



**ANA LUIZA VIANA DE SOUSA**

**PREDAÇÃO INTRAGUILDA E ATRAÇÃO DE INIMIGOS  
NATURAIS POR VOLÁTEIS INDUZIDOS PELA  
HERBIVORIA MÚLTIPLA EM ROSEIRAS**

**LAVRAS-MG  
2017**

**ANA LUIZA VIANA DE SOUSA**

**PREDAÇÃO INTRAGUILDA E ATRAÇÃO DE INIMIGOS NATURAIS POR  
VOLÁTEIS INDUZIDOS PELA HERBIVORIA MÚLTIPLA EM ROSEIRAS**

Tese apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para obtenção do título de Doutor.

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Brígida Souza  
Orientadora

Dra. Madelaine Venzon  
Coorientadora

**LAVRAS – MG  
2017**

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

Sousa, Ana Luiza Viana de.

Predação intraguilda e atração de inimigos naturais por voláteis induzidos pela herbivoria múltipla em roseiras / Ana Luiza Viana de Sousa. - 2017.

67 p. : il.

Orientador(a): Brígida Souza.

Coorientador(a): Madelaine Venzon.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Interações tritróficas. 2. Predação intraguilda. 3. Voláteis induzidos por herbivoria múltipla. I. Souza, Brígida . II. Venzon, Madelaine . III. Título.

**ANA LUIZA VIANA DE SOUSA**

**PREDAÇÃO INTRAGUILDA E ATRAÇÃO DE INIMIGOS NATURAIS POR  
VOLÁTEIS INDUZIDOS PELA HERBIVORIA MÚLTIPLA EM ROSEIRAS**

**INTRAGUILD PREDATION AND ATTRACTION OF NATURAL ENEMIES BY  
VOLATILES INDUCED BY MULTIPLE HERBIVORY IN ROSE BUSHES**

Tese apresentada a Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 17 de fevereiro de 2017.

Dr. Marcos Antonio Matiello Fadini	UFSJ/Sete Lagoas
Dra. Maria Fernanda G. V. Peñaflo	UFLA
Dra. Lívia Mendes de Carvalho	EPAMIG
Dra. Rosangela Cristina Marucci	UFLA

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Brígida Souza  
Orientadora

Dra. Madelaine Venzon  
Coorientadora

**LAVRAS – MG  
2017**

1 À memória  
2 Do meu saudoso e inesquecível pai, Otávio (Vico)  
3 Pela lição de amor a vida

4  
5 **DEDICO.**  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26

27 À minha amada mãe, Luiza, pelo amor incondicional, apoio, dedicação e exemplo de vida

28 À minha irmã Marcella, pelo amor, amizade e por estar sempre presente na minha vida

29 Às minhas sobrinhas Giovana, Vivian e Mariana pelos momentos de alegria e descontração

30 Ao meu noivo Renato, pelo amor, companheirismo, apoio e paciência

31  
32 **OFEREÇO.**  
33  
34

## AGRADECIMENTOS

35

36

37 A Deus por me conceder saúde, força e pelas vitórias conquistadas.

38 À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Departamento de  
39 Entomologia (DEN), pela oportunidade de realização do curso de doutorado.

40 À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela  
41 concessão da bolsa de doutorado.

42 À professora Dra. Brígida Souza, por todos esses anos de orientação, paciência,  
43 ensinamentos, oportunidade, inspiração, carinho e confiança.

44 À professora Dra. Maria Fernanda G. V. Peñaflores, por todo apoio, ensinamentos,  
45 oportunidade, confiança, sugestões e participação na banca examinadora.

46 À Dra. Rosângela Cristina Marucci (UFLA), a Dra. Lívia Mendes de Carvalho  
47 (EPAMIG) e ao Dr. Marcos Antônio Matiello Fadini (UFSJ/Campus Sete Lagoas) pelas  
48 sugestões e participação na banca examinadora.

49 À Dra. Madelaine Venzon, pela coorientação e sugestões.

50 A todos os professores do Departamento de Entomologia da UFLA, pelos  
51 ensinamentos adquiridos durante o curso.

52 Ao professor Dr. José Maurício S. Bento (Esalq/USP) pela oportunidade de  
53 colaboração na execução de parte do trabalho, realizado no Laboratório de Ecologia Química  
54 e Comportamento de Insetos.

55 Ao Dr. Diego B. Silva, pela amizade, sugestões e grande ajuda na condução do  
56 experimento de coleta e análise de voláteis.

57 Ao Dr. Jordano Salamaca, pela amizade, companheirismo, sugestões, ajuda e auxílio  
58 nas análises estatísticas.

59 À minha tia, Dra. Lenira V. Santa-Cecília, pelas oportunidades e ensinamentos.

60 Aos funcionários Dona Irene, Julinho, Sulamara, Leia, Raul, Elaine, Nazaré, Lisiane e  
61 Isabel pelo auxílio durante o curso.

62 A Flavinha, Luiza, Macarena, ao Guilherme, Allan e Luiz Paulo pela disponibilidade e  
63 auxílio na condução dos experimentos.

64 A Erikita, Rafitcha e Amandinha, pela amizade, companheirismo, ajuda, apoio em  
65 todos os momentos e pelos nossos encontros repletos de harmonia e descontração.

66 A Yasmin, Dally, Kell, Gabi, Favita, Marina e Nathyzinha, amigas de longa data, pelo  
67 companheirismo, torcida, apoio e por todos os momentos que passamos juntas. Temos muitas  
68 histórias para contar!!!

69 A minha madrinha Olga e minha prima Eliane por todas as orações, amor, carinho,  
70 energias positivas e por estarem sempre presentes. As minhas primas Maisinha, Taís e Bruna  
71 e ao meu primo Kleber pela amizade, apoio e por todos os momentos juntos. Ao meu  
72 padrinho José Pedro (*in memorian*) e minha prima Eliete (*in memorian*), pessoas muito  
73 especiais e que vibravam com as minhas conquistas, dedico este trabalho.

74 Aos meus irmãos, Vicente Sérgio, Luiz Otávio e Lourenço pelo apoio.

75 A minha irmã, Marcella, pelo amor, amizade sincera, conselhos, torcida e por estar  
76 presente em todos os momentos.

77 As minhas cunhadas Dani, Roberta e Marilane, e ao meu cunhado Adriano, por todo  
78 carinho, amizade, apoio e energia positiva.

79 Aos meus sobrinhos Gabriella, Guilherme, Juliana e Matheus pelo carinho e apoio.

80 Ao meu noivo Renato, pelo amor, carinho e companheirismo que motivaram cada dia  
81 dessa caminhada.

82 Aos meus queridos pais, Vico (*in memorian*) e Luiza, pela fonte de sabedoria, caráter,  
83 garra, simplicidade, amor, por terem me ensinado a amar o próximo, a valorizar a vida e as  
84 grandes amizades conquistadas.

85 A todos que participaram dessa conquista, muito obrigada!

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

101

102

## RESUMO GERAL

103

104 O conhecimento sobre as interações que ocorrem no sistema roseira-herbívoros-inimigos  
105 naturais assume importância na aplicação de programas de controle biológico em cultivos  
106 protegidos. Neste trabalho, as seguintes hipóteses foram testadas: (i) A combinação de *Orius*  
107 *insidiosus* e *Neoseiulus californicus* aumenta a predação de *Tetranychus urticae*; (ii) Não há  
108 predação intraguilda de *N. californicus* por *O. insidiosus*; (iii) *O. insidiosus* consegue  
109 distinguir os odores emitidos entre plantas danificadas pela herbivoria simples e múltipla; (iv)  
110 A preferência de *O. insidiosus* por voláteis de roseiras infestadas por *T. urticae* e *F. insularis*  
111 é refletida na preferência alimentar e na qualidade da presa, manifestada nas características  
112 biológicas do predador. Para testar a primeira hipótese, estudou-se o comportamento dos  
113 predadores, sozinhos e combinados, na presença de *T. urticae*, durante 60 minutos. Para a  
114 segunda hipótese, nós avaliamos a ocorrência de predação intraguilda e o consumo dessa  
115 presa pelos predadores contando-se as presas consumidas e os predadores mortos. Para a  
116 terceira hipótese, realizaram-se estudos de olfatométrica para avaliar a atração de *O. insidiosus*  
117 para plantas de rosas não infestadas, plantas infestadas com *T. urticae* ou *F. insularis* e sob  
118 infestação múltipla por *T. urticae* e *F. insularis*. Também foram coletados e identificados os  
119 compostos voláteis das plantas, conforme os tratamentos descritos. Para a última hipótese foi  
120 testada a preferência e a biologia de *O. insidiosus* com *T. urticae* e *F. insularis*. Observou-se  
121 que a taxa de sobrevivência de *O. insidiosus* quando combinado com *N. californicus* na  
122 presença de *T. urticae* foi de 100%, no entanto, a taxa de sobrevivência de *N. californicus*  
123 aumentou com o desenvolvimento de *T. urticae*. *O. insidiosus* passou mais tempo predando *T.*  
124 *urticae* do que *N. californicus* quando sozinhos ou combinados. *O. insidiosus* mostrou um alto  
125 consumo de ovos, larvas, protoninfas, deutoninfas e adulto de *T. urticae* quando sozinho.  
126 Quando esses predadores foram combinados, houve uma resposta aditiva no consumo de  
127 ninfas e adultos de *T. urticae*, mas houve um efeito negativo no consumo de ovos. *O.*  
128 *insidiosus* foi atraído pelos voláteis emitidos por plantas sob infestação simples e múltipla,  
129 porém, o predador não consegue distinguir odores entre plantas sob herbivoria simples e  
130 múltipla. Tanto *T. urticae* como *F. insularis* são adequados para o desenvolvimento de *O.*  
131 *insidiosus*. Além disso, *O. insidiosus* não mostrou nenhuma preferência entre as presas. Estes  
132 resultados têm implicações em programas de controle biológico de pragas de plantas de rosas.

133

134 Palavras-chave: Interações tritróficas; Pragas da roseira; *Neoseiulus californicus*; *Orius*  
135 *insidiosus*; Predação intraguilda; Voláteis induzidos por herbivoria múltipla; Controle  
136 biológico.



## GENERAL ABSTRACT

137  
138 Knowledge about the interactions that occur in rose-herbivore-natural enemy systems have a  
139 great importance in the application of biological control programs in protected crops. In this  
140 work I tested under laboratory conditions the following hypotheses: (1): combination of two  
141 potencial predators *Orius insidiosus* and *Neoseiulus californicus* increases the predation of  
142 *Tetranychus urticae*; (2) there is no intraguild predation among *N. californicus* and *O.*  
143 *insidiosus*; (3) *O. insidiosus* can distinguish volatile compounds emitted from infested plants  
144 submitted to simple and multiple herbivory by *T. urticae* and *Frankliniella insularis*; (4) *O.*  
145 *insidiosus* preference for volatiles from infested-rose plants by *T. urticae* and *F. insularis* is  
146 reflected in its feeding preference as well as the prey quality. To test the first hypothesis, was  
147 studied the predation behavior of *O. insidiosus* and *N. californicus* alone or in combination, in  
148 the presence of *T. urticae* during 60 minutes. For the second hypothesis was evaluated the  
149 occurrence of intraguild predation and the prey consumption by both predators by counting  
150 the number of prey consumed and number of predators killed. For the third hypothesis  
151 olfactometer studies were carried out to evaluate the attraction of *O. insidiosus* to different  
152 treatments non-infested rose plants, infested rose plants with *T. urticae* or *F. insularis* and  
153 under multiple infestation by *T. urticae* and *F. insularis*. Also were collected and identified  
154 the volatile compounds of the treatments describe above. For the last hypothesis was tested  
155 the preference and biology of *O. insidiosus* with *T. urticae* and *F. insularis*. I observed that  
156 the survival rate of *O. insidiosus* when combined with *N. californicus* in the presence of *T.*  
157 *urticae* was 100%. However, the survival rate of *N. californicus* increased according to the  
158 development of *T. urticae*. *O. insidiosus* spent more time than *N. californicus* feeding of *T.*  
159 *urticae* when alone or in combination. *O. insidiosus* showed a high consumption of eggs,  
160 larvae, protoninfas, deutoninfas, and adult of *T. urticae* when alone. When these predators  
161 were combined, there was an additive response in the consumption of nymphs and adults of *T.*  
162 *urticae*, but there was a negative effect in egg consumption. *O. insidiosus* was attracted for the  
163 volatiles emitted by plants under simple and multiple herbivory, however, they cannot  
164 distinguish odors between plants under single and multiple herbivory. Both *T. urticae* and *F.*  
165 *insularis* are suitable for the development of *O. insidiosus*. In addition, *O. insidiosus* showed  
166 no preference among the prey. These results have implications in biological control programs  
167 of rose plant pests.

168  
169 Key-words: Tritrophic interactions; Rose plant pests; *Neoseiulus californicus*; *Orius*  
170 *insidiosus*; Intraguild predation; Multiple-herbivore-induce-plant volatiles; Biological control.

## Sumário

171		
172		
173	PRIMEIRA PARTE .....	10
174	INTRODUÇÃO GERAL .....	10
175	Referências .....	14
176	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS .....	20
177	Artigo 1 – Compatibilidade entre os predadores <i>Neoseiulus californicus</i> (McGregor) e <i>Orius</i>	
178	<i>insidiosus</i> (Say) visando o controle de artrópodes-praga em roseiras .....	20
179	RESUMO .....	20
180	1. Introdução .....	21
181	2. Material e métodos .....	22
182	3. Resultados .....	26
183	4. Discussão .....	27
184	Agradecimentos .....	30
185	Referências .....	30
186	Figuras .....	34
187	SEGUNDA PARTE – ARTIGOS .....	38
188	Artigo 2 - Efeito da herbivoria simples e múltipla por <i>Tetranychus urticae</i> e <i>Frankliniella</i>	
189	<i>insularis</i> na atração do predador generalista <i>Orius insidiosus</i> em plantas de rosas .....	38
190	RESUMO .....	38
191	INTRODUÇÃO .....	39
192	MATERIAL E MÉTODOS .....	41
193	Análises estatísticas .....	47
194	RESULTADOS .....	47
195	DISCUSSÃO .....	49
196	Agradecimentos .....	53
197	REFERÊNCIAS .....	53
198	Tabelas .....	59
199	Figuras .....	60
200		

## 201 **PRIMEIRA PARTE**

202

### 203 **INTRODUÇÃO GERAL**

204

205 Todos os organismos dentro de um ecossistema estão interconectados uns aos outros  
206 por meio de cadeias alimentares e redes tróficas (HUNTER; PRICE, 1992; POLIS;  
207 WINEMILLER, 1996; SCHMITZ, 1998; POLIS, 1999; OHGUSHI, 2005). Em uma teia  
208 alimentar, as funções realizadas pelos seres vivos diferem-se entre si, uma vez que cada um  
209 deles ocupa diferentes níveis tróficos (AGUIAR-MENEZES; MENEZES, 2005). Os  
210 diferentes ecossistemas, naturais e artificiais, são compostos por no mínimo três níveis  
211 tróficos que interagem entre si: plantas – herbívoros - inimigos naturais (OLIVEIRA et al.,  
212 2012). As relações entre esses níveis tróficos são denominadas interações tritróficas, as quais  
213 são complexas e envolvem mecanismos de regulação devido à alta dependência ou  
214 susceptibilidade que exercem entre si (POLIS, 1999; OHGUSHI, 2005). Essas interações  
215 incluem influências mútuas de ataque e defesa entre os níveis tróficos, as quais compreendem  
216 relações morfológicas, comportamentais e fisiológicas, bem como interações inter e  
217 intraespecíficas dentro de cada nível trófico (DE MORAES; LEWIS; TUMLINSON, 2000).

218 O entendimento das interações planta – herbívoro – inimigo natural pode ser  
219 empregado como ferramenta para o aprimoramento dos programas de controle de pragas, na  
220 medida em que busca a conservação das relações entre os organismos pertencentes ao sistema  
221 trófico. Essa estratégia confere maior dinâmica ao agroecossistema (ecossistema artificial),  
222 evitando que os herbívoros atinjam níveis populacionais elevados e venham a provocar danos  
223 à produção agrícola (LIMA et al., 2013). Dessa forma, as populações de artrópodes  
224 herbívoros podem ser reguladas pela atuação dos inimigos naturais (PARRA et al., 2002),  
225 sendo que, no Filo Arthropoda, os predadores e parasitoides são os responsáveis por essa  
226 regulação (AGUIAR-MENEZES, 2003). A criação de inimigos naturais em laboratório e sua  
227 posterior liberação em cultivos infestados por artrópodes herbívoros é uma estratégia  
228 promissora e que já vem sendo utilizada no controle de pragas de culturas como cana-de-  
229 açúcar e, também, em cultivos protegidos de olerícolas e rosas (VAN LENTEREN; BUENO,  
230 2003; SILVEIRA; BUENO; VAN LENTEREN, 2004; BUENO et al., 2009; PARRA, 2014).

231 A combinação de mais de uma espécie de inimigo natural pode ser uma tática para  
232 incrementar o controle de pragas, desde que as interações interespecíficas adversas sejam  
233 mínimas (CALVO; BOLCKMANS; BELDA, 2009; CHOW; CHAU; HEINZ, 2010), pois a  
234 utilização de uma ou mais espécies de inimigos naturais para o controle de um ou vários

235 herbívoros pode resultar em efeitos negativos ou positivos (CAKMAK et al., 2009). Alguns  
236 artrópodes predadores generalistas podem alimentar-se de mais de um nível trófico, ou seja,  
237 sua dieta não se restringe a apenas espécies herbívoras, mas, também, podem alimentar-se de  
238 outros artrópodes predadores, incluindo os da mesma espécie (SABELIS, 1992; JANSSEN et  
239 al., 2007; MASSELINK; SABELIS; JANSSEN, 2013). Quando dois artrópodes predadores  
240 compartilham uma mesma presa, pode ocorrer um efeito negativo entre eles devido à  
241 competição, resultando na mortalidade de um dos competidores. Esse comportamento é  
242 definido como predação intraguildd (POLIS et al., 1989; VANCE-CHALCRAFT et al., 2007;  
243 MASSELINK et al., 2012) e pode afetar o controle biológico de pragas levando a um  
244 aumento na população do herbívoro (MASSELINK et al., 2012).

245 Vários agentes de controle biológico, especialistas ou generalistas, podem ser  
246 combinados com outros artrópodes predadores para o controle de herbívoros em cultivos  
247 protegidos. Em alguns países, espécies de *Orius* (Hemiptera: Anthocoridae), predador  
248 generalista, têm sido comercializadas para uso em programas de controle biológico, sozinhos  
249 ou combinados com outros artrópodes predadores, para controlar espécies de tripes em plantas  
250 ornamentais e hortícolas sob cultivo protegido (CLOUTIER; JOHNSON, 1993; CHOW;  
251 CHAU; HEINZ, 2008; CHOW; CHAU; HEINZ, 2010; VAN HOUTEN et al., 2016).  
252 Algumas combinações de *Orius* spp. e ácaros predadores podem ser recomendadas, pois o  
253 anthocorídeo demonstra preferência por tripes e não pelo ácaro predador. Têm sido utilizadas,  
254 por exemplo: *Orius tristicolor* (White) e *Amblyseius cucumeris* (= *Neoseiulus cucumeris*)  
255 (Oudemans) (GILLESPIE; QUIRING, 1992); *Orius laevigatus* (Fieber) e *Amblyseius*  
256 *degenerans* Berlese (WITTMANN; LEATHER, 1997) e, *Orius majusculus* (Reuter) e *A.*  
257 *degenerans* (BRØDSGAARD; ENKEGAARD, 2005). Porém, algumas combinações  
258 necessitam ser mais estudadas, pois os anthocorídeos podem preferir o outro predador à  
259 espécie de tripes alvo do controle, como por exemplo: *O. laevigatus* e *A. cucumeris*  
260 (WITTMANN; LEATHER, 1997; MAGALHÃES et al., 2004), *Orius insidiosus* (Say) e *A.*  
261 *cucumeris* (SANDERSON; BRØDSGAARD; ENKEGAARD, 2005), *O. insidiosus* e *A.*  
262 *degenerans* (CHOW; CHAU; HEINZ, 2008) e, *O. insidiosus* e *A. swirskii* (Athias-Henriot)  
263 (CHOW; CHAU; HEINZ, 2010).

264 Por ser um predador generalista, além de preda espécies de tripes, *Orius* spp. é capaz  
265 de se alimentar de outros herbívoros, como por exemplo o ácaro *Tetranychus urticae* Koch  
266 (Acari: Tetranychidae). Diante disso, Venzon; Pallini; Janssen (2001) estudaram a  
267 combinação de *O. laevigatus* e *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot para o controle de *T.*  
268 *urticae* e constataram que a presença do herbívoro não preveniu a predação intraguildd de *P.*

269 *persimilis* por *O. laevigatus*, e o consumo do herbívoro por *O. laevigatus* foi similar quando  
270 sozinho e quando combinado com *P. persimilis*.

271 Além da predação intraguildd, outros tipos de interação podem ocorrer no sistema  
272 planta – herbívoro – inimigo natural, como por exemplo, a resposta das plantas ao ataque dos  
273 herbívoros (JANSSEN et al., 1998). Quando um herbívoro ataca uma planta, ele ativa um  
274 sistema defensivo conhecido como defesa induzida por herbivoria (DIH) (DICKE; SABELIS,  
275 1988), que pode atuar diretamente (DE MORAES; MESCHER; TUMLINSON, 2001),  
276 repelindo os herbívoros, ou pode agir indiretamente, atraindo os inimigos naturais  
277 (DUDAREVA et al., 2006; RODRIGUEZ-SAONA, 2012). Além disso, as DIHs podem  
278 variar quantitativamente (concentração dos compostos) e qualitativamente (indução de novos  
279 compostos). Tal variação é função do número e espécie de herbívoros (SHIORIJI et al.,  
280 2001), hábito alimentar (mastigador ou sugador) e espécie da planta atacada (DE MORAES et  
281 al., 1998).

282 A defesa indireta da planta consiste na produção de metabólitos secundários voláteis  
283 que atraem os inimigos naturais dos herbívoros que a estão atacando, ou atuam como  
284 repelente desses herbívoros (BALDWIN et al., 2001). Então, quando atacadas por herbívoros,  
285 as plantas podem produzir compostos orgânicos voláteis (COVs) que auxiliam os inimigos  
286 naturais (parasitoides e predadores) na localização de sua presa ou hospedeiro (DICKE;  
287 HILCKER, 2003). Existem vários estudos sobre a produção de voláteis de plantas induzida  
288 por herbivoria e as respostas de inimigos naturais a esses compostos, principalmente por  
289 danos causados por uma única espécie de herbívoro (SHIOJIRI et al., 2001; RODRIGUEZ-  
290 SAONA; CRAFTS-BRANDNER; CAÑAS, 2003). Por exemplo, Moyaeri et al. (2006a,b)  
291 relataram que quando plantas de feijão ou de pimentão são atacadas pelo ácaro *T. urticae*,  
292 emitem uma mistura de voláteis que atraem o mirídeo predador *Macrolophus caliginosus*  
293 Wagner (Heteroptera: Miridae). Do mesmo modo, Salamanca et al. (2015) demonstraram que  
294 plantas de rosas infestadas pelo afídeo *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) (Hemiptera:  
295 Aphididae) emitem voláteis que atraem fêmeas adultas do predador *Chrysoperla externa*  
296 (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae).

