entre tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, com 5% de significância. As análises foram realizadas com o SAS User v. 9.0 para Windows (SAS INSTITUTE, 2002). Os dados do teste de tempo-mortalidade foram submetidos à análise de sobrevivência usando o teste log rank de Kaplan – Meier usando o Origin Pro v. 9.1 (ORIGINLAB CORPORATION, 2013).

3 RESULTADOS

3.1 Produção de imaturos

O número de parasitoides imaturos produzido variou entre inseticidas ($F= 4.71$; $GL= 4$; $P= 0.006$), com menor valor em pupas de *A. gemmatalis* expostas aos inseticidas abamectina e tiametoxam que no controle (Figura 1A).

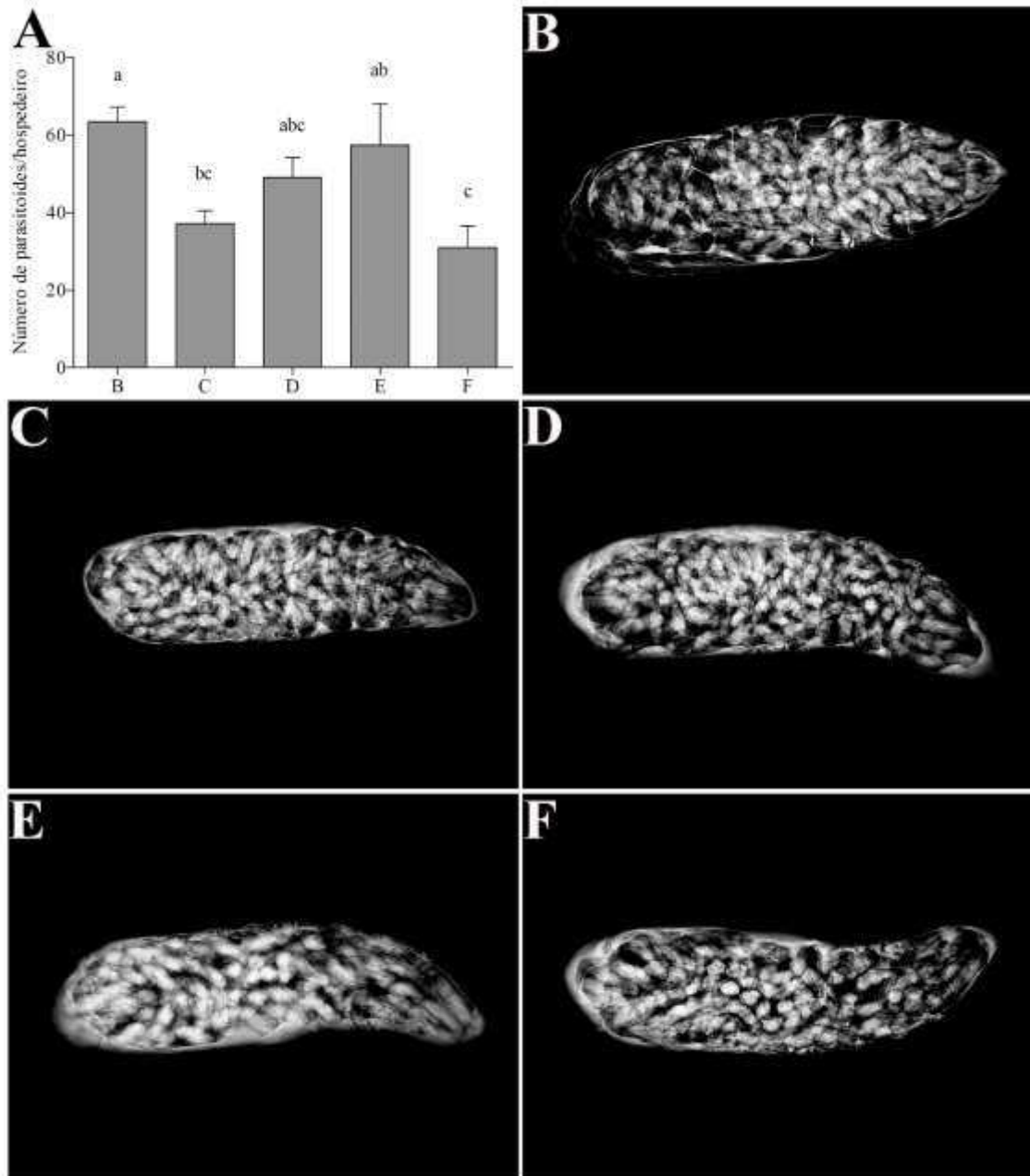


Figura 1 – Número de imaturos de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) (Média \pm erro padrão da média) por pupa de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) quinze dias após a exposição das mesmas aos inseticidas ou a água destilada (controle) (A). Barras com mesma letra não diferem entre suas médias

(Teste de Tukey, $P < 0,05$). B-F) Imagens de raio-X com imaturos vivos de *P. elaeisis* em pupas de *A. gemmatalis* expostas ao controle (B) e inseticidas abamectina (C), clorantraniliprole (D), clorfenapir (E) e tiametoxam (F) quinze dias após parasitismo.

