



**LUANA MESA K**

**EFEITOS TRANSGERACIONAIS DOS INSETICIDAS  
CLORANTRANILIPROLE E FLUBENDIAMIDA SOBRE O  
PREDADOR *Macrolophus basicornis* (HEMIPTERA:MIRIDAE)**

**LAVRAS-MG**

**2020**

**LUANA MESAK**

**EFEITOS TRANSGERACIONAIS DOS INSETICIDAS CLORANTRANILIPROLE E  
FLUBENDIAMIDA SOBRE O PREDADOR *Macrolophus basicornis* (HEMIPTERA:  
MIRIDAE)**

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

Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho  
Orientador  
Dra. Mirian Nunes Morales  
Coorientadora  
Dra. Marianne Araújo Soares  
Coorientadora

**LAVRAS-MG  
2020**

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

Mesak, Luana.

Efeitos transgeracionais dos inseticidas clorantraniliprole e  
flubendiamida sobre o predador *Macrolophus basicornis*  
(Hemiptera:Miridae) / Luana Mesak. - 2020.

43 p.

Orientador(a): Geraldo Andrade Carvalho.

Coorientador(a): Mirian Nunes Morales, Marianne Araújo  
Soares.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2020.

Bibliografia.

1. Diamidas. 2. Tabela de vida. 3. Predador.

I. Carvalho, Geraldo Andrade. II. Morales, Mirian Nunes. III.  
Soares, Marianne Araújo. IV. Título.

**LUANA MESAK**

**EFEITOS TRANSGERACIONAIS DOS INSETICIDAS CLORANTRANILIPROLE E  
FLUBENDIAMIDA SOBRE O PREDADOR *Macrolophus basicornis* (HEMIPTERA:  
MIRIDAE)**

**TRANSGENERATIONAL EFFECTS OF THE CHLORANTRANYLIPROLE AND  
FLUBENDIAMIDE INSECTICIDES ON THE PREDATOR *Macrolophus basicornis*  
(HEMIPTERA: MIRIDAE)**

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

Aprovada em 28 de fevereiro de 2020.

Dr. Geraldo Andrade Carvalho - UFLA

Dr. Leopoldo Ferreira de Oliveira Bernardi - UFLA

Dr. Lucas Del Bianco Faria - UFLA

Dr. Antonio Biondi - Universidade da Catania

Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho

Orientador

Dra. Mirian Nunes Morales

Coorientadora

Dra. Marianne Araújo Soares

Coorientadora

**LAVRAS-MG**

**2020**

*Aos meus pais Adriano Mesak e Eliane Tormim Veiga Lemes pelo amor e apoio incondicional em todos os momentos da vida.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Adriano e Eliane, meus irmãos Adriane e Carlos, avó Geracina e sobrinha Letícia pelo apoio total nesses meus 24 anos de vida, vocês são o motivo de tanto esforço.

À UFLA, DEN-UFLA, FUNDECC-UFLA e CAPES, pelo apoio financeiro e infraestrutura.

Ao meu orientador Geraldo Andrade Carvalho por me acolher como sua orientada, repassando a mim seus conhecimentos. Um exemplo de profissional responsável, competente e humano, sou imensamente grata por todos os momentos de convivência.

À minha coorientadora Marianne (Mari) pelos conselhos, apoio e amizade, mesmo distante se fez presente.

À minha coorientadora Mirian pela paciência e apoio durante o desenvolvimento deste trabalho, sua dedicação é admirável.

À Eliana (Leinha) por ser uma mãe para nós, mesmo quando estamos tão longe da nossa. Obrigada pelos empréstimos financeiros e pelos almoços compartilhados (risos).

À família LEMIP-UFLA, em especial aos meus amigos Karol e Gabriel pelos momentos de descontração e alegria.

Ao meu amigo Nathan, uma das pessoas mais incríveis que tive a oportunidade de conviver, obrigada por tanto.

Às minhas parceiras de apartamento Larissa, Thifani e em especial para Ingridy, uma irmã que Lavras me deu.

Às minhas amigas de longa data Luciana Maria, Camila, Jordana e Deziany, eu amo muito vocês.

Ao meu cãozinho Jhoe, podíamos nós, humanos, termos o coração tão puro quanto o seu.

## RESUMO

A traça-do-tomateiro *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) é uma das principais pragas que acometem plantios de tomate ao redor do mundo. Devido às constantes aplicações de pesticidas nas lavouras, populações da praga se tornaram resistentes à diversos grupos químicos. Por esta razão, tem-se buscado constantemente o desenvolvimento de novos ingredientes ativos, bem como a utilização de métodos alternativos de controle para a regulação populacional deste lepidóptero. A liberação de espécies pertencentes à família Miridae em cultivos protegidos mostra-se uma alternativa eficaz. Dentre estes, destaca-se a espécie *Macrolophus basicornis* (Stal, 1860) (Hemiptera: Miridae), um promissor agente controlador de *T. absoluta* no Brasil. Entretanto, a liberação deste predador pode ser comprometida pelas incessantes pulverizações de inseticidas nos cultivos. Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi avaliar, por meio de estudos de tabela de vida para dois sexos por idade e estágio de desenvolvimento, os possíveis efeitos transgeracionais dos inseticidas clorantraniliprole e flubendiamida, comumente utilizados no controle de *T. absoluta*, ao predador *M. basicornis*. Casais de *M. basicornis* foram tratados com os inseticidas clorantraniliprole e flubendiamida, nas máximas dosagens recomendadas para o controle de *T. absoluta*, e água destilada como controle via torre de Potter. Em seguida, foram colocados em plantas de tomate cv. Santa Clara para oviposição. Foram avaliados os parâmetros biológicos, reprodutivos e populacionais da progênie oriunda dos casais tratados com os inseticidas e controle com base na teoria de tabela de vida para dois sexos por idade e estágio de desenvolvimento (*Age-stage, Two-sex, life table*). A longevidade de fêmeas e machos e o ciclo de vida total dos insetos não foram reduzidos pelos compostos. A aplicação de flubendiamida na geração P1 ocasionou redução no número de descendentes gerados pela geração F1. Os inseticidas clorantraniliprole e flubendiamida não afetaram significativamente parâmetros importantes como  $r$ ,  $\lambda$  e  $R_0$ . Os resultados indicam que as diamidas clorantraniliprole e fluendiamida podem ser utilizadas em lavouras de tomate para o controle de *T. absoluta* com a presença de *M. basicornis*, no entanto, com maior atenção para este último, por ocasionar redução na fecundidade deste predador.

**Palavras-chave:** Seletividade. Diamidas. Tabela de vida. Predador.

## ABSTRACT

The tomato moth *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) is one of the main pests that affect tomato plantations around the world. Due to the constant application of pesticides in crops, pest populations have become resistant to several chemical groups. For this reason, the development of new active ingredients has been constantly sought, as well as the use of alternative methods of control for the population regulation of this lepidopteran. The release of species belonging to the Miridae family in protected crops is an effective alternative. Among these, the species *Macrolophus basicornis* (Stal, 1860) (Hemiptera: Miridae) stands out, a promising controlling agent for *T. absoluta* in Brazil. However, the release of this predator can be compromised by the incessant spraying of insecticides on crops. Thus, the objective of the present work was to evaluate, through life table studies for two sexes by age and stage of development, the possible transgenerational effects of the insecticides chlorantraniliprole and flubendiamide, commonly used in the control of *T. absoluta*, to the predator *M. basicornis*. *M. basicornis* couples were treated with the insecticides chlorantraniliprole and flubendiamide, in the maximum dosages recommended for the control of *T. absoluta*, and distilled water as control via Potter tower. Then, they were placed in tomato plants cv. Santa Clara for oviposition. The biological, reproductive and population parameters of the progeny from couples treated with insecticides and control were evaluated based on the theory of a life table for two sexes by age and stage of development (*Age-stage, Two-sex, life table*). The longevity of females and males and the total life cycle of insects were not reduced by the compounds. The application of flubendiamide in the P1 generation caused a reduction in the number of offspring generated by the F1 generation. The insecticides chlorantraniliprole and flubendiamide did not significantly affect important parameters such as  $r$ ,  $\lambda$ , and  $RO$ . The results indicate that the diamides chlorantraniliprole and fluendiamide can be used in tomato crops for the control of *T. absoluta* with the presence of *M. basicornis*, however, with greater attention to the latter, for causing a reduction in the fertility of this predator.

**Keywords:** Selectivity. Diamides. Life table. Predator.

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	11
2. Material e Métodos.....	14
2.1 Insetos.....	14
2.2 Inseticidas e tratamento controle.....	15
2.3 Exposição de <i>M. basicornis</i> aos inseticidas.....	15
2.4 Procedimentos experimentais.....	16
2.5 Análises da tabela de vida.....	17
3. Resultados .....	20
3.1 Efeitos dos inseticidas no ciclo de vida de <i>M. basicornis</i> .....	21
3.2 Taxa de sobrevivência e expectativa de vida .....	22
3.3 Parâmetros reprodutivos.....	25
3.4 Parâmetros populacionais .....	27
4. Discussão .....	27
5. Conclusão .....	31
6. Referências.....	31

**Efeitos transgeracionais dos inseticidas clorantraniliprole e flubendiamida sobre o predador *Macrolophus basicornis* (Hemiptera: Miridae)**

**Luana Mesak<sup>1</sup>, Mirian N. Morales<sup>2</sup>, Nathan J. Lopes<sup>1</sup>, Marianne Araújo Soares<sup>1</sup>, Geraldo A. Carvalho<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratório de Ecotoxicologia e MIP, Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, CEP 37200-900 - Lavras MG, Brasil.

<sup>2</sup>Pós-Doc em Entomologia, Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, CEP 37200-900 - Lavras MG, Brasil.

**Versão preliminar apresentada de acordo com as normas do periódico Ecotoxicology and Environmental Safety em fevereiro de 2020.**

## 1        **1. Introdução**

2  
3            A traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) é uma  
4 das principais pragas que atacam plantios de tomate ao redor do mundo. Foi inicialmente descrita  
5 como originária da América Central, mas alguns relatos indicam que se originou no planalto  
6 central do Peru, migrando para América Latina na década de 60 (Campos et al., 2017). Tem sido  
7 classificada como praga chave desta cultura na América do Sul a mais de 50 anos (Desneux et al.,  
8 2010; Desneux et al., 2011; Biondi et al., 2018).

9            Apesar dos impactos que as aplicações de pesticidas sintéticos possam causar nos  
10 organismos de diversos níveis tróficos, o método químico ainda continua sendo o mais  
11 empregado no controle de *T. absoluta* em diversos países (Guedes e Picanço, 2012; Biondi et al.,  
12 2018). O uso indiscriminado de produtos químicos vem causando a seleção de populações de *T.*  
13 *absoluta* resistentes a diversos inseticidas pertencentes aos grupos químicos dos  
14 organofosforados, piretroides (Salazar e Araya, 1997, 2001), avermectinas e nereistoxina  
15 (Siqueira et al., 2000), oxadiazinas (Silva et al., 2011), e espinosinas (Campos et al., 2015a). A  
16 busca por novos ingredientes ativos e a utilização de métodos não químicos para a regulação  
17 populacional de pragas em agroecossistemas têm se tornado uma realidade em programas de  
18 manejo integrado de pragas (MIP) (Terzidis et al., 2014).

