

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS**

**Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel**

**Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade**



Dissertação

**Toxicidade de óleo essencial de *Piper fuliginum* Kunth (Piperaceae) sobre *Euschistus heros* Fabricius (Hemiptera: Pentatomidae), e seletividade em *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae)**

**Vanessa Cardoso Nunes**

Pelotas, 2023

**Vanessa Cardoso Nunes**

**Toxicidade de óleo essencial de *Piper fuliginum* Kunth (Piperaceae) sobre *Euschistus heros* Fabricius (Hemiptera: Pentatomidae), e seletividade em *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências (área de conhecimento: Entomologia).

Orientador: Prof. Dr. Anderson Dionei Grützmacher

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Bernardi

Pelotas, 2023

Banca examinadora:

---

Dra. Adrise Medeiros Nunes  
(Prefeitura Municipal de Pelotas-RS)

---

Diones Krinski Dr.  
(Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT)

---

Daniel Bernardi. Dr.  
(Universidade Federal de Pelotas-UFPel)

---

Anderson Dionei Grützmacher. Dr. (Orientador)  
(Universidade Federal de PelotasUFPel)

Aos meus pais, Wanderlei Nunes da Silva e Vanildes de Jesus Cardoso, ao meu irmão William Cardoso Nunes, por sempre acreditarem e me apoiarem nessa trajetória.

**Dedico**

## **Agradecimentos**

À minha família: meu pai, Wanderlei Nunes, minha mãe, Vanildes Cardoso (*In memoriam*) e meu irmão William Nunes, por sempre me apoiar e ser meu suporte nessa jornada, por sempre estarem dispostos a me ouvir e aconselhar.

Aos meus amigos (novos e antigos): Luana, Willian, Rafael, Maria Clara, Kathe Isabele, Caroline, Juliana, Jissela Jonathan e a mais fofa, a amiga de 4 patas, Ruby (Bee), pelo apoio e companheirismo e parceria durante os momentos bons e os ruins.

Aos queridos Diones Krinski, Michele Trombin e Mireli Trombin, que me incentivaram chegar até aqui, sempre dispostos a orientar e colaborar para meu sucesso.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Anderson Dionei Grützmacher e Prof. Dr. Daniel Bernardi, pela dedicação, conselhos e ensinamentos.

À membros da banca examinadora dissertação, Dr. Sandro Nornberg (Projeto), Adrise medeiros Nunes e Diones Krinski (Dissertação).

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade (PPGFs) da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel (FAEM – UFPel), por garantir uma formação técnica, ética e de qualidade.

A Universidade Federal de Pelotas (UFPel), por contribuir com sua infraestrutura e profissionais, sempre presando pela ética e pelo ensino gratuito e de qualidade.

À CAPES, pela concessão da bolsa e pelo fomento da pesquisa.

À toda equipe do Laboratório de Manejo Integrado de Pragas (LabMIP–UFPel), em especial a Dra. Mariane Rosenthal por todas as contribuições.

À Dra. Daniela Hartwig de Oliveira, e ao Dr. Adeney Bueno pela colaboração com a minha pesquisa.

Às estagiarias Paola Cantarelli e Gabriela Mattos pela colaboração.

A todos os professores que contribuíram com seus conhecimentos e experiência na minha formação, e aos servidores da UFPel que são fundamentais para o funcionamento desta instituição.

***“Todas as vitórias ocultam uma abdicação”.***

**Simone Bertrand de Beauvoir**

## Resumo

NUNES, Vanessa Cardoso. **Toxicidade de óleo essencial de *Piper fuliginum* Kunth (Piperaceae) sobre *Euschistus heros* Fabricius (Hemiptera: Pentatomidae), e seletividade em *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae)**. 2023. 80 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brasil.

**Resumo:** O percevejo-marrom da soja é uma praga prejudicial às plantações brasileiras, demandando múltiplas aplicações de inseticidas. O Manejo Integrado de Pragas (MIP) destaca alternativas sustentáveis, como o uso de óleos essenciais (OEs) de plantas, como o de *Piper fuliginum*, da família Piperaceae, reconhecido por suas propriedades inseticidas. Estudos mostraram que há potencial para controle de insetos, sugerindo sua utilidade como biopesticida, oferecendo uma opção mais sustentável que os inseticidas convencionais. No entanto, há preocupações com os efeitos indiretos em inimigos naturais, como o parasitoide *Telenomus podisi*, que já é usado no controle de percevejos. Embora a família Piperaceae demonstre eficácia contra diversas ordens de insetos, é necessário avaliar a seletividade do OE de *P. fuliginum* para o *T. podisi*. Os resultados revelaram uma baixa seletividade do OE, mesmo em concentrações reduzidas, apontando a necessidade de estudos adicionais para compreender seu impacto nos estágios de desenvolvimento do parasitoide. O estudo destaca o potencial do OE de *P. fuliginum* como uma ferramenta promissora no controle de pragas, mas enfatiza a importância de avaliar seu impacto nos inimigos naturais, como o *T. podisi*, antes de sua ampla utilização na agricultura. Essa abordagem seletiva pode oferecer soluções sustentáveis para o manejo de pragas, mas requer uma compreensão mais profunda de seus efeitos em diferentes contextos agrícolas para garantir a eficácia e a preservação dos inimigos naturais.

**Palavras-chave:** Controle biológico. Parasitoide de ovos. Percevejo marrom. Soja. Fitoinseticidas.

## Abstract

NUNES, Vanessa Cardoso. **Toxicity of essential oil from *Piper fuliginum* Kunth (Piperaceae) on *Euschistus heros* Fabricius (Hemiptera: Pentatomidae), and selectivity on *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae)**. 2023.80 f. Dissertation (Master Degree) – Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Brazil.

The brown soybean bug is a harmful pest of Brazilian plantations, requiring multiple applications of insecticides. Integrated Pest Management (IPM) highlights sustainable alternatives, such as the use of essential oils (EOs) from plants, such as *Piper fuliginum*, from the Piperaceae family, recognized for its insecticidal properties. Studies have shown that there is potential for insect control, suggesting its usefulness as a biopesticide, offering a more sustainable option than conventional insecticides. However, there are concerns about indirect effects on natural enemies, such as the parasitoid *Telenomus podisi*, which is already used to control bedbugs. Although the Piperaceae family demonstrates efficacy against several orders of insects, it is necessary to evaluate the selectivity of *P. fuliginum* EO for *T. podisi*. The results revealed a low selectivity of EO, even at reduced concentrations, pointing to the need for additional studies to understand its impact on the parasitoid's developmental stages. The study highlights the potential of *P. fuliginum* EO as a promising tool in pest control but emphasizes the importance of evaluating its impact on natural enemies, such as *T. podisi*, before its widespread use in agriculture. This selective approach can offer sustainable solutions for pest management but requires a deeper understanding of their effects in different agricultural contexts to ensure effectiveness and preservation of natural enemies.

**Keywords:** Biological control. Egg parasitoid. Brown stink bug. Soy. Phytoinsecticides.



## Lista de Figuras

### Artigo 1.

**Figura 1.** Ampliação do cromatograma obtido com a caracterização do óleo essencial de *Piper fuligineum* com folhas *in natura* através de cromatografia gasosa por espectrometria de massa (GC/MS).....43

### Artigo 2.

**Figura 1.** Ampliação do cromatograma obtido com a caracterização do óleo essencial de *Piper fuligineum*, de folhas *in natura* através de cromatografia gasosa por espectrometria de massa (GC/MS).....61

## Lista de Tabelas

### Artigo 1.

<b>Tabela 1.</b> Composição química do óleo essencial de <i>Piper fuliginum</i> com base na biblioteca do equipamento.....	44
<b>Tabela 2.</b> Análise fatorial para número médio de ovos de <i>Euschistus heros</i> viáveis após pulverização de diferentes concentrações de OE de <i>Piper fuliginum</i> em massas de ovos com 1, 2, 3, 4 e 5 dias de idade e efeito subletal em ninfas eclodidas.....	46
<b>Tabela 3.</b> Número médio ( $\pm$ EP) de ovos de <i>Euschistus heros</i> inviabilizados após pulverização das concentrações de OE de <i>Piper fuliginum</i> em ovos com 1, 2, 3, 4 e 5 dias de idade.....	47
<b>Tabela 4.</b> Número médio ( $\pm$ EP) de mortalidade de ninfas de <i>Euschistus heros</i> após pulverização das concentrações de OE de <i>Piper fuliginum</i> , em ovos com 1, 2, 3, 4 e 5 dias de idade.....	48
<b>Tabela 5.</b> Análise de fatorial para número médio de ninfas e adultos de <i>Euschistus heros</i> mortos após pulverização de diferentes concentrações de OE de <i>Piper fuliginum</i> .....	48
<b>Tabela 6.</b> Número médio ( $\pm$ EP) de mortalidade de <i>Euschistus heros</i> após pulverização das concentrações de OE de <i>Piper fuliginum</i> em ninfas de 3º e 5º instar e adultos....	49
<b>Tabela 7.</b> Concentração Letal CL <sub>50</sub> e CL <sub>90</sub> para exposição por aplicação tópica ao óleo essencial <i>Piper fuliginum</i> para ovos e insetos de 3º, 5º instar e adultos de <i>Euschistus heros</i> .....	50

### Artigo 2.

<b>Tabela 1.</b> Composição química do óleo essencial de <i>Piper fuliginum</i> com base na biblioteca do equipamento.....	62
<b>Tabela 2.</b> Parasitismo (Média+EP) e emergência (Média+EP), de <i>Telenomus podisi</i> em teste sem chance de escolha, com ovos tratados em pré e pós-parasitismo.....	65
<b>Tabela 3.</b> Classificação de toxicidade da IOBC em testes com ovos parasitados por <i>Telenomus podisi</i> , em teste sem chance de escolha.....	66
<b>Tabela 4.</b> Parasitismo (Média+EP) e emergência (Média+EP), de <i>Telenomus podisi</i> em teste com chance de escolha, com ovos tratados e não tratados com OE.....	67

<b>Tabela 5.</b> Classificação de toxidade da IOBC em testes com ovos parasitados por <i>Telenomus podisi</i> , em teste com chance de escolha.....	68
---	----

## Sumário

<b>Introdução Geral</b> .....	<b>13</b>
<b>Artigo 1</b> .....	<b>17</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>20</b>
<b>Material e Métodos</b> .....	<b>22</b>
Obtenção do óleo essencial.....	22
Criação de percevejo-marrom <i>Euschistus heros</i> .....	24
Bioensaios com ovos.....	24
Bioensaios com ninfas e adultos.....	25
Análise estatística.....	26
<b>Resultados</b> .....	<b>26</b>
<b>Discussão</b> .....	<b>29</b>
<b>Considerações finais</b> .....	<b>34</b>
<b>Referências bibliográficas</b> .....	<b>34</b>
<b>Artigo 2</b> .....	<b>51</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>54</b>
<b>Material e métodos</b> .....	<b>56</b>
Obtenção do óleo essencial.....	56
Criação de percevejo-marrom <i>Euschistus heros</i> .....	57
Criação de parasitoide <i>Telenomus podisi</i> .....	58
Teste com chance de escolha.....	58
Teste sem chance de escolha.....	59
<i>Pré-parasitismo</i> .....	59
<i>Pós-parasitismo</i> .....	59
Classificação do fitoinseticida.....	60
Análise estatística.....	60
<b>Resultados</b> .....	<b>60</b>
<b>Discussão</b> .....	<b>68</b>
<b>Considerações finais</b> .....	<b>71</b>
<b>Referências bibliográficas</b> .....	<b>71</b>
<b>Conclusões</b> .....	<b>77</b>
<b>Referências</b> .....	<b>78</b>

## Introdução Geral

O Brasil atualmente é o do principal produtor mundial de soja *Glycine max* (L.) Merrill (Fabaceae), ocupando o 1º lugar no ranking mundial, com produção média anual de 154,810,7 mil toneladas na safra 2022/2023 com uma extensa área de produção com cerca de 43,834,4 mil hectares (Embrapa, 2022; Conab, 2023).

Um dos principais grãos produzidos no Brasil na atualidade é a soja, sendo o Cerrado um dos biomas ao qual a oleaginosa se adaptou e foi promissora sua expansão, dentre os estados que o constituem, o Mato Grosso se destaca como maior produtor, com sua alta produtividade e incentivo às pesquisas, a expansão desse cultivar trouxe desenvolvimento para a região. No ranking nacional de estados produtores de soja os estados da região sul estão entre os principais, sendo o Rio Grande do Sul o terceiro maior produtor nacional com 14,513 milhões de toneladas produzidas em 2022, em uma área de 6,555 milhões de hectares (Freitas, 2018; Conab, 2023).

Para que a produção anual chegue a esse patamar é necessário a utilização de produtos agrícolas que contribuem com a expansão da produtividade, e com isso o aumento do uso de agrotóxicos é um fator preocupante relacionado a agricultura. Com rápido crescimento populacional que conseqüentemente traz consigo alto consumo de alimentos, aumentando as demandas de produção, se faz necessário ações de manejo de organismos que provocam danos a cultura, a fim de se produzir mais nas áreas de cultivo disponíveis, sendo que na maioria das lavouras os insetos são os principais responsáveis pela redução na produtividade de grãos (Gerland *et al.*, 2014). Por serem alvos comerciais, as culturas agrícolas aumentaram em número e em hectares plantados, devido a necessidade de aumento constante de produtividade, o principal método atualmente utilizado é a abertura de novas áreas agrícolas, acarretando perda significativa da biodiversidade local através do desmatamento (Heap, 2014).

Juntamente com o desenvolvimento do agronegócio no Brasil, grandes áreas foram desmatadas a fim de aumentar ainda mais a produção, acarretando o aumento de populações de insetos pragas nas lavouras, resultando um maior uso de inseticidas visando a produção de alimentos, sendo necessário o controle de agentes causadores de danos a cultura, principalmente pragas, com isso a ampla utilização de produtos

químicos vem ocasionando diversos problemas ao meio ambiente, incluindo resistência a diferentes tipos de plantas como muitas espécies de ervas daninhas, e de insetos (Heap, 2014). Afeta, ainda, a saúde humana, seja de forma direta ou indireta (Yu *et al.*, 2015; Saath; Fachinello, 2018; Beretta, 2020).

Dessa forma, com intuito de minimizar o uso de agrotóxicos que possam ser prejudiciais principalmente as comunidades de insetos benéficos, a busca por novos métodos de controle tem aumentado gradativamente, assim como as possibilidades de os produtores agrícolas estarem aceitando alternativas mais sustentáveis, como o manejo integrado de pragas (MIP) que visa uma produção ecologicamente correta e que está adquirindo cada vez mais adeptos, já que proporciona a integração com diversos meios de controle, como os biológicos e fitoquímicos (Carvalho; Barcellos, 2012).

Nesse sentido, destacam-se os inimigos naturais no controle de pragas e concomitante ao uso de inimigos naturais, tem aumentado o número de pesquisas e de produtos, onde a utilização de plantas com atividade inseticida pode ser uma estratégia no manejo de pragas, utilizando os compostos fitoquímicos para a formulação de inseticidas que possam ser seletivos a insetos benéficos, podendo futuramente serem utilizados em associação com o controle biológico (Parra, 2014).

Atualmente, para controle de insetos que atacam as lavouras de soja, principalmente os do complexo de insetos fitófagos, sendo esses percevejos, onde um dos principais insetos causadores de prejuízos para a produção de soja é o percevejo marrom *Euschistus heros* F. (Pentatomidae), pertencente ao grupo das pragas sugadoras, causando grandes estragos, devido aos altos níveis populacionais, e por se alimentarem diretamente dos grãos desde , que é o produto de interesse econômico dessa cultura, e com isso danificando as sementes e diminuindo a produtividade e qualidade (Corrêa-Ferreira; Azevedo, 2002; Silva *et al.*, 2012).

Para o controle desses percevejos são utilizados inseticidas, principalmente neurotóxicos, do grupo dos piretróides, organofosforados, carbamatos e neonicotinoides, pois sua eficácia já foi comprovada (Agrofit, 2022). Um dos principais problemas envolvendo o uso desses inseticidas é a resistência das pragas e a ressurgência, levando ao aumento de doses, misturas ou troca, sem estudos mais completos sobre seus efeitos a longo prazo (Georghiou, 1983).