3.2 Morfometria

A largura do abdómen ($F= 6.54$; $GL= 4$; $P < 0.001$), largura da cabeça ($F= 7.06$; $GL= 4$; $P < 0.001$), comprimento da tíbia posterior ($F= 10.19$; $GL= 4$; $P < 0.001$) e largura do tórax ($F= 9.61$; $GL= 4$; $P < 0.001$) de fêmeas de *P. elaeisis* diferiram entre tratamentos. A largura do abdómen e da cabeça, de adultos emergidos de pupas tratadas com tiametoxam, foi menor que no controle (Figura 2B e 2D, respectivamente). O comprimento da tíbia foi menor com abamectina, clorfenapir e tiametoxam (Figura 2E). A largura do tórax do inseto foi menor com todos os inseticidas (Figura 2F). O comprimento do corpo ($F= 1.46$; $GL= 4$; $P= 0.219$) e da asa ($F= 1.05$; $GL= 4$; $P= 0.388$) foi semelhante entre tratamentos (Figura 2A e 2C, respectivamente).

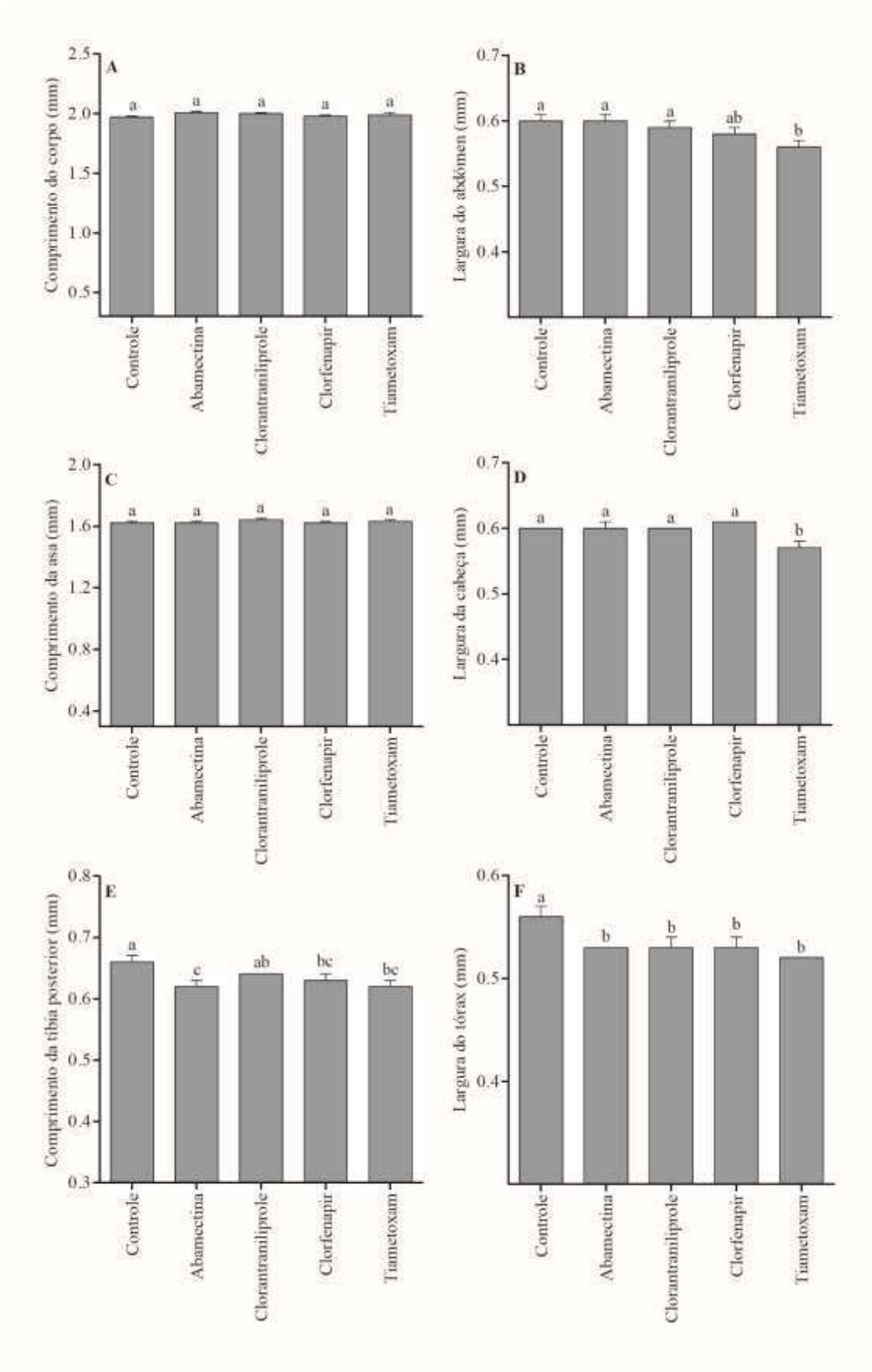


Figura 2 – Comprimento do corpo (A), largura do abdómen (B), comprimento da asa (C), largura da cabeça (D), comprimento da tíbia posterior (E) e largura do tórax (média \pm erro padrão da média) de fêmeas