19            As diamidas são um novo grupo químico de inseticidas introduzidos em 2008 (EPA,  
20 2008). Os inseticidas pertencentes a este grupo são moduladores dos receptores musculares de  
21 rianodina (RyR) (Grupo 28), levando a liberação desregulada de íons cálcio no citoplasma a  
22 partir de estoques intracelulares, causando contrações, paralisia e sequencialmente a morte do  
23 organismo (IRAC, 2020). Os inseticidas clorantraniliprole e flubendiamida (diamidas) são  
24 importantes no controle de populações de *T. absoluta* no Brasil (Campos et al., 2015b).

25 Entretanto, existem diversos relatos de populações brasileiras desta praga resistentes a esses  
26 compostos, adicionalmente a resistência cruzada ao ciantraniliprole que também é uma diamida  
27 foi reportada (Silva et al., 2016b). A resistência cruzada ocorre pois os produtos que apresentam  
28 o mesmo modo de ação competem pelo mesmo sistema enzimático de desintoxicação (Casida,  
29 2017). Desta forma, deve ser promovido o uso racional destas moléculas para retardar a seleção e  
30 evolução da resistência, aumentando desta forma, a vida útil dos compostos (Jallow et al., 2018).

31 O uso de heterópteros generalistas no controle biológico de pragas tem se mostrado uma  
32 alternativa viável e eficaz (Van Lenteren, 2012). Pertencentes a este grupo, os predadores da  
33 família Miridae têm sido utilizados na regulação de pragas de solanáceas em sistema de cultivo  
34 protegido na Europa (Calvo et al., 2012). São insetos zoofitófagos capazes de se alimentar de  
35 diversos artrópodes e materiais vegetais durante o mesmo estágio de desenvolvimento. O hábito  
36 de zoofitofagia dos mirídeos favorece seu estabelecimento no cultivo, principalmente em  
37 momentos críticos, quando há escassez de presas (Castañé et al., 2011). As espécies *Macrolophus*  
38 *pygmaeus* (Rambur, 1839) e *Nesidiocoris tenuis* (Reuter, 1895) (Hemiptera: Miridae) apresentam  
39 ocorrência natural em cultivos comerciais da Europa, entretanto, os mesmos também são  
40 produzidos massalmente e comercializados em biofábricas para o controle de artrópodes-praga  
41 (Castañé et al., 2011; Zappalà et al., 2013; Biondi et al., 2018). No Brasil a espécie *Macrolophus*  
42 *basicornis* (Stal, 1860) (Hemiptera: Miridae) tem se destacado como um promissor agente de  
43 controle de *T. absoluta* (Bueno et al., 2012; Bueno et al., 2013).

44 A liberação de *M. basicornis* em cultivos de solanáceas pode ser comprometido pelas  
45 constantes pulverizações de pesticidas nas lavouras, podendo chegar a mais de 30 aplicações por  
46 período de cultivo (Guedes e Picanço, 2012). Desta forma, diversos estudos têm sido realizados a  
47 fim de verificar os possíveis efeitos letal e subletais (e.g. redução na taxa reprodutiva, retardo no  
48 desenvolvimento, diminuição na capacidade de localizar presas) de novas moléculas inseticidas,

49 utilizadas no controle de *T. absoluta*, sobre esses organismos não alvos (i.e. polinizadores e  
50 inimigos naturais) (Passos et al., 2017; Passos et al., 2018, Soares et al., 2019a). Estudos mostram  
51 a toxicidade de modernos inseticidas, como clorantraniliprole e flubendiamida, em estágios de  
52 vida específicos de *M. basicornis*, e concluíram que foram inócuos ao predador (Passos et al.,  
53 2017; Passos et al., 2018; Wanumen et al., 2016a); entretanto, os efeitos destas moléculas no  
54 ciclo de vida total destes insetos ainda são desconhecidos.

55 Nas últimas décadas a avaliação dos efeitos transgeracionais de pesticidas em insetos  
56 benéficos tem ganhado mais atenção por parte dos pesquisadores (Brevik et al., 2018), visto que  
57 existem moléculas químicas que, apesar de não serem letais, podem causar efeitos adversos nos  
58 insetos sobreviventes ou mesmo em sua progênie. Para entender de forma mais abrangente os  
59 efeitos de determinadas moléculas inseticidas sobre agentes de controle biológico, estudos sobre  
60 a história de vida dos organismos, por meio do desenvolvimento de tabelas de vida se fazem  
61 necessários (Stark et al., 2007).

62 As tabelas de fertilidade e de vida tradicionais são baseadas apenas em parâmetros  
63 biológicos de fêmeas, ignorando as taxas de desenvolvimento e sobrevivência dos machos  
64 (Istock, 1981; Chi e Liu, 1985; Chi, 1988; Carey e Liedo, 1995). Anomalias podem ocorrer se os  
65 espécimes machos não forem considerados, uma vez que as taxas de desenvolvimento podem  
66 variar entre os sexos, mesmo quando os experimentos são realizados sob condições controladas  
67 de temperatura, umidade e disponibilidade de nutrientes (Chi, 1988). Além disso, os modelos  
68 anteriores podem refutar os valores de fecundidade, descartando ou assumindo como fêmeas os  
69 espécimes que morrem antes da idade adulta, ou mesmo assumindo que todas as fêmeas surgiram  
70 no mesmo dia.

71 Em 1985, Chi e Liu desenvolveram os estudos de tabela de vida para os dois sexos por  
72 idade e estágio de desenvolvimento (*Age-stage, two-sex, life table*). Segundo Huang e Chi

73 (2011a), a avaliação de fêmeas e machos em populações é uma técnica eficaz em estudos  
74 demográficos, pois anula as falhas apresentadas nos modelos anteriores, permitindo assim,  
75 estimar grande variedade de parâmetros para ambos os sexos frente às diferentes fases de  
76 desenvolvimento de uma espécie.

77 O objetivo do presente trabalho foi avaliar, por meio de tabela de vida para os dois sexos  
78 por idade e estágio de desenvolvimento, os possíveis efeitos transgeracionais das diamidas  
79 clorantraniliprole e flubendiamida sobre *M. basicornis*.

80

## 81 **2. Material e Métodos**

### 82 **2.1 Insetos**

83

84 Parte dos adultos de *M. basicornis* utilizados foi proveniente da criação já existente no  
85 Laboratório de Ecotoxicologia e Manejo Integrado de Pragas (LEMIP–UFLA). Entretanto, novos  
86 predadores foram obtidos pelo Laboratório de Biologia de Insetos da Escola Superior de  
87 Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP), Piracicaba - São Paulo. Desta forma, duas  
88 populações de predadores deram origem a criação utilizada no estudo, visando reduzir a  
89 endogamia, e conseqüentemente os efeitos adversos na progênie de predadores utilizados no  
90 estudo. Os insetos foram coletados originalmente em plantas de tabaco (*cv.* TNN). A  
91 identificação dos exemplares foi feita com base nas características morfológicas por meio da  
92 chave de espécies da família Miridae, proposta por Ferreira e Henry (2011).

93 Em condições de laboratório, os insetos (~800) foram mantidos em gaiolas de acrílico (60  
94 x 30 x 30 cm) contendo uma planta de tomate (*cv.* Santa Clara) (50 cm de altura) isenta de  
95 qualquer resíduo de pesticida. Foi fornecido, *ad libitum*, ovos de *Ephestia kuehniella* (Zeller)

96 (Lepidoptera: Pyralidae) como presa alternativa. Uma vez por semana, os adultos foram  
97 transferidos para novas gaiolas contendo uma planta de tomate. A criação de *M. basicornis* e os  
98 bioensaios foram realizados em salas climatizadas, com  $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa  
99 e fotofase de 12 h.

## 100 **2.2 Inseticidas e tratamento controle**

101  
102 Os ingredientes ativos (seguidos pela marca, nome do fabricante, modo de ação de acordo  
103 com o IRAC (2020), e dose (g i.a.L<sup>-1</sup>)) foram: clorantraniliprole (Premio<sup>®</sup>, DuPont, modulador do  
104 receptor de rianodina - 0,03) e flubendiamida (Belt<sup>®</sup>, Bayer, modulador do receptor de rianodina  
105 - 0,20). Estes inseticidas foram selecionados devido à baixa letalidade ao *M. basicornis*, de  
106 acordo com trabalhos prévios desenvolvidos no LEMIP-UFLA.

107 Os inseticidas foram aplicados nas máximas doses recomendadas pelos fabricantes para o  
108 controle de *T. absoluta* em tomateiro no Brasil (Agrofit, 2020). Água destilada foi utilizada como  
109 tratamento controle.

## 110 **2.3 Exposição de *M. basicornis* aos inseticidas**

111  
112 Duzentos e setenta casais de *M. basicornis* com aproximadamente 24 horas de emergência,  
113 pertencentes a segunda geração, foram utilizados nos bioensaios. Cinco casais foram mantidos  
114 em cada placa de Petri (50 x 15 mm), e submetidos à aplicação de CO<sub>2</sub> por cinco segundos para  
115 reduzir sua atividade metabólica, totalizando 90 casais por tratamento. Em seguida, os predadores  
116 foram tratados via torre de Potter (Burkard Scientific Co., Uxbridge, Reino Unido, pressão: 100  
117 kPa, volume de aplicação =  $1,5 \pm 0,5$  mL.cm<sup>-2</sup>).

118 Após a pulverização, 15 casais, foram transferidos para placas de Petri (200 x 30 mm),  
119 onde previamente foi colocada uma folha de tomate com o pecíolo imerso em um tubo  
120 Eppendorf<sup>®</sup> contendo ágar-água, totalizando seis placas por tratamento. Ovos de *E. kuehniella ad*  
121 *libitum* foram distribuídos como fonte alimento nas placas, e posteriormente as mesmas foram  
122 vedadas com filme plástico de PVC. Os insetos permaneceram nas placas por seis dias, tempo  
123 referente à pré-oviposição das fêmeas. Os adultos sobreviventes foram colocados em gaiola de  
124 PVC (50 cm de altura x 20 cm de diâmetro) contendo uma planta de tomate (~ 20 cm de altura),  
125 isenta de resíduos químicos e cultivada em substrato (Carolina<sup>®</sup>) no interior de copo plástico (400  
126 mL). Foram utilizadas seis gaiolas por tratamento. Sobre as folhas foram distribuídos ovos de *E.*  
127 *kuehniella ad libitum*. As gaiolas foram vedadas nas extremidades inferior com uma placa de  
128 Petri (200 x 30 mm) e superior com tecido tipo *voile*. Os adultos foram mantidos nas gaiolas  
129 durante 24 horas para oviposição, e retirados em seguida. Os mirídeos realizam a postura no  
130 tecido da planta (endofítica), desta forma, foi estimado a duração da fase de ovo dos insetos. As  
131 plantas foram observadas diariamente para determinar o número de ninfas que eclodiram dos  
132 ovos.