O estado de Mato Grosso é o maior consumidor nacional de agrotóxicos, seguido de Rio Grande do Sul, sendo na sua maioria produtos que provocam danos à saúde do trabalhador e da população ao entorno, como casos graves de intoxicações, alguns tipos de cânceres, malformações fetais, distúrbios em diversos sistemas, alergias, contaminações do leite materno, alimentos e água. Além disso, no ambiente tais produtos podem ocasionar contaminações dos lençóis freáticos, do solo, diminuindo as populações de organismos indispensáveis para a manutenção ecológica deste ambiente, além do que esses componentes podem afetar os inimigos naturais destes insetos praga (Pignati; Oliveira; Silva, 2014).

Uma das alternativas aos inseticidas para o controle do percevejo é o uso de inimigos naturais como o parasitoide de ovos *Telenomus* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae), cuja ação, ocorre ainda no desenvolvimento embrionário, ocasionando a morte da praga antes da formação das ninfas. Vários autores comprovaram o potencial destes parasitoides no combate ao percevejo evitando o excesso de produtos químicos (Hirose, 1986; Foerster; Avanci, 1999; Canete; Foerster, 2003; Foerster; Butnariu, 2004).

Em uma pesquisa realizada por Bueno *et al.* (2013) os autores concluíram que as microvespas são suscetíveis a inseticidas neurotóxicos, porém, quando permanecem nos ovos hospedeiros, apresentam maior resistência se comparado aos adultos, mas ainda com prejuízos na prole, com efeitos subletais nas fêmeas, que ovipositaram ovos inférteis. Idalgo *et al.* (2015) constataram que inseticidas do grupo dos piretróides foram nocivos às microvespas. Outras pesquisas com fitoinseticidas mostraram menor toxicidade, podendo estes serem usados em combinação com o parasitoide, no controle do percevejo (Smaniotto *et al.*, 2013, Werdin-González *et al.*, 2013, Silva; Bueno, 2014, Turchen *et al.*, 2015).

No entanto, estudos sobre os efeitos subletais são incipientes e faltam pesquisas que revelem mais informações, embora alguns trabalhos já evidenciam que dentre os efeitos estão, problemas na longevidade, fecundidade, ciclo biológico, e demais alterações (Desneux *et al.*, 2007, Lim; Mahmoud, 2008, Bayram *et al.*, 2010; Pinheiro *et al.*, 2018).

Vale ressaltar que a associação do controle químico com o controle biológico de pragas pode reduzir as aplicações de agrotóxicos, gerando menos impactos ao

meio ambiente e economia ao produtor, sendo que o uso de *T. podisi* tem apresentado bons resultados no manejo de *E. heros*. Dessa forma, estudos de seletividade se tornam indispensáveis para a preservação dos inimigos naturais e o manejo sustentável das lavouras (Czepak *et al.*, 2005; Godoy *et al.*, 2013).

Pesquisas para desenvolvimento de produtos principalmente a base de plantas já são uma realidade, no entanto ainda não há estudos onde se estuda a utilização de produtos à base de fitoquímicos em associação com inimigos naturais, para o controle de pragas agrícolas em campo. O desenvolvimento de novas tecnologias, onde possibilita o emprego de produtos naturais com maior eficiência em campo, como por exemplo o uso de nanoencapsulados no controle de pragas também ainda são poucas, mas representa uma estratégia promissora para a agricultura.

Com isso, esse trabalho tem como objetivo avaliar a toxicidade do óleo essencial de *P. fuliginum* (Piperaceae) em ovos, ninfas e adultos de *E. heros*, e seu efeito no parasitismo e na emergência do parasitoide de ovos *T. podisi*.



**Artigo 1**

**Toxicidade de óleo essencial de *Piper fuliginum* (Piperaceae) sobre *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae)**

\*Artigo redigido nas normas da revista “Journal of Economic Entomology” (versão em Português)

1 **Toxicidade de óleo essencial de *Piper fuliginum* (Piperaceae) sobre**  
2 ***Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae)**

3

4

5

6

7 Vanessa Cardoso Nunes<sup>1</sup>, Jonathan Pereira<sup>1</sup>, Diones Krinski<sup>2</sup>, Daniela Hartwig  
8 de Oliveira<sup>3</sup>, Daniel Bernardi<sup>1</sup> e Anderson Dionei Grutzmacher<sup>1</sup>

9

10

11 <sup>1</sup> Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas (UFPel),  
12 Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

13 <sup>2</sup> Departamento de Ciências Biológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso  
14 (UNEMAT), Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil.

15 <sup>3</sup> Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos (CCQFA) da  
16 Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

17

18

19 ***Autor correspondente:***

20 Vanessa Cardoso Nunes,

21 Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas (UFPel),

22 Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

23 e-mail: [cardoso.n.vanessa@gmail.com](mailto:cardoso.n.vanessa@gmail.com)

24 **Resumo:** O percevejo-marrom da soja, *Euschistus heros*, é uma praga agrícola  
25 de grande importância no Brasil, causando danos significativos à cultura da soja,  
26 bem como a outras *commodities* agrícolas, principalmente nas regiões Sudeste,  
27 Sul, Centro-oeste e Nordeste. A resistência a inseticidas tem contribuído para o  
28 aumento das populações de percevejos nas lavouras, resultando na  
29 necessidade de múltiplas aplicações de inseticidas químicos para seu controle.  
30 Como alternativa sustentável, o Manejo Integrado de Pragas (MIP) tem se  
31 destacado, enfatizando o uso de inimigos naturais e biopesticidas. Nesse  
32 contexto, os óleos essenciais (OEs) de plantas têm sido investigados como uma  
33 possível solução. O estudo concentrou-se no OE da espécie *Piper fuliginum*,  
34 da família Piperaceae, que demonstrou ter propriedades inseticidas eficazes  
35 contra diversas ordens de insetos. A composição química do OE foi analisada,  
36 revelando a presença de compostos ativos, como terpenóides e  
37 fenilpropanóides, que podem atuar como inseticidas e repelentes. Bioensaios  
38 foram realizados para avaliar a toxicidade do OE de *P. fuliginum* em diferentes  
39 estágios de desenvolvimento do percevejo *E. heros*. O OE foi aplicado em ovos  
40 de diferentes idades, bem como em ninfas e adultos. Esse estudo sugere que o  
41 OE de *P. fuliginum* tem potencial como um biopesticida para o controle do  
42 percevejo-marrom da soja. Isso representa uma alternativa promissora e  
43 sustentável em comparação com os inseticidas químicos convencionais.

44 **Palavras-chave:** Percevejo, Soja, Fitoinseticida, Manejo integrado de pragas.

45

## 46 **Introdução**

47 O percevejo-marrom da soja, *Euschistus heros* Fabricius  
48 (Pentatomidae), é um importante inseto praga que ataca a cultura de diversas  
49 culturas nas áreas agrícolas do Brasil. Sendo esta a praga fitófaga de maior  
50 importância na cultura de soja *Glycine max* (L.) Merr., ocorrendo de forma menos  
51 severa em milho *Zea mays* L., algodão *Gossypium* spp. e girassol (*Helianthus*  
52 *annuus* L.) em todo Brasil, apresenta maior ocorrência nas regiões Sudeste,  
53 Centro-oeste e Nordeste (Schafer; Panizzi, 2000; Sosa-Gómez; Silva, 2010;  
54 Smaniotto; Panizzi, 2015; Panizzi et al., 2016 Sosa-Gómez et al., 2020).

55 A ocorrência durante a fase reprodutiva da soja causa grandes perdas  
56 de produtividade, devido aos altos níveis populacionais, se alimentando  
57 diretamente dos grãos, danificando as sementes e diminuindo a qualidade  
58 (Corrêa-Ferreira; Azevedo, 2002; Silva et al., 2012). Outro dano causado pelo  
59 percevejo nas plantas de soja é a transmissão de doenças, pois podem ser  
60 vetores de patógenos que causam distúrbios fisiológicos, como hastes verdes e  
61 retenção foliar, diminuindo a produção e a qualidade dos grãos produzidos,  
62 causando prejuízos de até 30% no potencial produtivo da soja (Nunes; Corrêa-  
63 Ferreira, 2002; Corrêa-Ferreira et al., 2009; Cantone et al., 2011). Durante a fase  
64 reprodutiva, estima-se que o percevejo possa chegar a quatro gerações  
65 (Somavilla et al., 2020). Também podem ocorrer durante a fase vegetativa e em  
66 hospedeiros naturais presentes no entorno da área de produção de soja  
67 (Smaniotto; Panizzi, 2015).

68 A população de percevejos em lavouras de soja vem crescendo  
69 consideravelmente a cada safra, tendo como um dos principais fatores a

70 resistência a inseticidas, sendo que atualmente é necessário em média de duas  
71 a quatro aplicações para controle (Bueno et al., 2015; Conte et al., 2018). Para  
72 o controle de percevejos são utilizados inseticidas neurotóxicos do grupo dos  
73 piretróides, organofosforados, carbamatos, neonicotinóides e benzoilureias, pois  
74 sua eficácia já foi comprovada, tendo ação variável (Agrofit, 2023).

75 Dessa forma, com intuito de minimizar os problemas causados pelo  
76 ataque dos percevejos, a busca por novos métodos de controle tem aumentado  
77 gradativamente, assim como as possibilidades de os produtores agrícolas  
78 estarem aceitando alternativas mais sustentáveis, como o Manejo Integrado de  
79 Pragas (MIP), destacam-se os inimigos naturais no controle de pragas e  
80 concomitante ao uso de inimigos naturais cresce a utilização de biopesticidas  
81 (Parra, 2014).

82 O uso de fitoinseticidas no combate de insetos praga tem inúmeras  
83 vantagens ambientais, pois apresenta menor toxicidade a mamíferos,  
84 determinada seletividade aos inimigos naturais, rápida degradação no meio  
85 ambiente entre outros fatores (Shin-Foon; Yu-Tong, 1993; Moreira et al., 2006;  
86 Massaroli et al., 2013). No setor agrícola, os estudos com compostos derivados  
87 de plantas têm se concentrado na obtenção de moléculas para sintetizar novos  
88 inseticidas contra alvos moleculares (Cantrell et al., 2012 ). Dentro desse  
89 contexto, estudos sobre óleos essenciais (OEs) têm se mostrado promissores  
90 para o manejo de diferentes artrópodes-praga (Erland et al., 2015; Renkema et  
91 al., 2016; Souza et al., 2020).

92 A família Piperaceae tem sido investigada para o controle de insetos  
93 praga, pois, sua ação inseticida tem se mostrado eficiente para diversas ordens

94 de insetos. Por exemplo, *Piper aduncum* L. (Piperaceae) tem um efeito inseticida  
95 contra Coleoptera (Estrela et al., 2006; Fazolin et al., 2007), Hymenoptera (Souto  
96 et al., 2012), Diptera (Bernard et al., 1995; Misni et al., 2011) e Hemiptera (Piton  
97 et al., 2014; Volpe et al., 2015). Um estudo que avaliou o efeito de diversas  
98 espécies de *Piper*, incluindo *Piper fuliginum* Kunth (Piperaceae), para  
99 Lepidoptera (Krinski et al., 2018), apresentou resultados satisfatórios como  
100 fitoinseticida. Sabe-se que o gênero *Piper* é comumente utilizado para obter um  
101 OE com compostos ativos, como terpenóides e fenilpropanóides, que podem  
102 atuar como repelentes e inseticidas (Bernard et al., 1995; Souto et al., 2012;  
103 Assis et al., 2013).

104 Apesar de haver estudos para algumas espécies do gênero *Piper*, onde  
105 se investiga o seu potencial como fitoinseticida, e com bons resultados no  
106 controle de alguns insetos praga, a espécie *P. fuliginum* ainda não foi muito  
107 explorada, a fim de utilizá-la no controle de pragas sugadoras que atacam  
108 principalmente culturas como a soja no Brasil. Com isso, o objetivo desse  
109 trabalho foi avaliar a toxicidade do óleo essencial de *P. fuliginum* em ovos de  
110 diferentes estágios de desenvolvimento embrionário, assim como efeito subletal  
111 de ninfas eclodidas e em ninfas e adultos de *E. heros*.

## 112 **Material e Métodos**

### 113 **Obtenção do óleo essencial**

114 Para a obtenção do OE de *P. fuliginum*, folhas foram coletadas em uma  
115 população de plantas nativa de um remanescente florestal da área rural de  
116 Tangará da Serra/MT (14° 33 '40" S - 57° 27' 41" W - 317 m), em uma região de

117 transição dos biomas Cerrado e Amazônia, com predominância de floresta  
118 Amazônica.

119 As extrações de OEs, ocorreu no Laboratório de Bioprospecção de  
120 Produtos Naturais (LABIPRON) localizado no Centro de Pesquisas, Estudos e  
121 Desenvolvimento Agroambientais (CPEDA), Universidade do Estado de Mato  
122 Grosso (UNEMAT), Campus Universitário de Tangará da Serra “Eugênio Carlos  
123 Stieler”, onde foi utilizado aparelho de Clevenger modificado, com balões de  
124 fundo redondo com capacidade para 2000 ml. As extrações foram feitas através  
125 de hidrodestilação, com 300 gramas de material vegetal triturado em 1000 ml de  
126 água destilada, durante 4 horas, com replicação até atingir a quantidade de óleo  
127 necessária para realização dos bioensaios e análise química.

128 A análise da composição química dos óleos essenciais foi realizada no  
129 Laboratório de Síntese Orgânica Limpa (LASOL) do Centro de Ciências  
130 Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos (CCQFA) da Universidade Federal de  
131 Pelotas, utilizando cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massas  
132 modelo QP2010-Plus da marca Shimadzu utilizando a coluna RTX-5 (30 m x 0,25  
133 mm x 0,25  $\mu$ m) sob gradiente de temperatura e gás transportador He com vazão  
134 de 1,13 mL/min. A temperatura do injetor foi 220 °C, split 20:100 e temperatura  
135 do detector 200°C. Programação de temperatura da coluna: 40°C por 10 min.,  
136 após aquecimento de 3°C/min até 200°C, mantendo-se por 7 min. Os espectros  
137 de massas foram obtidos com impacto de elétrons de 70 eV e os compostos  
138 foram identificados pelos dados da biblioteca NIST05 e NIST08.

### 139 **Criação de percevejo-marrom *Euschistus heros***

140 A criação de percevejo-marrom foi feita no Laboratório de Manejo  
141 Integrado de Pragas, LabMIP, vinculado a FAEM/UFPel. A criação foi feita em  
142 potes plásticos de 8 litros de fechamento hermético, é com janela recoberta com  
143 tecido tipo voil, e fundo recoberto por papel filtro. As gaiolas foram mantidas a  
144 uma temperatura de  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , com umidade do ar em  $70 \pm 10\%$ , com fotofase  
145 de 14 horas, sendo das 6:00 às 20:00. Os insetos foram separados de acordo  
146 com os estádios de vida, e mantidos nas gaiolas com dieta natural a base de  
147 vagens de feijão, batata doce e amendoim. Para disponibilidade de água e  
148 auxiliar na umidade foi adicionado algodão embebido em água, sobre uma placa  
149 de Petri colocada no fundo da gaiola. Para a deposição dos ovos e abrigo foi  
150 adicionado tiras de feltro na cor branca, fixadas com fita adesiva a borda dos  
151 potes.

### 152 **Bioensaios com ovos**

153 Para ovos de *E. heros* foram feitas aplicações tópicas em ovos de 1, 2,  
154 3, 4 e 5 dias de idade, onde foram colados 10 ovos em placa de papel com cola  
155 branca atóxica, com 10 repetições para cada tratamento, tendo 100 ovos na  
156 totalidade. Para os ovos de cada idade foram aplicadas diferentes concentrações  
157 de OE, sendo de 0,25; 0,50; 0,75; 1,0; 2,0; 4% respectivamente é dois controles  
158 negativo sendo água destilada e acetona já que o OE foi diluído em acetona PA  
159 para pulverização. Para o controle positivo foi aplicado o equivalente a dose  
160 comercial recomendada (250 mL para 150L de calda) de Engeo pleno S.  
161 (tiametoxam+lambd-cialotrina) Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. A aplicação  
162 das concentrações nos ovos foi por meio de pulverização feita com aerógrafo



163 Vonder<sup>®</sup>, calibrado à pressão de 30 psi, com bico de 0,3 mm, o que possibilitou  
164 a deposição de 1,5 mg cm<sup>-2</sup> de cada solução/concentração. Dez réplicas  
165 contendo dez ovos colados, em papel Canson<sup>®</sup> azul foram pulverizadas em cada  
166 concentração, e os ovos foram deixados para secar em temperatura ambiente.