297 No entanto, em condições naturais, a maioria das plantas pode ser atacada por mais de  
298 uma espécie de herbívoro simultaneamente (herbivoria múltipla) (DE BOER, 2004; ZHANG  
299 et al., 2009). Os voláteis induzidos pela herbivoria em resposta ao ataque por uma espécie  
300 herbívora podem diferir daqueles emitidos após o ataque por mais de uma espécie (herbivoria  
301 múltipla) (DICKE; VAN LOON; SOLER, 2009). O ataque por uma espécie de herbívoro ou  
302 mais pode resultar em diferentes misturas de voláteis (SHIORIJI et al., 2001; DICKE et al.,

303 2009), no entanto, em alguns sistemas, as plantas infestadas por mais de uma espécie  
304 herbívora podem emitir uma maior quantidade de voláteis, quando comparada com os  
305 compostos liberados pela planta sob infestação simples (MOYAERI et al., 2007). As  
306 consequências da herbivoria múltipla são difíceis de prever, pois dependem de fatores como:  
307 espécie das plantas, espécie dos herbívoros e espécie do inimigo natural (HARE, 2011).

308 Existem poucas informações sobre o papel dos compostos induzidos por herbivoria  
309 múltipla no comportamento dos inimigos naturais (SHIORIJI et al., 2001; RODRIGUEZ-  
310 SAONA; CRAFTS-BRANDNER; CAÑAS, 2003), sobretudo para predadores generalistas. A  
311 capacidade dos predadores generalistas da família Anthocoridae em usar pistas químicas já foi  
312 relatada em alguns estudos (DWUMFOUR, 1992; DRUKKER; SABELIS, 1990;  
313 DRUKKER; SCUTAREANU; SABELIS, 1995; SCUTAREANU et al., 1997; ARAB et al.,  
314 2007).

315 O predador *Orius insidiosus* (Say) apresenta características biológicas e  
316 comportamentais que o colocam como um eficiente agente de controle biológico (SILVEIRA;  
317 BUENO; VAN LENTEREN, 2004; BUTLER; O'NEIL, 2007; BUENO et al., 2009). Dentre  
318 suas características, possui alta capacidade de busca e predação, habilidade de sobrevivência,  
319 mesmo em situações de ausência ou escassez de presas, em que podem consumir fontes  
320 alimentares alternativas, como pólen (MENDES et al., 2002), e, principalmente, é capaz de se  
321 alimentar de diversos tipos de presas como, por exemplo, tripes e ácaros (SILVEIRA;  
322 BUENO; VAN LENTEREN, 2004). Apesar da sua importância como agente biocontrolador,  
323 existem poucos estudos relatando o comportamento de *Orius* spp. aos voláteis de plantas  
324 induzidos por herbivoria (VPIH) uma vez que a busca por presas desses percevejos é  
325 orientada pelos VPIH resultantes da injúria das suas presas (VENZON; JANSSEN;  
326 SABELIS, 1999; ARAB et al., 2007; CARVALHO; BUENO; CASTAÑÉ, 2011; TAN; LIU,  
327 2014; STEPANYCHEVA et al., 2014). Esses estudos, no entanto, referem-se à herbivoria  
328 simples, e pouca atenção tem sido dada sobre o comportamento de *Orius* spp. aos voláteis de  
329 plantas infestadas por mais de uma espécie de herbívoro. O conhecimento da interação  
330 multitrófica planta – herbívoros – *O. insidiosus* faz-se necessário uma vez que esse predador  
331 possui hábito generalista e pode ser utilizado simultaneamente com outros artrópodes  
332 predadores para o controle de pragas em cultivos protegidos. Além disso, destaca-se a  
333 importância desses conhecimentos para o aprimoramento de programas de controle biológico,  
334 haja vista as espécies desse predador serem utilizadas como agentes de controle biológico em  
335 cultivos protegidos em outros países (SILVEIRA; BUENO; VAN LENTEREN, 2004;  
336 BUTLER; O'NEIL, 2007; ARAB et al., 2007; BUENO et al., 2009).

337 Este trabalho foi conduzido em um sistema que incluiu roseiras, por constituírem-se  
338 em exemplos de plantas que são atacadas por vários artrópodes-praga. Os herbívoros  
339 comumente associados a roseiras podem influenciar no seu crescimento, afetar a floração e  
340 causar danos estéticos aos botões florais. As pragas mais comuns são os ácaros (*T. urticae*),  
341 tripes (*Frankliniella* spp.), e pulgões (CARVALHO et al., 2012). Atualmente, o ataque por *T.*  
342 *urticae* e *Frankliniella* spp. em cultivos de rosas têm sido uma preocupação constante para os  
343 produtores, pois está afetando a produção e desvalorizando o produto final (Comunicação  
344 pessoal: MARTINEZ, CMT - 2016). No Brasil, o ácaro predador *N. californicus* tem sido  
345 comercializado para uso no controle do ácaro rajado *T. urticae* em cultivos de rosas  
346 (POLETTI, 2010). Entretanto, além desse ácaro predador, *O. insidiosus*, que é comercializado  
347 e utilizado como agente de controle biológico de tripes em outros países (BUTLER; O'NEIL,  
348 2007; ARAB et al., 2007, BUENO et al., 2009), também foi encontrado predando *T. urticae*  
349 em roseiras (Observação pessoal: SOUSA, ALV - 2013). Dessa forma, torna-se importante  
350 conhecer as diferentes interações que podem ocorrer no sistema, roseira – *T. urticae* e/ou *F.*  
351 *insularis* – *N. californicus* e/ou *O. insidiosus*, visando aprimorar o controle biológico de  
352 pragas na cultura da roseira. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivos: 1)  
353 determinar a compatibilidade de *N. californicus* e *O. insidiosus* visando o controle de *T.*  
354 *urticae*; e, 2) avaliar o efeito das infestações simples (*T. urticae* ou *F. insularis*) e múltipla (*T.*  
355 *urticae* e *F. insularis*) na atração de *O. insidiosus* em roseiras.

356

## 357 Referências

358

359 AGUIAR-MENEZES, E. L. Controle biológico de pragas: princípios e estratégias de  
360 aplicação em ecossistemas agrícolas. **Embrapa Agrobiologia**, 2003. 44 p.

361 AGUIAR-MENEZES, E. L.; MENEZES, E. B. Bases ecológicas das interações entre insetos  
362 e plantas no manejo ecológico de pragas agrícolas. In: Aquino AM, Assis RL (Ed.).  
363 **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília:  
364 Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p. 324-339.

365 ARAB, A. et al. Differential attractiveness of potato tuber volatiles to *Phthorimaea*  
366 *operculella* (Gelechiidae) and the predator *Orius insidiosus* (Anthocoridae). **Journal of**  
367 **Chemical Ecology**, v. 33, n. 10, p. 1845–1855, 2007.

368 BALDWIN, I. T. et al. Merging molecular and ecological approaches in plant-insect  
369 interactions. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 4, n. 4, p. 351-358, 2001.

- 370 BRØDSGAARD, H. F.; ENKEGAARD, A. Intraguild predation between *Orius majusculus*  
371 (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae) and *Iphiseius degenerans* Berlese, (Acarina:  
372 Phytoseiidae). **IOBC/wprs Bulletin**, v. 28, p. 19–22, 2005.
- 373 BUENO, V. H. P. et al. Control of thrips with *Orius insidiosus* in greenhouse cut roses: use of  
374 a banker plant improves the performance of the predator. **IOBC/wprs Bulletin**, v. 49, p. 183–  
375 187, 2009.
- 376 BUTLER, C. D.; O'NEIL, R. J. Life history characteristics of *Orius insidiosus* (Say) fed  
377 *Aphis glycines* Matsumura. **Biological Control**, v. 40, n. 3, p. 333–338, 2007.
- 378 CALVO, F. J.; BOLCKMANS, K.; BELDA, J. E. Development of a biological control-based  
379 Integrated Pest Management method for *Bemisia tabaci* for protected sweet pepper crops.  
380 **Entomologia Experimentalis**, v. 133, n. 1, p. 9-18, 2009.
- 381 CAKMAK, I. et al. Biological control of an acarine pest by single and multiple natural  
382 enemies. **Biological Control**, v. 50, n. 1, p. 60-65, 2009.
- 383 CARVALHO, L. M.; BUENO, V. H. P.; CASTAÑÉ, C. Olfactory response towards its prey  
384 *Frankliniella occidentalis* of wild and laboratory-reared *Orius insidiosus* and *Orius*  
385 *laevigatus*. **Journal of Applied Entomology**, v. 135, p. 177-183, 2011.
- 386 CARVALHO, L. M. et al. Principais pragas em cultivo de roseira: reconhecimento e controle.  
387 **Circular Técnica**, Belo Horizonte, v. 157, p. 1-7, 2012.
- 388 CHOW, A.; CHAU, A.; HEINZ, K. M. Compatibility of *Orius insidiosus* (Hemiptera:  
389 Anthocoridae) with *Amblyseius degenerans* (Acari: Phytoseiidae) for control of *Frankliniella*  
390 *occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on cut roses. **Biological Control**, v. 44, n.2, p. 259–  
391 270, 2008.
- 392 CHOW, A.; CHAU, A.; HEINZ, K. M. Compatibility of *Amblyseius* (Typhlodromips)  
393 *swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera:  
394 Anthocoridae) for biological control of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae)  
395 on roses. **Biological Control**, v. 53, n. 2, p. 188-196, 2010.
- 396 CLOUTIER, C.; JOHNSON, S. G. Predation by *Orius tristicolor* (Hemiptera: Anthocoridae)  
397 on *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae): testing for compatibility between  
398 biocontrol agents. **Environmental Entomology**, v. 22, n. 2, p. 477-482, 1993.
- 399 DE BOER, J. G. Carnivore attraction to herbivore-induced plant volatiles: effects of mixing  
400 volatile blends and multiple infestation of plants. In: **Bugs in odour space: how predatory**  
401 **mites respond to variation in herbivore induced plant volatiles**. PhD Thesis, Wageningen  
402 University, the Netherlands, 2004, p. 33–52.



- 403 DE MORAES, C. M. et al. Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids. **Nature**,  
404 v. 393, p. 570-573, 1998.
- 405 DE MORAES, C. M.; LEWIS, W. J.; TUMLINSON, J. H. Examining plant-parasitoid  
406 interactions in tritrophic systems. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, p.  
407 189-203, 2000.
- 408 DE MORAES, C. M.; MESCHER, M. C.; TUMLINSON, J. H. Caterpillar-induced nocturnal  
409 plant volatiles repel conspecific females. **Nature**, v. 410, p. 577-580, 2001.
- 410 DICKE, M.; HILKER, M. Induced plant defences: from molecular biology to evolutionary  
411 ecology. **Basic Applied Ecology**, v. 4, p. 3–14, 2003.
- 412 DICKE, S.; SABELIS, M. W. Infochemical terminology: based on cost-benefit analysis rather  
413 than origin of compounds? **Functional Ecology**, v. 2, p. 131-139, 1988.
- 414 DICKE, M.; VAN LOON, J. J. A.; SOLER, R. Chemical complexity of volatiles from plants  
415 induced by multiple attack. **Nature Chemical Biology**, v. 5, p. 317-324, 2009.
- 416 DUDAREVA, N. et al. Plant volatiles: recente advances and future perspectives. **Critical**  
417 **Reviews in Plant Science**, v. 25, p. 417-440, 2006.
- 418 DRUKKER, B.; SABELIS, M. W. Anthocorid bugs respond to odours emanating from  
419 *Psylla*-infested pear trees. **Nederlandse Entomologische Vereniging**, v. 1, p. 88–89, 1990.
- 420 DRUKKER, B.; SCUTAREANU, P.; SABELIS, M. W. Do anthocorid predators respond to  
421 synomones from *Psylla*-infested pear trees under field conditions?. **Entomologia**  
422 **Experimentalis et Applicata**, v. 77, n. 2, p. 193-203, 1995.
- 423 DWUMFOUR, E. F. Volatile substances evoking orientation in the predatory flowerbug  
424 *Anthocoris nemorum* (Heteroptera: Anthocoridae). **Bulletin of Entomological Research**, v.  
425 82, n.4, p. 465-469, 1992.
- 426 GILLESPIE, D. R.; QUIRING, D. J. M. Competition between *Orius tristicolor* (White)  
427 (Hemiptera: Anthocoridae) and *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae)  
428 feeding on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). **The Canadian**  
429 **Entomologist**, 124, n. 6, p. 1123–1128, 1992.
- 430 HARE, J. D. Ecological role of volatiles produced by plants in response to damage by  
431 herbivorous insects. **Annual Reviews Entomology**, v. 56, p. 161-180, 2011.
- 432 HUNTER, M. D.; PRICE, P. W. Playing chutes and ladders: heterogeneity and the relative  
433 roles of bottom-up and top-down forces in natural communities. **Ecology**, v. 73, n. 3, p. 724-  
434 732, 1992.
- 435 JANSSEN, A. et al. Behaviour and indirect interactions in food webs of plant inhabiting  
436 arthropods. **Experimental and Applied Acarology**, v. 22, n. 6, p. 497-521, 1998.

- 437 JANSSEN, A. et al. Habitat structure affects intraguild predation. **Ecology**, v. 88, n. 11, p.  
438 2713–2719, 2007.
- 439 LIMA, J. S. et al. Interações tritróficas nos agroecossistemas. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n.  
440 16, p. 1347-1360, 2013.
- 441 MAGALHÃES, S. et al. Diet of intraguild predators affects antipredator behavior in  
442 intraguild prey. **Behavioral Ecology**, v. 16, n. 2, p. 364–370, 2004.
- 443 MASSELINK, G. J. et al. Biological control of aphids in the presence of thrips and their  
444 enemies. **BioControl**, v. 58, n. 1, p. 45-55, 2013.
- 445 MASSELINK, G. J.; SABELIS, M. W.; JANSSEN, A. Generalist predators, food web  
446 complexities and biological pest control in greenhouse crops. In: Larramendy, M. L.;  
447 Soloneski, S. **Integrated pest management and pest control: current and future tactics**.  
448 Rijeka: InTech, p. 191-214, 2012.
- 449 MENDES, S. M. et al. Type of prey influences biology and consumption rate of *Orius*  
450 *insidiosus* (Say) (Hemiptera, Anthocoridae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 46, p.  
451 99-103, 2002.
- 452 MOAYERI, H. R. S. et al. Odour-mediated preference and prey preference of *Macrolophus*  
453 *caliginosus* between spider mites and green peach aphids. **Journal of Applied Entomology**,  
454 v. 130, n. 9-10, p. 504–508, 2006a.
- 455 MOAYERI, H. R. S. et al. Odour-mediated responses of a predatory mired bug and its prey.  
456 **Experimental & Applied Acarology**, v. 40, n. 27, p. 27–36, 2006b.
- 457 MOAYERI, H. R. S. et al. Olfactory response of a predatory mirid to herbivore induced plant  
458 volatiles: multiple herbivory vs. single herbivory. **Journal of Applied Entomology**, v. 131, n.  
459 5, p. 326-332, 2007.
- 460 OHGUSHI, T. Indirect interaction webs: herbivore-induced effects through trait change in  
461 plants. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 36, p. 81-105, 2005.
- 462 OLIVEIRA, R. S. et al. Silício na proteção de plantas contra herbívoros: uma abordagem  
463 sobre as interações tritróficas no sistema trigo, pulgões e parasitoides. **Enciclopédia Biosfera**,  
464 v. 8, p. 876-898, 2012.
- 465 PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 5, p.  
466 345-355, 2014.
- 467 PARRA, J. R. P. et al. Controle biológico: terminologia. In: Parra, J. R. P. et al. **Controle**  
468 **biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole, p. 19-25, 2002.
- 469 POLIS, G. A. Why are parts of the world green? Multiple factors control productivity and the  
470 distribution of biomass. **Oikos**, v. 86, p. 3-15, 1999.

- 471 POLIS, G. A.; MYERS, C. A.; HOLT, R. D. The ecology and evolution of intraguild  
472 predation: potential competitors that eat each other. **Annual Review of Ecology, Evolution**  
473 **and Systematics**, v. 20, p. 297-330, 1989.
- 474 POLIS, G. A.; WINEMILLER, K. O. **Food Webs: Integration of Patterns and Dynamics**.  
475 Chapman and Hall, New York, 1996, 472 p.
- 476 RODRÍGUEZ-SAONA, C. La Ecología Química de Interacciones Tri-Tróficas, 315-342. En:  
477 J. C. ROJAS y E. A. MALO (eds.). **Temas Selectos en Ecología Química de Insectos**. El  
478 Colegio de la Frontera Sur. México. 2012, 446 p.
- 479 RODRIGUEZ-SAONA, C.; CRAFTS-BRANDNER, S. J.; CAÑAS, L. Volatile emissions  
480 triggered by multiple herbivore damage: beet armyworm and whitefly feeding on cotton  
481 plants. **Journal of Chemical Ecology**, v. 29, n.11, p. 2521–2532, 2003.
- 482 SABELIS, M. W. Arthropod predators. In. **Natural enemies, The population biology of**  
483 **predators, Parasites and diseases** (Ed. By M. J. Crawley), pp. 225-264. Blackweel  
484 Scientific Publications Oxford, 1992.
- 485 SALAMANCA J. et al. Behavioral responses of adult lacewings, *Chrysoperla externa*, to a  
486 rose-aphid-coriander complex. **Biological Control**, v. 80, p. 103-112, 2015.
- 487 SANDERSON, J. P.; BRØDSGAARD, H. F.; ENKEGAARD, A. Preference assessment of  
488 two *Orius* spp. for *Neoseiulus cucumeris* vs. *Frankliniella occidentalis*. **IOBC/wprs Bulletin**,  
489 v. 28, p. 221–224, 2005.
- 490 SCHMITZ, O. J. Direct and indirect effects of predation and predation risk in old field  
491 interaction webs. **American Naturalist**, v. 151, p. 327-342, 1998.
- 492 SCUTAREANU, P. et al. Volatiles from *Psylla*-infested pear trees and their possible  
493 involvement in attraction of anthocorid predators. **Journal of Chemical Ecology**, 23, n. 10, p.  
494 2241-2260, 1997.
- 495 SHIOJIRI, K. et al. Infochemically mediated tritrophic interaction webs on cabbage plants.  
496 **Population Ecology**, v. 43, n. 1, p. 23-29, 2001.
- 497 SILVEIRA, L. C. P.; BUENO, V. H. P.; VAN LENTEREN, J. C. *Orius insidiosus* as  
498 biological control agent of Thrips in greenhouse chrysanthemums in the tropics. **Bulletin of**  
499 **Insectology**, v. 57, n. 2, p. 103-109, 2004.
- 500 STEPANYCHEVA, E. A. et al. The Behavioral Response of the Predatory Bug *Orius*  
501 *laevigatus* Fieber (Heteroptera, Anthocoridae) to Synthetic Volatiles. **Entomological Review**,  
502 v. 94, p. 1053-1058, 2014.

- 503 TAN, X. L.; LIU, T. X. Aphid-induced plant volatiles affect the attractiveness of tomato  
504 plants to *Bemisia tabaci* and associated natural enemies. **Entomologia Experimentalis et**  
505 **Applicata**, v. 151, p. 259-269, 2014.
- 506 VAN HOUTEN, Y. M. et al. Evaluation of *Euseius gallicus* as a biological control agent of  
507 western flower thrips and greenhouse whitefly in rose. **Journal of Acarological Society of**  
508 **Japan**, v. 25, p. 147-159, 2016.
- 509 VAN LENTEREN, J. C.; BUENO, V. P. B. Augmentative biological control of arthropods in  
510 Latin America. **Biological Control**, v. 48, n.2, p. 123-139, 2003.
- 511 VANCE-CHALCRAFT, H. D. et al. The influence of intraguild predation on prey  
512 suppression and prey release: a metaanalysis. **Ecology**, v. 88, n. 11, p. 2689-2696, 2007.
- 513 VENZON, M.; JANSSEN, A.; SABELIS, M. W. Attraction of a generalist predator towards  
514 herbivore-infested plants. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 93, n. 3, p. 305–  
515 314, 1999.
- 516 VENZON, M.; PALLINI, A.; JANSSEN, A. Interactions mediated by predators in arthropod  
517 food webs. **Neotropical Entomology**, v. 1, n. 30, p. 1-9, 2001.
- 518 WITTMANN, E. J.; LEATHER, S. R. Compatibility of *Orius laevigatus* Fieber (Hemiptera:  
519 Anthocoridae) with *Neoseiulus (Amblyseius) cucumeris* Oudemans (Acari: Phytoseiidae) and  
520 *Iphiseius (Amblyseius) degenerans* Berlese (Acari: Phytoseiidae) in the biocontrol of  
521 *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae). **Experimental and Applied**  
522 **Acarology**, v. 21, n. 8, p. 523–538, 1997.
- 523 ZHANG, P. J. et al. Whiteflies interfere with indirect plant defense against spider mites in  
524 Lima bean. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of**  
525 **America**, v. 106, n. 50, p. 21202–21207, 2009.
- 526  
527  
528  
529  
530  
531  
532  
533  
534  
535  
536

537 **SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**

538

539 **Artigo 1 – Compatibilidade entre os predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) e**  
540 ***Orius insidiosus* (Say) visando o controle de artrópodes-praga em roseiras**

541

542 Ana Luiza V. Sousa<sup>1</sup>; Brígida Souza<sup>1</sup>; Jordano Salamanca<sup>1</sup>; Madelaine Venzon<sup>2</sup>

543

544 <sup>1</sup>*Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil*545 <sup>2</sup>*Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG Zona da Mata / Viçosa,*  
546 *MG, Brasil*

547

548 **Artigo preparado de acordo com as normas da Revista Biological Control**

549

550 **RESUMO** – O presente estudo foi conduzido em laboratório para avaliar: (i) a interação  
551 intraguilda entre *N. californicus* e *O. insidiosus*; (ii) o consumo de *T. urticae* por *N.*  
552 *californicus* e *O. insidiosus*, quando sozinhos e combinados; e (iii) o comportamento dos  
553 predadores *N. californicus* e *O. insidiosus*, quando sozinhos e combinados, na presença de  
554 cada uma das fases de *T. urticae*. De acordo com cada tratamento, em placas de Petri (5 cm  
555 Ø) os folíolos de roseira foram infestados com cada uma das fases de *T. urticae*, e,  
556 posteriormente, procedeu-se à liberação de um adulto de *N. californicus* e *O. insidiosus*. O  
557 comportamento dos predadores foi analisado durante uma hora, com o uso do software Ethlog  
558 2.2 e, após 24 horas, as presas consumidas foram contabilizadas, bem como a mortalidade dos  
559 predadores quando liberados em conjunto. Houve uma redução na predação intraguilda de *N.*  
560 *californicus* por *O. insidiosus* ao longo do desenvolvimento do ácaro praga. O predador *O.*  
561 *insidiosus*, quando sozinho ou combinado, foi mais ativo do que *N. californicus*, e, além  
562 disso, *O. insidiosus* sozinho consumiu um maior número de presas do que o ácaro predador.  
563 Quando ambos foram combinados, houve uma resposta aditiva no consumo da fase ninfal e  
564 adultos de *T. urticae*, constatando-se, porém, um efeito negativo no consumo de ovos. Testes  
565 adicionais são necessários para que se possa afirmar sobre a eficiência ou não dessa  
566 combinação no controle de *T. urticae* especialmente porque os experimentos foram realizados  
567 em um ambiente limitado e em condições totalmente controladas.

568

569 **Palavras-chave:** Pragas da roseira; Ácaro predador; Percevejo predador; Predação  
570 intraguilda; Comportamento; Controle biológico.

## 571 1. Introdução

572

573 Uma estratégia que tem sido empregada para incrementar o controle biológico de  
574 pragas em cultivos protegidos é o uso de duas ou mais espécies de inimigos naturais (Calvo et  
575 al., 2009). Com essa tática, espera-se que as interações interespecíficas adversas que possam  
576 ocorrer entre os agentes de controle sejam mínimas, enquanto que as interações herbívoro-  
577 inimigos naturais sejam otimizadas (Calvo et al., 2009; Chow et al., 2010).