133

#### 134 **2.4 Procedimentos experimentais**

135

136

137 Sessenta ninfas recém-eclodidas de ovos provenientes de adultos submetidos aos  
138 tratamentos foram retiradas das plantas de tomate com o auxílio de um pincel de cerdas finas.  
139 Cada ninfa foi individualizada em placa de Petri (100 x 20 mm), contendo um folíolo de tomate  
140 com seu pecíolo imerso em um tubo Eppendorf<sup>®</sup> preenchido por ágar-água (1%) (Passos et al.,  
141 2017), e ovos *ad libitum* de *E. kuehniella*. Posteriormente, as placas foram vedadas com filme

142 plástico de PVC para evitar a fuga das ninfas. A cada cinco dias, os folíolos e ovos velhos de *E.*  
143 *kuehniella* foram substituídos por novos.

144 As seis plantas de tomate de cada tratamento, contendo as ninfas remanescentes, foram  
145 mantidas em uma gaiola de acrílico (60 x 30 x 30 cm) como estoque de insetos adultos para a  
146 fase de reprodução.

147 As ninfas foram observadas diariamente nas placas com o auxílio de uma lupa de mão  
148 (10x) verificando a presença de exúvias, para determinação da mudança de ínstar durante o  
149 desenvolvimento e mortalidade.

150 Formaram-se casais com os adultos obtidos, onde cada casal de predadores foi colocado  
151 em placa de Petri (200 x 30 mm), contendo uma folha de tomate com seu pecíolo envolto em  
152 algodão umedecido por água e introduzido em um tubo Eppendorf<sup>®</sup>. Sobre as folhas foram  
153 distribuídos ovos *ad libitum* de *E. kuehniella* e as placas foram vedadas por filme plástico para  
154 evitar a fuga dos adultos.

155 Para os tratamentos onde a razão sexual dos adultos não foram de 1:1, machos ou fêmeas  
156 da gaiola de estoque foram utilizados para complementar os casais, entretanto não houve  
157 avaliação das características biológicas dos mesmos.

158 Os casais foram transferidos a cada 24 horas, com o auxílio de um pincel, para novas  
159 placas contendo folhas frescas de tomate, até a morte da última fêmea. A longevidade dos adultos  
160 foi registrada a cada 24h. As placas anteriores contendo folhas de tomate foram observadas  
161 diariamente até o 14º dia a fim de verificar o surgimento de ninfas.

162

## 163 2.5 Análises da tabela de vida

164

165 Os dados referentes à história de vida de *M. basicornis*, submetidos aos três tratamentos,  
 166 foram analisados com base na teoria de tabela de vida para dois sexos por idade e estágio de  
 167 desenvolvimento (*Age-stage, Two-sex, life table*) (Chi e Liu, 1985; Chi, 1988) por meio do  
 168 programa TWSEX-MSChart para Windows (Chi, 2020).

169 Os seguintes parâmetros biológicos foram calculados: taxa de sobrevivência por idade-  
 170 estágio específico ( $S_{xj}$ ) ( $x$  = idade e  $j$  = estágio); taxa de sobrevivência por idade específica ( $l_x$ );  
 171 fecundidade por idade específica ( $m_x$ ); maternidade por idade específica ( $l_x m_x$ ); fecundidade por  
 172 idade-estágio específico ( $f_{xj}$ ); valor reprodutivo por idade-estágio ( $v_{xj}$ ); e expectativa de vida por  
 173 idade-estágio ( $e_{xj}$ ).

174 A taxa de sobrevivência por idade-estágio específico ( $S_{xj}$ ) é a probabilidade de que um  
 175 indivíduo recém-nascido sobreviva à idade  $x$  e estágio  $j$ , sendo calculada por meio da fórmula:

$$176 \quad S_{xj} = \frac{n_{xj}}{n_{01}} \quad (1)$$

177 Onde  $n_{xj}$  é o número de insetos sobreviventes na idade  $x$  e estágio  $j$ , e  $n_{01}$  é o número de  
 178 ninfas utilizadas inicialmente no estudo de tabela de vida.

179 A taxa de sobrevivência por idade específica ( $l_x$ ) é dada quando as taxas de sobrevivência  
 180 de todos os estágios na mesma idade são combinadas, sendo calculada pela seguinte fórmula  
 181 (onde  $m$  é o número de estágios):

$$182 \quad l_x = \sum_{j=1}^m S_{xj} \quad (2)$$

183 A fecundidade específica por idade ( $m_x$ ) é a descendência média por espécime na idade  $x$ ,  
 184 incluindo não somente a fêmea, mas todos os indivíduos nessa idade que contribuam para o valor  
 185 reprodutivo. Seguindo Chi e Liu (1985) e Chi (1988)  $m_x$  foi calculado pela fórmula:

$$186 \quad m_x = \frac{\sum_{j=1}^m S_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^m S_{xj}} \quad (3)$$

187 Onde  $S_{xj}$  é a taxa de sobrevivência por idade-estágio específico e  $f_{xj}$  é a fecundidade por  
188 idade-estágio específico.

189 A maternidade específica por idade ( $l_x m_x$ ) é o número de descendentes esperados por  
190 indivíduo na idade  $x$ , levando-se em conta a probabilidade que chegue vivo a tal idade. É obtida  
191 por meio da fórmula:

$$192 \quad l_x m_x = l_x \cdot m_x \quad (4)$$

193 A fecundidade por idade-estágio específico ( $f_{xj}$ ) foi calculada seguindo Chang et al.  
194 (2016) (onde  $E_x$  é o número total de ovos postos por todas as fêmeas na idade  $x$ ):

$$195 \quad f_{xj} = \frac{E_x}{n_{x4}} \quad (5)$$

196 O valor reprodutivo por idade-estágio ( $v_{xj}$ ) é a contribuição de um indivíduo na idade  $x$  e  
197 estágio  $j$  para a população futura (descendência). É calculado seguindo Huan e Chi (2011b) e  
198 Tuan et al. (2014), por meio da fórmula:

$$199 \quad v_{xj} = \frac{e^{r(x+1)}}{S_{xj}} \sum_{i=x}^{\infty} e^{-r(i+1)} \sum_{y=j}^m S'_{iy} f_{iy} \quad (6)$$

200 A expectativa de vida por idade-estágio ( $e_{xj}$ ) é o tempo estimado em que um indivíduo  
201 possa viver à idade  $x$  e estágio  $j$ . Foi calculada seguindo Chi e Su (2006). Onde  $m$  é o número de  
202 estágios e  $S'_{iy}$  é a probabilidade de sobrevivência.

$$203 \quad e_{xj} = \sum_{i=x}^{\infty} \sum_{y=j}^m S'_{iy} \quad (7)$$

204 Como parâmetros reprodutivos, foram calculados a fecundidade média; a oviposição  
205 (dias); o período de pré-oviposição do adulto (PPOA); período de pré-oviposição total (PPOT).

206 Além dos parâmetros biológicos, os seguintes parâmetros populacionais foram calculados:  
207 taxa reprodutiva líquida ( $R_0$ ); taxa intrínseca de crescimento ( $r$ ); taxa finita de crescimento ( $\lambda$ ); e  
208 tempo médio da geração ( $T$ ).

209 A taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ) é o número médio de descendentes produzidos por um  
 210 indivíduo durante toda sua vida útil. É a soma acumulada de  $l_x m_x$  desde o nascimento até a morte,  
 211 sendo calculada da seguinte forma:

$$212 \quad R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x \quad (8)$$

213 A taxa intrínseca de crescimento ( $r$ ) foi estimada utilizando-se o método de bissecção  
 214 (Burden e Faires, 2011), aplicado na equação de Euler–Lotka, com a idade indexada a partir de 0  
 215 (Goodman, 1982):

$$216 \quad \sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1 \quad (9)$$

217 A taxa finita de crescimento ( $\lambda$ ) é o número de vezes em que uma população multiplica  
 218 em uma unidade de tempo, calculada por meio da fórmula:

$$219 \quad \lambda = e^r \quad (10)$$

220 O tempo médio de geração ( $T$ ) pode ser definido como o tempo decorrido entre o  
 221 nascimento dos progenitores e seus descendentes (Krebs et al., 2001):

$$222 \quad T = \frac{\ln(R_0)}{r} \quad (11)$$

223 As médias e os erros padrão da longevidade, parâmetros reprodutivos e populacionais  
 224 foram estimados utilizando-se o método de Bootstrap, com 100.000 reamostragens, devido à  
 225 inclusão da variabilidade sexual e suas respostas (Efron e Tibshirani, 1993; Hesterberg, 2008;  
 226 Huang and Chi, 2011b, 2013; Yu et al., 2013; Akköprü et al., 2015). As diferenças dos  
 227 parâmetros biológicos e populacionais entre os tratamentos foram analisadas por meio do teste de  
 228 Bootstrap pareado (Crowley, 1992; Hesterberg et al., 2005; Smucker et al., 2007) por meio do  
 229 programa TWSEX-MSChart para Windows (Chi, 2020).

230

### 231 **3. Resultados**

232 **3.1 Efeitos dos inseticidas no ciclo de vida de *M. basicornis***

233

234 Insetos descendentes de casais tratados com clorantraniliprole apresentaram maior

235 período embrionário. Ocorreram diferenças significativas para os estádios ninfais em N1, N2, N3

236 e N5, com exceção de N4, em que os tratamentos não apresentaram diferenças significativas ( $p$

237  $>0,05$ ). A progênie dos predadores submetidos ao tratamento com flubendiamida apresentou

238 redução no tempo de desenvolvimento (i.e. N1). Em relação ao clorantraniliprole, houve redução

239 no tempo de desenvolvimento das ninfas (i.e. N2, N3 e N5). Entretanto, observou-se que a

240 progênie dos insetos expostos ao clorantraniliprole apresentaram aumento no tempo total do

241 estágio imaturo (Tabela 1).

242

243 **Tabela 1**

244 Efeitos dos inseticidas no desenvolvimento de *Macrolophus basicornis*.

Parâmetro	Estágio	Controle		Clorantraniliprole		Flubendiamida	
		N	Média ± SE	N	Média ± SE	N	Média ± SE
Tempo de desenvolvimento (dias)	Ovo	60	12,00 ± 0,00b	60	14,00 ± 0,00a	60	12,00 ± 0,00b
	N1	59	3,76 ± 0,07a	58	3,83 ± 0,07a	53	3,53 ± 0,09b
	N2	58	3,45 ± 0,07a	54	3,24 ± 0,07b	48	3,56 ± 0,08a
	N3	55	3,22 ± 0,07ab	52	3,06 ± 0,06b	44	3,30 ± 0,08a
	N4	54	3,67 ± 0,06a	51	3,61 ± 0,07a	43	3,67 ± 0,08a
	N5	54	6,20 ± 0,06a	50	5,98 ± 0,08b	43	6,12 ± 0,07ab
	Ovo-N5	54	32,28 ± 0,10b	50	33,68 ± 0,12a	43	32,19 ± 0,14b
Longevidade (dias)	Adulto	54	70,80 ± 3,11a	50	65,26 ± 2,39a	43	62,92 ± 2,84a
	Fêmea	28	69,68 ± 4,15a	24	61,21 ± 1,62a	28	61,33 ± 3,75a
	Macho	26	72,00 ± 4,71a	26	69,01 ± 4,25a	15	65,88 ± 4,25a
Ciclo de vida*	Ovo-Adulto	54	103,07 ± 3,11a	50	98,94 ± 2,36a	43	95,11 ± 2,88a

245 Médias na mesma linha seguidas por letras diferentes diferem entre si ( $p < 0,05$ ). As diferenças entre os tratamentos

246 foram obtidas por meio do teste Bootstrap pareado com 100.000 reamostragens.