de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) emergidas de pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) expostas aos inseticidas ou água destilada (controle). Barras com mesma letra não diferem entre suas médias (Teste de Tukey, $P < 0,05$).

3.3 Teste de tempo-mortalidade

A sobrevivência de fêmeas de *P. elaeisis*, emergidas de pupas de *A. gemmatalis* expostas aos inseticidas, exceto no clorfenapir, foi menor que no controle. A abamectina, tiametoxam e clorantraniliprole reduziram a probabilidade de sobrevivência de *P. elaeisis* em 35, 20 e 10 %, respectivamente, 31 dias após a emergência de fêmeas desse parasitoide (Figura 3).

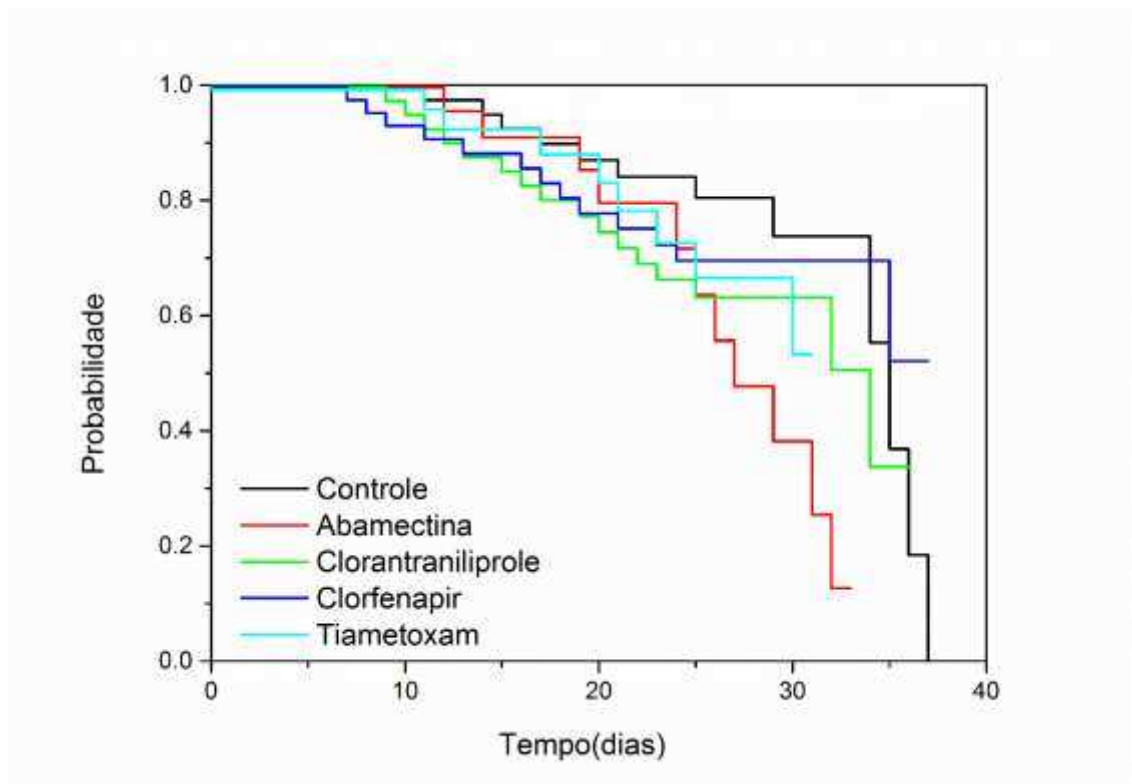


Figura 3 – Sobrevivência de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) após emergência de pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) expostas a inseticidas e água destilada (controle). Valores foram determinados pelo método de Kaplan – Meier e comparados pelo teste de log-rank ($X^2=5,35$, $P= 0,05$).