167 Após a pulverização das cartelas de ovos foram armazenadas  
168 separadamente em tubos de vidro de 10 ml, tamponado com algodão umedecido  
169 em água. A análise das eclosões ocorreu diariamente com a contabilização das  
170 ninfas, durante 6 dias após o início das eclosões. Após a eclosão, as ninfas foram  
171 mantidas até a mudança de instar, e contabilizados os sobreviventes.

## 172 **Bioensaios com ninfas e adultos**

173 Para as aplicações nas ninfas em diferentes estádios, sendo 3<sup>o</sup>, 4<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup>  
174 instar e adultos de percevejo-marrom. Foram utilizados 10 insetos por repetição  
175 em delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições para cada  
176 tratamento. Foram utilizadas placas de Petri de 90 mm x 10 mm, contendo discos  
177 de papel toalha recobrimdo o fundo da placa. O OE para as aplicações foi diluído  
178 em acetona PA nas concentrações 0,25; 0,50; 0,75; 1,0; 2,0; 4%, onde foi  
179 aplicado com o auxílio de uma micropipeta 1µL/inseto na região protorácica de  
180 cada inseto. Os controles foram através da aplicação de 1 µL/inseto de água e a  
181 mesma quantidade de acetona e Engeo pleno S. (tiametoxam+lambd-cialotrina)  
182 Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. Para a avaliação de taxas de mortalidade  
183 foram feitas avaliações com a contagem do número de insetos sobreviventes  
184 para cada bioensaio em 24, 48, 72 e 96 horas após a aplicação.

## 185 **Análise estatística**

186 O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema  
187 fatorial. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) ao nível de  
188 5% de probabilidade e submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade  
189 de Shapiro Wilk ( $p > 0.05$ ) e ao teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. A  
190 análise fatorial foi através do teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade no  
191 programa Asistat 7.7 (Jelihovschi et al., 2014).

192 Os cálculos das concentrações letais para matar 50% (CL<sub>50</sub>), 90% (CL<sub>90</sub>)  
193 de *E. heros* foram feitos através do modelo Probit, utilizando no software R®  
194 versão 4.3.1 (Finney, 1974).

195

## 196 **Resultados**

197 Na análise do OE de *P. fuligineum*, foram identificados 20 picos (Figura  
198 1), onde os compostos identificados totalizaram 94,24% da composição química  
199 da amostra. Teve 8 compostos majoritários sendo o Cariofileno (10,60%),  $\beta$ -  
200 Eudesmeno (10,46%), 1-naftalenol (9,88%), Eremofileno (9,09%), Ácido  
201 propanoico (8,97%), D-Germacreno (7,40%),  $\beta$ -Ocimeno (5,48%) e  $\beta$ -Pinoeno  
202 (5,16%). Esses 8 compostos correspondem a 67,04% da concentração das  
203 moléculas encontradas no OE, sendo estas com concentração maior que 5%.  
204 Os demais compostos presentes no OE em menor quantidade, sendo 12 com  
205 concentração que varia entre 1,29% e 4,41%, correspondem a 27,20% da  
206 composição total do OE (Tabela 1)

207 A análise fatorial para os números de ovos inviabilizados após  
208 pulverização com OE, onde avaliou se há variação entre as diferentes  
209 concentrações do OE dentro de cada idade dos ovos (F1), onde pode-se  
210 observar que foi significativo. Já nas análises onde avaliou o fator idade (F2),  
211 observa-se que há diferença das taxas de inviabilização dentro das diferentes  
212 idades em que os ovos foram pulverizados. A análise da interação entre os dois  
213 fatores (F1xF2) não foi significativa (Tabela 2).

214 Na análise fatorial para o efeito subletal do OE em ninfas eclodidas dos  
215 ovos pulverizados em diferentes idades e com diferentes concentrações de OE,  
216 nota-se que houve diferença significativa na taxa de mortalidade por efeito  
217 subletal entre as concentrações aplicadas (F1). Para a análise do efeito subletal,  
218 onde o fator idade (F2) em que os ovos foram pulverizados não apresentou  
219 resultado significativo. Ao analisar se houve interação entre os dois fatores  
220 (F1xF2), o resultado não foi significativo (Tabela 2).

221 *Piper fuliginum* apresentou efeito ovicida significativo ( $p < .0001$ ), a  
222 partir da concentração de 0,75% nos ovos pulverizados com 1, 3, 4 e 5 dias de  
223 idade, já para os ovos com 2 dias de idade, houve diminuição na eclosão a partir  
224 da menor concentração (0,25%) (Tabelas 3).

225 A aplicação realizada em ovos com 1 e 2 dias de idade foram os mais  
226 afetados pelo efeito do OE, com 91% e 85% dos ovos inviabilizados na maior  
227 concentração (4%), enquanto os ovos com 3 dias foram intermediários, com 80%  
228 dos ovos inviabilizados para essa mesma concentração 4%. Já ovos com 4 e 5  
229 dias, na maior concentração apresentaram taxa de emergência maior em relação  
230 as demais idades, com 71% e 69% dos ovos de 4 e 5 dias de idade inviabilizados

231 respectivamente, demonstrando que o OE atua de maneira diferente conforme a  
232 idade em que recebeu a aplicação (Tabela 3).

233         As análises do efeito subletal do OE, sobre as ninfas eclodidas de ovos  
234 pulverizados com diferentes concentrações e em diferentes idades apresentou  
235 diferença significativa entre as concentrações, sendo que em ninfas eclodidas  
236 de ovos pulverizados com 1 dia de idade apresentou redução na taxa de  
237 sobrevivência a partir da concentração de 0,50%, com 64% das ninfas  
238 sobreviventes, enquanto na concentração de 4%, somente 4% das ninfas  
239 sobreviveram. Para as ninfas eclodidas dos ovos pulverizados com as demais  
240 idades pode-se observar que houve o mesmo padrão de redução da taxa de  
241 ninfas sobreviventes observado nas ninfas de ovos de 1 dia de idades, sendo  
242 linear em todas as idades de ovos (Tabela 4).

243         A análise da toxicidade de diferentes concentrações de OE em ninfas de 3º  
244 e 5º instar, e adultos do *E. heros* apresentou diferença significativa ( $p < .0001$ ),  
245 nas diferentes concentrações, dentro de cada idade do percevejo (F1), (Tabelas  
246 5, 6). Ao comparar as mesmas concentrações dentro das diferentes idades nota-  
247 se que houve diferença significativa (F2), sendo que a taxa de mortalidade diferiu  
248 entre si nas diferentes idades, sendo que as ninfas de 3º instar apresentou maior  
249 taxa de mortalidade em todas as concentrações que as de 5º instar e adultos  
250 que foi estatisticamente igual. A interação (F1xF2) não foi significativa  
251 demonstrando que não há relação direta da mortalidade entre o fator idade e as  
252 concentrações do OE (Tabela 5).

253         Com as análises pode-se observar que o OE apresentou efeito desde a  
254 menor concentração (0,25%), sendo que nas ninfas de 3º instar foram as que

255 apresentaram maior taxa de letalidade, com 21% de mortalidade na menor  
256 concentração, e de 53% na maior concentração. Para as ninfas de 5º instar, a  
257 taxa de mortalidade na concentração 0,25% foram de 16%, enquanto na 4%  
258 foram de 42%, e nos adultos a taxa de mortalidade na concentração de 0,25%  
259 foram de 18% e na de 4% a taxa de mortalidade sendo de 46% (Tabela 6).

260 As concentrações letais (CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>) apresentaram relação linear  
261 negativa entre concentração e idade do ovo, pois os OEs aplicados em ovos logo  
262 no início do desenvolvimento embrionário apresentaram CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub> mais baixas  
263 em relação a ovos com desenvolvimento embrionário mais avançado, sendo que  
264 ovos de todas as idades apresentaram CL<sub>50</sub> que variam entre 0,11 a 0,20, e  
265 CL<sub>90</sub> variando de 0,47 a 1,36 (Tabela 7).

266 Já para ninfas e adultos a CL<sub>50</sub> de ninfas de 3º instar e de adultos foi  
267 inferior a de adultos, sendo de 0,40 em ninfas de 3º instar e 0,62 em adultos,  
268 enquanto as ninfas de 5º instar apresentou a maior CL<sub>50</sub>, sendo de 0,97. Na CL<sub>90</sub>  
269 os valores tiveram mesmo padrão que na CL<sub>50</sub> sendo que ninfas de 3º instar e  
270 adultos tiveram valores de 2,00 e 3,09 respectivamente, enquanto as ninfas de  
271 5º instar teve valor de 5,48 (Tabela 7).

272

## 273 **Discussão**

274 Nosso estudo investigou a toxicidade de OE da espécie *P. fuligineum* para  
275 o percevejo-marrom, sendo o primeiro a avaliar a toxicidade para ovos em  
276 diferentes estágios de desenvolvimento embrionário, e em diferentes fases de  
277 ninfas e adultos contra este inseto-praga.

278 A análise de composição química, onde as principais moléculas foram  
279 identificadas e quantificadas apresentou oito compostos majoritários sendo  
280 Cariofileno,  $\beta$ -Eudesmeno, 1-naftalenol, Eremofileno, Ácido propanoico, D-  
281 germacreno,  $\beta$ -Ocimeno e  $\beta$ -Pineno. Tanto nesta, como em outras espécies do  
282 gênero *Piper*, há descrição na literatura de ocorrência de terpenos (Cariofileno,  
283 Eremofileno,  $\beta$ -Eudesmeno, D-germacreno,  $\beta$ -Ocimeno e  $\beta$ -Pineno), fenol (1-  
284 naftalenol) e ácidos carboxílicos (Ácido propanoico).

285 Alguns desses compostos são descritos na literatura como substâncias  
286 com potencial inseticida, apresentando toxicidade para insetos de diferentes  
287 espécies, podendo apresentar letalidade parecida com o observado em  
288 inseticidas formulados (Dhifi et al., 2016; Krinski; Foerster, 2016; Krinski et al.  
289 2018; Mazzeu et al., 2018; Nozella, 2022).

290 Em estudos realizados por Krinski et al. (2018) onde avaliaram o efeito  
291 ovicida de 18 espécies de *Piper* em *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera:  
292 Noctuidae), *P. fuligineum* e *Piper marginatum* apresentaram taxas de eclosão  
293 inferiores a 25 % para ovos tratados desde as menores concentrações, sendo  
294 que a avaliação de CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub> apresentaram bons resultados em concentração  
295 de 2 e 4%. Já para estudo realizado por Krinski e Foerster (2016), onde avaliaram  
296 a toxicidade de cinco espécies de *Piper* em ovos e ninfas de *Tibraca*  
297 *limbativentris* Stål (Hemiptera: Pentatomidae) observou-se que *P. marginatum*  
298 apresentou alta eficácia, reduzindo a emergência de ninfas acima de 75% nas  
299 concentrações de 2 e 4 %.

300 As características químicas dessa espécie, assim como de outras  
301 espécies já foi objeto de estudo para controle de artrópodes de importância

302 agrícola, apresentando resultados promissores, com taxas de mortalidade,  
303 inibição alimentar e de oviposição, de efeito sobre o desenvolvimento  
304 embrionário de espécies de insetos que são praga na soja (Piton et al., 2014;  
305 Turchen et al., 2015; Krinski; Foerster, 2016; Krinski et al., 2018), milho (Estrela  
306 et al., 2006) e na fruticultura (Silva et al., 2007; Souto et al., 2012; Souza et  
307 al., 2020).

308 O composto químico 1-naftalenol de fórmula química  $C_{10}H_8O$ , que foi um  
309 dos compostos majoritários do OE de *P. fuligineum*, e um isômero de 2-  
310 Naftalenol, também presente no OE, no entanto em menor quantidade, é um  
311 composto já utilizado na formulação de inseticidas, sendo um inibidor de  
312 acetilcolinesterase do subgrupo dos carbamatos, o Carbaryl. Inseticidas desse  
313 grupo atuam no sistema nervoso e muscular de insetos, sendo utilizado  
314 principalmente em culturas de feijão, batata, tomate, maçã entre outros, no  
315 entanto não há registro desse produto para *E. heros*, podendo ser uma  
316 alternativa para controle de resistência a inseticidas, já que apresenta modo de  
317 ação diferente dos produtos que atualmente para controle de percevejo (Booth,  
318 2000, Kalavagunta et al., 2014).

319 Estudos que investigam o efeito ovicida de inseticidas, sejam eles  
320 químicos ou alternativos, ainda são incipientes, deixando uma lacuna no controle  
321 de pragas quando se trata da fase de desenvolvimento embrionário. Para se  
322 considerar um produto como ovicida, ele deve inibir a eclosão de pelo menos  
323 75% dos ovos do inseto de interesse, sendo esse percentual o mínimo ideal para  
324 que o controle de uma praga possa ser de fato eficiente (Picollo; Zerba, 1997).

325 Avaliar a susceptibilidade de ovos durante as fases de desenvolvimento  
326 embrionário, utilizando OEs pode ser uma opção para preencher essa lacuna no  
327 controle de insetos desde a fase de ovo. Há estudos onde relatam que os óleos  
328 sejam eles mineral ou de origem vegetal apresente efeito ovicida, devido a suas  
329 características lipofílicas, que age sobre as micrópilas e sobre a cutícula,  
330 impedindo a entrada de oxigênio. Essa característica onde o ovo é mais  
331 suscetível a substâncias lipofílicas facilita a entrada de moléculas que podem ser  
332 tóxicas para o inseto em desenvolvimento. A exposição do ovo logo no início do  
333 desenvolvimento embrionário pode ser menos afetada pela falta de oxigênio, no  
334 entanto a exposição prolongada a componentes tóxicos desse óleo pode ser um  
335 fator que o torne susceptível aos OEs (Hinton, 1981; Retnakaran; Wright, 1987,  
336 Krinski, Foerster, 2016; Seni, 2023).

337 Os resultados obtidos dos bioensaios com ovos de *E. heros* pode ser  
338 explicado pelos fatores acima descritos, pois os ovos que foram expostos desde  
339 o início do seu desenvolvimento embrionário a concentrações de OE  
340 apresentaram uma taxa de eclosão inferior aos que foram expostos no fim do  
341 período de desenvolvimento, podendo ser que o resultado obtido foi  
342 principalmente pela toxicidade dos componentes do OE, pois o aumento da taxa  
343 de eclosão nos ovos mais desenvolvidos pode ser devido ao menor tempo de  
344 exposição. O efeito subletal nas ninfas eclodidas de ovos contaminados pode  
345 ocorrer por dois fatores: 1) efeito da exposição prolongada durante o  
346 desenvolvimento, podendo alterar a cutícula e as atividades fisiológicas,  
347 impedindo-a de concluir a ecdise; e 2) por contaminação aguda após a eclosão,  
348 devido ao efeito residual do OE impregnado no córion dos ovos, e devido ao  
349 comportamento gregário dessa espécie, onde as ninfas permanecem sobre o



350 córion até a mudança de instar as deixam mais susceptível a contaminação  
351 (Souza et al., 2015).

352 No resultado de toxicidade apresentado para ninfas e adultos, o efeito do  
353 OE pode ter ocorrido através da cutícula, já que devido OE apresentar  
354 característica lipofílica, tem afinidade com a camada cerosa que recobre essa  
355 cutícula, assim como pode ter ocorrido a contaminação pelos espiráculos, já que  
356 os compostos químicos presentes no OE podem apresentar comportamento de  
357 volatilização. Durante as aplicações das concentrações no bioensaios com  
358 ninfas e adultos foi observado que logo após a aplicação ocorria a morte de  
359 alguns insetos, enquanto outros ficavam moribundos, apresentando espasmos  
360 nas pernas, indicando que a intoxicação pelos compostos do OE ocorre de forma  
361 rápida, provavelmente afetando músculos e sistema nervoso do inseto (Pereira  
362 et al., 2008).