247 N = número de espécimes em cada fase de desenvolvimento.

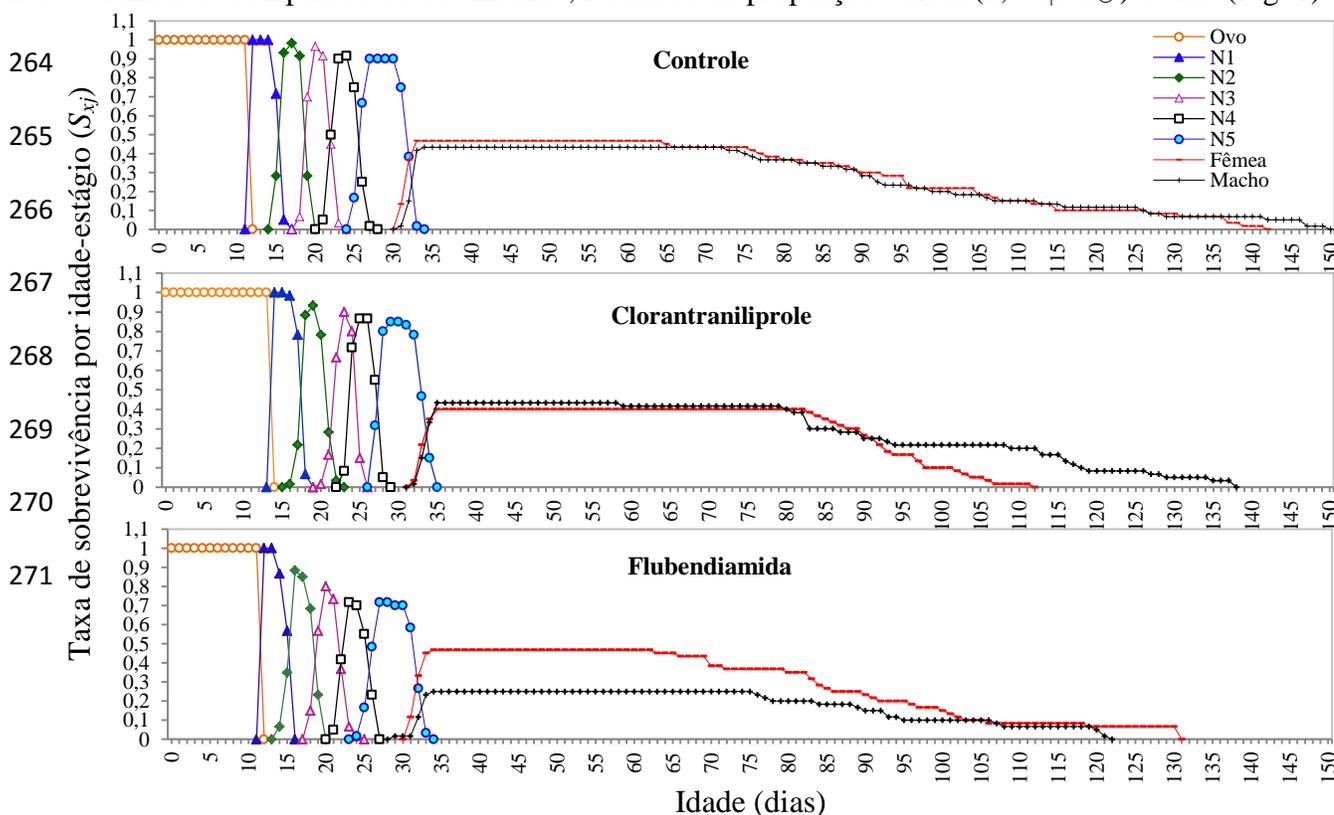
248 N1 = ninfa de 1º ínstar; N2 = ninfa de 2º ínstar; N3 = ninfa de 3º ínstar; N4 = ninfa de 4º ínstar e N5 = ninfa de 5º  
249 ínstar.

250 \* Média da história de vida total para machos e fêmeas, em dias, apenas dos insetos que se tornaram adultos.

251  
252 Maiores mortalidades de imaturos ocorreram nos três primeiros ínstar, sendo que nos  
253 estádios N4 e N5 a maioria dos predadores alcançou a fase adulta. Em todos os tratamentos, as  
254 ninfas que atingiram o 5º ínstar foram capazes de se transformar em insetos adultos. A proporção  
255 de fêmeas e machos determinada para os insetos de cada tratamento foi: água destilada (1,08♀:  
256 1♂), clorantraniliprole (0,92♀: 1♂) e flubendiamida (1,86♀:1♂). A longevidade de fêmeas e  
257 machos e o ciclo de vida total dos insetos não foram reduzidos pelos compostos (Tabela 1).

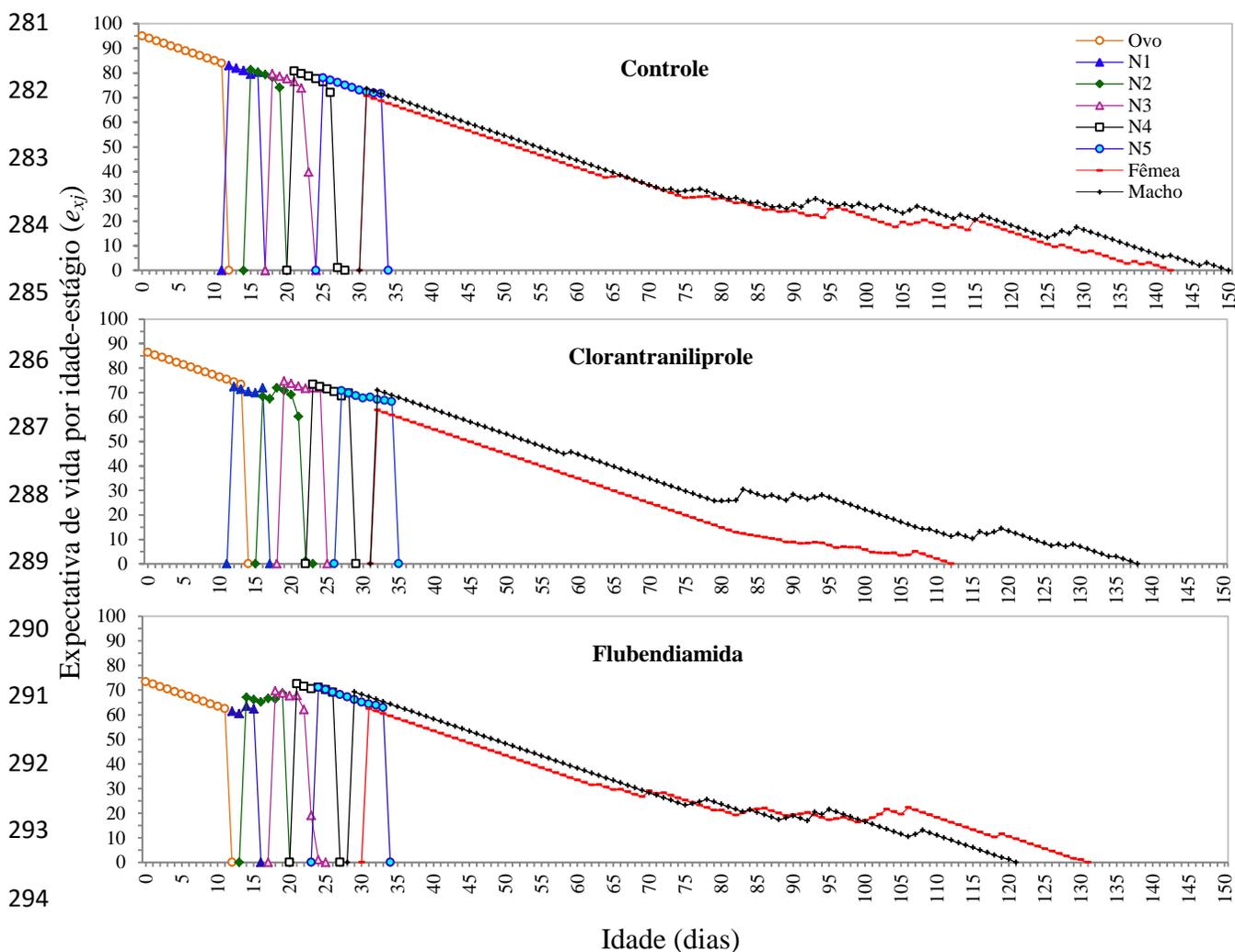
### 258 3.2 Taxa de sobrevivência e expectativa de vida

259  
260 As maiores taxas de sobrevivência por idade-estágio específico ( $S_{xj}$ ) foram obtidas na fase  
261 de ovo. Flubendiamida causou a maior mortalidade dos insetos no período do desenvolvimento  
262 ninfal. Constatou-se ainda que, neste tratamento, ocorreu  $S_{xj}$  mais elevado inicialmente para  
263 fêmeas se comparado ao dos machos, resultado da proporção sexual (1,86♀: 1♂) obtida (Fig. 1).



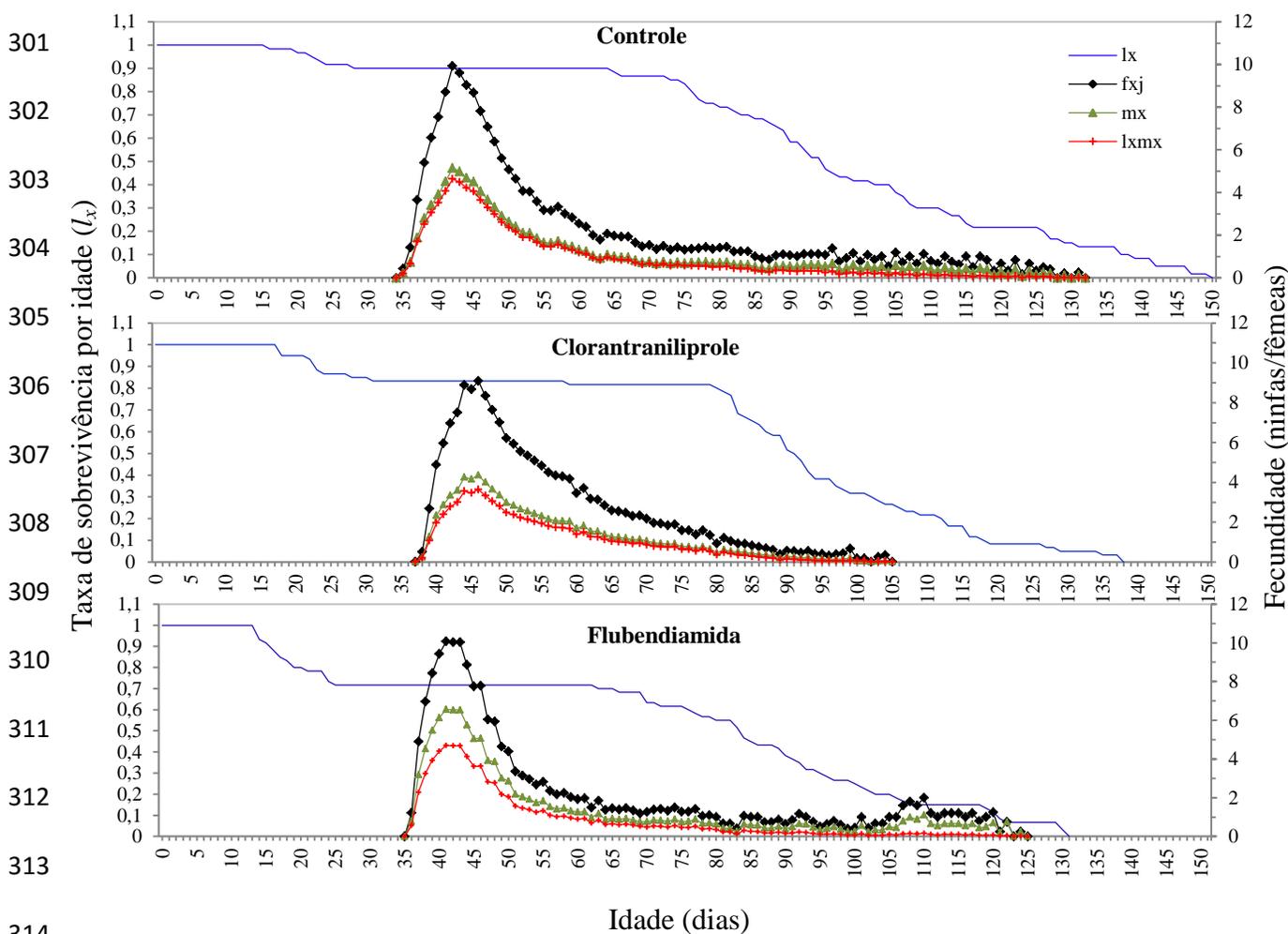
272 **Fig. 1.** Taxa de sobrevivência por idade-estágio específico ( $S_{xj}$ ) de *Macrolophus basicornis* nos  
 273 tratamentos controle, clorantraniliprole e flubendiamida.