3.4 Parâmetros reprodutivos

O período de desenvolvimento ovo-adulto, de parasitoides obtidos de pupas expostas ao tiametoxam, foi maior que o daquelas expostas ao clorantraniliprole ($F= 5.84$; $GL= 4$; $P < 0,001$) (Figura 4A). O número de adultos emergidos por hospedeiro ($F= 4.28$; $GL= 4$; $P = 0,001$) e a proporção de fêmeas ($F= 7.98$; $GL= 4$; $P < 0,001$) foram menores de pupas expostas ao tiametoxam que no controle (Figura 4B e 4C, respectivamente).

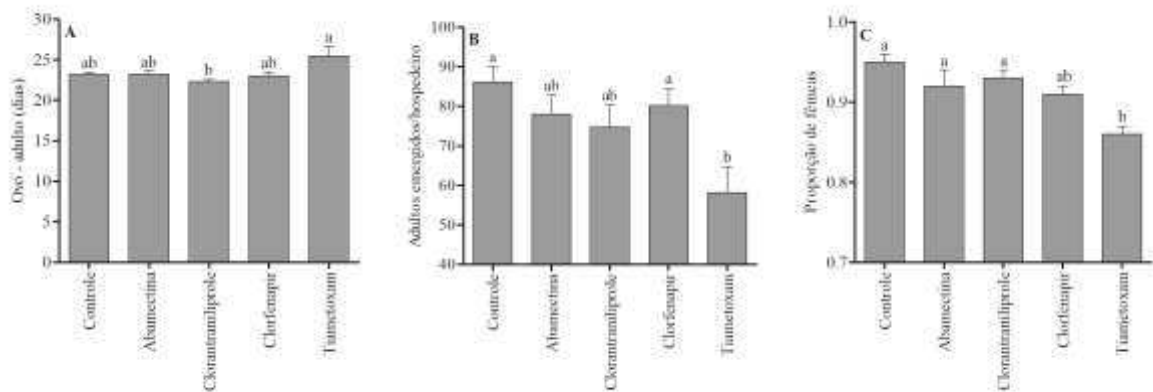


Figura 4 – Período de desenvolvimento ovo-adulto (A), número de adultos emergidos por pupa hospedeira (B), proporção de fêmeas (razão sexual) (C) de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) emergido de pupas de *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) expostas aos inseticidas e à água destilada (controle) (Média \pm erro padrão da média. Barras com mesma letra não diferem entre suas médias (Teste de Tukey, $P < 0,05$).

4 DISCUSSÃO

O menor número de imaturos de *P. elaeisis*, produzido por pupa de *A. gemmatalis*, exposta a abamectina e ao tiametoxam, se deve à translocação desses inseticidas neurotóxicos do inseto hospedeiro para o parasitoide (TAYLOR et al. 2015). A penetração, pelo tegumento do hospedeiro, é uma das vias por onde o inseticida pode ser translocado até o parasitoide no interior do mesmo (MOENS et al., 2012). A exposição de *P. elaeisis* a abamectina e tiametoxam desde a oviposição contribuiu para a redução no número de imaturos produzidos, pois parasitoides são mais sensíveis a esses inseticidas no estágio de ovo (MORALES et al., 2018). O contato com pupas tratadas com esses inseticidas pode, também, ter causado efeitos tóxicos em suas fêmeas adultas, como paralisia, repelência e perda de coordenação, reduzindo a oviposição e, conseqüentemente, o número de imaturos produzidos (ROGERS & POTTER, 2003). Além disso, a exposição a abamectina pode reduzir a viabilidade de ovos como relatado para *Orius insidiosus* Say (Hemiptera: Anthocoridae) (MOSCARDINI et al., 2013).