578 Em países como França, Holanda e Estados Unidos, alguns programas de controle  
579 biológico têm usado combinações de inimigos naturais contra afídeos (Chau e Heinz, 2004),  
580 ácaros-praga (Rott e Ponsonby, 2000), tripes (Brødsgaard, 2004; Chow et al., 2010; Houten et  
581 al., 2016) e moscas-brancas (Hoddle, 2004). Entre tais programas encontram-se aqueles  
582 envolvendo plantas ornamentais cultivadas em ambiente protegido. Porém, uma questão que  
583 tem sido tema de debate é a extensão e o impacto da predação intraguilda entre os inimigos  
584 naturais usados nesses ambientes, uma vez que o comportamento desses organismos pode ser  
585 alterado devido às interações que ocorrem no mesmo nível trófico (Janssen et al., 2006;  
586 Jandricic et al., 2008).

587 Um exemplo de predação intraguilda pode ser verificado quando indivíduos de duas  
588 espécies de insetos predadores compartilham um mesmo tipo de presa, o que pode gerar uma  
589 competição entre eles, resultando na mortalidade de um dos competidores (Rosenheim et al.,  
590 1995). É comum observar, em teias alimentares complexas, insetos predadores generalistas  
591 alimentando-se de mais de um nível trófico (Tixier et al., 2013). Esses insetos, além de  
592 alimentarem-se de espécies herbívoras e recursos provenientes das plantas, alimentam-se,  
593 também, de outros insetos predadores, incluindo os da mesma espécie (Janssen et al., 2007;  
594 Masselink et al., 2013).

595 No Brasil, o cultivo de plantas ornamentais, sobretudo o de rosas em ambiente  
596 protegido, tem se destacado por oferecer condições favoráveis ao desenvolvimento das  
597 plantas. Por outro lado, o ambiente protegido beneficia o aparecimento de artrópodes-pragas,  
598 como tripes, ácaros, pulgões e moscas brancas. O ácaro rajado, *Tetranychus urticae* Koch  
599 (Acari: Tetranychidae), é uma praga frequente em cultivos de roseiras, atacando a superfície  
600 inferior das folhas, onde abriga suas colônias e produz teias. Nestes locais, suga o líquido  
601 citoplasmático tornando as folhas cloróticas e acarretando desfolhamento da planta e falta de  
602 florescimento (Carvalho et al., 2012). A fim de controlar o ácaro rajado, muitos produtores de  
603 rosas têm utilizado o ácaro *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) (Poletti,  
604 2010). Além desse ácaro predador, pode-se observar em cultivo protegido outros inimigos

605 naturais alimentando-se de *T. urticae*, como por exemplo, o percevejo *Orius insidiosus* Say  
606 (Hemiptera: Anthocoridae) (Observação pessoal: Sousa, 2015). Esse predador é capaz de  
607 predar todas as fases do desenvolvimento de *T. urticae* (ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e  
608 adulto) (Observação pessoal: Sousa, 2015) e, por serem generalistas, não demonstraram  
609 preferência por *T. urticae* ou *Frankliniella insularis* Franklin (Thysanoptera: Thripidae),  
610 quando essas presas foram oferecidas simultaneamente (Sousa et al., 2017, no prelo).

611 Em alguns países, espécies de *Orius* (Hemiptera: Anthocoridae) têm sido  
612 comercializadas para controlar populações de tripes em plantas ornamentais e hortícolas sob  
613 cultivo protegido, sendo liberados sozinhos ou combinados com outros artrópodes predadores  
614 (Cloutier e Johnson, 1993; Chow et al., 2008; Chow et al., 2010; Houten et al., 2016).  
615 Entretanto faltam informações sobre a compatibilidade de *Orius* spp. com outros agentes de  
616 controle utilizados no manejo populacional de artrópodes-praga como, por exemplo, *T.*  
617 *urticae*, que é uma das principais espécies presentes em roseiras. Rott e Ponsonby (2000)  
618 relataram que, ao combinar o ácaro predador *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari:  
619 Phytoseiidae) com *Stethorus punctillum* Weise (Coleoptera: Coccinellidae), houve uma  
620 diminuição na densidade populacional do ácaro rajado em plantas de pepino, pimentão e  
621 berinjela. Venzon et al. (2001) constataram que a disponibilidade de *T. urticae* não preveniu a  
622 predação de *P. persimilis* por *Orius laevigatus* (Fieber) e que o consumo da presa pelo  
623 percevejo foi similar quando sozinho ou combinado com *P. persimilis*.

624 Diante do exposto e, sendo *O. insidiosus* a espécie de anthocorídeo mais comum no  
625 Brasil, além de ser um excelente agente de controle biológico (Silveira et al., 2004; Shakya et  
626 al., 2009; Weintraub et al., 2011), faz-se importante e necessário, obter informações sobre a  
627 compatibilidade do uso de *N. californicus* e *O. insidiosus* para o controle de *T. urticae* em  
628 roseiras. Sendo assim, este estudo foi conduzido para avaliar: (1) a interação intraguilda entre  
629 *N. californicus* e *O. insidiosus*; (2) o consumo de *T. urticae* por *N. californicus* e *O.*  
630 *insidiosus*, quando sozinhos e combinados; e (3) o comportamento dos predadores *N.*  
631 *californicus* e *O. insidiosus*, quando sozinhos e combinados, na presença de cada uma das  
632 fases de *T. urticae*.

633

## 634 **2. Material e métodos**

635

636 Os experimentos foram realizados no laboratório de Biologia de Insetos do  
637 Departamento de Entomologia (DEN), da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em  
638 condições controladas ( $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  UR e fotofase de 12 horas).

639

## 640 2.1 Plantas

641

642 Mudas de rosas pertencentes ao grupo “híbridas de chá” (*Rosa* spp. L. cv. Avalanche,  
643 de coloração branca, foram adquiridas comercialmente (Flora Minas, Itapeva, MG, Brasil) e  
644 plantadas em vasos com capacidade para 10L. Utilizou-se substrato composto por terra de  
645 barranco e esterco bovino (1:1) e adubação com NPK 8-28-16 no plantio. As roseiras foram  
646 cultivadas em casa de vegetação sobre bancadas metálicas e irrigadas conforme necessário.  
647 Para condução dos bioensaios, os folíolos foram cortados com tesoura da parte mediana da  
648 planta, levados para o laboratório, onde foi realizada a assepsia em água.

649 Para a criação de *T. urticae*, sementes de feijão-de-porco, *Canavalia ensiformes* (L.)  
650 (Fabaceae), obtidas no comércio local (Casa das Sementes, Lavras, MG, Brasil) foram  
651 plantadas em vasos com capacidade para 5L utilizando-se substrato Plantmax<sup>®</sup>. Essas plantas  
652 foram cultivadas em casa de vegetação sobre bancadas metálicas e irrigadas três vezes por  
653 semana. Para a manutenção da criação dos ácaros, as folhas de feijão-de-porco eram cortadas  
654 com tesoura, levadas para o laboratório e realizada a assepsia em água.

655

## 656 2.2 Insetos e Ácaros

657

658 A criação de *T. urticae* foi estabelecida a partir de exemplares provenientes do  
659 laboratório de acarologia da EPAMIG/URESM – Lavras/MG e criados conforme metodologia  
660 descrita por Reis et al. (1997). Utilizaram-se placas de Petri (15 cm Ø) contendo uma espuma  
661 (1 cm de espessura) que ocupava todo o fundo da placa, a qual era umedecida com água  
662 destilada. Uma folha de feijão-de-porco era disposta sobre a espuma, com a parte abaxial  
663 voltada para cima, onde os ácaros eram alocados. As folhas eram circundadas por algodão  
664 umedecido em água para evitar a fuga dos ácaros e para manter a turgescência foliar por  
665 maior tempo. Em casos de infestação muito alta, procedia-se a troca das folhas semanalmente.  
666 A criação foi mantida a 25±1°C, 70±10% UR e fotofase de 14h.

667 A criação do ácaro predador, *N. californicus*, foi iniciada a partir de espécimes obtidos  
668 na criação do laboratório de acarologia da EPAMIG/URESM – Lavras/MG, e conduzida de  
669 acordo com a metodologia adotada por Reis e Alves (1997). Foram utilizadas placas de Petri  
670 (15 cm Ø) contendo água destilada e um alfinete afixado no centro por meio de silicone. Em  
671 cada placa foi colocada uma arena flutuante de PVC (10 cm Ø) que transpassava o alfinete  
672 através de um orifício central, permanecendo em contato com a lâmina d’água. Os predadores



673 foram alocados sobre essa arena e alimentados com pólen de mamoneira (*Ricinus communis*  
674 L.) (Euphorbiaceae), obtido a partir do batimento das flores em bandejas plásticas. Quinze  
675 dias antes do início dos bioensaios os predadores foram alimentados com *T. urticae*. O  
676 ambiente foi mantido a  $25\pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70\pm 10\%$  UR e fotofase de 14h.

677 A criação de *O. insidiosus* foi estabelecida a partir de exemplares tomados da criação  
678 existente no DEN/UFLA e mantida conforme a metodologia de Bueno (2009). Os adultos  
679 foram criados em recipientes cilíndricos de vidro (20 x 15 cm) contendo inflorescências de  
680 *Bidens pilosa* (L.) (Asteraceae) para serem usados como substrato de oviposição e tiras de  
681 papel toalha como refúgio. Os insetos foram alimentados com ovos inviabilizados de *Ephesia*  
682 *kuehniella* (Zeller, 1889) (Lepidoptera: Pyralidae) adquiridos da empresa Promip, Engenheiro  
683 Coelho, SP, Brasil. Os frascos foram vedados com tecido organza preso por meio de um  
684 elástico. A cada dois dias, as inflorescências contendo os ovos de *O. insidiosus* eram  
685 colocadas em placas de Petri (20 cm Ø) vedadas com filme de polietileno. As ninfas foram  
686 alimentadas com ovos de *E. kuehniella* e mantidas nessas placas até tornarem-se adultos. Para  
687 evitar a mortalidade dos ovos e ninfas por dessecação, colocou-se um chumaço de algodão  
688 umedecido com água destilada no interior de cada placa. Os insetos foram mantidos a  $25\pm 1$   
689  $^\circ\text{C}$ ,  $70\pm 10\%$  UR, e 12h de fotofase.

690

### 691 2.3 Interação intraguilda entre *N. californicus* e *O. insidiosus* na presença de *T. urticae*

692

693 Devido ao controle biológico de *T. urticae* por meio de *N. californicus* já ser adotado  
694 por algumas empresas de produção de rosas, os experimentos desenvolvidos tiveram como  
695 base a interação entre essas espécies de ácaros. Assim, as combinações que definiram os  
696 tratamentos visaram à manutenção dessa associação, já aplicada com êxito na produção de  
697 rosas.

698 Para avaliar o comportamento de *N. californicus* e *O. insidiosus* alimentados com *T.*  
699 *urticae*, foram realizadas observações e análises por meio do Software Etholog 2.2 (Ottoni,  
700 2000). Os registros foram tomados de fêmeas adultas (com 1-3 dias de idade) de ambos os  
701 predadores, em placas de Petri (5 cm Ø) contendo um folíolo de roseira (face abaxial voltada  
702 para cima) apoiado sobre uma camada de ágar-água (1%). As presas foram transferidas para  
703 os folíolos 24 horas antes da liberação dos predadores, em número de 100 indivíduos de *T.*  
704 *urticae* por placa. O número de presas foi definido em testes preliminares, utilizando-se,  
705 contudo, uma quantidade superior em relação ao maior valor obtido no consumo, com o  
706 objetivo de evitar eventual escassez de presas.

707 O comportamento dos predadores foi observado durante 60 minutos, na presença de  
 708 cada fase (ovo, larva, protoninfa, deutoninfa e adulto) do ácaro rajado. Como as fêmeas de *T.*  
 709 *urticae* ovipositaram nos folíolos ao longo das 24 horas que antecederam a transferência dos  
 710 predadores, realizou-se a contagem dos ovos em cada folíolo mantendo-se 100 ovos por placa,  
 711 antes da liberação dos predadores e início das observações. Assim, para cada fase da presa  
 712 foram estabelecidos quatro tratamentos, por exemplo: T<sub>1</sub>: Fêmea adulta de *N. californicus* +  
 713 100 ovos e 100 adultos de *T. urticae*; T<sub>2</sub>: Fêmea adulta de *O. insidiosus* + 100 ovos e 100  
 714 adultos de *T. urticae*; T<sub>3</sub>: Fêmea adulta de *N. californicus* + Fêmea adulta de *O. insidiosus* +  
 715 100 ovos e 100 adultos de *T. urticae*; T<sub>4</sub>: 100 ovos e 100 adultos de *T. urticae* (sem predador).  
 716 Essas combinações (presença e ausência dos predadores) foram estudadas também para as  
 717 outras fases do ácaro rajado: larva, protoninfa e deutoninfa, respectivamente, mantendo-se o  
 718 mesmo número (100 larvas/protoninfas/deutoninfas) de presas por placa.

719 Observou-se e registrou-se o tempo tomado pelos predadores com relação às  
 720 categorias comportamentais consideradas no software (Tabela 1).

721

722 Tabela 1 Categorias analisadas no estudo do comportamento de *Neoseiulus californicus*  
 723 (McGregor) e *Orius insidiosus* (Say) na presença de *Tetranychus urticae* Koch, a 25±1°C,  
 724 70±10% UR e fotofase de 12 horas.

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>
P	Predadores não se movimentam
R	Predadores alimentam-se da presa disponível
O	Predadores alimentam-se de ovos da presa
L	Predadores realizam limpeza do aparelho bucal ( <i>Grooming</i> )
B	Predadores buscam pela presa
C	Predadores caminham na placa
I	Predador alimenta-se de outro predador

725 Adaptado de Velasco-Hernández et al. (2013)

726

727 Para o estudo do comportamento na presença de ovos e adultos de *T. urticae*, foram  
 728 consideradas as seguintes categorias: P (Parado), R (Predando adultos), O (Predando ovos), L  
 729 (Limpeza do aparelho bucal), B (Buscando), C (Caminhando), I (Predação intraguildda). Para a  
 730 avaliação dos predadores nas outras fases do ácaro praga, foram consideradas as mesmas  
 731 categorias, com exceção da O (Predando ovos). A categoria I (Predação intraguildda) foi  
 732 utilizada apenas quando estavam presentes os dois predadores simultaneamente.

733 Para ambos os predadores, as categorias utilizadas (P, R, O, L, B, C, I) foram definidas  
734 com base em testes preliminares. Também foram levados em consideração, para confirmação  
735 das categorias, os relatos de Mendes e Bueno (2001) sobre o comportamento de busca de *O.*  
736 *insidiosus*, os quais descreveram que esse predador, quando à procura da presa, movimenta a  
737 cabeça de um lado para o outro e quando a detecta, movimenta as antenas em direção a  
738 mesma e caminha ao seu encontro com o rostro estendido.

739 Após os 60 minutos de observação, as placas foram mantidas no laboratório por 24  
740 horas, quando procedeu-se a contagem das presas consumidas por *N. californicus* e *O.*  
741 *insidiosus*, sozinhos ou combinados. Para isso utilizou-se um microscópio estereoscópico. As  
742 presas foram consideradas predadas quando apresentavam o tegumento com aspecto  
743 desidratado e textura rugosa. O tratamento controle (sem predadores) foi utilizado para o  
744 cálculo do consumo, feito por meio da diferença entre número de presas no início do  
745 experimento e após as 24 horas em que permaneceram expostas aos predadores. A predação  
746 intraguilda também foi avaliada, quando não registrada durante os 60 minutos de observação  
747 do comportamento, por meio da contagem dos predadores mortos.

748

#### 749 2.4 Análises estatísticas

750

751 As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o software estatístico R 3.3.1 (R  
752 Core Team 2016). Os dados foram submetidos ao teste de Bartlett e Shapiro-Wilk ( $P \geq 0,05$ )  
753 para verificação da homogeneidade e normalidade, respectivamente.

754 Foi adotado o delineamento inteiramente casualizado, com dez repetições por  
755 tratamento. Para o consumo dos predadores, os dados foram transformados em  $\text{Arcsen } \sqrt{x}$  e  
756 submetidos à análise de variância bidirecional (two-way ANOVA), a 5% de significância.  
757 Para os dados de predação intraguilda, calculou-se a porcentagem de sobrevivência dos  
758 predadores. O tempo obtido em cada categoria analisada no comportamento dos predadores  
759 foi transformado de segundos para porcentagem e, devido à função na distribuição dos dados,  
760 foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, a 5% de significância.

761

### 762 3. Resultados

763

764 A taxa de sobrevivência de *O. insidiosus* quando confinados com *N. californicus* e na  
765 presença de qualquer uma das fases de *T. urticae* foi de 100% (Figuras 1 A-D). Nessa  
766 condição, a taxa de sobrevivência de *N. californicus* aumentou de acordo com as fases de

767 desenvolvimento do ácaro praga (30, 50, 70 e 90% quando fornecidas larvas, protoninfas,  
768 deutoninfas e ovos/adultos de *T. urticae*, respectivamente) (Figuras 1 A–D).

769 O tempo gasto por *O. insidiosus*, quando sozinho ou combinado com *N. californicus*,  
770 na predação de larvas, protoninfas, deutoninfas e adultos de *T. urticae* foi superior ao tempo  
771 gasto por *N. californicus*, quando sozinho ou combinado (Figuras 2 A–D). O tempo gasto por  
772 *N. californicus* sozinho e combinado, e por *O. insidiosus* combinado, na predação de ovos e  
773 larvas de *T. urticae* foi semelhante (Figura 2D). Em todas as fases do ácaro praga, *N.*  
774 *californicus* sozinho ou quando combinado, permaneceu mais tempo parado do que buscando,  
775 caminhando, predando ou limpando. O contrário foi observado para *O. insidiosus*, quando  
776 sozinho ou combinado, que gastou mais tempo predando, buscando, caminhando e limpando  
777 do que permanecendo parado (Figuras 2 A–D). Além disso, em relação à limpeza, tanto *N.*  
778 *californicus* quanto *O. insidiosus*, quando combinados ou sozinhos, gastaram menos tempo  
779 (~10%) limpando suas peças bucais, pernas e o restante do corpo em relação às demais  
780 categorias (Figuras 2 A–D).

781 Na avaliação do consumo, verificou-se maior predação por *O. insidiosus* sozinho,  
782 independentemente da fase de desenvolvimento de *T. urticae* [ovos ( $35,4 \pm 3,01$ ); larvas ( $48,3$   
783  $\pm 1,86$ ); protoninfas ( $41,1 \pm 1,24$ ); deutoninfas ( $33,8 \pm 1,04$ ) e adultos ( $13,4 \pm 0,96$ )] (Figuras  
784 3 A-E), em relação a *N. californicus* (ovos:  $14,5 \pm 1,21$ ; larvas:  $16,6 \pm 1,36$ ; protoninfas:  $14,7$   
785  $\pm 0,53$ ; deutoninfas:  $11,2 \pm 1,2$ ; e adultos  $3,4 \pm 0,54$ ). Quando os predadores foram  
786 combinados, houve uma resposta aditiva no consumo de larvas ( $57,0 \pm 3,5$ ), protoninfas ( $48,0$   
787  $\pm 1,76$ ), deutoninfas ( $63,8 \pm 1,38$ ) e adultos ( $26,2 \pm 0,83$ ) de *T. urticae* (Figuras 3 A-D),  
788 constatando-se, porém, um efeito negativo no consumo de ovos ( $25,0 \pm 2,46$ ) (Figura 3E).

789

#### 790 **4. Discussão**

791

792 Nos estudos realizados em laboratório, constatou-se que: (1) a presença de *T. urticae*  
793 não previne a predação de *N. californicus* por *O. insidiosus*; (2) *O. insidiosus* é um predador  
794 mais ativo e eficaz no consumo de *T. urticae* do que *N. californicus*; (3) *O. insidiosus*, quando  
795 sozinho, consome maior número de *T. urticae*, em qualquer fase do seu desenvolvimento, em  
796 relação ao ácaro predador; e (4) quando os predadores estão combinados há uma resposta  
797 aditiva no consumo da presa.

798 No Brasil, ácaros fitoseídeos são utilizados no controle de *T. urticae* em cultivo  
799 protegido de rosas e hortícolas (Poletti, 2010, Carvalho et al., 2012). Em alguns países onde  
800 há comercialização de inimigos naturais, os antocorídeos são liberados como uma medida

801 corretiva para infestações de tripes (Gillespie e Quiring, 1992; Brødsgaard, 2004). Muitas  
802 espécies de *Orius* são utilizadas no controle desses insetos-praga, no entanto, esses predadores  
803 podem se alimentar de vários tipos de presas, inclusive espécies benéficas (Chow et al.,  
804 2008).

805 Algumas combinações de *Orius* spp. e ácaros predadores podem ser recomendadas  
806 quando o antocorídeo demonstra preferência por tripes e não pelo ácaro predador. Por  
807 exemplo, *O. tristicolor* (White) e *N. cucumeris* (Oudemans) (Gillespie e Quiring, 1992); *O.*  
808 *laevigatus* (Fieber) e *Amblyseius degenerans* Berlese (Wittmann e Leather, 1997) e, *O.*  
809 *majusculus* (Reuter) e *A. degenerans* (Brødsgaard e Enkegaard, 2005) foram estudadas e  
810 podem ser indicadas. Porém, existem combinações que não são recomendadas, e precisam ser  
811 mais estudadas, pois os antocorídeos preferem o ácaro predador a espécies de tripes, tais  
812 como *O. laevigatus* e *A. cucumeris* (Wittmann e Leather, 1997; Magalhães et al., 2004), *O.*  
813 *insidiosus* e *A. cucumeris* (Sanderson et al., 2005), *O. insidiosus* e *A. degenerans* (Chow et al.,  
814 2008) e *O. insidiosus* e *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Chow et al., 2010). Existem  
815 relativamente muitos estudos envolvendo a combinação de *Orius* sp. e ácaros predadores para  
816 o controle de tripes, entretanto, faltam informações sobre a compatibilidade desses predadores  
817 para o controle de outros artrópodes-praga, como, por exemplo, o ácaro rajado *T. urticae*.

818 Venzon et al. (2001) relataram que a presença de *T. urticae* não preveniu a predação  
819 do ácaro predador *P. persimilis* por *O. laevigatus*. Nossos resultados corroboram os obtidos  
820 por esses autores, uma vez que *O. insidiosus* predou *N. californicus* na presença de *T. urticae*  
821 (Figuras 1-4C). A predação intraguilda pode estar relacionada ao fato de que *N. californicus*,  
822 quando sozinho ou combinado, permanece mais tempo parado do que em atividades de busca,  
823 caminhamento, predação e limpeza (Figuras 2 A-D), o que pode ter favorecido o encontro do  
824 ácaro predador por *O. insidiosus* que, por ser mais ativo do que o fitoseídeo (Figuras 2 A-D),  
825 comportou-se como predador intraguilda. Além disso, existem outros fatores que podem ter  
826 propiciado a ocorrência da predação intraguilda, como por exemplo, o ambiente em que os  
827 mesmos se encontravam e o tamanho dos predadores. O fato de *N. californicus* e *O. insidiosus*  
828 terem sido confinados conjuntamente em placas de Petri, pode ter intensificado a taxa de  
829 encontro entre os mesmos. Acrescenta-se, ainda, a possibilidade de a minimização dos locais  
830 de refúgio ter proporcionado maior vulnerabilidade em relação a testes realizados em plantas  
831 (Noppe et al., 2012).

832 Em relação ao tamanho dos predadores (*N. californicus* ~0,5 mm e *O. insidiosus* ~3  
833 mm), alguns estudos (Lucas et al., 1998, 2000; Michaud e Grant, 2003) comprovam que o  
834 tamanho do corpo é um fator determinante para o resultado da interação intraguilda,

835 enfatizando que espécies de maior tamanho são, na maioria das vezes, o predador intraguilda,  
836 como constatado para *O. insidiosus* neste trabalho. Observou-se, também, uma relação  
837 positiva entre o aumento no tamanho das ninfas de *T. urticae* e a taxa de sobrevivência de *N.*  
838 *californicus*. O tamanho do ácaro predador adulto (~0,50 mm) aproxima-se ao tamanho de  
839 adultos de *T. urticae* (machos: 0,25 mm; fêmeas: 0,50 mm), o que pode ter favorecido o ácaro  
840 predador.