363 Estudos onde avalia a ação de inseticidas durante a fase de ovo ainda  
364 são incipientes, sendo que essa lacuna no controle de praga ainda é de pouco  
365 interesse por parte de pesquisadores e empresas de produção de inseticidas, no  
366 entanto atualmente já vem sendo feito o controle biológico com *T. podisi*,  
367 podendo a utilização de OEs ser uma alternativa no controle de pragas na fase  
368 de ovo, já que demonstrou eficácia neste estudo. Estudos para avaliar o uso de  
369 OEs seletivos aos parasitoides associados no controle de percevejos em campo  
370 podem ser uma alternativa promissora para o controle de fitófagos na agricultura.

371 Poucos estudos foram realizados com outros grupos de plantas, como  
372 Piperaceae, embora nosso estudo e vários outros tenham descoberto que elas  
373 são uma fonte rica de moléculas promissoras para o controle de insetos. Assim,

374 há uma clara necessidade de explorar o potencial de estudos de bioprospecção,  
375 como o isolamento dos principais compostos fitoinseticidas de espécies de  
376 Piperaceae, e a posterior síntese desses compostos que poderão, inclusive,  
377 agregar valor às espécies vegetais nativas.

378

### 379 **Considerações finais**

380 A atividade ovicida e inseticida em ninfas e adultos observada nesse  
381 estudo indica que o OE da espécie *P. fuligineum* apresenta toxicidade dos seus  
382 principais componentes químicos e possível ação sinérgica entre estes  
383 compostos. Com base no efeito ovicida e nas concentrações letais observadas,  
384 os resultados foram bastante promissores para o manejo de *E. heros* na fase de  
385 ovo, inibindo a eclosão dos ovos e apresentando efeito subletal sobre as ninfas.  
386 Já para o controle de ninfas e adultos as taxas de mortalidade foram menores,  
387 no entanto necessita mais estudos para avaliar os efeitos causados nos insetos,  
388 assim como estabelecer os compostos químicos com ação tóxica.

389

### 390 **Referências bibliográficas**

391 Agrofit 2022. *Sistema de agrotóxicos fitossanitários (Base de dados de produtos*  
392 *agrotóxicos e fitossanitários)* disponível em:  
393 <https://indicadores.agricultura.gov.br/agrofit/index.htm> (acesso em 23 /09 2022).  
394 Assis, F. A., Moraes, J. C., Auad, A. M., & Coelho, M. 2013. The effects of foliar  
395 spray application of silicon on plant damage levels and components of larval

396 biology of the pest butterfly *Chlosyne lacinia saundersii*  
397 (Nymphalidae). *International Journal of Pest Management*, 59(2), 128-134.

398 Bernard, C. B., Krishanmurty, H. G., Chauret, D., Durst, T., Philogene, B. J. R.,  
399 Sanchez-Vindas, P., ... & Arnason, J. T. 1995. Insecticidal defenses of Piperaceae  
400 from the neotropics. *Journal of Chemical Ecology*, 21, 801-814.

401 Booth, G. 2000. Naphthalene Derivatives. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial*  
402 *Chemistry*, (Ed.). [https://doi.org/10.1002/14356007.a17\\_009](https://doi.org/10.1002/14356007.a17_009)

403 Bueno, A., Bortolotto, O. C., Pomari-Fernandes, A., & de Barros França-Neto, J.  
404 2015. Assessment of a more conservative stink bug economic threshold for  
405 managing stink bugs in Brazilian soybean production. *Crop Protection*, 71, 132-  
406 137.

407 Bueno, A., Sosa-Gómez, D. R., Corrêa-Ferreira, B. S., Moscardi, F., & de Freitas  
408 Bueno, R. C. O. 2012. Inimigos naturais das pragas da soja. *Soja: manejo*  
409 *integrado de insetos e outros artrópodes-praga*. Brasília, Brasil, EMBRAPA, 493-  
410 522.

411 Cantone, W., Silva, F., Depieri, R. A., & Silva, J. J. 2011. Danos de percevejos  
412 em sementes de soja. VI Jornada Acadêmica da Embrapa Soja Resumos  
413 expandidos, 16.

414 Cantrell, K. B., Hunt, P. G., Uchimiya, M., Novak, J. M., & Ro, K. S. 2012. Impact  
415 of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics  
416 of biochar. *Bioresource technology*, 107, 419-428.

- 417 Conte, O., De Oliveira, F. T., Harger, N., Corrêa-Ferreira, B. S., Roggia, S.,  
418 Prando, A. M., & Seratto, C. D. 2018. Resultados do manejo integrado de pragas  
419 da soja na safra 2017/18 no Paraná. *Tecnologia. Rep. 402*. Embrapa, Londrina,  
420 PR, Brasil.  
421 <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1095318/1/Doc4>  
422 [02OL.pdf](#)
- 423 Corrêa-Ferreira, B.S.; Krzyzanowski, F.C.; Minami, C.A. 2009. Percevejos e a  
424 qualidade da semente de soja – série sementes. *Embrapa Soja*. 15p. (Embrapa  
425 Soja. Circular técnica, 67).
- 426 Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. 2016. Essential oils' chemical  
427 characterization and investigation of some biological activities: A critical  
428 review. *Medicines*, 3(4), 25.
- 429 Embrapa, *Soja em números (safra 2020/21)*. 2021. Disponível em:  
430 <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>
- 431 Erland, L. A. E.; Rheault, M. R.; Mahmoud, S. S. 2015. Insecticidal and oviposition  
432 deterrent effects of essential oils and their constituents against the invasive pest  
433 *Drosophila suzukii* (Matsumura)(Diptera: Drosophilidae). *Crop Protection*, 78,  
434 20-26.
- 435 Estrela, J. L. V., Fazolin, M., Catani, V., Alécio, M. R., & Lima, M. S. D. 2006.  
436 Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em  
437 *Sitophilus zeamais*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 217-222.
- 438 Fazolin, M., Estrela, J. L. V., Catani, V., Alécio, M. R., & Lima, M. S. D. 2007.  
439 Insecticidal properties of essential oils of *Piper hispidinervum* C. DC.; *Piper*

- 440 *aduncum* L. and *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum against  
441 *Tenebrio molitor* L., 1758. *Ciência e Agrotecnologia*, 31, 113-120.
- 442 Finney, D. 1974. Probit Analysis: a statistical treatment of the sigmoid response  
443 curve. *University Press*, p.50-55.
- 444 Hinton, H. E. 1981. Biologia de ovos de insetos em três volumes. *Oxford:*  
445 *Pergamon Press*, 1125p.
- 446 Jelihovschi, E. G., Faria, J. C., & Allaman, I. B. 2014. Scott-Knott: a package for  
447 performing the Scott-Knott clustering algorithm in R. *In: R. Trends in Applied and*  
448 *Computational Mathematics*, 15, 1, p. 3-17.
- 449 Kalavagunta, P.K., Pala, R., Pathipati, U.R. and Ravirala, N., 2014. Identification  
450 of naphthol derivatives as novel antifeedants and insecticides. 1. *Journal of*  
451 *agricultural and food chemistry*, 62(28), pp.6571-6576.
- 452 Krinski, D., & Foerster, L. A. 2016. Toxicity of essential oils from leaves of five  
453 Piperaceae species in rice stalk stink bug eggs, *Tibraca limbativentris*  
454 (Hemiptera: Pentatomidae). *Ciência e Agrotecnologia*, 40(6), 155-167. doi:  
455 10.1590/1413-70542016406021616
- 456 Krinski, D.; Foerster, L. A.; Deschamps, C. 2018. Ovicidal effect of the essential  
457 oils from 18 Brazilian *Piper* species: controlling *Anticarsia gemmatalis*  
458 (Lepidoptera, Erebidae) at the initial stage of development. *Acta Scientiarum.*  
459 *Agronomy*, 40, p. 1-10.

- 460 Massaroli, A., Pereira, M. J. B., & Foerster, L. A. 2013. *Annona mucosa* como  
461 fitoinseticida para o controle de *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera:  
462 Noctuidae). *Simpósio De Controle Biológico (SICONBIOL)*, 13.
- 463 Mazzeu, B. F., Felipe, L. G., Cotinguiba, F., Kato, M. J., & Furlan, M. 2018.  
464 Kavalactones and benzoic acid derivatives from leaves of *Piper fuliginum* Kunth  
465 (Piperaceae). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 29, 1286-1290.
- 466 Misni, N., Othman, H., & Sulaiman, S. 2011. The effect of *Piper aduncum* Linn.  
467 (Family: Piperaceae) essential oil as aerosol spray against *Aedes aegypti* (L.)  
468 and *Aedes albopictus* Skuse. *Tropical biomedicine*, 28(2), 249-258.
- 469 Moreira, M. D., Picanço, M. C., Silva, E. D., Moreno, S. C., Martins, J. C., Venzon,  
470 M., ... & Pallini, A. 2006. Uso de inseticidas botânicos no controle de  
471 pragas. *Controle alternativo de pragas e doenças. Viçosa: EPAMIG/CTZM*, 89-  
472 120.
- 473 Nozella, A. H. 2022. Estudo químico das folhas de *Piper fuliginum* e *P. macedoi*  
474 por espectrometria de massas combinadas às redes moleculares e avaliação *in*  
475 *silico* da inibição da Mpro de SARS-CoV-2.
- 476 Nunes, M. C.; Corrêa-Ferreira, B. S. 2002. Danos causados à soja por adultos  
477 de *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera:Pentatomidae), sadios e parasitados  
478 por *Hexacladia smithii* Ashmead (Hymenoptera: Encyrtidae). *Neotropical*  
479 *Entomology.*, 31, 1, 109-113.
- 480 Pereira, A. C. R. L., Oliveira, J. V. D., Gondim Junior, M. G. C., & Câmara, C. A.  
481 G. D. 2008. Atividade inseticida de óleos essenciais e fixos sobre *Callosobruchus*

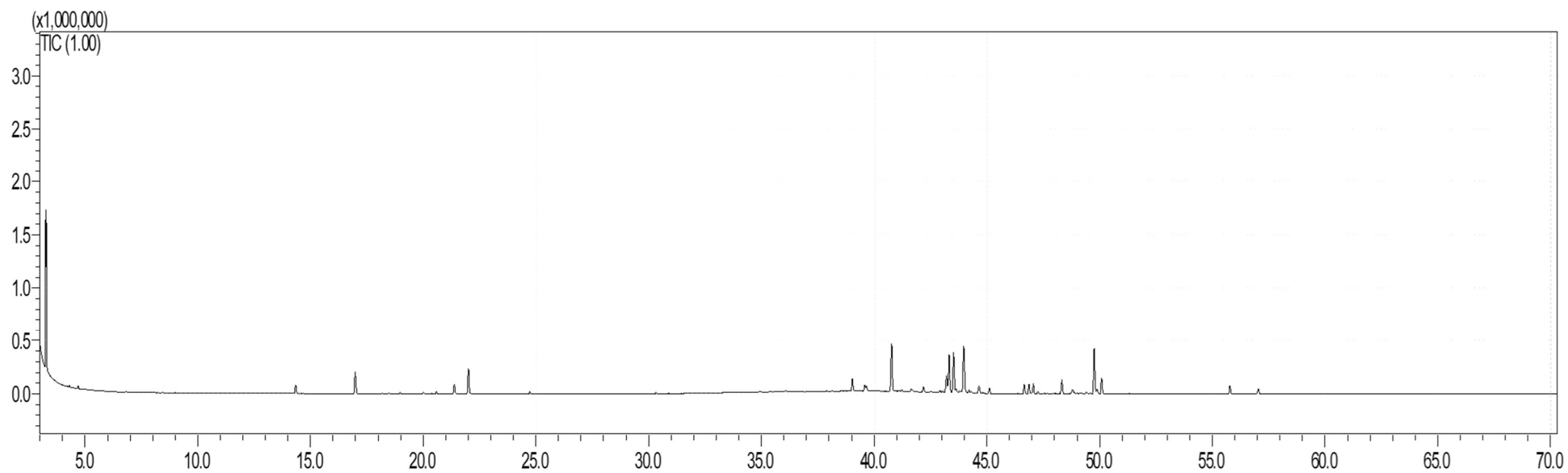
- 482 *maculatus* (FABR., 1775)(Coleoptera: Bruchidae) em grãos de caupi [*Vigna*  
483 *unguiculata* (L.) WALP.]. *Ciência e Agrotecnologia*, 32, 717-724.
- 484 Panizzi, A. R., Agostinetto, A., Lucini, T., & Pereira, P. R. D. S. 2016. Effect of  
485 green-belly stink bug, *Dichelops furcatus* (F.) on wheat yield and  
486 development. *Crop Protection*, 79, 20-25.
- 487 Parra, J. R. P. 2014. Biological control in Brazil: an overview. *Scientia Agricola*,  
488 71, 5, 420-429.
- 489 Picollo, M. I., & Zerba, E. 1997. Embryogenesis. *In*: R. U. Carcavallo, G. L.  
490 Galíndez, J. Jurberg, & H. Lent (Eds.), Atlas dos vetores da Doença de  
491 Chagas nas Américas. (265-270). Rio de Janeiro, RJ: Fiocruz.
- 492 Piton, L. P., Turchen, L. M., Butnariu, A. R., & Pereira, M. J. B. 2014. Natural  
493 insecticide based-leaves extract of *Piper aduncum* (Piperaceae) in the control of  
494 Stink bug brown soybean. *Ciência Rural*, 44(11), 1915-1920. doi:  
495 10.1590/0103-8478cr20131277
- 496 Renkema, J. M., Wright, D., Buitenhuis, R., & Hallett, R. H. 2016. Plant essential  
497 oils and potassium metabisulfite as repellents for *Drosophila suzukii* (Diptera:  
498 Drosophilidae). *Scientific Reports*, 6(1), 21432.
- 499 Retnakaran, A.; Wrigth, J, E. 1987. Controle de insetos-praga com  
500 benzoilfenilureias *In*: Wright, J. E.; Retnakaran, A. Quitina e benzoifenil  
501 ureias. Dordrecht: Dr. W. Junk Publications, 205-288.
- 502 Schaefer, C. W., & Panizzi, A. R. 2000. Economic importance of Heteroptera: a  
503 general view. *In. Heteroptera of economic importance* (25-30). CRC Press.

- 504 Seni, A. 2023. Potential of the various oils for insect pests' management and their  
505 effect on beneficial insects. *Int J Trop Insect Sci* 43, 321–337.  
506 <https://doi.org/10.1007/s42690-023-00970-3>
- 507 Shin-Foon, C.; Yu-Tong, Q. 1993. Experiments on the application of botanical  
508 insecticides for the control of diamondback moth in South China. *Journal Applied*  
509 *Entomology*, 116, 479-486.
- 510 Silva, F. A. C., Da Silva, J. J., Depieri, R. A., & Panizzi, A. R. 2012. Feeding  
511 activity, salivary amylase activity, and superficial damage to soybean seed by  
512 adult *Edessa meditabunda* (F.) and *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera:  
513 Pentatomidae). *Neotropical entomology*, 41(5), 386-390.
- 514 Silva, W. C., Ribeiro, J. D., Souza, H. E. M. D., & Corrêa, R. D. S. 2007.  
515 Insecticidal activity of *Piper aduncum* L. (Piperaceae) on *Aetalion* sp. (Hemiptera:  
516 Aetalionidae), plague of economic importance in Amazon. *Acta Amazonica*, 37,  
517 293-298.
- 518 Smaniotto, L. F.; Panizzi, A. R. 2015. Interactions of selected species of stink  
519 bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) from leguminous crops with plants  
520 in the Neotropics. *Florida Entomologist*, p. 7-17.
- 521 Smith, E. H., & Salkeld, E. H. 1966. The use and action of ovicides. *Annual review*  
522 *of Entomology*, 11(1), 331-368.
- 523 Somavilla, J. C., Reis, A. C., Gubiani, P. D. S., Godoy, D. N., Stürmer, G. R., &  
524 Bernardi, O. 2020. Susceptibility of *Euschistus heros* and *Dichelops furcatus*  
525 (Hemiptera: Pentatomidae) to selected insecticides in Brazil. *Journal of*  
526 *Economic Entomology*, 113(2), 924-931.