274  
 275 Para água destilada, clorantraniliprole e flubendiamida a expectativa de vida por idade-  
 276 estágio ( $e_{xj}$ ) mais elevada foi observada para a fase de ovo (94,98; 86,26 e 73,33 dias, no dia 1,  
 277 respectivamente). Flubendiamida apresentou menores valores para o parâmetro  $e_{xj}$  no início de  
 278 cada estágio de desenvolvimento de *M. basicornis*. Machos apresentaram expectativa de vida  
 279 mais elevada, sendo constatado um declínio gradual deste parâmetro na fase adulta para ambos os  
 280 sexos em todos os tratamentos (Fig. 2)



295 **Fig. 2.** Expectativa de vida por idade-estágio ( $e_{xj}$ ) de *Macrolophus basicornis* nos tratamentos  
 296 controle, clorantraniliprole e flubendiamida.

297 A taxa de sobrevivência por idade específica ( $l_x$ ) é utilizada para descrever as mudanças  
 298 na sobrevivência da população de acordo com a idade, sendo uma forma simplificada do  $S_{xj}$ . A  
 299 curva deste parâmetro reduziu de forma mais evidente nos estágios iniciais de desenvolvimento  
 300 do predador no tratamento com flubendiamida (Fig. 3).



315 **Fig. 3.** Taxa de sobrevivência por idade específica ( $l_x$ ), fecundidade por idade-estágio específico  
 316 ( $f_{xj}$ ), fecundidade por idade específica ( $m_x$ ) e maternidade por idade específica ( $l_x m_x$ ) de  
 317 *Macrolophus basicornis* nos tratamentos controle, clorantraniliprole e flubendiamida.

### 318 3.3 Parâmetros reprodutivos

319  
 320 Ocorreu aumento dos períodos de pré-oviposição do adulto (PPOA) e de pré-oviposição  
 321 total (PPOT) no tratamento à base de clorantraniliprole, nestes parâmetros o flubendiamida  
 322 mostrou-se inócuo. A menor fecundidade de *M. basicornis* foi observada no tratamento com  
 323 flubendiamida. Fêmeas oriundas de progenitores tratados com clorantraniliprole apresentaram  
 324 menor período de oviposição, no entanto, sua fecundidade não foi reduzida. As menores máximas  
 325 de fecundidades diária (MFD) e total (MFT) foram constatadas nos tratamentos com inseticidas  
 326 (Tabela 2).

327  
 328 **Tabela 2**  
 329 Parâmetros reprodutivos de *Macrolophus basicornis* em diferentes tratamentos. Máxima  
 330 fecundidade diária (MFD); máxima fecundidade total (MFT); período de pré-oviposição do  
 331 adulto (PPOA) e período de pré-oviposição total (PPOT).

Parâmetro	Controle		Clorantraniliprole		Flubendiamida	
	N	Média ± SE	N	Média ± SE	N	Média ± SE
Fecundidade (N/F)	28	187,32 ± 7,16a	24	183,70 ± 4,27a	28	168,10 ± 6,50b
Oviposição (dias)	28	55,07 ± 3,47a	24	46,25 ± 1,44b	28	48,33 ± 2,88ab
PPOA (dias)	28	5,14 ± 0,10b	24	6,21 ± 0,13a	28	5,03 ± 0,06b
PPOT (dias)	28	37,07 ± 0,20b	24	39,71 ± 0,20a	28	37,11 ± 0,15b
MFD (N/F)	-	17	-	13	-	16
MFT (N/F)	-	268	-	216	-	256

332 Médias na mesma linha seguida por letras diferentes são significativamente diferentes com  $p < 0,05$ . As diferenças  
 333 entre os tratamentos foram obtidas por meio do teste Bootstrap pareado com 100.000 reamostragens.

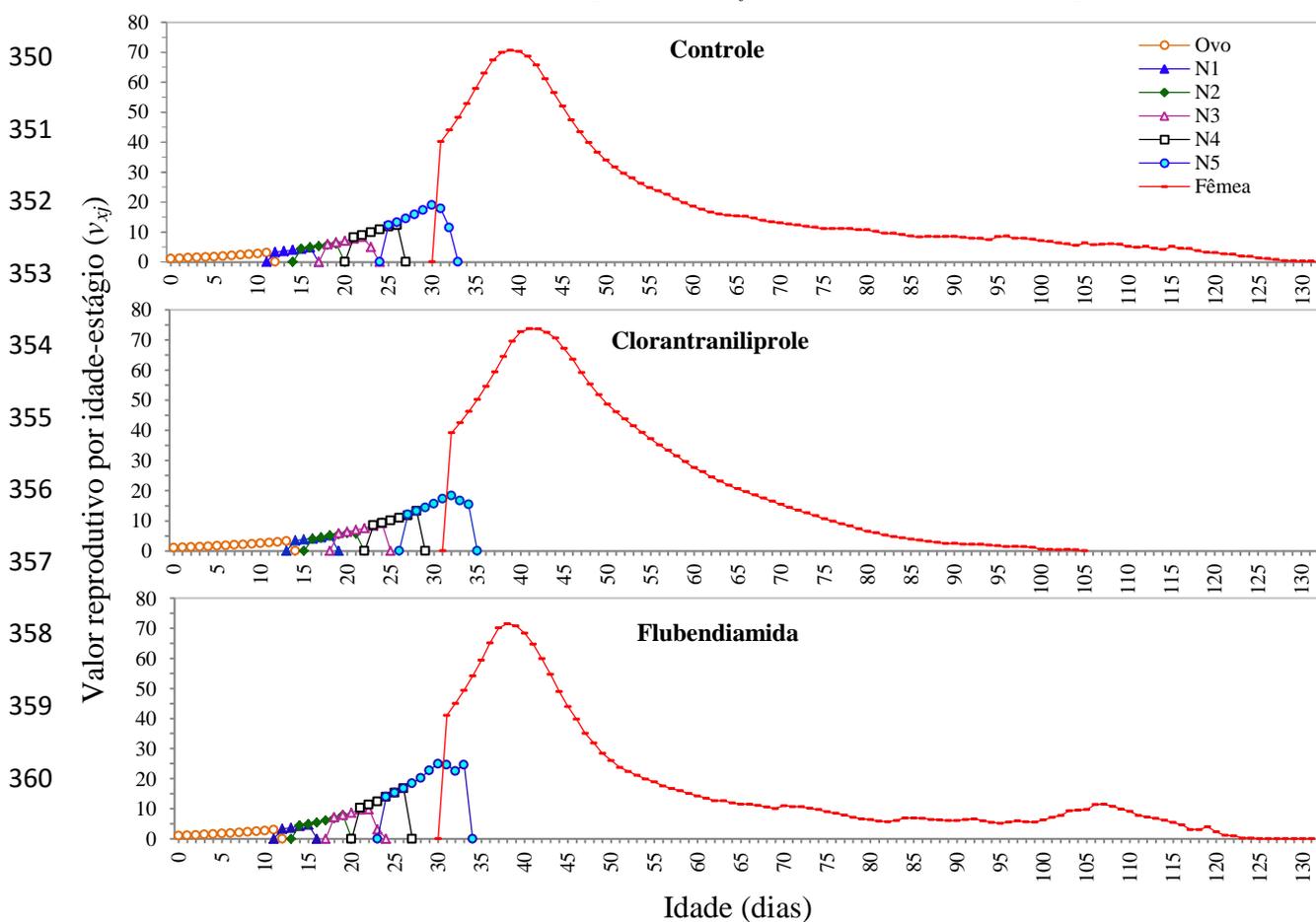
334 (N/F) = ninfas por fêmea.

335 N = número de espécimes para cada parâmetro.

336

337 Analisando o parâmetro  $f_{xj}$ , foi possível visualizar o primeiro evento, o pico e último  
 338 evento de fecundidade, além do número médio diário de ninfas por fêmea (N/F). Após o pico de  
 339 fecundidade ocorreu declínio gradual desse parâmetro, indicando diminuição no número de  
 340 descendentes produzidos por fêmea de acordo com o aumento da idade, com exceção do  
 341 flubendiamida onde observou-se um pequeno aumento na fecundidade do 104° até o 111° dias,  
 342 período próximo ao fim do ciclo de vida do predador (Figura 3).

343 O valor reprodutivo por idade-estágio ( $v_{xj}$ ) não considera a presença dos machos (Fig. 4).  
 344 No tratamento controle o período de crescimento populacional ocorreu do 31° aos 131° dias, onde  
 345 os maiores valores de  $v_{xj}$  encontrados foram entre o 37° e 42° dias, com pico reprodutivo no 39°  
 346 dia. Para clorantraniliprole o período crescimento populacional ocorreu do 32° aos 104° dias, e os  
 347 maiores valores de  $v_{xj}$  foram verificados entre os 39° e 44° dias, com pico populacional no 41° dia.  
 348 No tratamento à base de flubendiamida o período de crescimento populacional foi observado  
 349 entre o 31° e 124° dias, com maiores registros de  $v_{xj}$  entre 36° e 41° dias, com pico no 38° dia.



361 **Fig. 4.** Valor reprodutivo por idade-estágio ( $v_{xj}$ ) de *Macrolophus basicornis* nos tratamentos  
 362 controle, clorantraniliprole e flubendiamida.