841 Além de ter se comportado como um predador intraguilda, nossos resultados também  
842 permitiram associar a maior agilidade de *O. insidiosus* ao maior consumo de *T. urticae*, em  
843 todas as fases de seu desenvolvimento (Figuras 3 A–E). Para o predador *N. californicus*  
844 constatou-se uma redução no consumo em função do desenvolvimento da presa (Figuras 3 A–  
845 E). Essas diferenças no consumo entre os predadores podem estar relacionadas ao tamanho e  
846 massa corporal dos indivíduos, bem como a maior ou menor facilidade de captura e manuseio  
847 da presa. Observou-se que *O. insidiosus* não apresentou qualquer dificuldade no exercício  
848 dessas atividades em qualquer uma das fases de *T. urticae*. Segundo Yan (1997), *Orius* spp.  
849 detecta a presa num raio de 5 cm, e se orienta em direção a ela fazendo uma curta parada,  
850 durante a qual orienta suas antenas em direção à presa, sendo que o contato é feito com toques  
851 da antena e rostro.

852 Por outro lado, registrou-se que *N. californicus* apresentou dificuldade para capturar e  
853 manusear a presa em suas fases mais desenvolvidas (deutoninfas e adultos), acarretando em  
854 um menor consumo. Para as fases de ovo, larva e protoninfa, observou-se um maior consumo  
855 pelo ácaro predador decorrente da maior facilidade de captura e manuseio, uma vez que o  
856 volume corporal do ácaro praga, nessas fases de desenvolvimento, é menor que o do predador.  
857 Comparando-se os resultados obtidos para o consumo com aqueles constatados para o tempo  
858 gasto na predação, nos testes de comportamento, observa-se que os mesmos se relacionam,  
859 pois, *O. insidiosus* gastou mais tempo predando e, conseqüentemente, consumiu mais presas  
860 que *N. californicus* (Figuras 1-4A, 1-3B e 4B1-B2).

861 Quando os predadores foram combinados, verificou-se uma resposta aditiva no  
862 consumo, pois, o número de larvas, protoninfas, deutoninfas e adultos de *T. urticae*  
863 consumidos foi maior do que o consumo por *N. californicus* e *O. insidiosus* sozinhos (Figuras  
864 3 A-D). Esses resultados vão de encontro aos relatos de Venzon et al. (2001), os quais  
865 registraram um consumo similar de *T. urticae* por *O. laevigatus* quando o predador estava  
866 sozinho ou combinado com *P. persimilis*. Entretanto, a combinação dos predadores teve um  
867 efeito negativo no consumo de ovos de *T. urticae*, o que pode estar relacionado à  
868 disponibilidade simultânea de adultos e ovos da presa no mesmo ambiente. Como o tamanho

869 da presa afeta a predação por *N. californicus*, o predador preferiu os ovos e, os antocorídeos  
870 predaram os adultos (Figuras 3 E).

871 Ainda que tenha sido verificada uma redução da predação intraguildda ao longo do  
872 desenvolvimento de *T. urticae*, bem como um maior consumo do ácaro praga por *O.*  
873 *insidiosus* e uma resposta aditiva no consumo da presa com a combinação de *N. californicus* e  
874 *O. insidiosus*, outros testes são necessários para que se possa afirmar sobre a eficiência ou não  
875 dessa combinação no controle de *T. urticae*. Isso se faz necessário especialmente porque os  
876 experimentos foram realizados em um ambiente limitado e em condições totalmente  
877 controladas. Dessa forma, pesquisas sobre a combinação de *N. californicus* e *O. insidiosus* em  
878 plantas de rosas sob cultivo protegido podem nos fornecer mais informações sobre como as  
879 interações afetarão a densidade populacional do ácaro rajado, uma vez que a taxa de encontro  
880 entre os predadores poderá ser reduzida.

881

## 882 **Agradecimentos**

883

884 Nós agradecemos ao produtor de rosas Luís Carlos da Silva, “Caio”, Flora Minas –  
885 Itapeva, MG, pelo fornecimento das mudas de rosas e importantes dicas no cultivo; à  
886 Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de  
887 doutorado concedida a A.L.V.S. e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e  
888 Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida a B.S. (PQ 310971-2013-6).

889

## 890 **Referências**

891

892 Bueno, V. H. P. (2009) Desenvolvimento e criação massal de percevejos predadores *Orius* In:  
893 Vanda Helena Paes Bueno. (Org.). Controle Biológico de Pragas: produção massal e  
894 controle de qualidade. 2 ed. Lavras: Editora UFLA, p. 77-115.

895 Brødsgaard, H. F. (2004) Biological control of thrips on ornamental crops. In: Heinz, K.M.,  
896 van Driesche, R.G., Parrella, M.P. (Eds.), Biocontrol in Protected Culture. Ball  
897 Publishing, Batavia, IL, pp. 253–264.

898 Brødsgaard, H. F.; Enkegaard, A. (2005) Intraguild predation between *Orius majusculus*  
899 (Reuter) (Hemiptera: Anthocoridae) and *Iphiseius degenerans* Berlese (Acarina:  
900 Phytoseiidae). IOBC/wprs Bulletin 28, 19–22.

- 901 Calvo, F. J.; Bolckmans, K.; Belda, J. E. (2009) Development of a biological control based  
902 integrated pest management method for *Bemisia tabaci* for protected sweet pepper crops.  
903 *Entomologia Experimentalis et Applicata* 133, 9–18.
- 904 Carvalho, L. M.; Silveira, C. A.; Taques, T. C.; Almeida, E. F. A.; Reis, S. N. (2012)  
905 Principais pragas em cultivo de roseira: reconhecimento e controle. Circular Técnica,  
906 Belo Horizonte: EPAMIG, n. 157.
- 907 Chau, A.; Heinz, K. M. (2004) Biological control of aphids on ornamental crops. In: Heinz,  
908 K. M.; van Driesche, R. G.; Parrella, M. P. (Eds.), *Biocontrol in Protected Culture*. Ball  
909 Publishing, Batavia, IL, pp. 277–295.
- 910 Chow, A.; Chau, A.; Heinz, K. M. (2008) Compatibility of *Orius insidiosus* (Hemiptera:  
911 Anthocoridae) with *Amblyseius degenerans* (Acari: Phytoseiidae) for control of  
912 *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) on cut roses. *Biological Control* 44,  
913 259–270.
- 914 Chow, A.; Chau, A.; Heinz, K.M. (2010) Compatibility of *Amblyseius (Typhlodromips)*  
915 *swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera:  
916 Anthocoridae) for biological control of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera:  
917 Thripidae) on roses. *Biological Control*, v. 53, p. 188-196, 2010.
- 918 Cloutier, C.; Johnson, S. G. (1993) Predation by *Orius tristicolor* (Hemiptera: Anthocoridae)  
919 on *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae): testing for compatibility between  
920 biocontrol agents. *Environmental Entomology* 22: 477-482.
- 921 Gillespie, D. R.; Quiring, D. J. M. (1992) Competition between *Orius tristicolor* (White)  
922 (Hemiptera: Anthocoridae) and *Amblyseius cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae)  
923 feeding on *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). *The*  
924 *Canadian Entomologist* 124, 1123–1128.
- 925 Hoddle, M. S. (2004) Biological control of whiteflies on ornamental crops. In: Heinz, K. M.;  
926 van Driesche, R. G.; Parrella, M. P. (Eds.), *Biocontrol in Protected Culture*. Ball  
927 Publishing, Batavia, IL, pp. 149–170.
- 928 van Houten, Y. M.; Hoogerbrugge, H.; Lenferink, K. O.; Knapp, M.; Bolckmans, K. J. F. (2016)  
929 Evaluation of *Euseius gallicus* as a biological control agent of western flower thrips and  
930 greenhouse whitefly in rose. *J. Acarol. Soc. Jpn.*, 25: 147-159.
- 931 Jandricic, S.; Sanderson, J.; Wraight, S. (2008) Intraguild predation among biological control  
932 agents used in greenhouse floriculture crops: a preliminary review. *IOBC/wprs Bulletin*  
933 32, 91–94.



- 934 Janssen, A.; Montserrat, M.; HilleRisLamberts, R.; de Ross, A.M.; Pallini, A.; Sabelis, M. W.  
935 (2006) Intraguild predation usually does not disrupt biological control. In: Brodeur, J.;  
936 Boivin, G. (Eds.), *Trophic and Guild Interactions in Biological Control*. Springer,  
937 Netherlands, pp. 21–44.
- 938 Janssen, A.; Sabelis, M. W.; Magalhães, S.; Montserrat, M.; van der Hammen, T. (2007)  
939 Habitat structure affects intraguild predation. *Ecology*, Washington, v. 88, n. 11, p.  
940 2713–2719.
- 941 Lucas, E.; Coderre, D.; Brodeur, J. (1998) Intraguild predation among aphid predators:  
942 characterization and influence of extraguild prey density. *Ecology*, Washington, v. 79, n.  
943 3, p. 1084–1092.
- 944 Lucas, E.; Coderre, D.; Brodeur, J. (2000) Selection of molting and pupating site by  
945 *Coleomegilla maculata lengi* Timberlake (Coleoptera: Coccinellidae): Avoidance of  
946 intraguild predation? *Environmental Entomology*, Loham, v. 29, n. 2, p. 454-459.
- 947 Magalhães, S.; Tudorache, C.; Montserrat, M.; van Maanen, R.; Sabelis, M. W.; Janssen, A.  
948 (2004) Diet of intraguild predators affects antipredator behavior in intraguild prey.  
949 *Behavioral Ecology* 16, 364–370.
- 950 Masselink, G. J.; Bloemhard, C. M. J.; Sabelis, M. W.; Janssen, A. (2013) Biological control  
951 of aphids in the presence of thrips and their enemies. *BioControl*, Nova York, v. 58, n. 1,  
952 p. 45-55.
- 953 Mendes, S. M.; Bueno, V. H. P. (2001) Biologia de *Orius insidiosus* (Say) Hemiptera:  
954 Anthocoridae) alimentado com *Caliothrips phaseoli* (Hood) (Thysanoptera: Thripidae).  
955 *Neotropical Entomology* 30(3): 423-428.
- 956 Michaud, J. P.; Grant, A. K. (2003) Intraguild predation among ladybeetles and a green  
957 lacewing: do the larval spines of *Curinus coeruleus* (Coleoptera: Coccinellidae) serve a  
958 defensive function? *Bulletin of Entomological Research*, Cambridge, v. 93, n. 6, p. 499-  
959 505.
- 960 Noppe, C.; Michaud, J. P.; Clercq, P. (2012) Intraguild predation between lady beetles and  
961 lacewings: outcomes and consequences vary with focal prey and arena of interaction.  
962 *Annals of the Entomological Society of America*, Lexington, v. 4, n. 105, p. 562-571.
- 963 Ottoni, E. B. (2000) EthoLog 2.2: a tool for the transcription and timing of behavior  
964 observation sessions. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, Chicago,  
965 v. 32, n. 3, p. 446-449.

- 966 Poletti, M. (2010) Ácaros predadores no controle de pragas. In: Venzon, M.; Paula Júnior, T.  
967 J.; Pallini, A. (Eds). Controle alternativo de pragas e doenças na agricultura orgânica.  
968 Viçosa: EPAMIG, p.213-231.
- 969 R Development Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing:  
970 R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- 971 Reis, P. R.; Alves, E. B. (1997) Criação do ácaro predador *Iphiseiodes zuluagai* Denmark &  
972 Muma (Acari: Phytoseiidae) em laboratório. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil,  
973 Londrina, v. 26, n. 3, p. 565-568.
- 974 Reis, P. R.; Alves, E. B.; Souza, E. O. Biologia do ácaro-vermelho do cafeeiro *Oligonychus*  
975 *ilicis* (McGregor, 1917). Ciência e Tecnologia, Lavras, v. 21, n. 3, p. 260-266, 1997.
- 976 Rosenheim, J. A.; Kaya, H. K.; Ehler, L. E.; Marois, J. J.; Jaffee, B. A. (1995) Intraguild  
977 predation among biological control agents: Theory and evidence. Biological Control 5,  
978 303–335.
- 979 Rott, A. S.; Ponsonby, D. J. (2000) Improving the control of *Tetranychus urticae* on edible  
980 glasshouse crops using a specialist coccinellid (*Stethorus punctillum* Weise) and a  
981 generalist mite (*Amblyseius californicus* McGregor) as biocontrol agents. Biocontrol  
982 Science and Technology 10, 487–498.
- 983 Sanderson, J. P.; Brødsgaard, H. F.; Enkegaard, A. (2005) Preference assessment of two  
984 *Orius* spp. for *Neoseiulus cucumeris* vs. *Frankliniella occidentalis*. IOBC/wprs Bulletin  
985 28, 221–224.
- 986 Shakya, S.; Weintraub, P. G.; Coll, M. (2009) Effect of pollen supplement on intraguild  
987 predatory interactions between two omnivores: the importance of spatial dynamics.  
988 Biological Control 50: 281-287.
- 989 Silveira, L. C. P.; Bueno, V. H. P.; van Lenteren, J. C. (2004) *Orius insidiosus* as biological  
990 control agent of Thrips in greenhouse chrysanthemums in the tropics. Bulletin of  
991 Insectology 57: 103-109.
- 992 Tixier, P.; Dagneaux D.; Mollot G.; Vinatier F.; Duyck P. F. (2013) Weeds mediate the level  
993 of intraguild predation in arthropod food webs. Journal of Applied Entomology,  
994 Weinheim, v. 137, n. 9, p. 702-710.
- 995 Velasco-Hernández, M. C.; Ramirez-Romero, R.; Cicero, L.; Michel-Rios, C.; Desneux, N.  
996 (2013) Intraguild predation on the whitefly parasitoid *Eretmocerus eremicus* by the  
997 generalist predator *Geocoris punctipes*: A behaviour approach. National Center  
998 Biototechnology information, Bethesda, v. 8, n. 11, p. 1-9.

- 999 Venzon, M.; Janssen, A.; Sabelis, M. W. (1999) Attraction of a generalist predator towards  
1000 herbivore-infested plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 93: 305–314.
- 1001 Venzon, M.; Pallini, A.; Janssen, A. (2001) Interactions mediated by predators in arthropod  
1002 food webs. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 1, n. 30, p. 1-9.
- 1003 Weintraub, P. G.; Pivonia, S.; Steinberg, S. (2011) How many *Orius laevigatus* are needed for  
1004 effective western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, management in sweet pepper?.  
1005 *Crop Protection* 30: 1443-1448.
- 1006 Wittmann, E. J.; Leather, S. R. (1997) Compatibility of *Orius laevigatus* Fieber (Hemiptera:  
1007 Anthocoridae) with *Neoseiulus (Amblyseius) cucumeris* Oudemans (Acari: Phytoseiidae)  
1008 and *Iphiseius (Amblyseius) degenerans* Berlese (Acari: Phytoseiidae) in the biocontrol of  
1009 *Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae). *Experimental and*  
1010 *Applied Acarology* 21, 523–538.
- 1011 Yan, H. (1997) Apprentissage et predation chez *Orius majusculus* (Reuter) (Heteroptera:  
1012 Anthocoridae) “Aproche comportementale.” These du doctorat, Université Paul Sabatier  
1013 de Toulouse, 160p.

1014

1015 **Figuras**1016 **Legenda das figuras**

1017

1018 **Fig. 1:** Taxa de sobrevivência de *Neoseiulus californicus* e *Orius insidiosus*, quando  
1019 combinados, na presença de (A) larvas, (B) protoninfas, (C) deutoninfas, (D) ovos e adultos  
1020 de *Tetranychus urticae*.

1021

1022 **Fig. 2:** Porcentagem de tempo gasto por *Neoseiulus californicus* e *Orius insidiosus*, quando  
1023 sozinhos e combinados, nas categorias avaliadas na presença de (A) larvas, (B) protoninfas,  
1024 (C) deutoninfas e (D) ovos e adultos de *Tetranychus urticae*.

1025

1026 **Fig. 3:** Consumo médio ( $\pm$ EP) de (A) larvas, (B) protoninfas, (C) deutoninfas, (D) adultos e  
1027 (E) ovos de *Tetranychus urticae* pelos predadores, *Neoseiulus californicus* e *Orius insidiosus*,  
1028 quando sozinhos e combinados, em 24 horas.

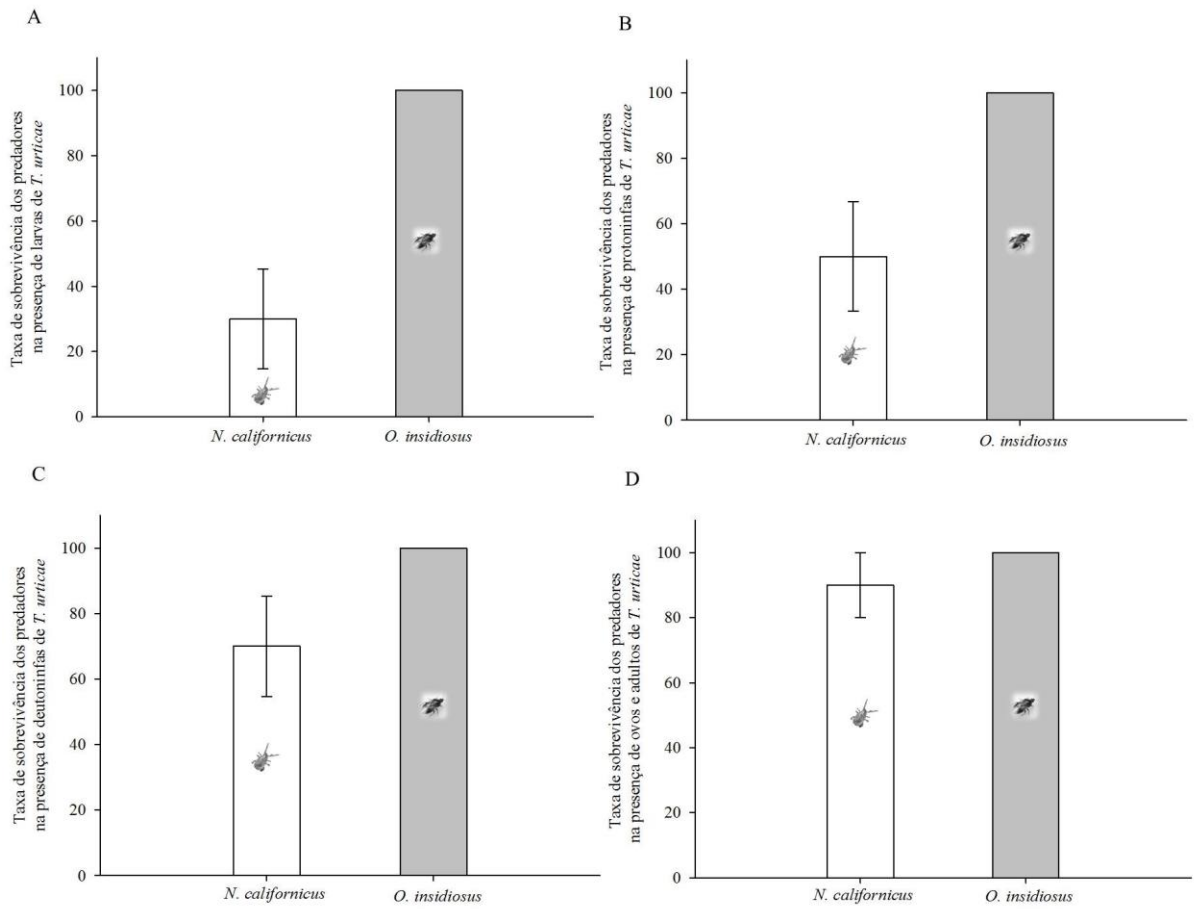
1029

1030

1031

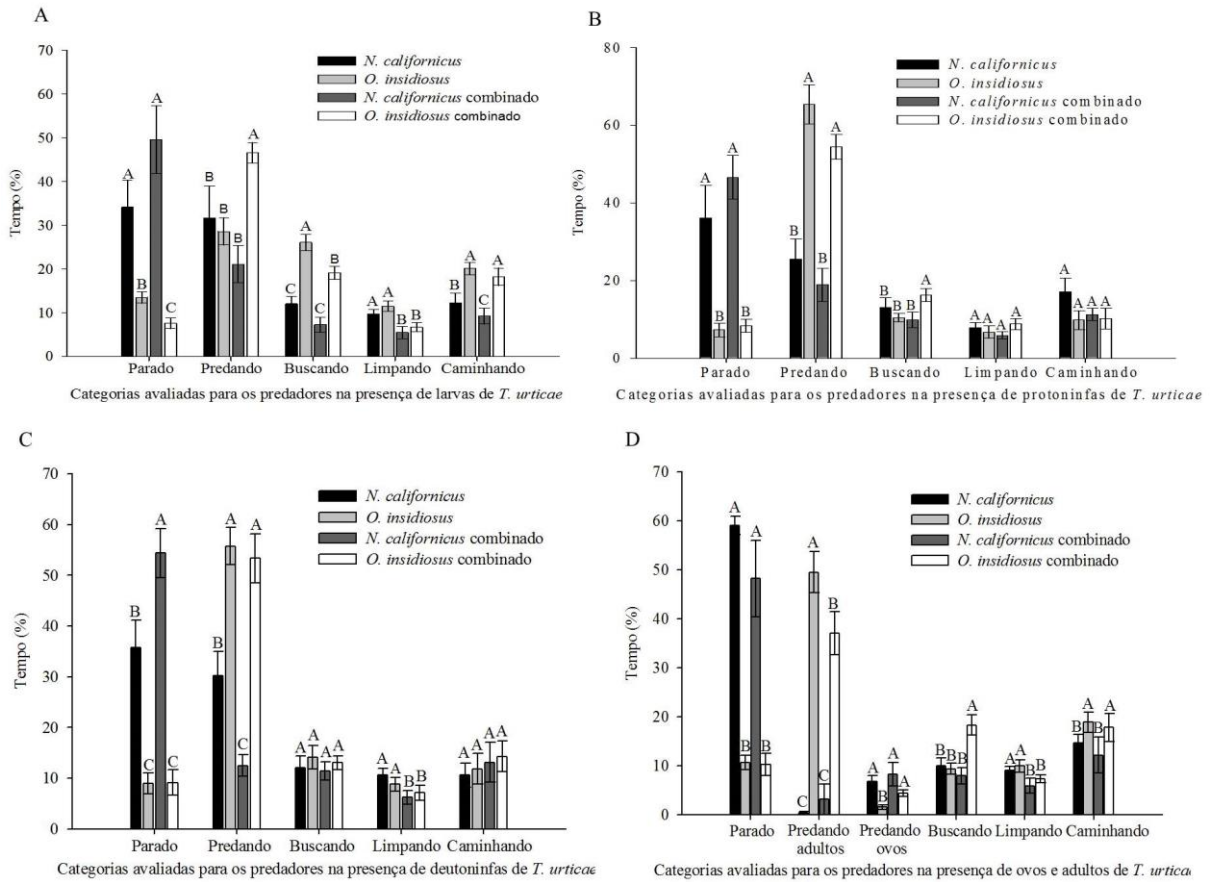
1032

1033 **Fig. 1**



1034  
 1035  
 1036  
 1037  
 1038  
 1039  
 1040  
 1041  
 1042  
 1043  
 1044  
 1045  
 1046  
 1047  
 1048  
 1049  
 1050