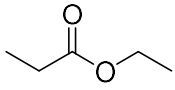
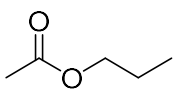
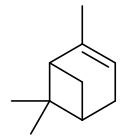
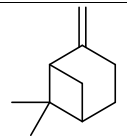
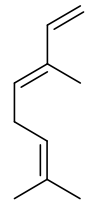
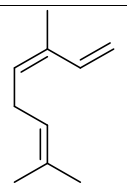
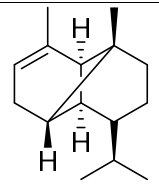
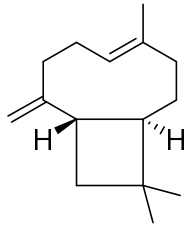
- 527 Sosa-Gómez, D. R., Corrêa-Ferreira, B. S., Kraemer, B., Pasini, A., Husch, P. E.,  
528 Delfino Vieira, C. E., ... & Negro Lopes, I. O. 2020. Prevalence, damage,  
529 management and insecticide resistance of stink bug populations (Hemiptera:  
530 Pentatomidae) in commodity crops. *Agricultural and Forest Entomology*, 22(2),  
531 99-118.
- 532 Sosa-Gómez, D. R.; Silva, J. J. 2010. Neotropical brown stink bug (*Euschistus*  
533 *heros*) resistance to methamidophos in Paraná, Brazil. *Pesquisa Agropecuária*  
534 *Brasileira*, 45, 767-769.
- 535 Sousa, R. M. O., Rosa, J. S., Oliveira, L., Cunha, A., & Fernandes-Ferreira, M.  
536 2015. Activities of Apiaceae essential oils and volatile compounds on hatchability,  
537 development, reproduction and nutrition of *Pseudaletia unipuncta* (Lepidoptera:  
538 Noctuidae). *Industrial Crops and Products*, 63, 226-237.
- 539 Souto, R. N. P., Harada, A. Y., Andrade, E. H. A., & Maia, J. G. S. 2012.  
540 Insecticidal activity of Piper essential oils from the Amazon against the fire ant  
541 *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical*  
542 *Entomology*, 41, 510-517.
- 543 Souza, M. T., de Souza, M. T., Bernardi, D., Krinski, D., de Melo, D. J., da Costa  
544 Oliveira, D., Rakes, M., Zarbin, P. H. G., de Noronha Sales Maia, B. H. L., &  
545 Zawadneak, M. A. C. 2020. Chemical composition of essential oils of selected  
546 species of *Piper* and their insecticidal activity against *Drosophila suzukii* and  
547 *Trichopria anastrephae*. *Environmental science and pollution research*  
548 *international*, 27(12), 13056–13065. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07871-9>

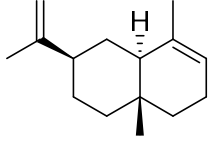
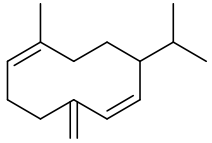
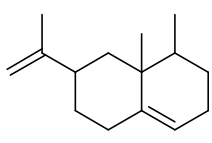
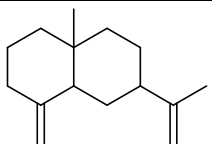
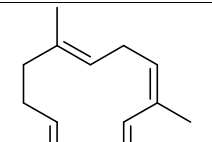
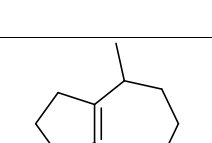
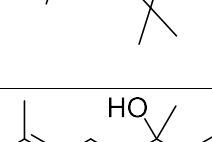
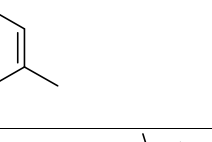
- 549 Turchen, L. M., Golin, V., Butnariu, A. R., Guedes, R. N. C., & Pereira, M. J. B.  
550 2016. Lethal and sublethal effects of insecticides on the egg parasitoid  
551 *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae). *Journal of economic*  
552 *entomology*, 109(1), 84-92.
- 553 Volpe, H. X., Fazolin, M., Garcia, R. B., Magnani, R. F., Barbosa, J. C., & Miranda,  
554 M. P. 2016. Efficacy of essential oil of *Piper aduncum* against nymphs and adults  
555 of *Diaphorina citri*. *Pest Management Science*, 72(6), 1242-1249.7

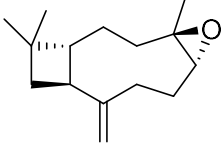
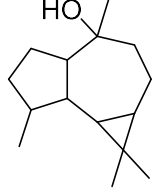
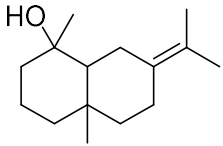
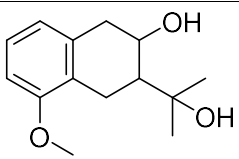


**Figura 2.** Ampliação do cromatograma obtido com a caracterização do óleo essencial de *Piper fuliginum* com folhas *in natura* através de cromatografia gasosa por espectrometria de massa (GC/MS).

557 **Tabela 1.** Composição química do óleo essencial de *Piper fuliginum* com base  
 558 na biblioteca do equipamento.

T.ret.	%	Composto	Estrutura molecular
3,247	8,97	Ácido propanoico	
3,280	4,41	Etanoato de propila	
14,339	1,87	$\alpha$ -Pineno	
16,981	5,16	$\beta$ -Pineno	
21,378	1,92	Trans- $\beta$ -ocimeno	
22,004	5,48	$\beta$ -Ocimeno	
39,036	2,70	$\alpha$ -Copaeno	
40,776	10,60	Cariofileno	

43,207	2,62	$\alpha$ -Selineno	
43,327	7,40	D-Germacreno	
43,526	9,09	Eremofileno	
43,975	10,46	$\beta$ -Eudesmeno	
44,649	1,93	$\alpha$ -Farneseno	
45,112	1,29	Isoledeno	
46,658	2,02	Trans-nerolidol	
46,868	2,07	(-)-Spathulenol	

47,062	2,05	Epóxido do $\beta$ -Cariofileno	
48,329	3,03	Globulol	
49,764	9,88	1-Naftalenol	
55,782	1,39	2-Naftalenol	

559

560 **Tabela 2.** Análise fatorial para número médio de ovos de *Euschistus heros*  
561 inviabilizados após pulverização de diferentes concentrações de OE de *Piper*  
562 *fuligineum* em massas de ovos com 1, 2, 3, 4 e 5 dias de idade e efeito subletal  
563 em ninfas eclodidas.

Fonte de variação	Ovos		Ninfas
	G.L.	Valores de F	Valores de F
Concentração (F1)	8	329.1732**	399.9034**
Idade (F2)	4	4.7463**	1.9532 <sup>ns</sup>
Interação (F1xF2)	32	0.9302 <sup>ns</sup>	1.3363 <sup>ns</sup>
Tratamentos	44	65.977**	73.8591**
Resíduos	405	-	-
Valor de P	-	<.0001	<.0001

564 \*significativo a 5% de probabilidade; \*\*significativo a 1% de probabilidade. ns: não significativo.  
565 Teste de Skott-Knott ( $p < 0,05$ ).

566

567 **Tabela 3.** Número médio ( $\pm$ EP) de ovos de *Euschistus heros* inviabilizados após  
 568 pulverização das concentrações de OE de *Piper fuliginum* em ovos com 1, 2, 3,  
 569 4 e 5 dias de idade.

Tratamentos	Idade (em dias)				
	1	2	3	4	5
Água	0,30 $\pm$ 0,15 eA <sup>1</sup>	0,30 $\pm$ 0,15 fA	0,30 $\pm$ 0,15 eA	0,30 $\pm$ 0,15 aA	0,30 $\pm$ 0,15 dA
Acetona	0,20 $\pm$ 0,13 eA	0,20 $\pm$ 0,13 fA	0,20 $\pm$ 0,13 eA	0,20 $\pm$ 0,13 aA	0,20 $\pm$ 0,13 dA
0,25%	1,00 $\pm$ 0,37 eA	0,90 $\pm$ 0,31 eA	0,90 $\pm$ 0,31 eA	0,60 $\pm$ 0,22 aA	0,60 $\pm$ 0,22 dA
0,50%	2,30 $\pm$ 0,60 dA	1,50 $\pm$ 0,34 eA	1,40 $\pm$ 0,43 eA	1,30 $\pm$ 0,55 aA	1,30 $\pm$ 0,45 dA
0,75%	3,70 $\pm$ 0,63 cA	3,50 $\pm$ 0,50 dA	3,40 $\pm$ 0,54 dA	3,00 $\pm$ 0,47 bA	3,40 $\pm$ 0,45 cA
1,0%	4,70 $\pm$ 0,67 cA	4,00 $\pm$ 0,42 dA	3,60 $\pm$ 0,60 dA	3,50 $\pm$ 0,67 bA	3,50 $\pm$ 0,67 cA
2,0%	6,20 $\pm$ 0,80 bA	5,10 $\pm$ 0,53 cA	4,60 $\pm$ 0,34 cA	4,40 $\pm$ 0,48 bA	4,10 $\pm$ 0,53 cB
4,0%	9,10 $\pm$ 0,28 aA	8,50 $\pm$ 0,34 bA	8,00 $\pm$ 0,45 bA	7,10 $\pm$ 0,22 cB	6,90 $\pm$ 0,48 bB
Engeo pleno S.	9,40 $\pm$ 0,16 aA	9,50 $\pm$ 0,53 aA	9,50 $\pm$ 0,53 aA	9,50 $\pm$ 0,16 dA	9,70 $\pm$ 0,15 aA
Valor de F	53.3140**	96.9309**	76.5633**	66.2784**	64.3280**
Valor de p	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

570 \*\* *significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)*

571 <sup>1</sup> Letras minúsculas comparam as concentrações dentro de cada idade de ovos.

572 <sup>2</sup> Letras maiúsculas comparam concentrações iguais entre as diferentes idades de ovos.

573 Médias seguidas de letras iguais não diferem entre de acordo com o teste Scott-Knott.

574

575 **Tabela 4.** Número médio ( $\pm$ EP) de mortalidade de ninfas de *Euschistus heros*  
 576 após pulverização das concentrações de OE de *Piper fuliginum*, em ovos com  
 577 1, 2, 3, 4 e 5 dias de idade.

Tratamentos	Idade (em dias)				
	1	2	3	4	5
Água	0,90 $\pm$ 0,28 e <sup>1</sup> A <sup>2</sup>	0,80 $\pm$ 0,22 fA	0,90 $\pm$ 0,28 eA	0,90 $\pm$ 0,28 eA	0,90 $\pm$ 0,28 dA
Acetona	0,50 $\pm$ 0,22 eA	0,50 $\pm$ 0,37 fA	0,50 $\pm$ 0,22 eA	0,50 $\pm$ 0,22 eA	0,50 $\pm$ 0,22 dA
0,25%	1,80 $\pm$ 0,42 eB	2,70 $\pm$ 0,36 eB	4,00 $\pm$ 0,47 dA	3,20 $\pm$ 0,49 dA	2,30 $\pm$ 0,37 cB
0,50%	3,60 $\pm$ 0,52 dA	3,80 $\pm$ 0,50 dA	4,20 $\pm$ 0,44 dA	4,70 $\pm$ 0,32 cA	4,20 $\pm$ 0,511 cA
0,75%	5,30 $\pm$ 0,70 cA	5,40 $\pm$ 0,55 cA	5,30 $\pm$ 0,67 cA	5,40 $\pm$ 0,43 bA	6,10 $\pm$ 0,43 bA
1,0%	6,80 $\pm$ 0,53 cA	6,10 $\pm$ 0,42 cA	5,90 $\pm$ 0,38 cA	5,90 $\pm$ 0,67 bA	6,60 $\pm$ 0,48 bA
2,0%	7,30 $\pm$ 0,56 bB	7,00 $\pm$ 0,21 bB	8,20 $\pm$ 0,42 bA	7,00 $\pm$ 0,58 bB	7,30 $\pm$ 0,34 bB
4,0%	9,60 $\pm$ 0,16 aA	9,60 $\pm$ 0,20 aA	9,40 $\pm$ 0,22 aA	9,40 $\pm$ 0,22 aA	9,50 $\pm$ 0,22 aA
Engeo pleno S.	10,00 $\pm$ 0,00 aA	10,00 $\pm$ 0,00 aA	10,00 $\pm$ 0,00 aA	10,00 $\pm$ 0,00 aA	10,00 $\pm$ 0,00 aA
Valor de F	67.7464**	92.1903**	77.1123**	69.1720**	100.9023**
Valor de P	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

578 \*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade ( $p < .01$ )

579 <sup>1</sup> Letras minúsculas comparam as concentrações dentro de cada idade de ninfas.

580 <sup>2</sup> Letras maiúsculas comparam concentrações iguais entre as diferentes idades de  
 581 ninfas.

582 Médias seguidas de letras iguais não diferem entre de acordo com o teste Scott-Knott.

583

584 **Tabela 5.** Análise de fatorial para número médio de ninfas e adultos de  
 585 *Euschistus heros* mortos após pulverização de diferentes concentrações de OE  
 586 de *Piper fuliginum*.

Fonte de variação	G.L.	Ninfas e adultos
		Valores de F
Concentração (F1)	8	194.3178**
Idade (F2)	2	7.0396**
Interação (F1xF2)	16	0.7666 <sup>ns</sup>
Tratamentos	27	60.8034**
Resíduos	243	-
Valor de P	-	<.0001

587 \*\*significativo a 1% de probabilidade. ns: não significativo. Teste de Skott-Knott ( $p < 0,05$ ).

588



589 **Tabela 6.** Número médio ( $\pm$ EP) de mortalidade de *Euschistus heros* após  
 590 pulverização das concentrações de OE de *Piper fuliginum* em ninfas de 3º e 5º  
 591 instar e adultos.

Tratamentos	Idades		
	3º instar	5º instar	Adultos
Água	0,40 $\pm$ 0,16 e <sup>1</sup> A <sup>2</sup>	0,30 $\pm$ 0,15 eB	0,40 $\pm$ 0,16 eB
Acetona	0,40 $\pm$ 0,16 eA	0,20 $\pm$ 0,13 eB	0,50 $\pm$ 0,22 eB
0,25%	2,10 $\pm$ 0,41 dA	1,60 $\pm$ 0,31 dB	1,80 $\pm$ 0,36 dB
0,50%	2,10 $\pm$ 0,41 dA	1,80 $\pm$ 0,39 dB	2,30 $\pm$ 0,62 dB
0,75%	3,20 $\pm$ 0,25 cA	2,60 $\pm$ 0,37 cB	2,70 $\pm$ 0,54 cB
1,0%	3,50 $\pm$ 0,34 cA	3,30 $\pm$ 0,42 cB	3,90 $\pm$ 0,41 bB
2,0%	4,60 $\pm$ 0,48 bA	3,40 $\pm$ 0,43 cB	4,00 $\pm$ 0,50 bB
4,0%	5,30 $\pm$ 0,50 bA	4,20 $\pm$ 0,33 bB	4,60 $\pm$ 0,31 bB
Engeo pleno S.	9,80 $\pm$ 0,13 aA	9,70 $\pm$ 0,15 aB	9,70 $\pm$ 0,15 aB
Valor de F	75.5880**	80.2974**	50.8703**
Valor de P	<.0001	<.0001	<.0001

592 \*\* *significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)*

593 <sup>1</sup> Letras minúsculas comparam as concentrações dentro de cada idade.

594 <sup>2</sup> Letras maiúsculas comparam concentrações iguais entre as diferentes idades.

595 Médias seguidas de letras iguais não diferem entre de acordo com o teste Scott-Knott.

596

597 **Tabela 7.** Concentração Letal CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub> para exposição por aplicação tópica ao  
 598 óleo essencial *Piper fuliginum* para ovos e insetos de 3<sup>o</sup>, 5<sup>o</sup> instar e adultos  
 599 de *Euschistus heros*.