### 363 3.4 Parâmetros populacionais

364  
 365 A taxa intrínseca de crescimento ( $r$ ), taxa finita de crescimento ( $\lambda$ ) e a taxa líquida de  
 366 reprodução ( $R_0$ ) apresentaram crescimento positivo e não diferiram significativamente entre os  
 367 tratamentos. Referente ao tempo médio da geração ( $T$ ) os maiores valores foram encontrados para  
 368 clorantraniliprole, seguido pelo controle e flubendiamida, indicando que a progênie advinda de  
 369 progenitores tratados com clorantraniliprole necessita de 2,72 dias a mais do que aquela do  
 370 controle e 4,3 dias a mais que flubendiamida para completar uma geração (Tabela 3).

371

### 372 Tabela 3

373 Parâmetros populacionais de *Macrolophus basicornis* em diferentes tratamentos.

Parâmetros	Controle	Clorantraniliprole	Flubendiamida
	Média± SE	Média± SE	Média± SE
Taxa intrínseca de crescimento, $r$ (dia <sup>-1</sup> )	0,09 ± 0,003a	0,08 ± 0,003a	0,09 ± 0,003 <sup>a</sup>
Taxa finita de crescimento, $\lambda$ (dia <sup>-1</sup> )	1,09 ± 0,003a	1,09 ± 0,004a	1,10 ± 0,003 <sup>a</sup>
Taxa líquida de reprodução, $R_0$ (descendentes/espécime)	87,43 ± 12,493a	73,50 ± 11,748a	78,44 ± 11,236 <sup>a</sup>
Tempo médio da geração, $T$ (dias)	48,85 ± 0,516b	51,57 ± 0,396a	47,27 ± 0,424c

374 Médias na mesma linha seguida por letras diferentes são significativamente diferentes com  $p < 0,05$ . As diferenças entre  
 375 os tratamentos foram obtidas por meio do teste Bootstrap pareado com 100.000 reamostragens.

### 376 4. Discussão

377  
 378 O uso de inseticidas consiste no principal método para controle de insetos-praga em  
 379 agroecossistemas (Matthews, 2008) e por isto, os compostos que apresentam baixa toxicidade

380 para os insetos benéficos, como os predadores, parasitoides e polinizadores devem ser priorizados  
381 em programas de MIP (Mansfield et al., 2006; Stark et al., 2007; Gradish et al., 2011). Desta  
382 forma, a avaliação do impacto de pesticidas sobre os organismos não-alvo é necessária,  
383 principalmente em culturas que utilizam elevada quantidade de produtos químicos, como a do  
384 tomateiro (Desneux et al., 2007; Biondi et al., 2012; Guedes e Picanço, 2012).

385 Apesar dos compostos estudados neste trabalho pertencerem ao mesmo grupo químico, os  
386 efeitos metabólicos desencadeados em *M. basicornis* podem ocorrer de forma distinta de acordo  
387 com o tipo de produto comercial utilizado. Jiang et al. (2019) também constataram que o  
388 predador *Coccinella septempunctata* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Coccinellidae), exposto a  
389 concentrações subletais (1 e 10 mg L<sup>-1</sup>) de clorantraniliprole e ciantraniliprole, apresentou  
390 susceptibilidade diferenciada à estas duas diamidas.

391 Ebrahimi et al. (2019) observaram que ninfas de *M. pygmaeus* e *N. tenuis* alimentadas com  
392 ovos de *P. xylostella*, mostraram-se mais sensíveis nos três ínstares iniciais, ocorrendo  
393 naturalmente maior mortalidade de insetos nestes estádios. Além disso, todas as ninfas  
394 pertencentes ao 5º ínstar conseguiram atingir o estágio adulto, resultados que corroboram com os  
395 encontrados neste trabalho. A maior duração no estágio pré-adulto da progênie dos insetos  
396 expostos ao clorantraniliprole pode estar relacionada ao fato dos insetos neste tratamento  
397 apresentarem um maior tempo para eclosão dos ovos. Nawaz et al. (2017) observaram que  
398 *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) exposta às CL10 e CL50 do  
399 inseticida clorantraniliprole apresentou prolongamento da fase imatura, provavelmente por estas  
400 necessitarem de um maior gasto energético durante a desintoxicação de moléculas químicas.

401 Não foram observados efeitos subletais do clorantraniliprole e flubendiamida na  
402 longevidade de machos e fêmeas, e também no ciclo de vida dos predadores. Estudos prévios  
403 constataram que insetos podem apresentar diferentes níveis de sensibilidades aos inseticidas (Yu

404 et al., 2014; He et al., 2018). Desta forma, os estágios imaturos dos predadores geralmente são  
405 mais susceptíveis aos efeitos deletérios dos inseticidas, em comparação ao estágio adulto (Garzón  
406 et al., 2015; Santos et al., 2017). Pesquisas anteriores abordando superficialmente os possíveis  
407 efeitos letal e subletais de flubendiamida e clorantraniliprole sobre populações de *M. basicornis*,  
408 demonstraram que os mesmos foram seletivos ao predador (Wanumen et al., 2016a; Passos et al.,  
409 2018; Dáder et al., 2019). Em estudo com o inimigo natural *Orius insidiosus* (Say, 1832)  
410 (Hemiptera: Anthocoridae) o inseticida flubendiamida foi classificado como inócuo após a  
411 exposição de ninfas e adultos aos resíduos deste produto (Andorno et al., 2019).

412 A contaminação de plantas hospedeiras, presas e até mesmo dos insetos pertencentes à  
413 família Miridae por inseticidas, pode interferir nos comportamentos reprodutivos e alimentares  
414 destes insetos (Martinou et al., 2014; Wanumen et al., 2016b; Soares et al., 2019b). Após a  
415 ingestão dos ovos de *E. kuehniella* contaminados com flubendiamida, o predador *N. tenuis*  
416 apresentou redução no número de descendentes gerados, afetando negativamente a capacidade  
417 reprodutiva deste predador (Wanumen et al., 2016b). No presente estudo, o inseticida a base de  
418 flubendiamida interferiu negativamente na fecundidade de *M. basicornis*, entretanto, o mesmo  
419 não foi observado para fêmeas expostas ao clorantraniliprole. Estudos prévios demonstraram que  
420 a exposição de fêmeas de *M. basicornis* ao clorantraniliprole não reduziu o número de descendentes,  
421 corroborando com os dados obtidos neste estudo (Passos et al., 2018). Entretanto, ocorreu um  
422 aumento dos períodos de pré-oviposição (PPOA) e pré-oviposição total (PPOT) das fêmeas de *M.*  
423 *basicornis* causados pela aplicação de clorantraniliprole. Pesquisas anteriores também reportaram  
424 aumento no PPOA e PPOT para populações de *H. axyridis* (Nawaz et al., 2017) e do lepidóptero  
425 *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1767) (Lepidoptera: Noctuidae) (He et al., 2019) submetidas ao  
426 tratamento com clorantraniliprole.

427 O resultado de fêmeas provenientes de progenitores tratados com clorantraniliprole  
428 apresentarem menor tempo de oviposição sem redução no número de ninfas pode estar  
429 relacionado ao fenômeno de hormese. Segundo Guedes e Cutler (2013), os inseticidas podem  
430 atuar como agentes estressores, podendo afetar o comportamento reprodutivo de inimigos  
431 naturais, colaborando muitas vezes para sua manutenção em agroecossistemas. *Podisus distinctus*  
432 (Stal, 1860) (Heteroptera: Pentatomidae), por exemplo, pode ser beneficiado com doses subletais  
433 do inseticida permetrina, sendo este um agente estimulador de sua sobrevivência e reprodução  
434 (Zanuncio et al., 2011).

435 A combinação de fatores como a superfície texturizada das folhas de tomate, presença de  
436 tricomas e postura endofítica dos mirídeos (Rozenberg et al., 2015), dificulta a visualização e  
437 individualização dos ovos de *M. basicornis* (Silva et al., 2016a). Desta forma, por se utilizar  
438 ninfas ao invés de ovos, a taxa de sobrevivência para a fase embrionária é estimada. Os maiores  
439 valores de  $S_{xj}$  encontrados neste estágio são apenas uma estimativa e não evidenciam o que de  
440 fato possa ocorrer na natureza.

441 Apesar dos baixos efeitos letais sobre ninfas obtidos neste estudo, o inseticida  
442 flubendiamida ocasionou maior mortalidade de insetos durante o desenvolvimento ninfal e  
443 menores valores de  $e_{xj}$  nos diferentes estágios de desenvolvimento de *M. basicornis*. De acordo  
444 com Stecca et al. (2017), o flubendiamida foi classificado como moderadamente prejudicial  
445 (classe 2) ( $30\% \leq E < 80$ ), seguindo a classificação da IOBC (International Organization for  
446 Biological Control), para ninfas e adultos de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera:  
447 Pentatomidae). No entanto, pode ser considerado como seletivo para populações deste inimigo  
448 natural. O declínio gradual do  $e_{xj}$  na fase adulta em todos os tratamentos é resultado do  
449 envelhecimento, e consequente morte dos indivíduos.

450 Taxa intrínseca ( $r$ ) e finita ( $\lambda$ ) de crescimento, taxa líquida de reprodução ( $R_0$ ) e o tempo  
451 médio de geração ( $T$ ), são um dos parâmetros demográficos mais relevantes para se avaliar o  
452 crescimento de uma população (Jiang et al., 2019). Nossos resultados não apresentaram  
453 diferenças significativas para ( $r$ ), ( $\lambda$ ) e ( $R_0$ ) entre os tratamentos. Desta forma, os predadores  
454 expostos ao flubendiamida e ao clorantraniliprole apresentam crescimento populacional positivo.  
455 O maior valor de  $T$  foi verificado no tratamento clorantraniliprole, e o menor foi observado para  
456 flubendiamida. Conseqüentemente, ambos os produtos apresentaram alteração no tempo médio  
457 para obter uma geração de *M. basicornis* em comparação ao tratamento controle. Nawaz et al.  
458 (2017) observaram que a exposição de *H. axyridis* à doses subletais de clorantraniliprole também  
459 ocasionou aumento no  $T$  deste predador.

## 460 5. Conclusão

461  
462 Clorantraniliprole e flubendiamida não interferem na duração do ciclo de vida total e  
463 parâmetros populacionais importantes como as taxas líquidas de reprodução, intrínsecas e finitas  
464 de crescimento de *M. basicornis*. Aplicações destes inseticidas podem ser indicadas em lavouras  
465 de tomate para o controle de *T. absoluta* com a presença deste agente de controle biológico. No  
466 entanto, flubendiamida merece maior atenção por reduzir a fecundidade da progênie oriunda de  
467 predadores tratados.

468

## 469 6. Referências

470

471 AGROFIT – Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários, 2020. Disponível em : <  
472 [http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons) > Acesso em: 05 de fev. de  
473 2020.

474 Andorno, A.V., Carrizo, P.I., López, S.N., 2019. Toxicity of four pesticides on *Orius insidiosus*  
475 under laboratory conditions. *Bulletin of Insectology*, 72, 69-75.