1051 **Fig. 2**



1052

1053

1054

1055

1056

1057

1058

1059

1060

1061

1062

1063

1064

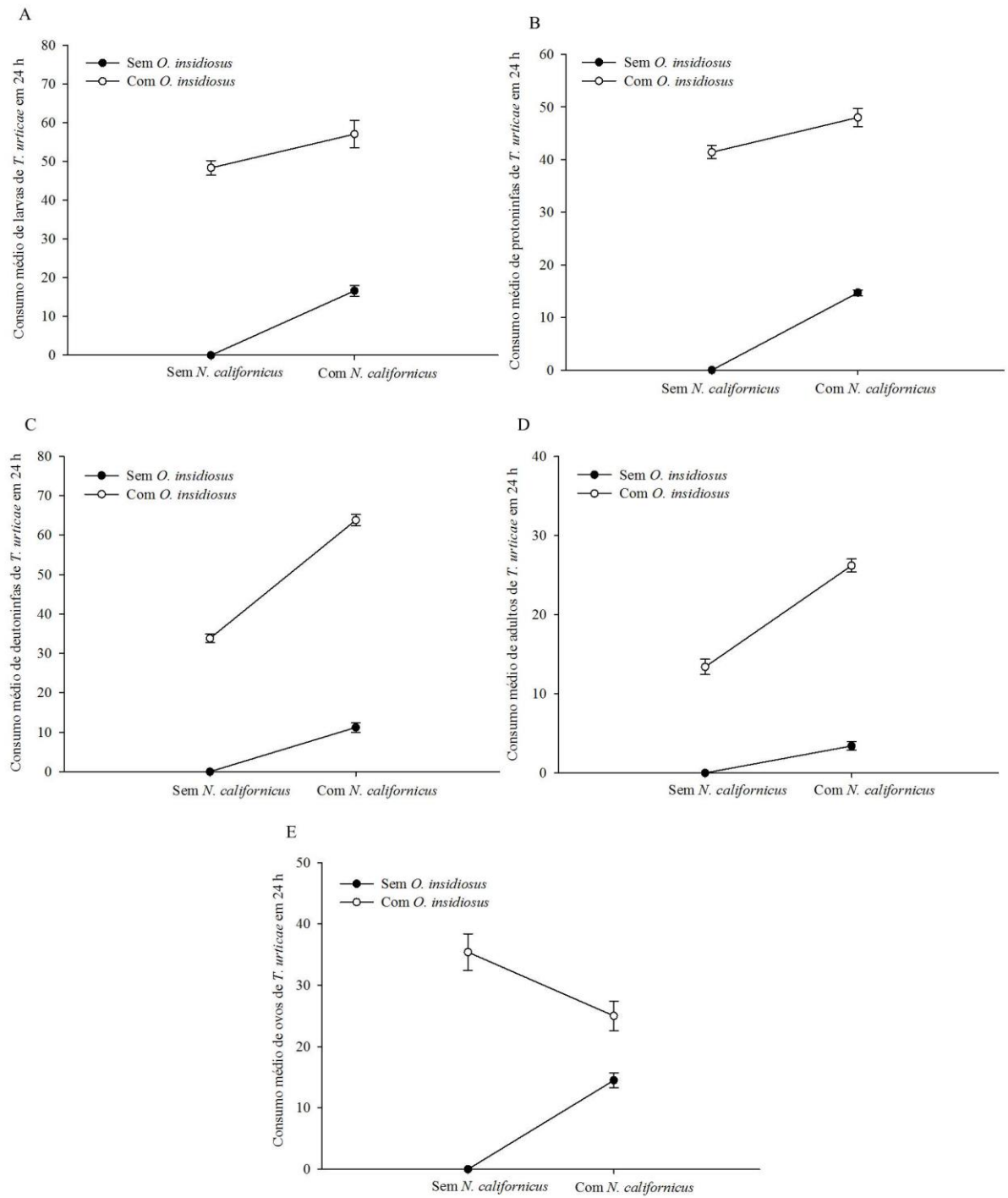
1065

1066

1067

1068

1069 **Fig. 3**



1070

1071

1072

1073

1074

1075

1076

1077 **SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**

1078

1079 **Artigo 2 - Efeito da herbivoria simples e múltipla por *Tetranychus urticae* e *Frankliniella***  
1080 ***insularis* na atração do predador generalista *Orius insidiosus* em plantas de rosas**

1081

1082 Ana Luiza V. Sousa<sup>1</sup>; Diego B. Silva<sup>2</sup>; Guilherme G. Silva<sup>1</sup>; José Maurício S. Bento<sup>2</sup>; Maria  
1083 Fernanda G. V. Penãflor<sup>1</sup>; Brígida Souza<sup>1</sup>

1084

1085 <sup>1</sup>*Departamento de Entomologia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil*1086 <sup>2</sup>*Departamento de Entomologia e Acarologia, Laboratório de Ecologia Química e*1087 *Comportamento de Insetos, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade*  
1088 *de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil*

1089

1090 **Artigo preparado de acordo com as normas do Journal of Chemical Ecology**

1091

1092 **RESUMO** – O presente estudo foi conduzido em laboratório para investigar as seguintes  
1093 questões: (i) *O. insidiosus* é atraído pelos VPIH emitidos por roseiras infestadas com *T.*  
1094 *urticae* ou *F. insularis*?; (ii) *O. insidiosus* tem preferência pelos VPIH emitidos por roseiras  
1095 infestadas com *T. urticae* ou *F. insularis*?; (iii) *O. insidiosus* prefere VPIH emitidos por  
1096 plantas infestadas pelas duas espécies a plantas infestadas por apenas uma das espécies?; (iv)  
1097 a preferência de *O. insidiosus* pelos VPIH reflete a sua preferência alimentar por *T. urticae* ou  
1098 *F. insularis*?; e (v) a preferência de *O. insidiosus* pelos VPIH reflete a qualidade da presa?  
1099 Nossos resultados demonstraram que a herbivoria múltipla nas plantas de rosas promoveu a  
1100 indução de uma mistura de compostos que não influenciou na atratividade de *O. insidiosus*  
1101 comparando-se com as plantas infestadas sob herbivoria simples, uma vez que o predador foi  
1102 igualmente atraído pelos voláteis da roseira sob infestação simples, independente da espécie  
1103 de presa, e múltipla. Além disso, *O. insidiosus* não tem preferência por uma das presas e  
1104 ambas são adequadas para o desenvolvimento do predador. Esse comportamento pode ser  
1105 uma estratégia adaptativa por ser um predador generalista. O conhecimento sobre o  
1106 desempenho de *O. insidiosus* frente aos odores de plantas merece ser estudado em condições  
1107 de campo, uma vez que as respostas comportamentais desse predador contribuirão para o  
1108 desenvolvimento de estratégias de liberação para o controle de pragas em roseiras.

1109

1110 **Palavras-chave:** Pragas da roseira; Dupla infestação; Voláteis de plantas induzidos pela  
1111 herbivoria; Comportamento olfativo; Percevejo predador.

## 1112 INTRODUÇÃO

1113

1114 É bem conhecido o fato das plantas sob o ataque de artrópodes herbívoros emitirem  
1115 uma mistura de voláteis de composição diferente daquela emitida anteriormente à herbivoria.  
1116 Esses voláteis, comumente conhecidos como voláteis de plantas induzidos pela herbivoria ou  
1117 VPIH (Turlings et al., 1990; Vet e Dicke, 1992; Dicke e van Loon, 2000), constituem  
1118 importantes pistas químicas para os inimigos naturais, como parasitoides e predadores, na  
1119 localização de seus hospedeiros ou presas (Dicke et al., 1990; Turlings et al., 1990; Turlings  
1120 et al., 1991; Takabayashi e Dicke, 1996; Dicke e Hilker, 2003), principalmente a longas  
1121 distâncias (Vet e Dicke, 1992). A composição da mistura de VPIH é geralmente específica de  
1122 acordo com a espécie de herbívoro (Dicke et al., 2009; Gosset et al., 2009; Zhang et al., 2009,  
1123 2013) e, é esperado que, dependo do grau de especialização dos inimigos naturais, eles sejam  
1124 capazes de discriminar diferenças sutis na mistura de VPIH, no caso dos especialistas (De  
1125 Moraes et al., 1998; McCormick et al., 2012), ou sejam atraídos por diferentes composições  
1126 de VPIH, como os generalistas (Yan e Wang, 2006).

1127 Essas interações tritróficas mediadas pelos VPIH foram extensivamente estudadas em  
1128 sistemas simples envolvendo apenas uma espécie de herbívoro (herbivoria simples) (Shiojiri  
1129 et al., 2001; Rodriguez-Saona et al., 2003; Moyaeri et al., 2006a,b; Salamanca et al., 2015).  
1130 No entanto, em condições naturais, as plantas são comumente atacadas por mais de uma  
1131 espécie de herbívoro (herbivoria múltipla) (De Boer, 2004; Dicke et al., 2009; Zhang et al.,  
1132 2009). Em geral, os estudos mostram que as plantas sob a herbivoria múltipla respondem de  
1133 modo diferente quando comparado com o ataque de apenas uma das espécies de herbívoros, o  
1134 que se reflete em diferenças nas misturas de voláteis e, conseqüentemente, nas interações  
1135 inseto-plantas (Rodriguez-Saona et al., 2010; Schwartzberg et al., 2011; Zhang et al., 2013).  
1136 Assim, até o momento, não foi possível estabelecer um padrão sobre o efeito da herbivoria  
1137 múltipla sobre o comportamento dos inimigos naturais (Pareja e Pinto-Zevallos, 2016), ou  
1138 seja, a herbivoria múltipla pode aumentar (Shioriji et al., 2001; Moyaeri et al., 2007), reduzir  
1139 (Shioriji et al., 2001; Zhang et al., 2009) ou não alterar (Erb et al., 2010) a atratividade da  
1140 planta ao inimigo natural em relação à planta atacada por apenas uma das espécies. Por isso,  
1141 são necessários mais estudos que abordem sistemas mais próximos da realidade do campo,  
1142 como a herbivoria múltipla, para uma melhor compreensão das interações inseto-plantas  
1143 mediada por voláteis (Shiojiri et al., 2001; Rodriguez-Saona et al., 2003).

1144 A maior parte dos estudos sobre o efeito da herbivoria simples ou múltipla em  
1145 interações tritróficas mediadas pelos VPIH trata de plantas de interesse agrícola, como milho,



1146 arroz, tomate, citros, pepino, algodão, feijão e pimentão (Turlings et al., 1991; Rodriguez-  
1147 Saona et al., 2003; Lou et al., 2006; Moyaeri et al., 2007; Silva et al., 2017; Ali et al., 2010;  
1148 Erb et al., 2011; Kappers et al., 2011). Apesar da importância econômica das plantas  
1149 ornamentais, as interações inseto-planta mediadas pelos voláteis foram pouco estudadas  
1150 (Krips et al., 2001; Salamanca et al., 2015).

1151       As rosas são plantas ornamentais de importância mundial, no entanto são infestadas  
1152 por diversas espécies de herbívoros, como tripes, pulgões e ácaros, os quais podem influenciar  
1153 no seu crescimento, afetar a floração e causar danos estéticos aos botões florais (Carvalho et  
1154 al., 2012). Nesse sistema, percevejos predadores da família Anthocoridae, em especial *Orius*  
1155 spp., são considerados eficientes inimigos naturais (Silveira et al., 2004). O seu emprego  
1156 como agente de controle biológico em plantas ornamentais é ainda facilitado, pois *Orius* spp.  
1157 é capaz de sobreviver, por algum tempo, na ausência de presas, alimentando-se somente de  
1158 pólen (Mendes et al., 2002). Além disso, sabe-se que o comportamento de busca de presas  
1159 desses percevejos é orientado pelos VPIH resultantes da injúria das suas presas (Venzon et al.,  
1160 1999; Arab et al., 2007; Carvalho et al., 2011; Tan e Liu, 2014; Stepanycheva et al., 2014).  
1161 Esses estudos, no entanto, referem-se à herbivoria simples, e pouca atenção tem sido dada  
1162 sobre o comportamento de *Orius* spp. aos voláteis de plantas infestadas por mais de uma  
1163 espécie de herbívoro.

1164       No presente estudo, nós investigamos a resposta olfativa do predador *Orius insidiosus*  
1165 (Say), um anthocorídeo que é considerado eficiente como agente de controle biológico  
1166 (Silveira et al., 2004; Butler e O'Neil, 2007; Bueno et al., 2009), frente a plantas de roseiras  
1167 infestadas por uma ou duas espécies de presas. Nós escolhemos duas pragas-chave da cultura  
1168 da roseira, o ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch e o tripe *Frankliniella insularis*  
1169 Franklin. Primeiramente, nós avaliamos se a infestação por uma das espécies propicia a  
1170 colonização da segunda espécie, o que indica que a infestação múltipla por *T. urticae* e *F.*  
1171 *insularis* é um cenário provável no campo. Depois, investigamos as seguintes questões: (i) *O.*  
1172 *insidiosus* é atraído pelos VPIH emitidos por roseiras infestadas com *T. urticae* ou *F.*  
1173 *insularis*?; (ii) *O. insidiosus* tem preferência pelos VPIH emitidos por roseiras infestadas com  
1174 *T. urticae* ou *F. insularis*?; (iii) *O. insidiosus* prefere VPIH emitidos por plantas infestadas  
1175 pelas duas espécies a plantas infestadas por apenas uma das espécies?; (iv) a preferência de *O.*  
1176 *insidiosus* pelos VPIH reflete a sua preferência alimentar por *T. urticae* ou *F. insularis*?; e (v)  
1177 a preferência de *O. insidiosus* pelos VPIH reflete a qualidade da presa? Nós esperamos que,  
1178 por ser um predador generalista, *O. insidiosus* seja igualmente atraído por roseiras infestadas  
1179 pelos ácaros ou tripes, que constituem presas adequadas para o seu desenvolvimento. Como

1180 os dois herbívoros tem o mesmo modo de alimentação (sugam o conteúdo das células  
1181 vegetais) e induzem a rota do ácido jasmônico (Li et al., 2002; Abe et al., 2009), esperamos  
1182 que a herbivoria múltipla irá aumentar a atratividade da planta para o predador. Para  
1183 responder essas questões, nós realizamos experimentos comportamentais com os herbívoros e  
1184 o predador *O. insidiosus*, e caracterizamos o perfil de voláteis emitidos pelas roseiras  
1185 infestadas pelo ácaro e/ou tripses para avaliar as diferenças nas misturas de VPIH e a sua  
1186 influência na atração de *O. insidiosus*.

1187

## 1188 MATERIAL E MÉTODOS

1189

### 1190 Plantas

1191 Para os bioensaios, foram utilizadas mudas de rosas (*Rosa* spp. L. cv. Avalanche) do  
1192 grupo “híbridas de chá”, de coloração branca, adquiridas comercialmente (Flora Minas,  
1193 Itapeva, Minas Gerais, Brasil). As mudas foram plantadas em vasos com capacidade para 10L  
1194 e em copos plásticos (200 mL). O substrato utilizado para o plantio foi composto por: terra de  
1195 barranco e esterco bovino (1:1) adubadas com NPK 8-28-16. Essas plantas foram cultivadas  
1196 em casa de vegetação e irrigadas conforme necessário. Para os experimentos em laboratório,  
1197 as mudas, plantadas em copos plásticos, apresentavam cinco folhas com cinco folíolos e cerca  
1198 de 20 cm de altura. Aquelas plantadas em vasos foram utilizadas quando tinham várias folhas  
1199 com cinco folíolos e cerca de 50 cm de altura.

1200 Sementes de feijão-de-porco, *Canavalia ensiformes* (L.) (Fabaceae), foram obtidas na  
1201 Casa das Sementes (Lavras, Minas Gerais, Brasil) e plantadas em vasos com capacidade para  
1202 5L utilizando-se substrato Plantmax<sup>®</sup>. Essas plantas foram cultivadas em casa de vegetação e  
1203 irrigadas três vezes por semana. As folhas de feijão-de-porco foram cortadas com tesoura,  
1204 levadas para o laboratório e realizada a assepsia em água. Estas foram utilizadas como  
1205 substrato de alimentação para criação de ácaros.

1206

### 1207 Ácaros e insetos

1208 Tanto os insetos quanto os ácaros foram criados em laboratório no Departamento de  
1209 Entomologia, da Universidade Federal de Lavras, sob condições controladas  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm$   
1210  $10\%$  UR e fotofase de 12 h.

1211 As criações do ácaro-rajado *T. urticae* foram mantidas em placas de Petri (15 cm Ø)  
1212 contendo uma espuma umedecida com água destilada de 1 cm de espessura, e uma folha de  
1213 feijão-de-porco com a face abaxial voltada para cima, sobre a qual foram colocados os ácaros.

1214 As folhas foram circundadas por rolinhos de algodão molhados em água para evitar a fuga dos  
1215 ácaros, além de manter a turgescência foliar por maior tempo (Reis et al., 1997).

1216 Ninfas e adultos do tripses *F. insularis* foram mantidos sobre mudas de roseiras (cv.  
1217 Avalanche) colocadas em gaiolas de suporte de madeira (100 x 50 x 50 cm) contendo uma  
1218 abertura frontal vedada com tecido organza para facilitar as trocas gasosas. No fundo das  
1219 gaiolas foi espalhada uma camada de vermiculita esterilizada para a “pupação” dos tripses. As  
1220 plantas foram trocadas quando as folhas apresentavam os primeiros sinais de senescência ou  
1221 estavam muito danificadas pela alimentação e/ou oviposição dos tripses (Adaptado de Lopes e  
1222 Alves, 2000)

1223 Adultos de *O. insidiosus* foram criados em recipientes de vidro (20 x 15 cm), vedados  
1224 com tecido organza contendo inflorescências de *Bidens pilosa* (L.) (Asteraceae) como  
1225 substrato de oviposição e fonte de água, tiras de papel toalha como refúgio e ovos  
1226 inviabilizados de *Ephestia kuehniella* (Zeller, 1889) (Lepidoptera: Pyralidae) como alimento.  
1227 Inflorescências contendo os ovos de *O. insidiosus* foram transferidas para placas de Petri (20  
1228 cm Ø), vedadas com filme de polietileno, e mantidas até eclosão das ninfas, as quais  
1229 permaneceram nas placas até tornarem-se adultos. Ovos de *E. kuehniella* foram adicionados a  
1230 cada dois dias como alimento. Para evitar a mortalidade dos ovos e ninfas por dessecação, foi  
1231 colocado um chumaço de algodão umedecido com água destilada no interior das placas  
1232 (Bueno, 2009).

1233

### 1234 **Dupla infestação**

1235 Para os ensaios de dupla infestação a metodologia foi adaptada a partir do método de  
1236 Santos et al. (2016). A arena consistia de uma placa de Petri (15 cm Ø) com dois orifícios  
1237 circulares (3,4 cm Ø) no fundo, rodeados por uma espuma para evitar que os artrópodes  
1238 saíssem da área de observação. Mudanças de roseiras de 50 cm de altura foram levadas para o  
1239 laboratório e dispostas em pares, uma frente à outra. Sem ser excisado, um par de folíolos de  
1240 cada planta foi posicionado abaixo do fundo da placa de Petri e entre os furos e foi colocado  
1241 um suporte de papelão para apoiar as placas e os folíolos. Para cada par de folíolos, um foi  
1242 infestado e o outro não infestado. Dessa forma, os tratamentos foram assim definidos: T<sub>1</sub>)  
1243 folíolos infestados com tripses (*F. insularis*) adultos e não infestados, e T<sub>2</sub>) folíolos infestados  
1244 com ácaros (*T. urticae*) adultos e não infestados. A infestação foi realizada 24 horas antes da  
1245 liberação dos artrópodes. De acordo com cada tratamento, os artrópodes foram liberados no  
1246 centro da placa de Petri e fechada com a tampa. No tratamento T<sub>1</sub> liberou-se 10 ácaros (*T.*  
1247 *urticae*) adultos e no T<sub>2</sub> 10 tripses (*F. insularis*) adultos.

1248 Foram contabilizados os artrópodes presentes nos folíolos, na arena circular dos  
1249 orifícios. Pelo fato dos tripes adultos serem alados, sua movimentação é mais rápida do que a  
1250 dos ácaros que são ápteros. Assim, o tempo de observação foi diferente para cada tratamento:  
1251 T<sub>1</sub>) 30 min, 2 h, 6 h e 24 h; T<sub>2</sub>) 15 min, 1 h, 5 h e 24 h para ácaros e tripes respectivamente.  
1252 Realizaram-se 18 repetições para cada tratamento e os ensaios foram conduzidos no  
1253 laboratório a 25±1°C, 70±10% UR e fotofase de 12 h.

1254

### 1255 **Bioensaios de olfatometria**

1256 A atração de fêmeas de *O. insidiosus* aos voláteis induzidos por mudas de rosas  
1257 infestadas com *T. urticae* e/ou *F. insularis* foi observada por meio de um sistema fechado de  
1258 olfatômetro de vidro em tubo Y (18 cm de comprimento, 3 cm Ø interno e um ângulo de 120°  
1259 entre os braços). O tubo Y foi posicionado verticalmente (Carvalho et al., 2011) e cada braço  
1260 lateral do olfatômetro foi ligado a um recipiente de vidro com capacidade para 3L, contendo  
1261 uma única planta, infestada ou não. Os copos plásticos (200 ml) em que as mudas de rosa  
1262 estavam plantadas foram envoltos com folha de papel alumínio. O fluxo de ar de entrada foi  
1263 ajustado para 0,9 L/min para cada braço lateral, correspondendo a um fluxo de saída de 1,8  
1264 L/min. Uma única fêmea de *O. insidiosus* com 1-2 dias de idade foi liberada na base do  
1265 olfatômetro e seu comportamento observado por um período máximo de cinco minutos.  
1266 Considerou-se que as fêmeas fizeram uma escolha quando entraram em um dos braços do  
1267 tubo Y, cruzaram a linha traçada a 7,5 cm da intersecção do olfatômetro, e permaneceram por  
1268 um período de 20 segundos.

1269 Para cada combinação de odor foram testadas 40 fêmeas para cada tratamento,  
1270 totalizando 280. As fêmeas que não escolheram uma fonte de odor dentro de cinco minutos  
1271 foram consideradas como não responsivas e foram excluídas da análise de dados. Para evitar o  
1272 aprendizado associativo, cada inseto foi usado apenas uma vez e depois descartado. A cada  
1273 cinco insetos testados, tanto os recipientes de vidros como as mudas de rosas foram  
1274 substituídos por novos, e o olfatômetro foi lavado com água e sabão neutro e, posteriormente,  
1275 com etanol (70%), e seco em estufa a 100°C para eliminar qualquer possível contaminação. A  
1276 posição dos dois braços do tubo Y foi invertida a cada inseto avaliado, para minimizar a  
1277 tendência de direção. Foram testadas as seguintes combinações de odor: (1) planta de rosa não  
1278 infestada vs. ar limpo; (2) planta de rosa não infestada vs. planta de rosa infestada com *T.*  
1279 *urticae*; (3) planta de rosa não infestada vs. planta de rosa infestada com *F. insularis*; (4)  
1280 planta de rosa não infestada vs. planta de rosa infestada com *T. urticae* + *F. insularis*; (5)  
1281 planta de rosa infestada com *T. urticae* vs. planta de rosa infestada com *F. insularis*; (6) planta

1282 de rosa infestada com *T. urticae* vs. planta de rosa infestada com *T. urticae* + *F. insularis*; e,  
1283 (7) planta de rosa infestada com *F. insularis* vs. planta de rosa infestada com *T. urticae* + *F.*  
1284 *insularis*.

1285 As plantas de rosas foram transferidas da casa de vegetação para o laboratório para  
1286 serem infestadas com os artrópodes-praga de acordo com cada tratamento. Para os  
1287 tratamentos com herbivoria simples, foram adicionadas 80 ninfas de 2<sup>o</sup>-3<sup>o</sup> instar de *T. urticae*  
1288 ou 30 adultos de *F. insularis* em cada planta. Já para múltipla infestação, foram adicionados  
1289 ao mesmo tempo 80 ninfas de *T. urticae* e 30 adultos de *F. insularis*, totalizando 110  
1290 artrópodes por planta. As infestações foram realizadas em laboratório, e as plantas foram  
1291 mantidas no interior dos frascos de vidro e vedados com tecido voile por 72 h antes do início  
1292 do ensaio (três dias de indução). Nas 24 horas antecedentes aos bioensaios, as fêmeas de *O.*  
1293 *insidiosus*, com 1-2 dias de idade, foram retiradas da criação de manutenção e privadas de  
1294 qualquer tipo de alimento. Os bioensaios foram conduzidos a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $70 \pm 10\%$  UR.