Fase	Idade	Nº	Inclinação (±EP)	CL <sub>50</sub> (±IC95)	CL <sub>90</sub> (±IC95)	X <sup>2</sup>
Ovo	24h	100	2,03±0,15	0,11(0,09-0,13)	0,47(0,35-0,75)	2,83
Ovo	48h	100	1,89±0,21	0,14(0,11-0,17)	0,68(0,47-1,10)	2,84
Ovo	72h	100	1,73±0,21	0,16(0,13-0,21)	0,90(0,58-1,70)	2,96
Ovo	96h	100	1,74±0,22	0,19(0,16-0,26)	1,08(0,68-2,20)	3,14
Ovo	120 h	100	1,55±0,21	0,20(0,16-0,28)	1,36(0,79-3,34)	4,02
Ninfa	3 <sup>o</sup> inst.	100	0,70±0,05	0,40 (0,23-0,38)	2,00(1,50-4,10)	5,68
Ninfa	5 <sup>o</sup> inst.	100	0,68±0,09	0,97(0,44-2,72)	5,48(2,20-15,83)	4,91
Adulto	-	100	0,70±0,10	0,62(0,33-0,91)	3,09(1,60-24,26)	5,43
Valor de P	-	-	-	<.1	<.1	-
G. L.	-	-	-	6	6	-

600 N<sup>o</sup>: número de *Euschistus heros* testados, CL<sub>50</sub>: concentração Letal 50%, CL<sub>90</sub>: concentração  
 601 Letal 90% IC: Intervalo de Confiança,  $\chi^2$ : Qui-Quadrado, G.L: Grau de Liberdade P:  
 602 Probabilidade.

**Artigo 2**

**Seletividade de óleo essencial de *Piper fuliginum* Kunth (Piperaceae) em *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae)**

\*Artigo redigido nas normas da revista "Neotropical Entomology" (versão em português).

**Seletividade de óleo essencial de *Piper fuliginum* Kunth (Piperaceae) em *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae)**

Vanessa Cardoso Nunes<sup>1</sup>, Jonathan Pereira<sup>1</sup>, Diones Krinski<sup>2</sup>, Daniela Hartwig de Oliveira<sup>3</sup>, Daniel Bernardi<sup>1</sup> e Anderson Dionei Grutzmacher<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>2</sup> Departamento de Ciências Biológicas, Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil.

<sup>3</sup> Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos (CCQFA) da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

***Autor correspondente:***

Vanessa Cardoso Nunes,

Departamento de Fitossanidade, Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

e-mail: [cardoso.n.vanessa@gmail.com](mailto:cardoso.n.vanessa@gmail.com)

**Resumo:** Os inseticidas são amplamente utilizados em concentrações letais para combater insetos praga, porém, afetam indiretamente espécies não-alvo, como inimigos naturais, incluindo parasitoides. *Telenomus podisi*, um micro-himenóptero, é um inimigo natural de pentatomídeos, pragas em culturas de soja, parasitando ovos de diferentes espécies. Sua distribuição abrange do Centro-Oeste ao sul do Brasil. A manutenção de parasitoides em agroecossistemas é essencial para o equilíbrio de populações de insetos-praga. Portanto, a utilização de inimigos naturais no controle de pragas é promissora, especialmente quando combinada com métodos seletivos, como produtos comerciais à base de fungos entomopatogênicos e plantas. Espécies da família Piperaceae, como *Piper aduncum*, têm demonstrado eficácia como inseticidas em várias ordens de insetos. O OE de *Piper fuliginum* mostrou potencial como inseticida alternativo devido aos compostos bioativos, como terpenóides e fenilpropanóides, que atuam como repelentes e inseticidas. O objetivo do estudo foi avaliar a seletividade do óleo essencial de *P. fuliginum* para *T. podisi* em testes de pré e pós-parasitismo, com e sem chance de escolha. No estudo, o OE foi obtido por hidrodestilação, e sua composição foi analisada por cromatografia gasosa. Nos testes com *T. podisi*, além de testes com e sem chance de escolha para avaliar a preferência e os efeitos nos bioensaios de pré e pós-parasitismo. Os resultados mostraram que o óleo essencial de *P. fuliginum* possui baixa seletividade ao parasitoide *T. podisi*, mesmo em concentrações baixas, sugerindo a necessidade de estudos adicionais para compreender seu impacto em diferentes estágios do desenvolvimento do parasitoide. O estudo fornece informações valiosas sobre o potencial desse óleo essencial como ferramenta de controle de pragas, mas destaca a importância de avaliar seus efeitos em diferentes cenários antes de sua implementação em práticas agrícolas.

**Palavras-chave:** Controle biológico, Parasitoide de ovos, Fitoinseticida, Manejo integrado de pragas.

## Introdução

A soja *Glycine max* L. (Fabaceae) tem se destacado como uma das atividades agrícolas de maior importância para a produção de grãos no Brasil, destacando-se também na produção global. (Silva et al., 2014). O Brasil atualmente é um dos principais produtores mundiais de soja com produção de 154,810,7 mil toneladas na safra 2022/2023 com área de produção de 43,834,4 mil hectares (Conab, 2023), sendo atualmente o maior produtor mundial de soja (Embrapa, 2021).

A cultura de soja enfrenta hoje como principal desafio para o aumento na produtividade, as pragas que atacam a cultura, desde a fase inicial com desfolhadores e na fase reprodutiva principalmente com a ação de insetos que atacam as sementes, sendo este o produto de interesse do produtor. Os principais danos ocorrem por ataque de fitófagos, que se alimenta das sementes desde a fase de formação até a colheita (Corrêa-Ferreira; Azevedo, 2002; Silva et al., 2012).

O controle de insetos que atacam essas culturas é uma ação necessária para assegurar a produção, sendo que o ataque de pragas é o principal fator de queda na produção. Na cultura de soja, para aumentar a produção, os rendimentos e, conseqüentemente, a qualidade dos grãos, faz-se necessário o controle de sua principal praga, o percevejo, sendo de maior importância espécies como *Euschistus heros* Fabricius (Pentatomidae), *Piezodorus guildinii* Westwood (Pentatomidae) e *Nezara viridula* Linnaeus (Pentatomidae), em soja (Grazia et al., 1999; Vivan; Degrande, 2011). O percevejo, que é uma praga sugadora, que ao se alimentar diretamente das vagens, compromete a qualidade dos grãos causando prejuízos de até 30% no potencial produtivo da soja (Corrêa-Ferreira et al., 2009).

A população de percevejos em lavouras de soja vem crescendo consideravelmente a cada safra, pelos seguintes fatores: resistência, devido a seleção a partir do uso de inseticidas, poucos inseticidas com diferentes mecanismos de ação, falhas na pulverização e o desequilíbrio ambiental, que

vem sendo causado justamente pelo uso excessivo de inseticidas, produtos de largo espectro, diminuindo a população de inimigos naturais (Bueno et al., 2013).

Os inseticidas são usados comumente em doses letais aos insetos praga, no entanto, as espécies não-alvo, incluindo os inimigos naturais podem ficar expostas a concentrações de efeito sub-letal, que indiretamente causam diversos danos a essas espécies e ao meio ambiente.

Entre estes inimigos naturais temos *Telenomus podisi* Ashmead (Scelionidae), é um microhimenóptero, sendo importante inimigo natural de Pentatomídeos que são praga em cultura de soja, parasitando ovos de *E. heros*, *P. guildinii* e *N. viridula* (Corrêa-Ferreira, 1993; Smaniotto et al., 2013; Tognon et al., 2020). A distribuição de *T. podisi* no Brasil vai desde a região Centro-Oeste (Medeiros et al., 1997), até o sul do país (Moreira; Becker, 1986).

Os parasitoides ocorrem naturalmente nas lavouras de soja, e a sua manutenção nos agroecossistemas é um fator importante para o equilíbrio dinâmico das populações de insetos-praga, no entanto os inseticidas utilizados no controle de pragas afetam essa população, devido à baixa seletividade da maioria dos produtos utilizados (Bueno et al., 2012; Luckmann, et al., 2014).

A utilização de inimigos naturais no controle de insetos pragas apresenta grande potencial, no entanto a utilização dos parasitoides de ovos geralmente ocorre de forma conjunta a outros métodos de controle, os quais podem se complementar e, conseqüentemente, potencializar os efeitos. Os métodos utilizados em conjunto com parasitoides se dá por produtos seletivos às populações de parasitoides, sendo que produtos naturais comerciais a base de fungos entomopatogênicos e a base de plantas podem apresentar uma certa seletividade, com isso são uma boa alternativa, pois em sua maioria causam menos impactos negativos ao meio ambiente (Parra, 2014; Siegwart et al., 2015).

Espécies da família Piperaceae tem se mostrado promissor como inseticida em diversas ordens de insetos. Estudos com *Piper aduncum* L. (Piperaceae) apresentou efeito fitotóxico para Coleoptera (Estrela et al., 2006; Fazolin et al., 2007), Hymenoptera (Souto et al., 2012), Diptera (Bernard et al., 1995; Misni et al., 2011) e Hemiptera (Piton et al., 2014; Volpe et al., 2015).

Estudo onde avalia o efeito de diversas espécies de *Piper* incluindo *Piper fuliginum* Kunth (Piperaceae) para Lepidoptera (Krinski et al., 2018), apresentou resultados promissores como inseticida alternativo. No entanto fitoinseticidas que são seletivos são mais desejáveis, em estudo realizado por Luckmann et al, (2014), avaliou a seletividade de produtos obtidos de plantas.

Sabe-se que o gênero *Piper* é rico em compostos bioativos, como terpenóides e fenilpropanóides, que podem atuar como repelentes e inseticidas, o que torna a *P. fuliginum* espécie promissora para obtenção de moléculas com atividade inseticida. A viabilidade desses estudos estão diretamente ligadas ao potencial produtivo de OE dessas plantas, já que para aplicação em campo demanda grandes quantidades do produto, isso reflete nas pesquisas realizadas com cada espécie, sendo a *P. aduncum* a com mais estudos realizados, sendo esta a espécie de *Piper* com maior produção de OE. A utilização de diferentes partes vegetais também deve ser considerada, já que em espécie como a *P. fuliginum* a produção de OE nos órgãos reprodutivos é superior ao de folhas por exemplo (Bernard et al., 1995; Souto et al., 2012; Assis et al., 2013).

Com isso o objetivo dessa pesquisa foi avaliar a seletividade do óleo essencial de *P. fuliginum* ao parasitoide de ovos *T. podisi*, e o efeito nos bioensaios de pré e pós-parasitismo, em testes com e sem chance de escolha.

## **Material e métodos**

### **Obtenção do óleo essencial**

Para a obtenção do óleo essencial (OE) de *P. fuliginum* foram coletadas folhas de uma comunidade nativa de uma remanescente florestal da área rural de Tangará da Serra/MT (14° 33 '40" S - 57° 27' 41" W - 317 m), em uma região de transição dos biomas Cerrado e Amazônia, com predominância de floresta Amazônica.

As extrações ocorreram no Laboratório de Bioprospecção de Produtos Naturais (LABIPRON) localizado no Centro de Pesquisas, Estudos e Desenvolvimento Agroambientais (CPEDA), Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário de Tangará da Serra "Eugênio Carlos



Stieler”, onde foi utilizado aparelho de Clevenger modificado, com balões de fundo redondo com capacidade para 2000 ml. As extrações foram feitas através de hidrodestilação, com 300 gramas de material vegetal triturado em 1000 ml de água destilada, durante 4 horas, com replicação até atingir a quantidade de óleo necessária para realização dos bioensaios e análise química.

A análise da composição química dos óleos essenciais foi realizada no Laboratório de Síntese Orgânica Limpa (LASOL) do Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos (CCQFA) da Universidade Federal de Pelotas utilizando cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massas modelo QP2010-Plus da marca Shimadzu utilizando a coluna RTX-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25  $\mu$ m) sob gradiente de temperatura e gás transportador He com vazão de 1,13 mL/min. A temperatura do injetor foi 220 °C, split 20:100 e temperatura do detector 200 °C, com programação de temperatura da coluna: 40°C por 10 min., após aquecimento de 3°C/min até 200°C, mantendo-se por 7 min. Os espectros de massas foram obtidos com impacto de elétrons de 70 eV e os compostos foram identificados pelos dados da biblioteca NIST05 e NIST08.

### **Criação de percevejo-marrom *Euschistus heros***

A criação de percevejo-marrom foi feita no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, LabMIP, vinculado a FAEM/UFPel. A criação foi feita em potes plásticos de 8 litros de fechamento hermético, é com janela recoberta com tecido tipo voil, e fundo recoberto por papel filtro. As gaiolas foram mantidas a uma temperatura de 25 °C  $\pm$  2 °C, com umidade do ar em 70  $\pm$  10%, com fotofase de 14 horas, sendo das 6:00 às 20:00. Os insetos foram separados de acordo com os estádios de vida, e mantidos nas gaiolas com dieta natural a base de vagens de feijão, batata doce e amendoim. Para disponibilidade de água e auxiliar na umidade foi adicionado algodão embebido em água, sobre uma placa de Petri colocada no fundo da gaiola. Para a deposição dos ovos e abrigo foi adicionado tiras de feltro na cor branca, fixadas com fita adesiva a borda dos potes. A manutenção do alimento ocorreu a cada 4 dias, onde foi feita também a limpeza das gaiolas. A retirada dos ovos foi feita diariamente, e acondicionados em placas de Petri, para proliferação da colônia e posteriormente divididos e utilizados em bioensaios.

### **Criação de parasitoide *Telenomus podisi***

A criação de *T. podisi* foi feita no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas, LabMIP, vinculado a FAEM/UFPel, sendo iniciado com a aquisição de ovos parasitados da Embrapa Soja, de Londrina-PR, que foram armazenados em tubos de vidro até a emergência. Após isso foram mantidos em tubos vedados por plástico filme em estufa BOD climatizada com temperatura de  $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , e umidade relativa de  $70 \pm 10\%$ , com fotofase de 14 horas, sendo das 6:00 às 20:00. Foram mantidos machos e fêmeas no mesmo recipiente, e alimentados com gotas de mel 100% adicionadas na parede do tubo de armazenamento. Para manutenção da colônia, foram disponibilizados ovos de *E. heros* a cada 12 dias (Tognon, 2013).

### **Teste com chance de escolha**

Para os testes com chance de escolha, a fim de avaliar a preferência do parasitoide *T. podisi* sobre os ovos de *E. heros* pulverizados e não pulverizados com óleo essencial, com concentrações de 0,25; 0,50; 0,75; 1,0; 2,0; 4% respectivamente e dois controles negativo sendo água destilada e acetona já que o OE foi diluído em acetona PA para pulverização. Para o controle positivo foi aplicado o equivalente a dose comercial recomendada (250 ml para 150L de calda) de Engeo pleno S. (tiametoxam+lambdacialotrina) Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. A aplicação das concentrações nos ovos foi por meio de pulverização feita com aerógrafo Vonder<sup>®</sup>, calibrado à pressão de 30 psi, com bico de 0,3 mm, o que possibilitou a deposição de  $1,5 \text{ mg/cm}^2$  de cada solução/concentração. Dez réplicas contendo dez ovos colados, em papel Canson<sup>®</sup> azul foram pulverizadas em cada concentração, e os ovos foram deixados para secar em temperatura ambiente. As cartelas de ovos foram colocadas em tubos de vidro sendo uma pulverizada e uma não pulverizada, e foi adicionado uma fêmea de *T. podisi* com 72 horas de idade e copulada sendo mantida em contato com os ovos durante 24 horas. Após o tempo de parasitismo, o indivíduo foi retirado e os ovos mantidos em condições de incubação, sendo avaliados a cada 24 horas para observar o desenvolvimento do parasitismo, até completar 11 dias e se iniciar a emergência dos parasitoides (Smaniotto, 2013).

## **Teste sem chance de escolha**

### ***Pré-parasitismo***

Para os testes de pré-parasitismo, os ovos com 24 horas de idade foram pulverizados com óleo essencial, com concentrações de 0,25; 0,50; 0,75; 1,0; 2,0; 4% respectivamente e dois controles negativo sendo água destilada e acetona já que o OE foi diluído em acetona PA para pulverização. Para o controle positivo foi aplicado o equivalente a dose comercial recomendada (250 mL para 150L de calda) de Engeo pleno S. (tiametoxam+lambda-cialotrina) Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. A aplicação das concentrações nos ovos foi por meio de pulverização feita com aerógrafo Vonder<sup>®</sup>, calibrado à pressão de 30 psi, com bico de 0,3 mm, o que possibilitou a deposição de 1,5 mg/cm<sup>2</sup> de cada solução/concentração. Dez réplicas contendo dez ovos colados, em papel Canson<sup>®</sup> azul foram pulverizadas em cada concentração, e os ovos foram deixados para secar em temperatura ambiente. As cartelas de ovos foram colocadas de forma individual em tubos de vidro, e adicionado uma fêmea com 72 horas de idade e copulada durante 24 horas, e após esse período retirada do tubo que foi colocado para incubar, com avaliação a cada 24 horas até o 11º dia para avaliar a taxa de parasitismo e porcentagem de adultos emergidos (Smaniotto, 2011).