Os inseticidas diminuíram medidas do corpo de fêmeas adultas de *P. elaeisis*. Essa redução pode estar relacionada a menor frequência de alimentação do inseto causada por esses inseticidas (DANIELS et al., 2009; AZPIAZU et al., 2019; WAQAS et al., 2019). Neonicotinoides, como o tiametoxam, podem inibir o comportamento de alimentação do inseto devido à efeitos no sistema nervoso central e à danos nas células do intestino médio (WANG et al., 2015), influenciando a digestão e transporte de alimentos (TERRA, 1988). O tamanho do corpo afeta diversos aspectos da vida dos insetos, como a fototaxia que pode ser mais forte em insetos maiores (MERLING et al., 2020). Além disso, o tamanho do corpo e a fecundidade foram positivamente correlacionados em *Xylotrechus arvicola* Olivier (Coleoptera: Cerambycidae) e *Ischnocera* (RODRIGUEZ-GONZALEZ et al., 2018; VILLA et al., 2018).

A menor sobrevivência de *P. elaeisis* em pupas tratadas com tiametoxam e abamectina se deve a alta toxicidade desses inseticidas a parasitoides, especialmente o tiametoxam (CHENG et al., 2018; SCHLESENER et al., 2019; WANG et al., 2019). O tiametoxam pode, também, diminuir a abundância de microrganismos benéficos no intestino do inseto (ROUZÉ et al., 2019) e, conseqüentemente, a sobrevivência dos mesmos (AKAMI et al., 2019), pois a microbiota intestinal fornece nutrientes essenciais para seu hospedeiro (SACCHETTI et al., 2014; SIMPSON et al., 2015). A sobrevivência de fêmeas de *P. elaeisis*, semelhante com o clorfenapir e no controle, mostra a seletividade desse inseticida, como relatado para sua baixa

toxicidade ao parasitoide *Copidosoma truncatellum* Dalman (Hymenoptera: Encyrtidae) (RAMOS ET AL., 2018).

O menor número de adultos de *P. elaeisis*, emergido por pupa de *A. gemmatalis* expostas ao tiametoxam, se deve ao impedimento da metamorfose fortemente, influenciada por neonicotinoides (HENEBERG et al., 2020). Além disso, o tiametoxam pode reduzir a eclosão, pupação e fecundidade e, conseqüentemente, o número de adultos emergidos por hospedeiro (LI et al., 2020). Outros parasitoides tiveram a taxa de emergência dos adultos reduzida após exposição ao tiametoxam como *Trichogramma chilonis* Ishii (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (KO et al., 2015), *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Platygasteridae) (PAZINI et al., 2017) e *Aphidius matricariae* Haliday (Hymenoptera: Braconidae) (KHAN et al., 2020). A menor proporção de fêmeas de *P. elaeisis*, emergidas de pupas expostas ao tiametoxam, pode estar relacionada a maior susceptibilidade de fêmeas a neonicotinoides, como relatado para os parasitoides *Aphidius matricariae* e *Lysiphlebus fabarum* expostos a imidaclopride (AMINI Jam et al., 2014; ALMASI et al., 2018). A exposição ao inseticida também pode causar mudança na tomada de decisão da fêmea ao determinar o sexo da prole (DESNEUX et al., 2007)