1295

#### 1296 **Coleta e identificação de voláteis**

1297 A coleta e identificação de voláteis foram realizadas no Laboratório de Ecologia  
1298 Química e Comportamento de Insetos da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz,  
1299 ESALQ/USP, Piracicaba/SP. Para a condução dos experimentos, as criações de *T. urticae* e *F.*  
1300 *insularis* e, bem como as mudas de rosa plantadas em copos plásticos (200mL) foram  
1301 transportadas para o laboratório e casa de vegetação da ESALQ/USP, respectivamente.  
1302 Devido ao deslocamento, as criações dos artrópodes e as mudas de rosa permaneceram em  
1303 repouso por 72 horas.

1304 Para a coleta dos voláteis, foi realizada a indução das plantas pelos herbívoros, por um  
1305 período de 72 horas, de acordo com os seguintes tratamentos: (1) planta de rosa não infestada;  
1306 (2) planta de rosa infestada com 80 ninfas de 2<sup>o</sup>-3<sup>o</sup> instar de *T. urticae*; (3) planta de rosa  
1307 infestada com 30 adultos de *F. insularis*; (4) planta de rosa infestada simultaneamente com 80  
1308 ninfas de 2<sup>o</sup>-3<sup>o</sup> instar de *T. urticae* e 30 adultos de *F. insularis*; e (5) copos plásticos envoltos  
1309 com alumínio cheios de solo (branco). Antes da coleta dos compostos, os copos plásticos com  
1310 as mudas de roseiras foram cuidadosamente envoltos com papel alumínio para evitar voláteis  
1311 de plástico e do solo e, individualmente encerrados em um recipiente de vidro com  
1312 capacidade de 2L e mantidos em uma sala climatizada  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $70 \pm 10\%$  UR.

1313 Após o período de indução, filtros de coleta de voláteis contendo 30mg de HayeSep®  
1314 (Supelco, Bellefonte, PA, USA) foram acoplados nos recipientes de vidro (2L), os quais  
1315 foram conectados em um Sistema de coleta de voláteis push-pull (ARS, Gainesville, FLA,

1316 USA), por um período de oito horas, de 08 h as 16 h. As coletas foram distribuídas  
1317 aleatoriamente entre os tratamentos sendo amostradas seis plantas por tratamento. Após as 8  
1318 horas de coleta, os filtros foram imediatamente eluídos com 150 µl de Hexano (Merck,  
1319 Kenilworth, NJ, USA) misturado com 5 µl de Nonil Acetato (Sigma-Algdrich, Sto Louis, Mo,  
1320 USA) a 50ng/µl, utilizado como padrão interno. Todas amostras foram armazenadas a -80°C  
1321 até a análise. Imediatamente após a coleta dos voláteis, as plantas foram cortadas e secadas a  
1322 fim de medir o peso seco das mesmas e usado para correção.

1323 As análises dos voláteis foliares foram realizadas por cromatografia gasosa  
1324 (Shimadzu, GC-2010 Gas Chromatograph) com detecção de ionização por chama GC-FID  
1325 operado a 280°C. A quantificação foi baseada na comparação da área sob o pico GC-FID com  
1326 o padrão interno e corrigida pela biomassa de peso seco (g) da planta. Resumidamente,  
1327 injetou-se uma alíquota de 1µl de cada amostra no modo sem divisão pulsada numa coluna  
1328 capilar HP-1 (Agilent J & W GC Columns, Santa Clara, CA, EUA - 30 m, 0,25 mm ID, 0,25  
1329 µm de espessura de película). O gás transportador foi hélio de alta pureza com um caudal de  
1330 0,9 mL/min. O forno foi programado com uma temperatura inicial de 40°C durante 5 min,  
1331 aumentando a 5°C/min até 150°C, e depois mantido durante 1 minuto, subseqüentemente a  
1332 200°C a 20°C/min, seguido de uma pós-corrída de 5 minutos a 250°. A solução GC (versão  
1333 2.32.00, Shimadzu) foi utilizada para aquisição de sinal e integração de pico.

1334 A amostra mais representativa de cada tratamento, selecionada com base na média da  
1335 quantidade de compostos e aquela que apresentou menos contaminantes em comparação com  
1336 a amostra do branco, foi também analisada por cromatografia em fase gasosa (Agilent 6890  
1337 Series GC system G1530A) acoplada a um espectrômetro de massa (GC-MS). O GC-MS  
1338 operou em modo de impacto de elétrons (Agilent 5973 Network Mass Selective Detector,  
1339 linha de transferência 230°C, fonte 230°C, potencial de ionização 70 eV, faixa de varrimento  
1340 33-280 amu). Resumidamente, uma alíquota de 2 µl de cada amostra foi injetada no modo  
1341 sem divisão pulsada numa coluna capilar HP-1 (Alltech Associates, Deerfield, IL, EUA - 30  
1342 m, 0,25 mm ID, 0,25 µm de espessura de película). Utilizou-se hélio (0,9 ml/min) como gás  
1343 de suporte. A temperatura do forno GC foi inicialmente mantida a 40°C durante 3 minutos,  
1344 aumentada para 100°C a 8°C/min e, subseqüentemente, para 200°C a 5°C/min, seguida por  
1345 um pós-processamento de 5 min a 250°C. Os voláteis detectados foram identificados por  
1346 comparação dos seus espectros de massa com os da biblioteca NIST 11.

1347

1348

1349

**1350 Preferência de *O. insidiosus* por *T. urticae* e *F. insularis***

1351 Folíolos do estrato mediano de roseiras mantidas em casa de vegetação foram cortados  
1352 com tesoura, levados para o laboratório e realizada a assepsia em água. Estes foram mantidos  
1353 em placas de Petri (5 cm Ø), com a superfície abaxial para cima, sobre uma camada de ágar-  
1354 água (1%). Cada folíolo foi infestado com 20 ninfas de 2<sup>o</sup>-3<sup>o</sup> instar do ácaro *T. urticae* e 20  
1355 adultos de *F. insularis*. Essas densidades foram definidas em testes preliminares e optou-se  
1356 por utilizar os mesmos estádios de desenvolvimento dos artrópodes referente ao bioensaio de  
1357 olfatometria (citado anteriormente). Após a infestação dos folíolos procedeu-se a liberação  
1358 das fêmeas de *O. insidiosus*, com 1-2 dias de idade e, vedação das placas com filme plástico  
1359 de polietileno, mantendo-as em sala climatizada a 25±1°C, 70±10% UR e fotofase de 12  
1360 horas. Nas 24 horas antecedentes ao bioensaio, os predadores foram retirados da criação de  
1361 manutenção e privados de qualquer tipo de alimento.

1362 A avaliação do número de artrópodes consumidos, bem como a preferência alimentar  
1363 foi realizada 30 min e 24 h após a liberação do predador com o auxílio de um microscópio  
1364 estereoscópio. Para avaliação do consumo por fêmeas de *O. insidiosus*, foi considerado  
1365 predados aqueles artrópodes que apresentavam o tegumento com aspecto desidratado e textura  
1366 rugosa.

1367

**1368 Desenvolvimento e consumo de *O. insidiosus* alimentado com *T. urticae* e *F. insularis***

1369 Um folíolo de roseira, com a superfície abaxial voltada para cima, foi mantido sobre  
1370 uma camada de ágar-água (1%) em placas de Petri (5 cm Ø). Essas placas foram infestadas  
1371 com 30 indivíduos, sendo ninfas e adultos de *F. insularis* ou de *T. urticae*, correspondendo  
1372 aos dois tratamentos testados, respectivamente. Após a infestação, ninfas recém-eclodidas de  
1373 *O. insidiosus* foram retiradas da criação de manutenção e individualizadas nessas placas de  
1374 Petri as quais foram vedadas com filme de polietileno e mantidas em sala climatizada a 25 ±  
1375 1°C, 70 ± 10 % UR e fotofase de 12 horas.

1376 As observações foram realizadas diariamente sob microscópio estereoscópio, desde a  
1377 introdução da ninfa recém-eclodida de *O. insidiosus* até a morte dos adultos. As variáveis  
1378 avaliadas foram: duração do período ninfal, longevidade e consumo total de presas ao longo  
1379 de todo o período de vida do predador. Para avaliação do consumo, consideraram-se predados  
1380 os espécimens que apresentavam o tegumento com aspecto desidratado e textura rugosa. Após  
1381 cada contagem diária, os artrópodes eram repostos de modo a manter o número inicial  
1382 ofertado.

1383

## 1384 **Análises estatísticas**

1385 Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico R 3.3.1  
1386 (R Core Team 2016). Os números de artrópodes no teste de dupla escolha, folhas infestadas e  
1387 não infestadas, foram analisados usando o modelo linear generalizado (GLM) e assumindo  
1388 uma distribuição binomial. O efeito dos tratamentos, intervalos de tempo ( $T_1$ : 30 min, 2 h, 6 h  
1389 e 24 h;  $T_2$ : 15 min, 1 h, 5 h e 24 h) e a interação foram analisados por testes de Qui-quadrado  
1390 ( $\chi^2$ ).

1391 A resposta olfativa foi analisada com um teste de Qui-quadrado ( $\chi^2$ ), com uma  
1392 resposta esperada de 50% de escolha para cada fonte de odor. Fêmeas de *O. insidiosus* que  
1393 não responderam a nenhum dos dois braços não foram consideradas nas análises. Os dados de  
1394 emissões dos voláteis (quantidades relativas de compostos individuais corrigidos pelo peso  
1395 seco da planta) foram testados quanto à normalidade e homogeneidade das variâncias  
1396 utilizando os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett, respectivamente. Como as distribuições,  
1397 mesmo após as transformações, não atenderam aos pressupostos para os testes paramétricos,  
1398 os dados foram analisados pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido por  
1399 comparações múltiplas corrigidas por Bonferroni ( $P < 0,05$  e  $P < 0,01$ ). A emissão total de  
1400 voláteis foi submetida à análise de variância unidirecional (ANOVA) e quando foram  
1401 encontradas diferenças significativas entre as médias, foi aplicado o teste de Tukey com nível  
1402 de significância  $P < 0,05$ . A análise de componentes principais (PCA) também foi aplicada.

1403 Os dados do teste de preferência de fêmeas de *O. insidiosus* por *T. urticae* e *F.*  
1404 *insularis* foram analisados utilizando o *Test-t* (de *Student*) pareado, a 5% de significância.  
1405 Para analisar o período ninfal, longevidade e consumo total no experimento de biologia de *O.*  
1406 *insidiosus* alimentado com os dois tipos de presas, foi utilizado o modelo linear generalizado  
1407 (GLM) assumindo uma distribuição de quase-poisson. Os dados do consumo total de *T.*  
1408 *urticae* e *F. insularis* por *O. insidiosus* foram transformados em  $\ln(x + 0.5)$ , seguido pela  
1409 aplicação do *Test-t* (de *Student*) pareado, a 5% de significância.

1410

## 1411 **RESULTADOS**

1412

### 1413 **Dupla infestação**

1414 Os espécimens de *T. urticae* não discriminaram entre mudas de roseira não infestadas  
1415 e infestadas pelos tripses nos intervalos de 30 min e 2 h (Fig 1A; 30 min:  $\chi^2 = 0,0588$ ,  $df = 1$ ,  $P$   
1416  $= 0,808$ ; 2 h:  $\chi^2 = 1,2821$ ,  $df = 1$ ,  $P = 0,257$ ). Porém, nos intervalos mais tardios, de 6 e 24 h,  
1417 um número significativamente maior de ácaros foi encontrado nas plantas infestadas pelos



1418 tripes em comparação com as plantas não infestadas (6h:  $\chi^2 = 4,6814$ ,  $df = 1$ ,  $P = 0,030$ ; 24 h:  
1419  $\chi^2 = 8,0667$ ,  $df = 1$ ,  $P = 0,004$ ).

1420 Na primeira avaliação realizada, 15 min, os espécimens de *F. insularis* não  
1421 apresentaram preferência pelas mudas de roseira não infestadas ou infestadas por *T. urticae*  
1422 ( $\chi^2 = 1,454$ ,  $df = 1$ ,  $P = 0,227$ ). No entanto, os tripes preferiram as plantas de rosas infestadas  
1423 pelo ácaro frente àquelas não infestadas na 1<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 24<sup>a</sup> hora após a liberação (Fig 1B; 1 h:  $\chi^2 =$   
1424  $5,069$ ,  $df = 1$ ,  $P = 0,024$ ; 5 h:  $\chi^2 = 18,657$ ,  $df = 1$ ,  $P < 0,001$ ; 24 h:  $\chi^2 = 15,575$ ,  $df = 1$ ,  $P <$   
1425  $0,001$ ).

1426

### 1427 **Bioensaios de olfatométria**

1428 As fêmeas de *O. insidiosus* não discriminaram entre odores de roseiras não infestadas  
1429 e o ar limpo (Fig 2A;  $\chi^2 = 0$ ,  $df = 1$ ,  $P = 1$ ), porém, preferiram os voláteis emitidos pelas  
1430 plantas sob infestação simples, pelo ácaro ( $\chi^2 = 27,04$ ,  $df = 1$ ,  $P \leq 0,01$ ) ou tripes ( $\chi^2 = 10,24$ ,  
1431  $df = 1$ ,  $P \leq 0,01$ ), ou sob infestação múltipla (ácaro + tripes) ( $\chi^2 = 23,04$ ,  $df = 1$ ,  $P \leq 0,01$ ),  
1432 frente aos odores das plantas não infestadas.

1433 Quando os tratamentos atraentes foram contrastados, o predador não discriminou entre  
1434 os voláteis de roseiras infestadas com *T. urticae* ou *F. insularis* (Fig 2B;  $\chi^2 = 0,64$ ,  $df = 1$ ,  $P =$   
1435  $0,423$ ); e tampouco entre os voláteis de plantas infestadas por *T. urticae* ( $\chi^2 = 0$ ,  $df = 1$ ,  $P = 1$ )  
1436 ou *F. insularis* ( $\chi^2 = 1,44$ ,  $df = 1$ ,  $P = 0,230$ ) frente à infestação múltipla (*T. urticae* + *F.*  
1437 *insularis*).

1438

### 1439 **Análise dos voláteis de plantas de rosas infestadas e não infestadas**

1440 As plantas de rosas não infestadas emitiram apenas dois compostos pertencentes a  
1441 classes químicas diferentes, o nonanal (aldeído) e a cânfora (monoterpeno) (Tab. 1). Plantas  
1442 de rosas infestadas por *T. urticae* emitiram uma maior quantidade de voláteis (~35 vezes)  
1443 comparado com as plantas de rosas não infestadas (Tab. 1, Bonferroni,  $P < 0,05$ ) e os  
1444 compostos identificados foram:  $\alpha$ -farneseno,  $\beta$ -ocimeno, composto não identificado, nonanal  
1445 e cânfora (Tab. 1). A herbivoria por *F. insularis* induziu na roseira a emissão de quatro  
1446 compostos comuns à mistura emitida pelas plantas infestadas por *T. urticae* (composto não  
1447 identificado, nonanal,  $\alpha$ -farneseno e cânfora), e exclusivamente o triterpeno supraeno (Tab 1,  
1448 Bonferroni,  $P < 0,05$ ).

1449 Foram observados 10 compostos em plantas de rosas infestadas por herbivoria  
1450 múltipla (*T. urticae* + *F. insularis*). Diferenças qualitativas foram as mais evidentes,  
1451 apresentando um aumento na indução de oito compostos em relação à planta não infestada

1452 (Tab. 1) e, de quatro compostos, acetato de (Z)-3-hexenila; salicilato de metila; cariofileno e  
1453  $\beta$ -nerolidol, comparado com as plantas infestadas por *T. urticae* ou *F. insularis*. Diferenças  
1454 quantitativas entre os compostos emitidos pela herbivoria múltipla e pela herbivoria simples  
1455 foram observadas somente para dois terpenos: supraeno, o qual apresentou maior quantidade  
1456 na herbivoria múltipla e, o  $\alpha$ -farneseno, que foi suprimido quando a planta de rosa foi  
1457 danificada por mais de um artrópode (Tab. 1, Bonferroni,  $P < 0,05$ ). Diante dessa mistura de  
1458 voláteis emitidos pelas plantas de rosas infestadas por múltipla herbivoria, os compostos mais  
1459 abundantes foram  $\alpha$ -farneseno e  $\beta$ -ocimeno, semelhante aos odores emitidos por plantas de  
1460 rosas infestadas por herbivoria simples (*T. urticae*) (Tab. 1, Bonferroni,  $P < 0,05$ ).

1461 A análise dos componentes principais (PCA) da composição de voláteis emitidos pelas  
1462 mudas de roseira infestadas e não infestadas explicou 80% da variação (Fig. 3). O primeiro  
1463 componente explicou 44% da variação e permitiu a separação dos voláteis emitidos por  
1464 plantas de rosas infestadas sob herbivoria múltipla daqueles emitidos pelas plantas de rosas  
1465 não infestadas e sob herbivoria simples. Já o segundo componente explicou 36% da variação e  
1466 mostrou a separação dos voláteis emitidos por plantas sob herbivoria múltipla dos demais  
1467 tratamentos (Fig. 3).

1468

#### 1469 **Teste de preferência de *O. insidiosus* por *T. urticae* e *F. insularis***

1470 As fêmeas de *O. insidiosus* não demonstraram preferência por nenhuma das presas, *T.*  
1471 *urticae* e *F. insularis*, oferecidas simultaneamente, nas observações realizadas aos 30 min ( $t =$   
1472  $0,12695$ ,  $df = 19$ ,  $P = 0,900$ ) e 24 h ( $t = 0,38469$ ,  $df = 19$ ,  $P = 0,704$ ) (Fig 4).

1473

#### 1474 **Desenvolvimento e consumo de *O. insidiosus* alimentado com *T. urticae* e *F. insularis***

1475 A duração do período ninfal de *O. insidiosus* alimentado com *T. urticae* ( $11,4 \pm 0,17$ )  
1476 ou *F. insularis* ( $13,1 \pm 0,13$ ) foi semelhante (Tab. 2). Do mesmo modo, a longevidade do  
1477 percevejo predador não diferiu entre os tratamentos (ácaro:  $27,7 \pm 0,46$ ; tripes:  $26,6 \pm 0,44$ )  
1478 (Tab. 2). Durante seu ciclo de vida, *O. insidiosus* consumiu uma maior quantidade de *T.*  
1479 *urticae* do que *F. insularis* ( $t = 4,90$ ;  $df = 29$ ;  $P < 0,001$ ) (Tab. 2 e Fig 4).

1480

## 1481 **DISCUSSÃO**

1482

1483 Nós demonstramos que: (1) plantas de rosas infestadas por *T. urticae* ou *F. insularis*,  
1484 em herbivoria simples, propiciam a ocorrência de infestação múltipla; (2) *O. insidiosus* é  
1485 atraído pelos voláteis emitidos por plantas infestadas por *T. urticae*, *F. insularis* ou pela

1486 infestação múltipla; (3) Apesar do perfil de voláteis serem distintos, *O. insidiosus* não  
1487 discrimina entre os odores de plantas infestadas com danos de herbivoria simples e múltipla;  
1488 (4) plantas de rosas sob herbivoria múltipla, qualitativamente, induziram mais compostos do  
1489 que aquelas infestadas por *T. urticae* ou *F. insularis* (5) Fêmeas de *O. insidiosus* não  
1490 demonstraram preferência por nenhuma das presas oferecidas, *T. urticae* e *F. insularis*; (6) *T.*  
1491 *urticae* e *F. insularis* são presas adequadas para o desenvolvimento de *O. insidiosus* mesmo  
1492 que o consumo de ácaros pelo predador seja maior do que de tripes.

1493         Em condições naturais, as plantas podem ser atacadas por uma ou mais espécies de  
1494 herbívoros ao mesmo tempo (Bukovinszky et al., 2012; Kroes et al., 2014). Alguns  
1495 herbívoros, como por exemplo, muitos lepidópteros, evitam plantas infestadas e danificadas  
1496 por outras espécies de artrópodes pragas devido à competição por espaço e alimento (Kessler  
1497 e Baldwin 2001; De Moraes et al., 1998). Conforme resultados de pesquisas com  
1498 olfatometria, o ácaro *T. urticae* evita plantas de pepino infestadas com *Frankliniella*  
1499 *occidentalis* (Pergande) (Pallini et al., 1997), pois as ninfas de tripes podem consumir os ovos  
1500 do ácaro rajado ocorrendo predação intraguilda (Trichilo e Leigh, 1986). Por outro lado,  
1501 Pallini et al. (1997) relataram que *F. occidentalis* prefere plantas de pepino infestadas por *T.*  
1502 *urticae* a plantas limpas, indicando que os dois herbívoros podem ser encontrados na mesma  
1503 planta. Nossos resultados confirmam que o ácaro *T. urticae* e o tripes *F. insularis* podem  
1504 ocorrer simultaneamente, pois demonstramos que diante de uma herbivoria simples, plantas  
1505 de rosas infestadas por *T. urticae* ou por *F. insularis* propiciam a ocorrência de herbivoria  
1506 múltipla, favorecendo a colonização do tripes e do ácaro, respectivamente (Fig 1A e 1B). A  
1507 diferença no tempo de escolha constatada para cada herbívoro (Fig 1A e 1B), não interferiu na  
1508 preferência, podendo ser devido ao fato dos tripes serem insetos alados, ao contrário dos  
1509 ácaros que são ápteros, sendo assim *F. insularis* desloca-se com mais facilidade e rapidez do  
1510 que *T. urticae*.

1511         A fim de lidar com o ataque de uma ou várias espécies de herbívoros, as plantas  
1512 desenvolveram mecanismos de defesa em resposta aos danos, que podem afetar a preferência  
1513 e o desempenho dos herbívoros e de seus inimigos naturais (Vet e Dicke, 1992; Rodriguez-  
1514 Saona et al., 2003; Pareja e Pinto-Zevallos, 2016). Uma importante defesa é a emissão de  
1515 compostos orgânicos, voláteis de plantas induzidos por herbivoria (VPIH), responsáveis pela  
1516 atração dos inimigos naturais (Turlings et al., 1990; Dicke, 2009). Nossos resultados  
1517 confirmam a hipótese (i), pois as fêmeas do predador generalista *O. insidiosus* preferiram os  
1518 voláteis emitidos por plantas de rosas infestadas por *T. urticae*, por *F. insularis* ou por  
1519 infestação múltipla àqueles emitidos por roseiras não infestadas. Entretanto, quando esses

1520 tratamentos foram contrastados, o predador foi igualmente atraído pelos voláteis da roseira  
1521 sob infestação simples, independente da espécie de presa, e sob herbivoria múltipla,  
1522 refutando as hipóteses (ii) e (iii). Ou seja, *O. insidiosus* não tem preferência pelos odores  
1523 emitidos por plantas infestadas por *T. urticae* ou *F. insularis* e o predador não distinguiu entre  
1524 os odores emitidos por plantas de rosas diante de infestação simples e múltipla, sendo que  
1525 essa última teve um efeito neutro sobre a atratividade do predador.

1526       Nossos resultados divergiram daqueles encontrados por Moyaeri et al. (2007), os quais  
1527 demonstraram que o predador generalista *Macrolophus caliginosus* Wagner preferiu os  
1528 voláteis emitidos por plantas de pimentão infestadas com *T. urticae* e *Myzus persicae*  
1529 (Sulzer), àqueles emitidos a partir de plantas infestadas individualmente. Entretanto, Zhang et  
1530 al. (2009) mostraram que plantas de feijão infestadas simultaneamente com a mosca-branca  
1531 *Bemisia tabaci* (Gennadius) e o ácaro *T. urticae* foram menos atrativas para o ácaro predador  
1532 *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot do que as plantas infestadas isoladamente. Estes  
1533 estudos corroboram com o exposto por Dicke et al. (2009), que relataram que quando duas  
1534 espécies de herbívoros compartilham uma planta comum, essas produzem uma mistura de  
1535 voláteis que podem causar efeitos diferentes sobre interações tritróficas.