476 Akköprü, E.P., Atlihan, R., Okut, H., Chi, H., 2015. Demographic assessment of plant cultivar  
477 resistance to insect pests: A case study of the dusky-veined walnut Aphid (Hemiptera:  
478 Callaphididae) on five walnut cultivars. *Journal of Economic Entomology*. 108, 378-387.  
479 <https://doi.org/10.1093/jee/tov011>

480 Biondi, A., Desneux, N., Siscaro, G., Zappalà, L., 2012. Using organic-certified rather than  
481 synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: selectivity and side effects of  
482 14 pesticides on the predator *Orius laevigatus*. *Chemosphere*. 87, 803-812.  
483 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.12.082>.

484 Biondi, A., Guedes, R.N.C., Wan, F., Desneux, N., 2018. Ecology, worldwide spread, and  
485 management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: Past, present, and  
486 future. *Annual Review of Entomology*. 63, 239–258. [https://doi.org/10.1146/annurev-ento-](https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-034933)  
487 031616-034933

488 Brevik, K., Lindström, L., McKay, S.D., Chen, Y.H., 2018. Transgenerational effects of  
489 insecticides-implications for rapid pest evolution in agroecosystems. *Current Opinion in Insect*  
490 *Science*. 26, 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2017.12.007>

- 491 Bueno, V.H.P., Montes, F.C., Pereira, A.M.C., JR, J.C.L., 2012. Can recently found Brazilian  
492 hemipteran predatory bugs control *Tuta absoluta*? Integrated control in protected crops,  
493 Mediterranean climate. IOBC/WPRS Bulletin. 80, 63–67.
- 494 Bueno, V.H.P., Van Lenteren, J.C., Lins, J.C., Calixto, A.M., Montes, F.C., Silva, D.B.,  
495 Santiago, L.D., Pérez, L.M., 2013. New records of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera:  
496 Gelechiidae) predation by brazilian hemipteran predatory bugs. Journal of Applied Entomology.  
497 137, 29–34. <https://doi.org/10.1111/jen.12017>
- 498 Burden, R.L., Faires, J.D., 2011. Numerical Analysis, 9 th International Edition. Brooks/Cole,  
499 Cencag Learning. 895p.
- 500 Calvo, F.J., Bolckmans, K., Belda, J.E., 2012. Release rate for a pre-plant 23 application of  
501 *Nesidiocoris tenuis* for *Bemisia tabaci* control in tomato. BioControl. 809–817.  
502 <https://doi.org/10.1007/s10526-012-9455-1>
- 503 Campos, M.R., Biondi, A., Adiga, A., Guedes, R.N.C., Desneux, N., 2017. From the Western  
504 Palaearctic region to beyond: *Tuta absoluta* 10 years after invading Europe. Journal of Pest  
505 Science. 90, 787–796. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0867-7>
- 506 Campos, M.R., Silva, T.B.M., Silva, W.M., Silva, J.E., Siqueira, H.A.A., 2015a. Spinosyn  
507 resistance in the tomato borer *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Journal of Pest  
508 Science. 88, 405–412. <https://doi.org/10.1007/s10340-014-0618-y>
- 509 Campos, M.R., Silva, T.B.M., Silva, W.M., Silva, J.E., Siqueira, H.A.A., 2015b. Susceptibility of  
510 *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) brazilian populations to ryanodine receptor modulators.  
511 Pest Management Science. 71, 537–544. <https://doi.org/10.1002/ps.3835>

- 512 Carey, J.R., Liedo, P., 1995. Sex-specific life table aging rates in large medfly cohorts.  
513 *Experimental Gerontology*. 30, 315–325. [https://doi.org/10.1016/0531-5565\(94\)00041-Z](https://doi.org/10.1016/0531-5565(94)00041-Z)
- 514 Casida, J.E., 2017. Pesticide interactions: mechanisms, benefits, and risks. *Journal of Agricultural*  
515 *and Food Chemistry*. 65, 4553-4561. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b01813>
- 516 Castañé, C., Arnó, J., Gabarra, R., Alomar, O., 2011. Plant damage to vegetable crops by  
517 zoophytophagous mirid predators. *Biological Control*. 59, 22–29.  
518 <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.03.007>
- 519 Chang, C., Huang, C.Y., Dai, S.M., Atlihan, R., Chi, H., 2016. Genetically engineered ricin  
520 suppresses *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) based on demographic analysis of group-  
521 reared life table. *Journal of Economic Entomology*. 109, 987-992.
- 522 Chi, H., 1988. Life-Table analysis incorporating both sexes and variable development rates  
523 among individuals. *Environmental Entomology*. 17, 26–34. <https://doi.org/10.1093/ee/17.1.26>
- 524 Chi, H., 2020. TWOSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table  
525 analysis (Version 2020.01.12). Disponível em: <<http://140.120.197.173/Ecology/prod02.htm>>  
526 Acesso em 19 de jan. de 2020.
- 527 Chi, H., Liu, H., 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. *Bulletin of*  
528 *Institute Zoology Academia Sinica*. 24, 225–240.
- 529 Chi, H., Su, H.Y., 2006. Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead)  
530 (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with  
531 mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate.  
532 *Environmental Entomology*. 35, 10–21. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-35.1.10>

- 533 Crowley, P.H., 1992. Resampling methods for computation-intensive data analysis in ecology  
534 and evolution. *Annual Reviews of Ecology and Systematics*. 23, 405–447.  
535 <https://doi.org/10.1146/annurev.es.23.110192.002201>
- 536 Dáder, B., Colomer, I., Adán, Á., Medina, P., Viñuela, E., 2019. Compatibility of early natural  
537 enemy introductions in commercial pepper and tomato greenhouses with repeated pesticide  
538 applications. *Insect science*. 00, 1-14. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12723>
- 539 Desneux, N., Decourtye, A., Delpuech J.M., 2007. The sublethal effects of pesticides on  
540 beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*. 52, 81–106.  
541 <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440>
- 542 Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K.A.G., Burgio, G., Arpaia, A., Narváez-Vasquez, C.A.,  
543 González-Cabrera, J., Ruescas, D.C., Tabone, E., Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C., Cabello, T.,  
544 Urbaneja, A., 2010. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: Ecology,  
545 geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science*. 83, 197–215.
- 546 Desneux, N., Luna, M.G., Guillemaud, T., Urbaneja, A., 2011. The invasive South American  
547 tomato pinworm, *Tuta absoluta*, continues to spread in Afro-Eurasia and beyond: the new threat  
548 to tomato world production. *Journal of Pest Science*. 84, 403–408.
- 549 Ebrahimi, M., Mahdian, K., De Clercq, P., 2019. Life-history parameters and predation capacity  
550 of *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) on eggs of *Plutella*  
551 *xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Agricultural and Forest Entomology*. 21, 50-57. [https://doi.](https://doi.org/10.1111/afe.1230)  
552 [org/10.1111/afe.1230](https://doi.org/10.1111/afe.1230)

- 553 Efron, B., Tibshirani, R.J., 1993. An Introduction to the Bootstrap. Chapman & Hall. New York,  
554 NY. 430p.
- 555 EPA. Environmental Protection Agency, 2008. Pesticide fact Sheet Chlorantraniliprole.  
556 Disponível em: <[https://www3.epa.gov/pesticides/chem\\_search/reg\\_actions/registration/fs\\_PC-](https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-090100_01-Apr-08.pdf)  
557 [090100\\_01-Apr-08.pdf](https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-090100_01-Apr-08.pdf)> Acesso em: 19 de jan. de 2020.
- 558 Ferreira, P.S.F., Henry, T.J., 2011. Synopsis and keys to the tribes, genera, and species of  
559 Miridae (Hemiptera: Heteroptera) of Minas Gerais, Brazil Part I: Bryocorinae. Zootaxa. 1-41.  
560 <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2920.1.1>
- 561 Garzón, A., Medina, P., Amor, F., Viñuela, E., Budia, F., 2015. Toxicity and sublethal effects of  
562 six insecticides to last instar larvae and adults of the biocontrol agents *Chrysoperla carnea*  
563 (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) and *Adalia bipunctata* (L.) (Coleoptera:  
564 Coccinellidae). Chemosphere. 132, 87-93. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.03.016>
- 565 Goodman, D., 1982. Optimal life histories, optimal notation, and the value of reproductive value.  
566 The American Naturalist. 119, 803–823. <https://doi.org/10.1086/283956>
- 567 Gradish, A.E., Scott-Dupree, C.D., Shipp, L., Harris, C.R., Ferguson, G., 2011. Effect of reduced  
568 risk pesticides on greenhouse vegetable arthropod biological control agents. Pest Management  
569 Science. 67, 82-86. <https://doi.org/10.1002/ps.2036>
- 570 Guedes, R.N.C., Cutler, G.C., 2013. Insecticide-induced hormesis and arthropod pest  
571 management. Pest Management Science, 70, 690-697. <https://doi.org/10.1002/ps.3669>

- 572 Guedes, R.N.C., Picanço, M.C., 2012. The tomato borer *Tuta absoluta* in South America: Pest  
573 status, management and insecticide resistance. *EPPO Bulletin*. 42, 211–216.  
574 <https://doi.org/10.1111/epp.2557>
- 575 He, F., Sun, S., Sun, X., Ji, S., Li, X., Zhang, J., Jiang, X., 2018. Effects of insect growth  
576 regulator insecticides on the immature stages of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae).  
577 *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 164, 66-674.  
578 <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.08.076>
- 579 He, F., Sun, S., Tan, H., Sun, X., Qin, C., Ji, S., Li, X., Zhang, J., Jiang, X., 2019.  
580 Chlorantraniliprole against the black cutworm *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae): From  
581 biochemical/physiological to demographic responses. *Scientific Reports*. 9, 1-17.  
582 <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46915-0>
- 583 Hesterberg, T., Monaghan, S., Moore, David, S., Clipson, A., Epstein, R., 2005. Bootstrap  
584 methods and permutation tests, in: Moore, D.S, McCabe, G.P., Duckworth, W.M., Sclove, S.L.,  
585 (Eds.), *The Practice of Business Statistics*. W. H. Freeman and Company, New York. 74p.
- 586 Hesterberg, T., 2008. It's time to retire the “ $n \geq 30$ ” rule. *Proceedings of the American Statistical*  
587 *Association, Statistical Computing Section*. 1–9.
- 588 Huang, Y.B., Chi, H., 2011a. Age-stage, two-sex life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett)  
589 (Diptera: Tephritidae) with a discussion on the problem of applying female age-specific life  
590 tables to insect populations. *Journal of Insect Science*. 19, 263-  
591 273. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2011.01424.x>