### ***Pós-parasitismo***

Para os testes de pós-parasitismo, foi utilizada as 10 repetições conforme a metodologia anterior, que após colados foram colocados para parasitar durante 24 horas, e após esse período as fêmeas foram retiradas e os ovos pulverizados com o OE diluído em acetona é colocado para incubar durante os 11 dias, e analisados a cada 24 horas, para acompanhar o desenvolvimento é avaliar a taxa de parasitismo, porcentagem de adultos emergidos (Smaniotto, 2011).

## Classificação do fitoinseticida

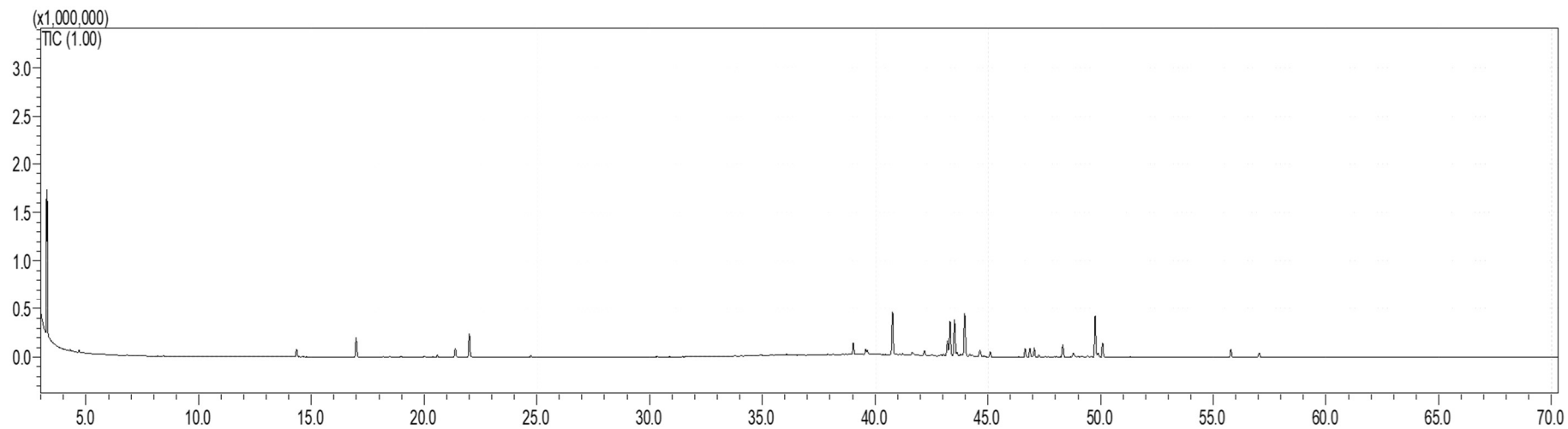
Para a determinação da classificação do fitoinseticida, foi estimado o número médio de ovos parasitados por fêmea em cada tratamento, e a redução do parasitismo foi determinado através da comparação com a testemunha negativa (água destilada), e calculada pela equação  $E\% = [(1 - Vt/Vc) * 100]$ . Onde  $E\%^1$  é a porcentagem de redução do parasitismo,  $E\%^2$  é a porcentagem de redução da emergência,  $Vt$  a média de parasitismo ou emergência para o tratamento, e  $Vc$  o parasitismo ou emergência média no tratamento controle. Com isso foi classificado de acordo com as normas do IOBC, onde: classe 1: inócuo ( $E < 30\%$ ); classe 2: pouco nocivo ( $30\% \leq E \leq 79\%$ ); classe 3: moderadamente nocivo ( $80\% \leq E \leq 99\%$ ); classe 4: nocivo ( $E > 99\%$ ) (HASSAN et al., 2000).

## Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial. Os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de probabilidade e submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade de Shapiro Wilk ( $p > 0.05$ ) e ao teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade no programa Asistat 7.7 (Jelihovschi et al., 2014).

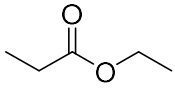
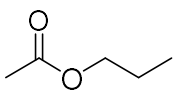
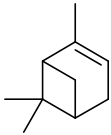
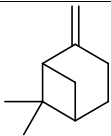
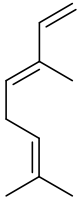
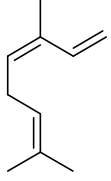
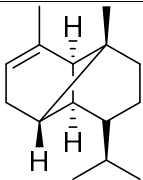
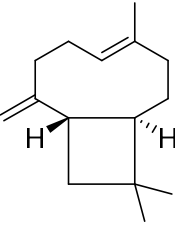
## Resultados

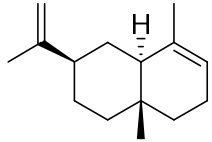
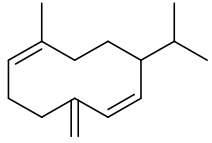
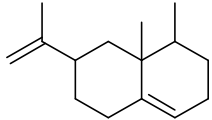
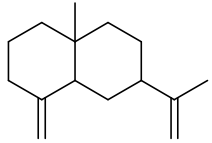
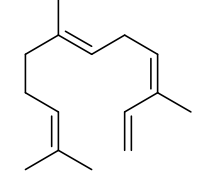
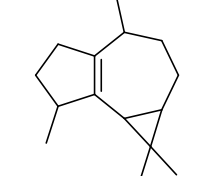
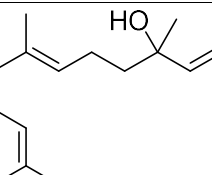
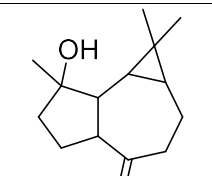
Na análise de cromatografia gasosa por espectrometria de massa (GC/MS) do OE de *P. fuliginum*, pode ser identificados 20 picos, onde cada um corresponde a um composto químico (Figura 1), onde os compostos que foram identificados totalizaram 94,24% da composição química da amostra. Teve como compostos majoritários o Cariofileno (10,60%),  $\beta$ -Eudesmeno (10,46%), 1-Naftalenol (9,88%), Eremofileno (9,09%), Ácido propanoico (8,97%), D-Germacreno (7,40%),  $\beta$ -Ocimeno (5,48%) e  $\beta$ -Pineno (5,16%). Esses compostos correspondem a 67,04% da concentração das moléculas encontradas no OE, sendo estas com concentração maior que 5%. Os demais compostos presentes no OE em menor quantidade, sendo 12 com concentração que varia entre 1,29% e 4,41%, correspondem a 27,20% da composição total do OE (Tabela 1).

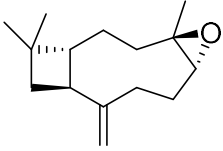
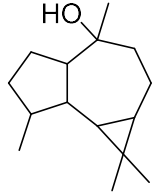
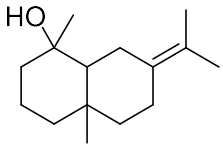
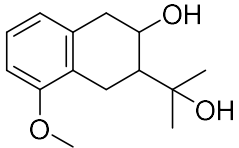


**Figura 1.** Ampliação do cromatograma obtido com a caracterização do óleo essencial de *Piper fuliginum*, de folhas *in natura* através de cromatografia gasosa por espectrometria de massa (GC/MS).

**Tabela 1.** Composição química do óleo essencial de *Piper fuliginum* com base na biblioteca do equipamento.

T.ret.	%	Composto	Estrutura molecular
3,247	8,97	Ácido propanoico	
3,280	4,41	Etanoato de propila	
14,339	1,87	$\alpha$ -Pineno	
16,981	5,16	$\beta$ -Pineno	
21,378	1,92	Trans- $\beta$ -ocimeno	
22,004	5,48	$\beta$ -Ocimeno	
39,036	2,70	$\alpha$ -Copaeno	
40,776	10,60	Cariofileno	

43,207	2,62	$\alpha$ -Selineno	
43,327	7,40	D-Germacreno	
43,526	9,09	Eremofileno	
43,975	10,46	$\beta$ -Eudesmeno	
44,649	1,93	$\alpha$ -Farneseno	
45,112	1,29	Isoledeno	
46,658	2,02	Trans-nerolidol	
46,868	2,07	(-)-Spathulenol	

47,062	2,05	Epóxido do $\beta$ -Cariofileno	
48,329	3,03	Globulol	
49,764	9,88	1-Naftalenol	
55,782	1,39	2-Naftalenol	

De acordo com os dados obtidos nos bioensaios de aplicação no pré-parasitismo nota-se que houve diferença significativa ( $p < .0001$ ), onde os ovos pulverizados com a maior concentração, com 4% de concentração do OE, tiveram redução drástica no parasitismo, com 9% dos ovos parasitados, sendo estatisticamente igual ao resultado obtido como o controle positivo (Engeo pleno S.). Também foi observado que houve redução do parasitismo desde a menor concentração, sendo 0,25%, com 54% dos ovos parasitados. Já para a emergência de parasitoides do mesmo tratamento houve baixa taxa de emergência, sendo de 5% para a menor concentração, e nenhuma emergência para a maior concentração, não diferindo entre si todos os tratamentos do OE, sendo igual ao obtido com o controle positivo (Engeo pleno S.) (Tabela 2).

Nos bioensaios de aplicação no pós-parasitismo, houve uma taxa de parasitismo estatisticamente iguais ao controle negativo (água destilada) para todos os tratamentos com OE, diferindo apenas do controle com Engeo pleno S. Já na emergência deste o resultado foi semelhante ao resultado obtido no bioensaio de pré-parasitismo, apresentando baixa taxa de emergência desde a



menor concentração do OE, sendo que as concentrações de 0,25, 0,50 e 0,75% foram estatisticamente iguais apresentando emergência de 12, 12 e 7%. Enquanto nas concentrações de 1, 2 e 4% foram estatisticamente iguais ao controle positivos com Engeo pleno S., com 5, 4 e 0,00% de emergência (Tabela 2).

**Tabela 2.** Parasitismo (Média+EP) e emergência (Média+EP), de *Telenomus podisi* em teste sem chance de escolha, com ovos tratados em pré e pós-parasitismo.

Tratamentos	Pré-parasitismo		Pós-parasitismo	
	Ovos parasitados	Parasitoides emergidos	Ovos parasitados	Parasitoides emergidos
Água	9,70±0,15 a <sup>1</sup>	9,50±0,22 a	9,70±0,15 a	9,50±0,22 a
Acetona	9,30±0,33 a	9,20±0,36 a	9,30±0,34 a	9,20±0,36 a
0,25%	5,40±0,50 b	0,50±0,22 b	9,50±0,31 a	1,20±0,39 b
0,50%	3,70±0,67 c	0,30±0,15 b	9,30±0,34 a	1,20±0,33 b
0,75%	3,70±0,47 c	0,10±0,10 b	9,50±0,27 a	0,70±0,26 b
1,0%	2,30±0,37 d	0,00±0,00 b	9,30±0,34 a	0,50±0,17 c
2,0%	1,80±0,29 d	0,00±0,00 b	9,10±0,48 a	0,40±0,16 c
4,0%	0,90±0,38 e	0,00±0,00 b	9,20±0,31 a	0,00±0,00 c
Engeo pleno S.	0,00±0,00 e	0,00±0,00 b	0,00±0,00 b	0,00±0,00 c
Valor de <i>F</i>	76,2863**	568,6970**	101,6082**	244,4001**
Valor de <i>p</i>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
G. L.	8	8	8	8

\*\* *significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01).*

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem entre de acordo com o teste Scott-Knott (5%).

Ao avaliar o efeito do OE em diferentes concentrações sobre o parasitismo e a emergência do parasitoides, e classificá-los de acordo com a IOBC, pode-se observar que para bioensaios de pré-parasitismo o OE enquadra-se na classe 2 nas concentrações de 0,25% a 1% sendo pouco nocivo, e para as concentrações de 2 e 4% sendo classe 3, moderadamente nocivo para o parasitismo. Já para a emergência de adultos do parasitoide, as concentrações de 0,25, 0,50 e 0,75% enquadram-se na classe 3, sendo moderadamente nocivo, enquanto nas concentrações de 1, 2 e 4% do OE, foi classificado como classe 4, sendo nocivo, reduzindo a emergência em 100% dos ovos (Tabela 3).

No pós-parasitismo a classificação da IOBC para a redução de parasitismo é classe 1 para todas as concentrações do OE, enquanto o Engeo

pleno S. foi classe 4, no entanto não deve ser levada como parâmetro, já que o parasitismo ocorreu sem a presença do OE. No entanto a emergência dos parasitoides teve redução no parasitismo em todas as concentrações do OE, sendo classe 3 para as concentrações de 0,25 a 2%, sendo moderadamente nocivo, enquanto na concentração de 4%, foi classe 4, sendo igual ao Engeo pleno S. no padrão de toxicidade sendo nocivo ao *T. podisi* (Tabela 3).

**Tabela 3.** Classificação de toxicidade da IOBC em testes com ovos parasitados por *Telenomus podisi*, em teste sem chance de escolha.

Tratamentos	Pré-parasitismo				Pós-parasitismo			
	E% <sup>1</sup>	Classe	E% <sup>2</sup>	Classe	E% <sup>1</sup>	Classe	E% <sup>2</sup>	Classe
Água	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetona	7,00	1	8,00	1	7,00	1	8,00	1
0,25%	44,33	2	94,73	3	2,06	1	87,37	3
0,50%	61,85	2	96,84	3	4,12	1	87,36	3
0,75%	61,85	2	98,94	3	2,06	1	92,63	3
1,0%	76,28	2	100	4	4,12	1	94,73	3
2,0%	81,44	3	100	4	6,19	1	95,70	3
4,0%	90,72	3	100	4	2,15	1	100	4
Engeo pleno S.	100	4	100	4	100	4	100	4

E%<sup>1</sup> é a porcentagem de redução do parasitismo; E%<sup>2</sup> porcentagem de redução de emergência; Classe: 1 = inócuo (E<30%), 2 = pouco nocivo (E30 ≤ e ≤ 79%), 3 = moderadamente nocivo (80 ≤ E ≤ 99%), 4 = nocivo (E> 99%).

Nos bioensaios com chance de escolha, houve redução significativa na taxa de parasitismo e emergência entre as concentrações de OE (p<.0001) nos ovos que foram pulverizados com o OE, sendo que redução o parasitismo foi de 87% na menor concentração (0,25%), enquanto na maior concentração(4%), foi de 95%, sendo estatisticamente iguais entre si e ao controle positivo (Engeo pleno S). Nos ovos tratados com OE não houve emergência de parasitoides em nenhuma das concentrações, sendo iguais ao controle com Engeo pleno S. (Tabela 4).

Para os ovos não tratados do bioensaio com chance de escolha, pode ser observado que as taxas de parasitismo foram superiores à dos ovos tratados com OE, no entanto ainda houve redução na taxa de parasitismo em relação ao controle negativo, sendo que para as concentrações de 0,50, 0,75, 1, 2 e 4% a média de parasitismo foi de 83, 81, 80, 77 e 75% respectivamente (Tabela 4).

Já a emergência de parasitoides de ovos não tratados com o OE apresentou uma taxa moderada de emergência na concentração de 0,25%, diferindo das demais concentrações do OE, sendo de 71% a taxa de emergência de parasitoides adultos. Para as concentrações de 0,50, 0,75, 1, 2 e 4%, a redução de emergência foi maior, apresentando médias de 83, 89, 93, 91 e 99% respectivamente, sendo que a concentração de 4% foi estatisticamente igual ao controle padrão Engeo pleno S. (Tabela 4).

**Tabela 4.** Parasitismo (Média+EP) e emergência (Média+EP), de *Telenomus podisi* em teste com chance de escolha, com ovos tratados e não tratados com OE.