5 CONCLUSÕES

A toxicidade dos inseticidas abamectina, clorantraniliprole, clorfenapir e tiametoxam a *P. elaeisis* os tornam incompatíveis com esse parasitoide. A Abamectina reduziu a produção de imaturos e a sobrevivência de *P. elaeisis*. O clorantraniliprole diminuiu a sobrevivência do parasitoide. O clorfenapir reduziu o comprimento da tíbia posterior e largura do tórax das fêmeas de *P. elaeisis*. O tiametoxam diminuiu a produção de imaturos, morfometria, sobrevivência, adultos emergidos por hospedeiro e a proporção de fêmeas do parasitoide.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT, 2019. Sistema de agrotóxicos fitossanitários. http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principalagrofitcons. (Accessed 15 junho 2020)
- AKAMI, M.; REN, X. M.; QI, X.; MANSOUR, A.; GAO, B.; CAO, S.; NIU, C. Y. Symbiotic bacteria motivate the foraging decision and promote fecundity and survival of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). **BMC Microbiology**, v. 19, n. 1, p. 1-13, 2019.
- ALCÁNTARA-DE LA CRUZ, R.; ZANUNCIO, J. C.; LACERDA, M. C.; WILCKEN, C. F.; FERNANDES, F. L.; TAVARES, W. S.; SOARES, M. A.; SEDIYAMA, C. S. Side-effects of pesticides on the generalist endoparasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2017.
- ALMASI, A.; RASEKH, A.; ESFANDIARI, M.; SEYAHOOEI, M. A.; ZIAEE, M. The prospect of using sub-lethal imidacloprid or pirimicarb and a parasitoid wasp, *Lysiphlebus fabarum*, simultaneously, to control *Aphis gossypii* on cucumber plants. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 21, n. 1, p. 161-167, 2018.
- AMINI JAM, N.; KOICHEILI, F.; MOSSADEGH, M. S.; RASEKH, A.; SABER, M. Lethal and sublethal effects of imidacloprid and pirimicarb on the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. **Journal of Crop Protection**, v. 3, n. 1, p. 89-98, 2014.
- AZPIAZU, C.; BOSCH, J.; VIÑUELA, E.; MEDRZYCKI, P.; TEPER, D.; SGOLASTRA, F. Chronic oral exposure to field-realistic pesticide combinations via pollen and nectar: effects on feeding and thermal performance in a solitary bee. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2019.
- BUENO, A. F.; PANIZZI, A. R.; HUNT, T. E.; DOURADO, P. M.; PITTA, R. M.; GONÇALVES, J. Challenges for Adoption of Integrated Pest Management (IPM): the Soybean Example. **Neotropical Entomology**, p. 1-16, 2020.
- CHENG, S.; LIN, R.; WANG, L.; QIU, Q.; QU, M.; REN, X.; ZONG, F.; JIANG, H.; YU, C. Comparative susceptibility of thirteen selected pesticides to three different insect egg parasitoid *Trichogramma* species. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 166, p. 86-91, 2018.
- CORDOVA, D.; BENNER, E. A.; SACHER, M. D.; RAUH, J. J.; SOPA, J. S.; LAHM, G. P.; SELBY, T. P.; STEVENSON, T. M.; FLEXNER, L.; GUTTERIDGE, S.; RHOADES, D. F.; WU, L.; SMITH, R. M.; TAO, Y. Anthranilic diamides: a new class of insecticides with a novel mode of action, ryanodine receptor activation. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 84, n. 3, p. 196-214, 2006.
- COSTA, E. S. P.; SOARES, M. A.; CALDEIRA, Z. V.; VON DOS SANTOS VELOSO, R.; DA SILVA, L. A.; DA SILVA, D. J. H.; SANTOS, J. C. D.; CASTRO, B. M. C.; ZANUNCIO, J. C.; LEGASPI, J. C. Selectivity of deltamethrin doses on *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitizing *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-7, 2020.

- DANIELS, M.; BALE, J. S.; NEWBURY, H. J.; LIND, R. J.; PRITCHARD, J. A. A sublethal dose of thiamethoxam causes a reduction in xylem feeding by the bird cherry-oat aphid (*Rhopalosiphum padi*), which is associated with dehydration and reduced performance. **Journal of Insect Physiology**, v. 55, n. 8, p. 758-765, 2009.
- DE PAIVA, A. C. R.; BELOTI, V. H.; YAMAMOTO, P. T. Sublethal effects of insecticides used in soybean on the parasitoid *Trichogramma pretiosum*. **Ecotoxicology**, v. 27, n. 4, p. 448-456, 2018.
- DELVARE, G.; LASALLE, J. A new genus of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) from the Neotropical region, with the description of a new species parasitic on key pests of oil palm. **Journal of Natural History**, v. 27, n. 2, p. 435-444, 1993.
- DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J. M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 81-106, 2007.
- DUDEZAK, A. C.; QUERINO, R. B.; FOERSTER, M. R.; FOERSTER, L. A. First occurrence of *Trichogramma bruni* Nagaraja (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitizing eggs of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Erebidae) in Brazil. **Neotropical Entomology**, v. 46, n. 4, p. 471-472, 2017.
- EHI-EROMOSELE, C. O.; NWINIY, O. C.; AJANI, O. O. Integrated pest management. In: SOLONESKI, S.; LARRAMENDY, M. (eds) Weed and pest control conventional and new challenges. InTechOpen, London, p. 105–115, 2013.
- GREENE, G.; LEPPLA, N.; DICKERSON, W. Velvetbean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v. 69, n. 4, p. 487–488, 1976.
- HOLLINGWORTH, R. M.; GADELHAK, G. G. Mechanisms of action and toxicity of new pesticides that disrupt oxidative phosphorylation. **Reviews in Toxicology**, v. 2, n. 1, p. 253-266, 1998.
- HENEBERG, P.; BOGUSCH, P.; ASTAPENKOVÁ, A.; ŘEZÁČ, M. Neonicotinoid insecticides hinder the pupation and metamorphosis into adults in a crabronid wasp. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2020.
- JESCHKE, P.; NAUEN, R. Neonicotinoids—from zero to hero in insecticide chemistry. **Pest Management Science: formerly Pesticide Science**, v. 64, n. 11, p. 1084-1098, 2008.
- KHAN, M. S.; AKBAR, M. F.; SULTAN, A.; SALEEM, M. S.; GUL, C. Testing the effect of different insecticides on *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) in field mustard (*Brassicae campestris* L.) Czern for possible consideration in an IPM strategy. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 40, n. 1, p. 225-231, 2020.
- KO, K.; LIU, Y.; HOU, M.; BABENDREIER, D.; ZHANG, F.; SONG, K. Toxicity of insecticides targeting rice planthoppers to adult and immature stages of *Trichogramma chilonis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 1, p. 69-76, 2015.