- 592 Huang, Y.B., Chi, H., 2011b. The age-stage, two-sex life table with an offspring sex ratio  
593 dependent on female age. *Journal of Agriculture and Forestry*. 60, 337–345.
- 594 Huang, Y.B., Chi, H., 2013. Life tables of *Bactrocera cucurbitae* (Diptera: Tephritidae): with an  
595 invalidation of the jackknife technique. *Journal of Applied Entomology*. 137, 327–339.  
596 <https://doi.org/10.1111/jen.12002>
- 597 IRAC. Insecticide Resistance Action Committee, 2020. The IRAC mode of action classification.  
598 Disponível em: <<http://www.irc-online.org/modes-of-action/>>. Acesso em: 02 de jan. de 2020.
- 599 Istock, C.A., 1981. Natural selection and life history variation: theory plus lessons from a  
600 mosquito, in: Denno, R.F., Dingle, H. (Eds.), *Insect Life History Patterns: Habitat and*  
601 *Geographic Variation*. Springer-Verlag. 113–127. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-5941-1\\_8](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-5941-1_8)
- 602 Jallow, M.F.A., Dahab, A.A., Albaho, M.S., Devi, V.Y., Awadh, D.G., Thomas, B.M., 2018.  
603 Baseline susceptibility and assessment of resistance risk to flubendiamide and chlorantraniliprole  
604 in *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) populations from Kuwait. *Applied Entomology and*  
605 *Zoology*. 54, 91-99. <https://doi.org/10.1007/s13355-018-0598-0>
- 606 Jiang, J., Wang, Y., Mu, W., Zhang, Z., 2019. Sublethal effects of anthranilic diamide  
607 insecticides on the demographic fitness and consumption rates of the *Coccinella*  
608 *septempunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Aphis craccivora*. *Environmental Science and*  
609 *Pollution Research*. 1-12. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06993-z>
- 610 Krebs, C.J., Boonstra, R., Boutin, S., Sinclair, A.R.E., 2001. What drives the 10-year cycle of  
611 snowshoe hares? *Bioscience*. 51, 25–35. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0025:WDTYCO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0025:WDTYCO]2.0.CO;2)

- 613 Mansfield, S., Dillon, M.L., Whitehouse, M.E.A., 2006. Are arthropod communities in cotton  
614 really disrupted? An assessment of insecticide regimes and evaluation of the beneficial disruption  
615 index. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 113, 326-335.  
616 <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.10.012>
- 617 Martinou, A.F., Seraphides, N., Stavriniades, M.C., 2014. Lethal and behavioral effects of  
618 pesticides on the insect predator *Macrolophus pygmaeus*. *Chemosphere*, 96, 167-173.  
619 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.10.024>
- 620 Matthews, G.A., 2008. Attitudes and behaviours regarding use of crop protection products - a  
621 survey of more than 8500 smallholders in 26 countries. *Crop Protection*. 27, 834-846.  
622 <https://doi.org/10.1002/9780470995853>
- 623 Nawaz, M., Cai, W., Jing, Z., Zhou, X., Mabubu, J. I., Hua, H., 2017. Toxicity and sublethal  
624 effects of chlorantraniliprole on the development and fecundity of a non-specific predator, the  
625 multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis* (Pallas). *Chemosphere*. 178, 496-503.  
626 <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.03.082>
- 627 Passos, L.C., Soares, M.A., Costa, M.A., Michaud, J.P., Freire, B.C., Carvalho, G.A., 2017.  
628 Physiological susceptibility of the predator *Macrolophus basicornis* (Hemiptera: Miridae) to  
629 pesticides used to control of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Biocontrol Science and*  
630 *Technology*. 27, 1082–1095. <https://doi.org/10.1080/09583157.2017.1381879>
- 631 Passos, L.C., Soares, M.A., Collares, L. J., Malagoli, I., Desneux, N., Carvalho, G.A., 2018.  
632 Lethal, sublethal and transgenerational effects of insecticides on *Macrolophus basicornis*,  
633 predator of *Tuta absoluta*. *Entomologia Generalis*. 38, 127-142. [https://doi.org/](https://doi.org/10.1127/entomologia/2018/0744)  
634 [10.1127/entomologia/2018/0744](https://doi.org/10.1127/entomologia/2018/0744)

- 635 Rozenberg, T., Shaltiel-Harpaz, L., Coll, M., 2015. Visualizing eggs of *Nesidiocoris tenuis*  
636 (Heteroptera: Miridae) embedded in tomato plant tissues. *Entomological Science*. 183, 400–402.  
637 <https://doi.org/10.1111/ens.12125>
- 638 Salazar, E.R., Araya, J.E., 1997. Detección de resistència a insecticidas en la polilla del tomate.  
639 *Simiente*. 67, 8–22.
- 640 Salazar, E.R., Araya, J.E., 2001. Respuesta de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick), a  
641 insecticidas en Arica. *Agricultura Técnica*. 61, 429–435. <https://doi.org/10.4067/S0365->  
642 [28072001000400004](https://doi.org/10.4067/S0365-28072001000400004)
- 643 Santos, K.F.A., Zanardi, O.Z., de Moraes, M.R., Jacob, C.R.O., de Oliveira, M.B., Yamamoto,  
644 P.T., 2017. The impact of six insecticides commonly used in control of agricultural pests on the  
645 generalist predator *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). *Chemosphere*, 186, 218-  
646 226. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.07.165>
- 647 Silva, D.B., Bueno, V.H.P., Montes, F.C., Van Lenteren, J.C., 2016a. Population growth of three  
648 mirid predatory bugs feeding on eggs and larvae of *Tuta absoluta* on tomato. *BioControl*. 61,  
649 545–553. <https://doi.org/10.1007/s10526-016-9736-1>
- 650 Silva, G.A., Picanço, M.C., Bacci, L., Crespo, A.L.B., Rosado, J.F., Guedes, R.N.C. 2011.  
651 Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm,  
652 *Tuta absoluta*. *Pest Management Science*. 67, 913–920. <https://doi.org/10.1002/ps.2131>
- 653 Silva, J.E., Assis, C.P., Ribeiro, L.M., Siqueira, H.A., 2016b. Field-evolved resistance and cross-  
654 resistance of brazilian *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) populations to diamide

- 655 insecticides. *Journal of Economic Entomology*. 109, 2190-2195. [https://doi.org/](https://doi.org/10.1093/jee/tow161)  
656 10.1093/jee/tow161
- 657 Siqueira, H.A.A., Guedes, R.N.C., Picanço, M.C., 2000. Insecticide resistance in populations of  
658 *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Agricultural and Forest Entomology*. 2, 147–153.  
659 <https://doi.org/10.1046/j.1461-9563.2000.00062.x>
- 660 Smucker, M.D., Allan, J., Carterette, B., 2007. A comparison of statistical significance tests for  
661 information retrieval evaluation, in: *Proceedings of the Sixteenth ACM Conference on*  
662 *Conference on Information and Knowledge Management - CIKM '07*. ACM Press, New York,  
663 New York, USA. 623–632. <https://doi.org/10.1145/1321440.1321528>
- 664 Soares, M.A., Passos, L.C, Campos, M.R., Collares, L.J., Desneux, N, Carvalho, G.A., 2019a.  
665 Side effects of insecticides commonly used against *Tuta absoluta* on the predator *Macrolophus*  
666 *basicornis*. *Journal of Pest Science*. 92, 1447–1456. <https://doi.org/10.1007/s10340-019-01099-4>
- 667 Soares, M.A., Campos, M.R., Passos, L.C., Carvalho, G.A., Haro, M.M., Lavoit, A.V., Biondi,  
668 A., Zappalá, L., Desneux, N., 2019b. Botanical insecticide and natural enemies: a potential  
669 combination for pest management against *Tuta absoluta*. *Journal of Pest Science*. 92, 1433-1443.  
670 <https://doi.org/10.1007/s10340-018-01074-5>
- 671 Stark, J.D., Sugayama, R.L., Kovaleski, A., 2007. Why demographic and modeling approaches  
672 should be adopted for estimating the effects of pesticides on biocontrol agents. *BioControl*. 52,  
673 365–374. <https://doi.org/10.1007/s10526-006-9040-6>
- 674 Stecca, C.S., Silva, D.M., Bueno, A.F., Pasine, A., Denez, M.D., Andrade, K., 2017. Selectivity  
675 of insecticides used in soybean crop to the predator *Podisus nigrispinus* (Hemiptera:

- 676 Pentatomidae). *Semina: Ciências Agrárias*. 38, 3469-3480. [https://doi.org/10.5433/1679-](https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n6p3469)  
677 0359.2017v38n6p3469
- 678 Terzidis, A.N., Wilcockson, S., Leifert, C., 2014. The tomato leaf miner (*Tuta absoluta*):  
679 Conventional pest problem, organic management solutions? *Organic Agriculture*. 4, 43–61.  
680 <https://doi.org/10.1007/s13165-014-0064-4>
- 681 Tuan, S.J., Lee, C.C., Chi, H., 2014. Erratum to population and damage projection of *Spodoptera*  
682 *litura* (F.) on peanuts (*Arachis hypogaea* L.) under different conditions using the age-stage, two-  
683 sex life table. *Pest Management Science*, 70, 805-813. <https://doi.org/10.1002/ps.3920>
- 684 Van Lenteren, J.C., 2012. The state of commercial augmentative biological control: Plenty of  
685 natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl*. 57, 1–20.  
686 <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9395-1>
- 687 Wanumen, A.C., Carvalho, G.A., Medina, P., Viñuela, E., Adán, Á., 2016a. Residual acute  
688 toxicity of some modern insecticides toward two mirid predators of tomato pests. *Biological and*  
689 *Microbial Control*. 109, 1079-1085. <https://doi.org/10.1093/jee/tow059>
- 690 Wanumen, A.C., Sánchez-Ramos, I., Viñuela, P.M., Adán, Á., 2016b. Impact of feeding on  
691 contaminated prey on the life parameters of *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) adults.  
692 *Journal of Insect Science*. 16, 1-7. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iew084>
- 693 Yu, C., Fu, M., Lin, R., Zhang, Y., Liu, Y., Jiang, H., Brock, T.C.M., 2014. Toxic effects of  
694 hexaflumuron on the development of *Coccinella septempunctata*. *Environmental Science and*  
695 *Pollution Research*. 21, 1418-1424. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2036-8>

- 696 Yu, L.Y., Chen, Z.Z., Zheng, F.Q., Shi, A.J., Guo, T.T., Yeh, B.H., Chi, H., Xu, Y.Y., 2013.  
697 Demographic analysis, a comparison of the Jackknife and Bootstrap methods, and predation  
698 projection: A case study of *Chrysopa pallens* (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Economic*  
699 *Entomology*. 106, 1–9. <https://doi.org/10.1603/EC12200>
- 700 Zanuncio, J.C., Jusselino-Filho, P., Ribeiro, R.C., Zanuncio, T.V., de S. Ramalho, F., Serrão,  
701 J.E., 2011. Hormetic Responses of a stinkbug predator to sublethal doses of pyrethroid. *Bulletin*  
702 *of Environmental Contamination and Toxicology*. 87, 608–614. [https://doi.org/10.1007/s00128-](https://doi.org/10.1007/s00128-011-0405-x)  
703 [011-0405-x](https://doi.org/10.1007/s00128-011-0405-x)
- 704 Zappalà, L., Biondi, A., Alma, A., Al-Jboory, I.J., Arnò, J., Bayram, A., Chailleux, A., El-  
705 Arnaouty, A., Gerling, D., Guenaoui, Y., Shaltiel-Harpaz, L., Siscaro, G., Stavrinides, M.,  
706 Tavella, L., Aznar, R.V, Urbaneja, A., Desneux, N., 2013. Natural enemies of the South  
707 American moth, *Tuta absoluta*, in Europe, North Africa and Middle East, and their potential use  
708 in pest control strategies. *Journal of Pest Science*. 86, 635–647. [https://doi.org/10.1007/s10340-](https://doi.org/10.1007/s10340-013-0531-9)  
709 [013-0531-9](https://doi.org/10.1007/s10340-013-0531-9)