1536       Para predadores generalistas, como *O. insidiosus*, um sinal inespecífico, como um  
1537 volátil de planta comum a diversas espécies, pode indicar a presença de um herbívoro se  
1538 alimentando da planta e isso pode ser suficiente para esses predadores buscarem pelas presas  
1539 (Kessler e Baldwin, 2001). A capacidade dos predadores generalistas da família Anthocoridae  
1540 de usarem pistas olfativas diante de infestação simples já foi demonstrada para outras espécies  
1541 (Reid e Lampman, 1989; Drukker e Sabelis, 1990; Dwumfour, 1992; Drukker et al., 1995;  
1542 Scutareanu et al., 1997; Venzon et al., 1999; Arab et al., 2007; Carvalho et al., 2011; Tan e  
1543 Liu, 2014; Stepanycheva et al., 2014).

1544       A herbivoria múltipla e outros fatores como, espécie de herbívoro e modo de  
1545 alimentação, podem modificar as respostas da planta, como por exemplo, na emissão de  
1546 compostos orgânicos voláteis e, conseqüentemente, influenciar nas respostas dos inimigos  
1547 naturais (Dicke et al. 2009). Nós observamos que a herbivoria múltipla em roseiras teve um  
1548 efeito neutro na atração de *O. insidiosus*, o que pode estar relacionado à presença de quatro  
1549 compostos comuns (nonanal, não identificado, cânfora e  $\alpha$ -farneseno) às misturas atrativas.  
1550 Além desses, na herbivoria múltipla houve indução de outros quatro compostos (salicilato de  
1551 metila,  $\beta$ -nerolidol, cariofileno e acetato de 3-hexenila), os quais não influenciaram no  
1552 comportamento olfativo do predador. Em decorrência das diferenças quantitativas e  
1553 qualitativas na mistura dos compostos voláteis emitidos por diferentes interações planta-

1554 herbívoros, os inimigos naturais têm que lidar com uma variabilidade de voláteis para  
1555 encontrar sua presa (Moyaeri et al., 2007; Zhang et al., 2009; Lins et al., 2014; Silva et al.,  
1556 2017) e, de acordo com nossos resultados, *O. insidiosus*, por ser um predador generalista,  
1557 consegue guiar-se por uma variedade de voláteis. Além dos compostos constitutivos emitidos,  
1558 as roseiras com herbivoria simples, independente da espécie de presa, induziram a emissão de  
1559 um composto não identificado e  $\alpha$ -farneseno. Também foi encontrado  $\beta$ -ocimeno em plantas  
1560 infestadas com *T. urticae* e supraeno em plantas infestadas com *F. insularis* (Tab 2).

1561 Nós observamos que houve uma redução na emissão de alguns compostos, como  $\alpha$ -  
1562 farneseno e  $\beta$ -ocimeno (Tab 2), na mistura de voláteis emitidos pela infestação dupla.  
1563 Redução similar também foi relatada por Zhang et al. (2009) em plantas de feijão-de-Lima  
1564 infestadas com *Bemisia tabaci* e *Tetranychus urticae*. Segundo Shiojiri et al. (2001), os danos  
1565 causados por mais de uma espécie de herbívoro podem alterar a emissão de voláteis de plantas  
1566 que atraem inimigos naturais. Entretanto, no presente estudo, essa redução na emissão de  
1567 alguns voláteis em roseiras não afetou no comportamento olfativo de fêmeas de *O. insidiosus*.

1568 O fato de fêmeas desse percevejo predador não terem discriminado entre os voláteis  
1569 emitidos por plantas de rosas sob infestações simples e múltipla, pode ser uma estratégia  
1570 adaptativa para a localização das presas (Vet e Dicke, 1992), uma vez que os predadores  
1571 generalistas podem se orientar por pistas químicas gerais emitidas pelos herbívoros ou pelas  
1572 plantas infestadas (Steidle e Van Loon, 2003). Além disso, esses predadores não têm  
1573 preferência alimentar por nenhuma das presas e ambas são adequadas para o seu  
1574 desenvolvimento, e isso também pode estar ligado ao comportamento adaptativo de *O.*  
1575 *insidiosus*. Esses resultados confirmam a hipótese (iv) que a preferência de *O. insidiosus* pelos  
1576 VPIH reflete a sua preferência alimentar pelas presas e a hipótese (v) que a preferência de *O.*  
1577 *insidiosus* pelos VPIH reflete a qualidade da presa.

1578 A diferença observada no consumo do predador pode estar relacionada ao tamanho  
1579 das presas e sua qualidade nutricional (Mendes et al., 2002). Ou seja, o maior consumo de  
1580 ácaros por *O. insidiosus* pode ter ocorrido em função da baixa qualidade nutricional e também  
1581 da diferença de tamanho entre as presas, haja vista que os ácaros (adultos - machos: 0,25 mm;  
1582 fêmeas: 0,50 mm) são menores do que os tripes (adultos - machos: 1,0 mm; fêmeas: 1,3 mm)  
1583 sendo necessário um maior consumo de ácaros para o suprimento nutricional do predador.  
1584 Contudo, o maior consumo não refletiu na longevidade do predador. Portanto, esses  
1585 resultados indicam que tanto o ácaro quanto o tripe são presas palatáveis e adequadas para o  
1586 desenvolvimento de *O. insidiosus*.

1587 Com os resultados obtidos no presente estudo, abre a possibilidade de se realizarem  
1588 novas pesquisas com *T. urticae*, *F. insularis*, *O. insidiosus* e plantas de rosas, em condições  
1589 de casa de vegetação e campo, visando aprimorar as informações sobre as respostas  
1590 comportamentais desse predador generalista aos odores de plantas sob herbivoria múltipla.  
1591 Esses dados podem contribuir para desenvolver estratégias de liberação de *O. insidiosus*  
1592 visando o controle biológico de *T. urticae* e *F. insularis* em cultivos comerciais de rosas.

1593

#### 1594 **Agradecimentos**

1595

1596 Nós agradecemos a Arodi Prado Favaris (especialista em laboratório), pela  
1597 colaboração na condução do experimento de coleta e análise de voláteis realizado no  
1598 Laboratório de Ecologia Química e Comportamento de Insetos - Escola Superior de  
1599 Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP); ao Dr. Jordano  
1600 Salamanca pelo auxílio nas análises estatísticas; ao produtor de rosas Luís Carlos da Silva,  
1601 “Caio”, Flora Minas – Itapeva, MG, pelo fornecimento das mudas de rosas e importantes  
1602 dicas no cultivo; à Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES),  
1603 pela bolsa de doutorado concedida a A.L.V.S, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento  
1604 Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida a B.S. (PQ 310971-2013-6).

1605

#### 1606 **REFERÊNCIAS**

1607

- 1608 Abe H, Shimoda T, Ohnishi J, Kugimiya S, Narusaka M, Seo S, Narusaka Y, Tsuda S,  
1609 Kobayashi M (2009) Jasmonate-dependent plant defense restricts thrips performance and  
1610 preference. *BMC Plant Biology*, 9: 1-12
- 1611 Ali JG, Alborn HT, Stelinski LL (2010) Subterranean Herbivore-induced Volatiles Released  
1612 by Citrus Roots upon Feeding by *Diaprepes abbreviatus* Recruit Entomopathogenic  
1613 Nematodes. *Journal of Chemical Ecology* 36: 361-368
- 1614 Arab A, Trigo JR, Lourenção AL, Peixoto AM, Ramos F, Bento JMS (2007) Differential  
1615 attractiveness of potato tuber volatiles to *Phthorimaea operculella* (Gelechiidae) and the  
1616 predator *Orius insidiosus* (Anthocoridae). *Journal of Chemical Ecology* 33:1845–1855
- 1617 Bueno VHP (2009) Desenvolvimento e criação massal de percevejos predadores *Orius* In:  
1618 Controle Biológico de Pragas: produção massal e controle de qualidade. Lavras: Editora  
1619 UFLA 2 ed: 77-115

- 1620 Bueno VHP, Silva AR, Carvalho LM, Moura N (2009) Control of thrips with *Orius insidiosus*  
1621 in greenhouse cut roses: use of a banker plant improves the performance of the predator.  
1622 IOBC/wprs Bulletin 49: 183-187
- 1623 Bukovinszky T, Poelman EH, Kamp A, Hemerik L, Prekatsakis G, Dicke M (2012) Plants  
1624 under multiple herbivory: consequences for parasitoid search behavior and foraging  
1625 efficiency. *Animal Behaviour* 83: 501-509
- 1626 Butler CD, O'Neil RJ (2007) Life history characteristics of *Orius insidiosus* (Say) fed *Aphis*  
1627 *glycines* Matsumura. *Biological Control* 40: 333–338
- 1628 Carvalho LM, Bueno VHP, Castañé C (2011) Olfactory response towards its prey  
1629 *Frankliniella occidentalis* of wild and laboratory-reared *Orius insidiosus* and *Orius*  
1630 *laevigatus*. *Journal of Applied Entomology* 135: 177-183
- 1631 Carvalho LM, Silveira CA, Taques TC, Almeida EFA, Reis SN (2012) Principais pragas em  
1632 cultivo de roseira: reconhecimento e controle. *Circular Técnica, Belo Horizonte* 157: 1-7
- 1633 De Boer JG (2004) Carnivore attraction to herbivore-induced plant volatiles: effects of mixing  
1634 volatile blends and multiple infestation of plants. In: *Bugs in odour space: how predatory*  
1635 *mites respond to variation in herbivore induced plant volatiles*. PhD Thesis, Wageningen  
1636 University, the Netherlands, 33–52
- 1637 De Moraes CM, Lewis WJ, Pare PW, Alborn HT, Tumlinson JH (1998) Herbivore-infested  
1638 plants selectively attract parasitoids. *Nature* 393: 570–573
- 1639 Dicke M (2009) Behavioural and community ecology of plants that cry for help. *Plant Cell*  
1640 *and Environment* 32: 654–665
- 1641 Dicke M, Hilker M (2003) Induced plant defences: from molecular biology to evolutionary  
1642 ecology. *Basic Applied Ecology* 4: 3–14
- 1643 Dicke M, van Beek TA, Posthumus MA, Ben Dom N, Van Bokhoven H, De Groot AE (1990)  
1644 Isolation and identification of volatile kairomone that affects acarine predator – prey  
1645 interactions. Involvement of host plant in its production. *Journal of Chemical Ecology* 16:  
1646 381–396
- 1647 Dicke M, van Loon JJA (2000) Multitrophic effects of herbivore-induced plant volatiles in an  
1648 evolutionary context. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 97: 237–249
- 1649 Dicke M, van Loon JJA, Soler R (2009) Chemical complexity of volatiles from plants  
1650 induced by multiple attack. *Nature Chemical Biology* 5: 317-324
- 1651 Drukker B, Sabelis MW (1990) Anthocorid bugs respond to odours emanating from *Psylla*-  
1652 infested pear trees. *Nederlandse Entomologische Vereniging* 1: 88–89

- 1653 Drukker B, Scutareanu P, Sabelis MW (1995) Do anthocorid predators respond to synomones  
1654 from *Psylla*-infested pear trees under field conditions?. *Entomologia Experimentalis et*  
1655 *Applicata* 77: 193-203
- 1656 Dwumfour EF (1992) Volatile substances evoking orientation in the predatory flowerbug  
1657 *Anthocoris nemorum* (Heteroptera: Anthocoridae). *Bulletin of Entomological Research*  
1658 82: 465-469
- 1659 Erb MC, Foresti N, Turlings TC (2010) A tritrophic signal that attracts parasitoids to host-  
1660 damaged plants with stands disruption by non-host herbivores. *Plant Biology* 10: 247-257
- 1661 Erb MC, Robert CAM, Hibbard BE, Turlings TCJ (2011) Sequence of arrival determines  
1662 plant-mediated interactions between herbivores. *Journal of Ecology* 99: 7-15
- 1663 Gosset V, Harmel N, Göbel C, Francis F, Haubruge E, Wathelet JP, Du Jardin P, Feussner I,  
1664 Fauconnier ML (2009) Attacks by a piercing sucking insect (*Myzus persicae* Sulzer) or a  
1665 chewing insect (*Leptinotarsa decemlineata* Say) on potato plants (*Solanum tuberosum* L.)  
1666 induce differential changes in volatile compound release and oxylipin synthesis. *Journal*  
1667 *of Experimental Botany* 60: 1231–1240
- 1668 Kappers IF, Hoogerbrugge H, Bouwmeester HJ, Dicke M (2011) Variation in Herbivory-  
1669 induced Volatiles Among Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Varieties has Consequences  
1670 for the Attraction of Carnivorous Natural Enemies. *Journal of Chemical Ecology* 37:  
1671 150-160
- 1672 Kessler A, Baldwin IT (2001) Defensive function of herbivore-induced plant volatile  
1673 emissions in nature. *Science* 291: 2141–2144
- 1674 Krips OE, Willems PEL, Gols R, Posthumus MA, Gort G, Dicke M (2001) Comparison of  
1675 Cultivars of Ornamental Crop *Gerbera jamesonii* on Production of Spider Mite-Induced  
1676 Volatiles, and Their Attractiveness to the Predator, *Phytoseiulus persimilis*. *Journal of*  
1677 *Chemical ecology* 27: 1355-1372
- 1678 Kroes A, Van Loon JJA, Dicke M (2014) Density-dependent interference of aphids with  
1679 caterpillar-induced defenses in arabidopsis: involvement of phytohormones and  
1680 transcription factors. *Plant and Cell Physiology* 10: 1-9
- 1681 Li CY, Williams MM, Loh YT, Lee GI, Howe GA (2002) Resistance of cultivated tomato to  
1682 cell content-feeding herbivores is regulated by octadecanoid-signaling pathway. *Plant*  
1683 *Physiology* 130: 494–503
- 1684 Lins JCJr, van Loon JJA, Bueno VH, Lucas-Barbosa D, Dicke M, van Lenteren JC (2014)  
1685 Response of the zoophytophagous predators *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris*



- 1686 *tenuis* to volatiles of uninfested plants and to plants infested by prey or conspecifics.  
1687 BioControl 59: 707–718
- 1688 Lopes RB, Alves SB (2000) Criação e observações preliminares da biologia de *Frankliniella*  
1689 *occidentalis* (Pergrande) (Thysanoptera: Thripidae) em feijão-de-porco *Canavalia*  
1690 *ensiformes* (L.). Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 29: 39-47
- 1691 Lou Y, Hua X, Turlings TCJ, Cheng J, Chen X, Ye G (2006) Differences in Induced Volatile  
1692 Emissions among Rice Varieties Result in Differential Attraction and Parasitism  
1693 of *Nilaparvata lugens* Eggs by the Parasitoid *Anagrus nilaparvatae* in the Field. Journal  
1694 of Chemical Ecology 32: 2375
- 1695 McCormick AC, Unsicker SB, Gershenson J (2012) The specificity of herbivore-induced  
1696 plant volatiles in attracting herbivore enemies. Trends. Plant Science 17: 303-310
- 1697 Mendes SM, Bueno VHP, Argolo VM, Silveira LCP (2002) Type of prey influences biology  
1698 and consumption rate of *Orius insidiosus* (Say) (Hemiptera, Anthocoridae). Revista  
1699 Brasileira de Entomologia 46: 99-103
- 1700 Moayeri HRS, Ashouri A, Brødsgaard HF, Enkegaard A (2006a) Odour-mediated preference  
1701 and prey preference of *Macrolophus caliginosus* between spider mites and green peach  
1702 aphids. Journal of Applied Entomology. 130: 504–508
- 1703 Moayeri HRS, Ashouri A, Brødsgaard HF, Enkegaard A (2006b) Odour-mediated responses  
1704 of a predatory mired bug and its prey. Experimental & Applied Acarology. 40: 27–36
- 1705 Moayeri HRS, Ashouri A, Poll L, Enkegaard A (2007) Olfactory response of a predatory  
1706 mirid to herbivore induced plant volatiles: multiple herbivory vs. single herbivory.  
1707 Journal of Applied Entomology 131: 326-332
- 1708 Pallini A, Janssen A, Sabelis MW (1997) Odour-mediated responses of phytophagous mites  
1709 to conspecific and heterospecific competitors. Oecologia 110: 179-185
- 1710 Pareja, M, Pinto-Zevallos DM (2016) Impacts of Induction of Plant Volatiles by Individual  
1711 and Multiple Stresses Across Trophic Levels. In: Blande JD, Glinwood R (Org.).  
1712 Signaling and Communication in Plants. 1ed.: Springer International Publishing, p. 61-93
- 1713 R Development Core Team (2016) R: A language and environment for statistical computing:  
1714 R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria
- 1715 Reid CD, Lampman RL (1989) Olfactory responses of *Orius insidiosus* (Hemiptera:  
1716 Anthocoridae) to volatiles of corn silks. Journal of Chemical Ecology 15: 1109–1115
- 1717 Reis PR, Alves EB, Souza EO (1997) Biologia do ácaro-vermelho do cafeeiro *Oligonychus*  
1718 *ilicis* (McGregor, 1917). Ciência e Tecnologia 21: 260-266

- 1719 Rodriguez-Saona C, Crafts-Brandner SJ, Cañas L (2003) Volatile emissions triggered by  
1720 multiple herbivore damage: beet armyworm and whitefly feeding on cotton plants.  
1721 Journal of Chemical Ecology 29: 2521–2532
- 1722 Rodriguez-Saona CR, Musser RO, Vogel H, Hum-Musser SM, Thaler JS (2010) Molecular,  
1723 biochemical, and organismal analyses of tomato plants simultaneously attacked by  
1724 herbivores from two feeding guilds. Journal of Chemical Ecology 36: 1043–1057
- 1725 Salamanca J, Pareja M, Rodriguez-Saona C, Resende ALS, Souza B (2015) Behavioral  
1726 responses of adult lacewings, *Chrysoperla externa*, to a rose-aphid-coriander complex.  
1727 Biological Control 80: 103-112
- 1728 Santos RC, Peñaflor MFGV, Sanches PA, Nardi C, Bento JMS (2016) The effects of  
1729 *Gibberella zaeae*, Barley Yellow Dwarf Virus, and co-infection on *Rhopalosiphum padi*  
1730 olfactory preference and performance. Phytoparasitica 44: 47–54
- 1731 Schwartzberg EG, Boroczky K, Tumlinson JH (2011) Pea aphids, *Acyrtosiphon pisum*,  
1732 suppress induced plant volatiles in broad bean, *Vicia faba*. Journal of Chemical Ecology  
1733 37: 1055–1062
- 1734 Scutareanu P, Drukker B, Bruin J, Posthumus MA, Sabelis MW (1997) Volatiles from *Psylla*-  
1735 infested pear trees and their possible involvement in attraction of anthocorid predators.  
1736 Journal of Chemical Ecology 23: 2241-2260
- 1737 Shiojiri K, Takabayashi J, Yano S, Takafuji A (2001) Infochemically mediated tritrophic  
1738 interaction webs on cabbage plants. Population Ecology 43: 23-29
- 1739 Silva DB, Weldegergis BT, van Loon JJA, Bueno VHP (2017) Qualitative and quantitative  
1740 differences in herbivore-induced plant volatile blends from tomato plants infested by  
1741 either *Tuta absoluta* or *Bemisia tabaci*. Journal of Chemical Ecology doi: 10.1007 /  
1742 s10886-016-0807-7: 1-13
- 1743 Silveira LCP, Bueno VHP, van Lenteren JC (2004) *Orius insidiosus* as biological control  
1744 agent of Thrips in greenhouse chrysanthemums in the tropics. Bulletin of Insectology 57:  
1745 103-109
- 1746 Steidle JLM, van Loon JJA (2003) Dietary specialization and infochemical use in carnivorous  
1747 arthropods: testing a concept. Entomologia Experimentalis et Applicata 108: 133–148
- 1748 Stepanycheva EA, Petrova MO, Chermenskaya TD, Shamshev IV, Pazyuk IM (2014) The  
1749 Behavioral Response of the Predatory Bug *Orius laevigatus* Fieber (Heteroptera,  
1750 Anthocoridae) to Synthetic Volatiles. Entomological Review 94: 1053-1058
- 1751 Takabayashi J, Dicke M (1996) Plant-carnivore mutualism through herbivore-induced  
1752 carnivore attractants. Trends. Plant Science 1: 109–113

- 1753 Tan XL, Liu TX (2014) Aphid-induced plant volatiles affect the attractiveness of tomato  
1754 plants to *Bemisia tabaci* and associated natural enemies. *Entomologia Experimentalis et*  
1755 *Applicata* 151: 259-269
- 1756 Trichilo PJ, Leigh TF (1986) Predation on spider mite eggs by the western flower thrips,  
1757 *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), an opportunist in a cotton  
1758 agroecosystem *Environ Entomol* 15: 821-825
- 1759 Turlings TCJ, Tumlinson JH, Heath RR, Proveaux AT, Doolittle RE (1991) Isolation and  
1760 identification of allelochemicals that attract the larval parasitoid *Cotesia marginiventris*  
1761 (Cresson) to the micro-habitat of one of its hosts. *Journal of Chemical Ecology* 17: 2235–  
1762 2251
- 1763 Turlings TCJ, Tumlinson JH, Lewis WJ (1990) Exploitation of herbivore-induced plant odors  
1764 by host-seeking parasitic wasps. *Science* 30: 1251–1253
- 1765 Venzon M, Janssen A, Sabelis MW (1999) Attraction of a generalist predator towards  
1766 herbivore-infested plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 93: 305–314
- 1767 Vet LEM, Dicke M (1992) Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic  
1768 context. *Annual Review of Entomology* 37: 141–172
- 1769 Yan ZG, Wang CZ (2006) Similar attractiveness of maize volatiles induced by *Helicoverpa*  
1770 *armigera* and *Pseudaletia separata* to the generalist parasitoid *Campoletis*  
1771 *chlorideae*. *Entomologia experimentalis et applicata* 118: 87-96
- 1772 Zhang PJ, Broekgaarden C, Zheng SJ, Snoeren TA, van Loon JJA, Gols R, et al. (2013)  
1773 Jasmonate and ethylene signaling mediate whitefly- induced interference with indirect  
1774 plant defense in *Arabidopsis thaliana*. *New Phytologist* 197: 1291–1299
- 1775 Zhang PJ, Zheng SJ, van Loon JJA, Boland W, David A, Mumm R, Dicke M (2009)  
1776 Whiteflies interfere with indirect plant defense against spider mites in Lima bean.  
1777 *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 106:  
1778 21202–21207
- 1779  
1780  
1781  
1782  
1783  
1784  
1785  
1786

1787 **Tabelas**

1788

1789 **Tabela 1** Quantidade de voláteis emitidos (médias  $\pm$  erro padrão, peso seco da parte aérea  
 1790 ng.g<sup>-1</sup>) por plantas de rosas não infestadas, infestadas com *T. urticae*, com *F. insularis* e  
 1791 infestadas com *T. urticae* e *F. insularis*. A quantificação foi baseada na área de pico em  
 1792 relação ao padrão interno.