LI, X.; LIU, J.; WANG, X. Exploring the multilevel hazards of thiamethoxam using *Drosophila melanogaster*. **Journal of Hazardous Materials**, v. 384, p. 121419, 2020.

MERLING, M.; EISENMANN, S.; BLOCH, G. Body size but not age influences phototaxis in bumble bee. **Apidologie**, 2020.

MOENS, J.; TIRRY, L.; DE CLERCQ, P. Susceptibility of cocooned pupae and adults of the parasitoid *Microplitis mediator* to selected insecticides. **Phytoparasitica**, v. 40, n. 1, p. 5-9, 2012.

MORALES, S. I.; MARTÍNEZ, A. M.; VIÑUELA, E.; CHAVARRIETA, J. M.; FIGUEROA, J. I.; SCHNEIDER, M. I.; TAMAYO, F.; PINEDA, S. Lethal and sublethal effects on tamarixia triozae (Hymenoptera: Eulophidae), an ectoparasitoid of *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Triozidae), of three insecticides used on solanaceous crops. **Journal of Economic Entomology**, v. 111, n. 3, p. 1048-1055, 2018.

MOSCARDINI, V. F.; DA COSTA GONTIJO, P.; CARVALHO, G. A.; DE OLIVEIRA, R. L.; MAIA, J. B.; E SILVA, F. F. Toxicity and sublethal effects of seven insecticides to eggs of the flower bug *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera: Anthocoridae). **Chemosphere**, v. 92, n. 5, p. 490-496, 2013.

NAFIU, B. S.; DONG, H.; CONG, B. Principles of biological control in integrated pest management. **IJART**, v. 3, n. 1, p. 104-116, 2014.

ORIGINLAB CORPORATION, 2013. OriginPro V. 9.0.0 SR2 B87. Originlab Corporation. Originlab Corporation. Northampton, MA. <http://www.OriginLab.com>.

PAZINI, J. DE B.; PASINI, R. A.; SEIDEL, E. J.; RAKES, M.; MARTINS, J. F. DA S. Side-effects of pesticides used in irrigated rice areas on *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Platygastriidae). **Ecotoxicology**, v. 26, n. 6, p. 782-791, 2017.

PEREIRA, F. F.; ZANUNCIO, J. C.; PASTORI, P. L.; CHICHERA, R. A.; ANDRADE, G. S.; SERRÃO, J. E. Reproductive biology of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) with alternative and natural hosts. **Zoologia (Curitiba)**, v. 27, n. 6, p. 887-891, 2010.

PEREIRA, F. F.; ZANUNCIO, T. V.; ZANUNCIO, J. C.; PRATISSOLI, D.; TAVARES, M. T. Species of Lepidoptera defoliators of Eucalyptus as new host for the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, n. 2, p. 259-262, 2008.

RAMOS, R. S.; DE ARAÚJO, V. C.; PEREIRA, R. R.; MARTINS, J. C.; QUEIROZ, O. S.; SILVA, R. S.; PICANÇO, M. C. Investigation of the lethal and behavioral effects of commercial insecticides on the parasitoid wasp *Copidosoma truncatellum*. **Chemosphere**, v. 191, p. 770-778, 2018.

RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, Á.; PELÁEZ, H. J.; GONZÁLEZ-LÓPEZ, Ó.; MAYO, S.; CASQUERO, P. A. Effects of adults body size and larvae diet on the fecundity and percent fertility of eggs laid by *Xylotrechus arvicola* (Coleoptera: Cerambycidae) females, insect pest in Spanish vineyards. **Entomological Research**, v. 48, n. 2, p. 83-91, 2018.

ROGERS, M. E.; POTTER, D. A. Effects of spring imidacloprid application for white grub control on parasitism of Japanese beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) by *Tiphia vernalis* (Hymenoptera: Tiphidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 96, n. 5, p. 1412-1419, 2003.