N	Compostos	Classe Química	Tratamentos*			
			Plantas não infestadas (N = 6)	Plantas infestadas com <i>T. urticae</i> (N = 6)	Plantas infestadas com <i>F. insularis</i> (N = 6)	Plantas infestadas com <i>T. urticae</i> + <i>F. insularis</i> (N = 6)
1	Acetato de (Z)-3-Hexenila	VFV	0,00 $\pm$ 0,00a	0,00 $\pm$ 0,00a	0,00 $\pm$ 0,00a	0,12 $\pm$ 0,04b
2	$\beta$ -Ocimeno	M	0,00 $\pm$ 0,00a	5,86 $\pm$ 2,86b	0,00 $\pm$ 0,00a	2,31 $\pm$ 1,31b
3	Nonanal	A	0,24 $\pm$ 0,13a	0,55 $\pm$ 0,33a	0,21 $\pm$ 0,03a	0,12 $\pm$ 0,02a
4	Não identificado	-	0,00 $\pm$ 0,00a	3,98 $\pm$ 2,07b	0,45 $\pm$ 0,17b	1,82 $\pm$ 0,71b
5	Cânfora	M	0,82 $\pm$ 0,66a	0,24 $\pm$ 0,16a	0,13 $\pm$ 0,05a	0,12 $\pm$ 0,05a
6	Salicilato de metila	E	0,00 $\pm$ 0,00a	0,00 $\pm$ 0,00a	0,00 $\pm$ 0,00a	0,15 $\pm$ 0,07b
7	Cariofileno	S	0,00 $\pm$ 0,00a	0,00 $\pm$ 0,00a	0,00 $\pm$ 0,00a	0,08 $\pm$ 0,02b
8	$\alpha$ -Farneseno	S	0,00 $\pm$ 0,00a	24,8 $\pm$ 14,41c	0,20 $\pm$ 0,06b	4,44 $\pm$ 2,12b
9	$\beta$ -Nerolidol	S	0,00 $\pm$ 0,00a	0,00 $\pm$ 0,00a	0,00 $\pm$ 0,00a	0,30 $\pm$ 0,13b
10	Supraeno	T	0,00 $\pm$ 0,00a	0,00 $\pm$ 0,00a	0,19 $\pm$ 0,06b	0,74 $\pm$ 0,21c
	Área total média do pico	-	1,06 $\pm$ 0,79a	35,48 $\pm$ 19,71c	1,19 $\pm$ 0,26ab	10,25 $\pm$ 4,48bc

1793 \*Médias seguidas por letras diferentes nas linhas indicam uma diferença significativa entre os tratamentos de  
 1794 acordo com o teste não-paramétrico Kruskal-Wallis, e subseqüentes comparações múltiplas corrigidas por  
 1795 Bonferroni (P < 0.05).

1796 \*\*VFV: Voláteis de folha verde; M: Monoterpeno; A: Aldeído; E: Éster; S: Sesquiterpeno; T: Triterpeno.

1797

1798

1799

1800

1801

1802

1803

1804

1805

1806 **Tabela 2** Resultados (GLM) da comparação entre o período ninfal, longevidade e consumo  
 1807 total de *O. insidiosus* quando alimentado com ninfas e adultos de *T. urticae* e *F. insularis*  
 1808 ( $25\pm 1^\circ\text{C}$ ,  $70\pm 10\%$  UR e fotofase de 12h).

Parâmetros	Variáveis	df <sup>a</sup>	F	P
Período Ninfal	Ácaros × Tripes	1, 58	2,01	0,16
Longevidade	Ácaros × Tripes	1, 39	0,07	0,78
Consumo Total	Ácaros × Tripes	1, 58	59,45	<0,001***
	<i>T. urticae</i>		<i>F. insularis</i>	
Período Ninfal	11,4 ± 0,17a		13,1 ± 0,13a	
Longevidade	27,7 ± 0,46a		26,6 ± 0,44a	
Consumo Total	479,0 ± 77,9a		67,2 ± 10,38b	

1809 <sup>a</sup>: Graus de liberdade – numerador, denominador (erro); \*\*\*: Dados transformados em  $\text{Ln}(x + 0.5)$  a fim de  
 1810 atender às premissas de normalidade e homogeneidade de variâncias – Paired *t*-test ( $t = 4.90$ ;  $df = 29$ ;  $P <$   
 1811  $0.001$ ).

1812

1813

## 1814 Figuras

### 1815 Legenda das figuras

1816

1817 **Fig. 1** Porcentagem de escolha de *Tetranychus urticae* (A) e *Frankliniella insularis* (B) por  
 1818 folíolos de roseira infestados e não infestados. No lado esquerdo do gráfico, estão os tempos  
 1819 da contagem dos artrópodes pragas. Teste Qui-quadrado ( $\chi^2$ ): \*\*\* =  $P \leq 0,001$ ; \*\* =  $P \leq 0,01$ ;  
 1820 \* =  $0,01 < P < 0,05$ ; n.s = diferença não significativa ( $P > 0,05$ ).

1821

1822 **Fig. 2** Respostas olfativas de fêmeas de *Orius insidiosus* em um olfatômetro de tubo-Y para:  
 1823 (A) plantas de rosas não infestadas × plantas de rosas infestadas, e (B) plantas de rosas sob  
 1824 herbivoria simples × plantas de rosas sob herbivoria múltipla. Teste Qui-quadrado ( $\chi^2$ ): \*\* =  $P$   
 1825  $\leq 0,01$ ; \* =  $0,01 < P < 0,05$ ; n.s = diferença não significativa ( $P > 0,05$ ).

1826

1827 **Fig. 3** Análise dos principais componentes (PCA) dos compostos voláteis emitidos por  
 1828 plantas de rosas não infestadas (círculos), plantas de rosas infestadas com *Tetranychus urticae*  
 1829 (quadrados), plantas de rosas infestadas com *F. insularis* (+), e plantas de rosas infestadas  
 1830 com *Tetranychus urticae* e *Frankliniella insularis* (triângulos).

1831

1832 **Fig. 4** Média ( $\pm$  EP) de ninfas e adultos de *Tetranychus urticae* e *Frankliniella insularis*  
1833 predados por *Orius insidiosus* após 30 minutos e 24 horas da exposição à presa. n.s =  
1834 diferença não significativa ( $P > 0,05$ ).

1835

1836 **Fig. 5** Média do consumo total ( $\pm$  EP) por *Orius insidiosus* alimentado com ninfas e adultos  
1837 de *Tetranychus urticae* e *Frankliniella insularis* durante seu ciclo de vida. Letras diferentes  
1838 indicam diferenças significativas entre os tratamentos de acordo com o *Test-t* (de *Student*)  
1839 pareado, a 5% de significância.

1840

1841

1842

1843

1844

1845

1846

1847

1848

1849

1850

1851

1852

1853

1854

1855

1856

1857

1858

1859

1860

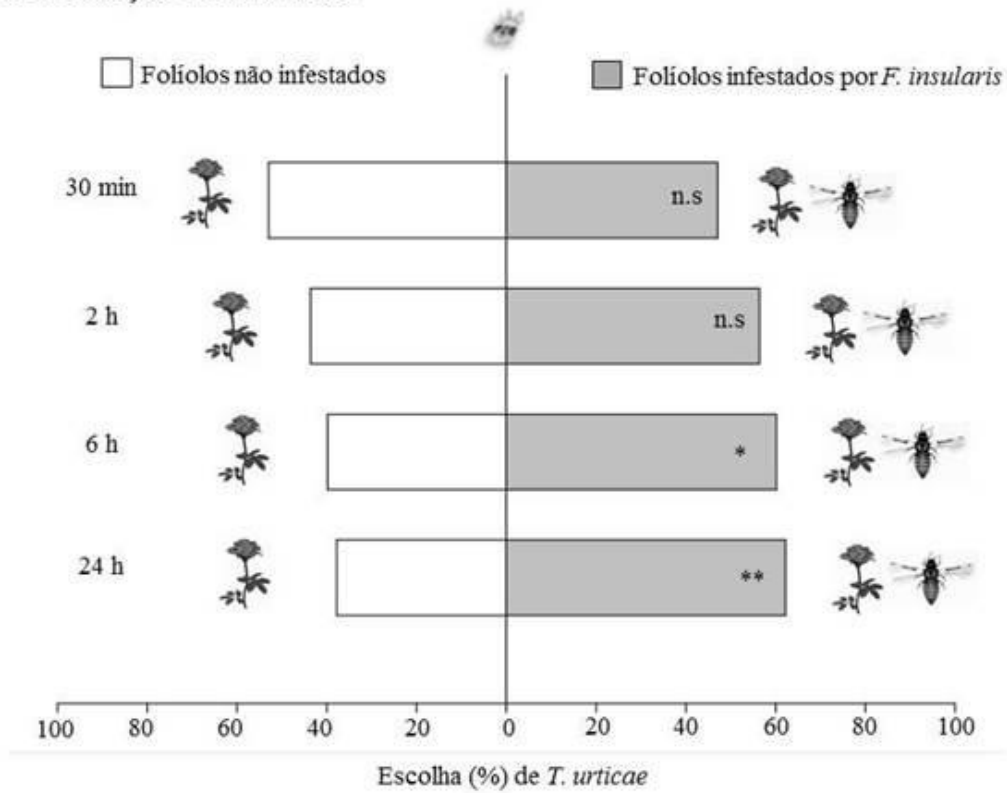
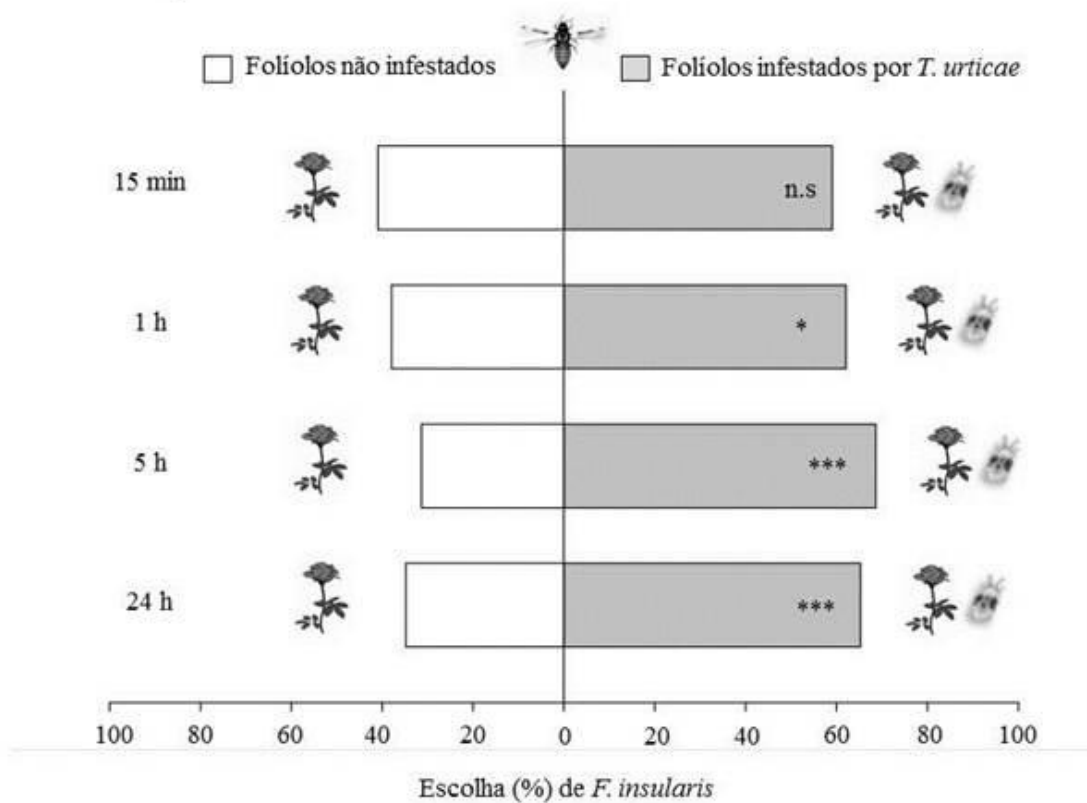
1861

1862

1863

1864

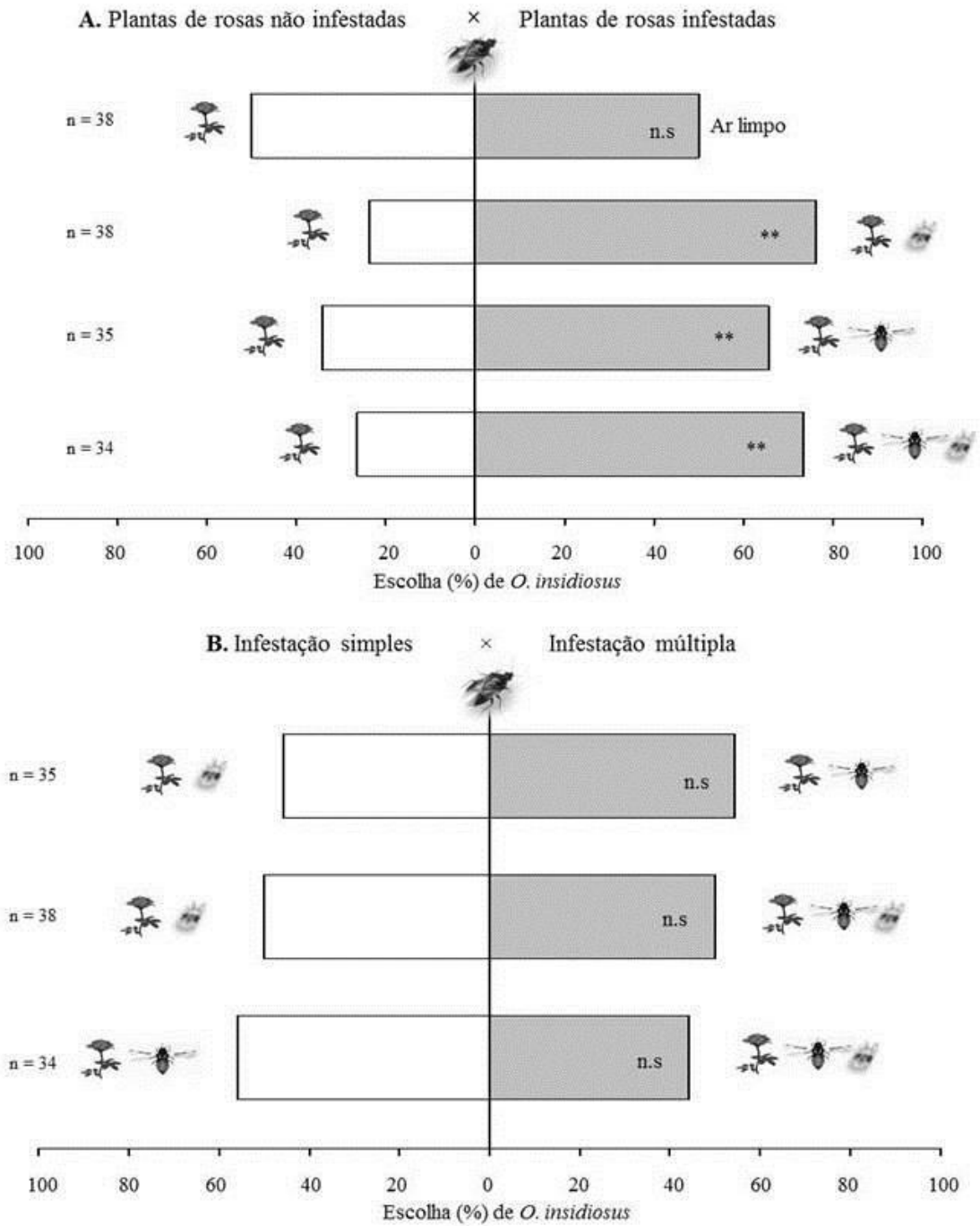
1865

1866 **Fig. 1**A. Liberação de *T. urticae*B. Liberação de *F. insularis*

1867

1868

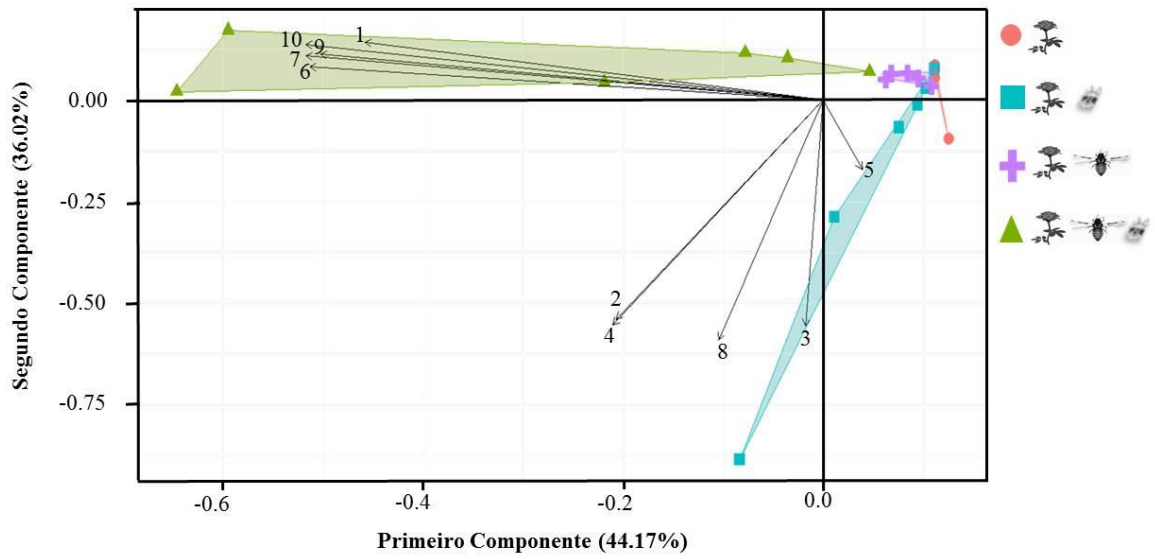
1869 **Fig. 2**



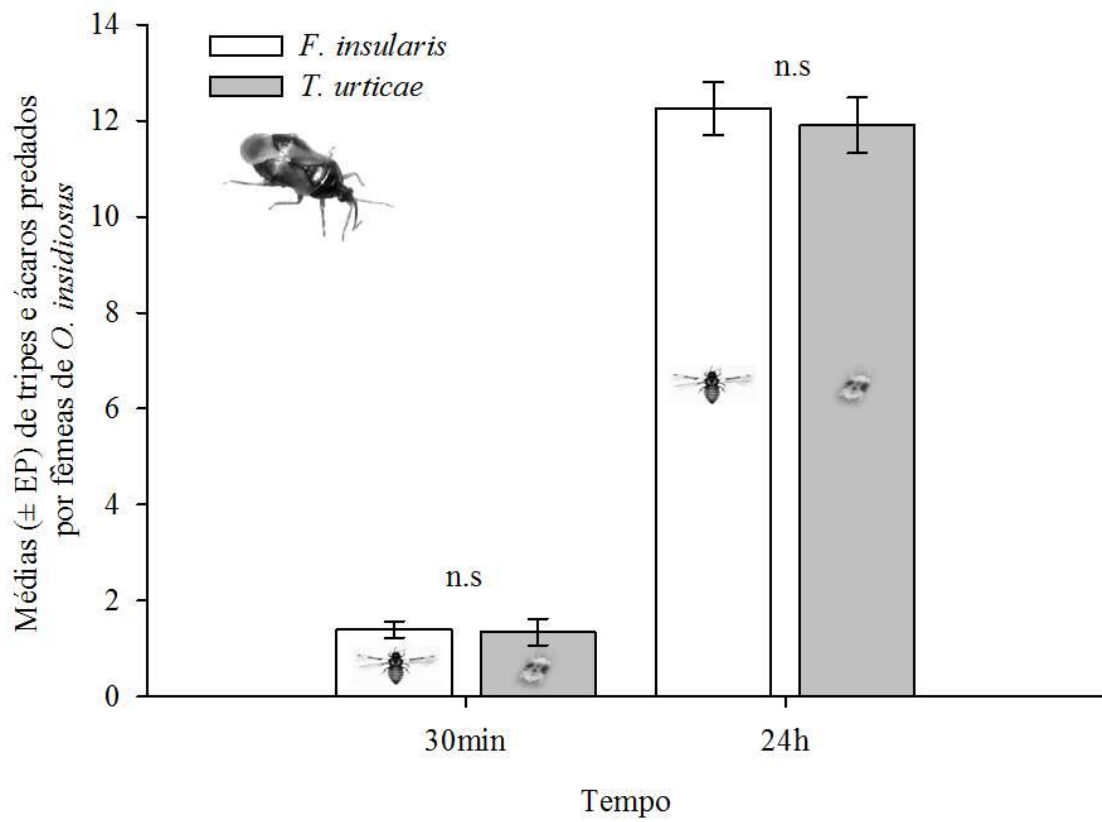
1870  
 1871  
 1872  
 1873  
 1874  
 1875  
 1876  
 1877



1878 **Fig. 3**

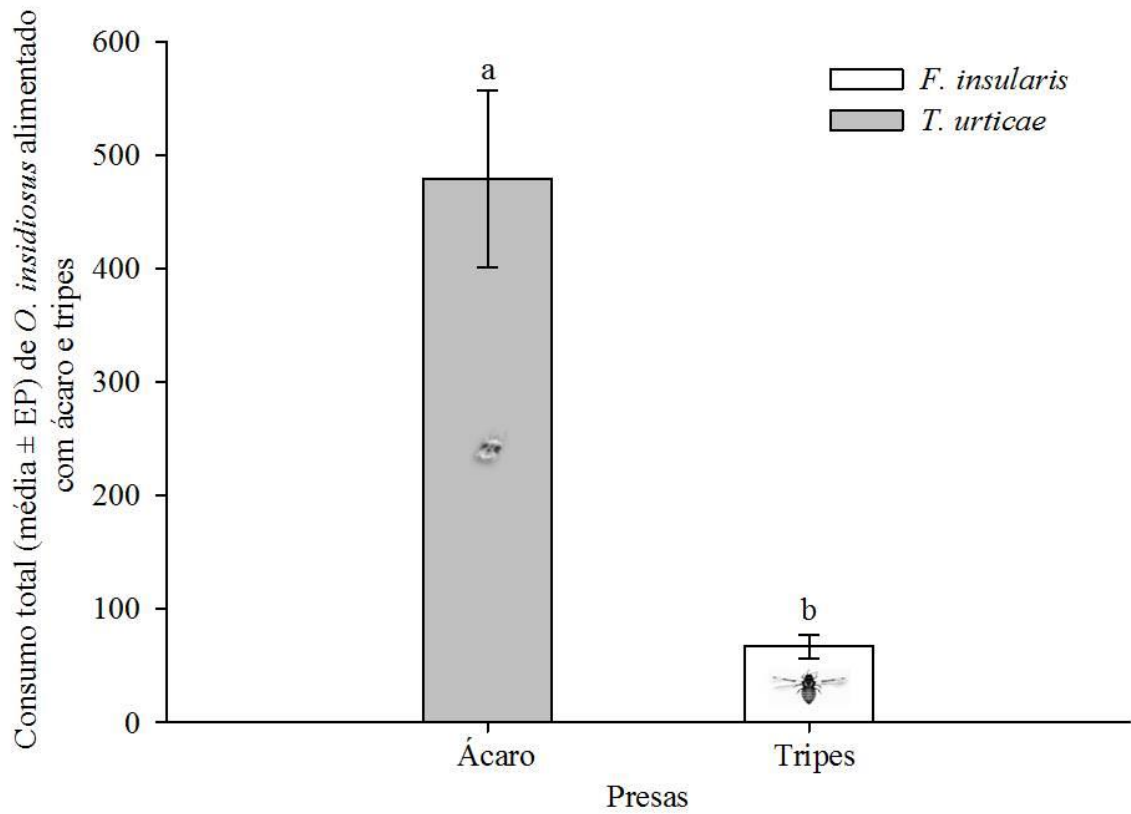


- 1879
- 1880
- 1881
- 1882
- 1883
- 1884
- 1885
- 1886
- 1887
- 1888
- 1889
- 1890
- 1891
- 1892
- 1893
- 1894
- 1895
- 1896
- 1897
- 1898
- 1899

1900 **Fig. 4**

1901  
1902  
1903  
1904  
1905  
1906  
1907  
1908  
1909  
1910  
1911  
1912  
1913  
1914  
1915  
1916  
1917

1918 **Fig. 5**



1919