ROLIM, A. A. S. G.; YANO, S. A. C.; SPECHT, A.; ANDRADE, C. G. T. D. J.; SOSA-GÓMEZ, D. R. Morphological and molecular characterization of the eggs of some noctuid species associated with soybean in Brazil. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 106, n. 5, p. 643-651, 2013.

ROUZÉ, R.; MONÉ, A.; DELBAC, F.; BELZUNCES, L.; BLOT, N. The honeybee gut microbiota is altered after chronic exposure to different families of insecticides and infection by *Nosema ceranae*. **Microbes and Environments**, p. ME18169, 2019.

SACCHETTI, P.; GHIARDI, B.; GRANCHIETTI, A.; STEFANINI, F. M.; BELCARI, A. Development of probiotic diets for the olive fly: evaluation of their effects on fly longevity and fecundity. **Annals of Applied Biology**, v. 164, n. 1, p. 138-150, 2014.

SAS INSTITUTE. (2002). The SAS System for Windows, release 9.0. Cary, NC: SAS Institute.

SCHLESENER, D. C. H.; WOLLMANN, J.; PAZINI, J. D. B.; PADILHA, A. C.; GRÜTZMACHER, A. D.; GARCIA, F. R. M. Insecticide Toxicity to *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) parasitoids: *Trichopria anastrephae* (Hymenoptera: Diapriidae) and *Pachycrepoideus vindemmiae* (Hymenoptera: Pteromalidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 3, p. 1197-1206, 2019.

SHENG, C. W.; HUANG, Q. T.; LIU, G. Y.; REN, X. X.; JIANG, J.; JIA, Z. Q.; HAN, Z. J.; ZHAO, C. Q. Neurotoxicity and mode of action of fluralaner on honeybee *Apis mellifera* L. **Pest Management Science**, v. 75, n. 11, p. 2901-2909, 2019.

SIMPSON, S. J.; CLISSOLD, F. J.; LIHOREAU, M.; PONTON, F.; WILDER, S. M.; RAUBENHEIMER, D. Recent advances in the integrative nutrition of arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 60, p. 293-311, 2015.

STEFANINI, M.; DE MARTINO, C.; ZAMBONI, L. Fixation of ejaculated spermatozoa for electron microscopy. **Nature**, v. 216, n. 5111, p. 173-174, 1967.

TAVARES, W. D. S.; MASSON, M. V.; FERREIRA-FILHO, P. J.; BARBOSA, L. R.; SILVA, W. M.; WILCKEN, C. F.; ZANUNCIO, J. C. Parasitism of lepidopteran defoliators of urban plants by *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Florida Entomologist**, v. 101, n. 3, p. 453-457, 2018.

TAYLOR, S. V.; BURRACK, H. J.; ROE, R. M.; BACHELER, J. S.; SORENSON, C. E. Systemic imidacloprid affects intraguild parasitoids differently. **PLoS ONE**, v. 10, n. 12, p. e0144598, 2015.

TERRA, W. R. Physiology and biochemistry of insect digestion: an evolutionary perspective. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 21, n. 4, p. 675-734, 1988.

VAN LENTEREN, J. C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, v. 57, n. 1, p. 1-20, 2012.

VILLA, S. M.; EVANS, M. D.; SUBHANI, Y. K.; ALTUNA, J. C.; BUSH, S. E.; CLAYTON, D. H. Body size and fecundity are correlated in feather lice (Phthiraptera: Ischnocera): Implications for Harrison's Rule. **Ecological Entomology**, v. 43, p. 394-396, 2018.

WANG, Z.; DAI, P.; YANG, X.; RUAN, C. C.; BIONDI, A.; DESNEUX, N.; ZANG, L. S. Selectivity of novel and traditional insecticides used for management of whiteflies on the parasitoid *Encarsia formosa*. **Pest Management Science**, v. 75, n. 10, p. 2716-2724, 2019.

WANG, K.; PANG, S.; MU, X.; QI, S.; LI, D.; CUI, F.; WANG, C. Biological response of earthworm, *Eisenia fetida*, to five neonicotinoid insecticides. **Chemosphere**, v. 132, p. 120-126, 2015.

WAQAS, M. S.; QIAN, L.; SHOAIB, A. A. Z.; CHENG, X.; ZHANG, Q.; ELABASY, A. S. S.; SHI, Z. Lethal and Sublethal Effects of Neonicotinoid Insecticides on the Adults of *Phenacoccus solenopsis* (Hemiptera: Pseudococcidae) on Tomato Plants. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 3, p. 1314-1321, 2019.