Tratamentos	Tratados		Não tratados	
	Ovos parasitados	Parasitoides emergidos	Ovos parasitados	Parasitoides emergidos
Água	9,70±0,15 a <sup>1</sup>	9,50±0,22 a	9,70±0,15 a	9,50±0,22 a
Acetona	9,30±0,33 a	9,20±0,36 a	9,30±0,34 a	9,20±0,36 a
0,25%	1,30±0,50 b	0,20±0,13 b	8,80±0,46 a	7,10±0,64 b
0,50%	1,00±0,33 b	0,00±0,00 b	8,30±0,52 b	1,70±0,45 c
0,75%	0,90±0,35 b	0,00±0,00 b	8,10±0,41 b	1,10±0,23 c
1,0%	0,60±0,22 b	0,00±0,00 b	8,00±0,47 b	0,70±0,26 c
2,0%	0,70±0,26 b	0,00±0,00 b	7,70±0,50 b	0,90±0,23 c
4,0%	0,50±0,16 b	0,00±0,00 b	7,50±0,56 b	0,10±0,10 d
Engeo pleno S.	0,00±0,00 b	0,00±0,00 b	0,00±0,00 c	0,00±0,00 d
Valor de <i>F</i>	179,9043**	773,6186**	51,4016**	148,2466**
Valor de <i>p</i>	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
G. L.	8	8	8	8

\*\* *significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01).*

<sup>1</sup> Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre de acordo com o teste Scott-Knott (5%).

Ao classificar o efeito do OE em suas diferentes concentrações de acordo com as classes da IOBC, pode-se notar que nos bioensaios com chance de escolha, os ovos tratados com todas as concentrações de OE foram classificados como moderadamente nocivo, classe 3 para o parasitismo de *T. podisi*. Já para a emergência de adultos, os ovos tratados com a concentração de 0,25% enquadraram-se na classe 3, com 97,89% na redução do parasitismo,

enquanto as demais concentrações foram classificadas como classe 4, sendo nocivo, com redução na emergência acima de 99% (Tabela 5).

Nos ovos não tratados no bioensaio com chance de escolha, os ovos de todos os tratamentos foram classificados como inócuo, classe 1, para o efeito no parasitismo, diferindo apenas do Engeo pleno S, classificado como nocivo. Para a emergência de adultos o tratamento de 0,25% foi inócuo, sendo classe 1, enquanto os demais tratamentos foi classificado como moderadamente nocivo, sendo classe 3 e o controle com Engeo pleno S. nocivo, sendo classe 4 (Tabela 5).

**Tabela 5.** Classificação de toxicidade da IOBC em testes com ovos parasitados por *Telenomus podisi*, em teste com chance de escolha.

Tratamentos	Tratados				Não tratados			
	E% <sup>1</sup>	Classe	E% <sup>2</sup>	Classe	E% <sup>1</sup>	Classe	E% <sup>2</sup>	Classe
Água	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetona	7,00	1	8,00	1	7,00	1	8,00	1
0,25%	86,59	3	97,89	3	9,27	1	25,26	1
0,50%	89,70	3	100	4	16,49	1	82,10	3
0,75%	90,72	3	100	4	11,34	1	88,42	3
1,0%	93,81	3	100	4	17,52	1	92,63	3
2,0%	92,78	3	100	4	20,61	1	90,53	3
4,0%	94,89	3	100	4	22,68	1	98,94	3
Engeo pleno S.	100	4	100	4	100	4	100	4

E%<sup>1</sup> é a porcentagem de redução do parasitismo; E%<sup>2</sup> porcentagem de redução de emergência; Classe: 1 = inócuo (E<30%), 2 = pouco nocivo (E30 ≤ e ≤ 79%), 3 = moderadamente nocivo (80 ≤ E ≤ 99%), 4 = nocivo (E> 99%).

## Discussão

A análise de composição química, onde as principais moléculas foram identificadas e quantificadas apresenta oito compostos majoritários sendo Cariofileno,  $\beta$ -Eudesmeno, 1-naftalenol, Eremofileno, Ácido propanoico, D-germacreno,  $\beta$ -Ocimeno e  $\beta$ -Pineno. Tanto nesta como em outras espécies do gênero *Piper*, há descrição na literatura de ocorrência de terpenos (Cariofileno, Eremofileno,  $\beta$ -Eudesmeno, D-germacreno,  $\beta$ -Ocimeno e  $\beta$ -Pineno), fenol (1-naftalenol) e ácidos carboxílicos (Ácido propanoico). Esses compostos são descritos na literatura como substâncias com potencial inseticida, apresentando toxicidade para insetos de diferentes espécies, podendo apresentar letalidade

parecida com o observado em inseticidas formulados, e por apresentar certos níveis de seletividade, em algumas espécies do gênero *Piper* estudadas, como observado por Turchen et al., (2013) onde avaliaram a seletividade do OE de *Piper aduncum* (Piperaceae), que se mostrou seletivo aos parasitóides de ovos *T. podisi* e *Telenomus urichi* Crawford (Hymenoptera: Scelionidae) (Dhifi et al., 2016; Krinski; Foerster, 2016 ; Krinski et al. 2018; Mazzeu et al., 2018; Nozella, 2022).

O parasitismo de ovos de percevejos por parasitoide está atrelado a diversos fatores. Para que o ovo seja localizado e parasitado é necessário estímulos visuais, sendo a cor dos ovos fator importante para esse processo, assim como os olfativos, através de feromônios e outros odores emitidos pelo ovo que indica ao parasitoide que está com condições para o desenvolvimento da prole. Com isso a aplicação de compostos que podem modificar algum desses fatores, principalmente o olfativo, já que o reconhecimento do ovo por parte do parasitoide dependa disso. Esses compostos aplicados podem fazer com que haja a repelência do parasitoides assim como o insucesso na busca, com isso reduzindo o parasitismo de ovos com essas substâncias (Smaniotto et al., 2013; Turchen et al., 2015).

A toxicidade de compostos como terpenos, fenóis e ácidos carboxílicos presentes no OE também é um fator que pode causar a redução do parasitismo, pois a exposição da fêmea durante o processo de oviposição pode causar intoxicação, o que pode reduzir a capacidade reprodutiva e o tempo de vida, assim como a viabilidade dos ovos depositados sobre o hospedeiro contaminado. No OE da *P. fuliginum* há dois compostos fenóis que já é conhecido pela toxicidade a insetos, sendo o 1-Naftalenol e o 2-Naftalenol, sendo o primeiro o ingrediente ativo do Carbaryl, um inseticida com ação neurotóxica para insetos (Booth, 2000; Kalavagunta et al., 2014, Pereira et al., 2019).

A redução na emergência de parasitoides nos ovos onde o OE foi aplicado indica que ocorre um processo de intoxicação do parasitoide na fase de desenvolvimento dentro do ovo (Werdin-Gonzalez et al., 2013, Silva et al., 2020).

Isso pode ocorrer devido a entrada das substâncias presentes no OE no córion através de aerópilas, hidrópilas e micrópilas, que no ovo hospedeiro tem como função as trocas gasosas, hídricas entre outras no ovo, assim como pela abertura feita pela fêmea para a deposição do ovo (Pereira et al., 2018, Stenger et al., 2021).

Assim há a contaminação dos tecidos internos do ovo hospedeiro, levando a contaminação do parasitoide em desenvolvimento. Essa contaminação pode ocorrer pela ingestão do tecido do córion contaminado, ou pelo processo de respiração da larva de parasitoides em desenvolvimento (Pak & Ostman, 1982; Gallo et al., 2002; Beserra & Parra, 2005).

O resultado observado na emergência de parasitoides em ovos tratados em pré e pós-parasitismo indica que há um processo de intoxicação que ocorreu durante o desenvolvimento dentro do ovo, e com isso ocasionou a morte do parasitoide. Esse resultado pode ser explicado por fatores mencionados anteriormente, sendo necessário estudos histológicos e fisiológicos mais detalhados para determinar quais fatores foram provocados pelo OE no parasitoide (Bacci et al., 2018; Stenger et al., 2021).

Ao avaliar os resultados obtidos no bioensaio com chance de escolha, pode-se notar que há repelência do parasitoide a ovos contaminados, fazendo com que os ovos sem a presença do OE apresentem maiores taxas de parasitismo. Em aplicações de campo esse comportamento pode ser positivo, já que os ovos que não foram atingidos pelo produto possam ser parasitados, aumentando a taxa de controle da praga evitando a emergência de ninfas desses ovos que o produto não inviabilizar, já que durante os bioensaios foi observado que o OE não matou os parasitoides adultos, que permaneceram vivos mesmo com a exposição durante 24 horas. Já no que diz respeito a emergência, os resultados indicam que há a presença de substâncias tóxicas voláteis no OE, pois os ovos que foram parasitados houve baixa taxa de emergência, indicando que esses compostos voláteis presentes no ar dentro do tubo onde estavam armazenados pode ter penetrado no ovo, afetando o desenvolvimento do parasitoide (Werdin-González, 2013; Rampelotti-Ferreira et al., 2016; Pereira et al., 2018; Pereira et al., 2019).

Outro fator que pode ter ocorrido é a contaminação do córion pela fêmea, que ao caminhar sobre os ovos contaminados durante a oviposição acabou por levar para os demais ovos até então livres do OE, sendo que por ser um óleo facilitaria a contaminação ao impregnar as pernas do parasitoide, e tendo disperso sobre os ovos que não foram pulverizados. Para determinar como ocorre a inibição do parasitismo e da emergência é necessário estudos onde avalia o efeito residual e de persistência do OE em laboratório, casa de vegetação e em campo com as concentrações mais tóxicas do OE.

Para compreender melhor o efeito do OE de *P. fuliginum* sobre o parasitoide na sua fase de desenvolvimento são necessários estudos onde avalia o efeito sobre ovos com diferentes dias de parasitismo, para analisar o efeito sobre os diferentes estágios de desenvolvimento do parasitoide, já que em campo as aplicações de produtos ocorrem sobre ovos com diferentes tempos de parasitismo. Outro fator a ser analisado é o parasitismo após aplicação, analisando os diferentes períodos, para avaliar como o efeito residual do OE pode interferir no processo de parasitismo em diferentes condições, já que foi observado durante esse estudo que há efeito dos compostos voláteis sobre a emergência do parasitoide.

### **Considerações finais**

Com os resultados obtidos nesse estudo pode-se concluir que o óleo essencial de *P. fuliginum* possui baixa seletividade ao parasitoide *T. podisi* desde as menores concentrações em que foi aplicado, quando se diz respeito ao parasitismo e emergência, sendo necessário mais estudos para avaliar o efeito do OE em diferentes estágios de vida e no desenvolvimento embrionário do parasitoide em laboratório, assim como estudos onde avalia o efeito do OE em adultos e como pode afetar a longevidade e potencial reprodutivo ao longo de gerações.

### **Referências bibliográficas**

Assis, F. A., Moraes, J. C., Auad, A. M., & Coelho, M. (2013). The effects of foliar spray application of silicon on plant damage levels and components of larval

biology of the pest butterfly *Chlosyne lacinia saundersii* (Nymphalidae). *International Journal of Pest Management*, 59(2), 128-134.

Bacci, L., Rosado, J. F., Picanço, M. C., Gonring, A. H. R., da Silva Galdino, T. V., & Martins, J. C. (2018). Failure control of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) and selectivity of their natural enemies to different insecticides. *Journal of Plant Protection Research*, 58(2).

Bernard, C. B., Krishanmurty, H. G., Chauret, D., Durst, T., Philogene, B. J. R., Sanchez-Vindas, P., ... & Arnason, J. T. (1995). Insecticidal defenses of Piperaceae from the neotropics. *Journal of Chemical Ecology*, 21, 801-814.

Beserra E. B., Parra J. R. P. (2005) Seletividade de lambdacialotrina a *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Acta Sci. Agron.*, 27: 321-326. doi: 10.4025/actasciagron.v27i2.1852.

Booth, G. (2000). Naphthalene Derivatives. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, (Ed.). [https://doi.org/10.1002/14356007.a17\\_009](https://doi.org/10.1002/14356007.a17_009)

Bueno, A. D. F., Bortolotto, O. C., Pomari, A. F., & Sosa-Gomez, D. R. (2013). Seletividade de agrotóxicos utilizados na soja aos agentes de controle biológico de pragas. 13º SICONBIOL, SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, Bonito, 01-01.

Bueno, A., Sosa-Gómez, D. R., Corrêa-Ferreira, B. S., Moscardi, F., & de Freitas Bueno, R. C. O. (2012). Inimigos naturais das pragas da soja. *Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga*. Brasília, Brasil, EMBRAPA, 493-522.

[CONAB], *Acompanhamento da safra brasileira de grãos*, Brasília, v.9 – Safra 2021/22, n.10 - Décimo levantamento, p. 1-88, julho 2023. ISSN 2318 6852 <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>

Corrêa-Ferreira, B. S. Utilização do parasitoide de ovos *Trissolcus basal* (Wollaston) no controle de percevejos da soja. *Embrapa: Circular Técnica* n.11, p. 40, 1993.

Corrêa-Ferreira, B. S; Azevedo, J. (2002). Soybean seed damage by different species of stink bugs. *Agricultural and Forest Entomology*. 4, 145-150.

Corrêa-Ferreira, B.S.; Krzyzanowski, F.C.; Minami, C.A. (2009) Percevejos e a qualidade da semente de soja – série sementes. *Embrapa Soja*. 15p. (Embrapa Soja. Circular técnica, 67).



Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. (2016). Essential oils' chemical characterization and investigation of some biological activities: A critical review. *Medicines*, 3(4), 25.

Embrapa, *Soja em números (safra 2020/21)*. (2021). Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>

Estrela, J. L. V., Fazolin, M., Catani, V., Alécio, M. R., & Lima, M. S. D. (2006). Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncum* e *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 41, 217-222.

Fazolin, M., Estrela, J. L. V., Catani, V., Alécio, M. R., & Lima, M. S. D. (2007). Propriedade inseticida dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* C. DC.; *Piper aduncum* L. e *Tanaecium nocturnum* (Barb. Rodr.) Bur. & K. Shum sobre *Tenebrio molitor* L., 1758. *Ciência e Agrotecnologia*, 31, 113-120.

Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R. P. L., Baptista, G. C., Berti Filho, E., . (2002). *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ . 1, 1-920.

González, J. O. W., Laumann, R. A., Da Silveira, S., Moraes, M. C. B., Borges, M., & Ferrero, A. A. (2013). Lethal and sublethal effects of four essential oils on the egg parasitoids *Trissolcus basal*s. *Chemosphere*, 92(5), 608-615.

Hassan, S. A., Halsall, N., Gray, A. P., Kuehner, C., Moll, M., Bakker, F. M., ... & Abdelgader, H. (2000). A laboratory method to evaluate the side effects of plant protection products on *Trichogramma cacoeciae* Marchal (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods*, 107-119.

Jacobsen, D. J. (2021). *Manduca sexta* experience high parasitoid pressures in the field but minor fitness costs of consuming plant secondary compounds. *Ecology and Evolution*, 11.20: 13884-13897.

Jelihovschi, E. G., Faria, J. C., & Allaman, I. B. (2014). ScottKnott: a package for performing the Scott-Knott clustering algorithm in R. *In: R. Trends in Applied and Computational Mathematics*, 15, 1, 3-17.

Kalavagunta, Praveen Kumar, Rajasekharreddy Pala, Usha Rani Pathipati, and Narender Ravirala. (2014). "Identification of naphthol derivatives as novel antifeedants and insecticides. 1." *Journal of agricultural and food chemistry* 62, no. 28: 6571-6576.

Krinski, D., & Foerster, L. A. (2016). Toxicity of essential oils from leaves of five Piperaceae species in rice stalk stink bug eggs, *Tibraca limbativentris* (Hemiptera: Pentatomidae). *Ciência e Agrotecnologia*, 40(6), 155-167. doi: 10.1590/1413-70542016406021616

Krinski, D.; Foerster, L. A.; Deschamps, C. (2018). Ovicidal effect of the essential oils from 18 Brazilian *Piper* species: controlling *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera, Erebidae) at the initial stage of development. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 40, 1-10.

Luckmann, D., Gouvea, A. D., Potrich, M., Silva, E. R. L. D., Puretz, B., Dallacort, S., & Gonçalves, T. E. (2014). Seletividade de produtos naturais comerciais a *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879)(Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Revista Ceres*, 61, 924-931.

Mazzeu, B. F., Felipe, L. G., Cotinguiba, F., Kato, M. J., & Furlan, M. (2018). Kavalactones and benzoic acid derivatives from leaves of *Piper fuliginum* Kunth (Piperaceae). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 29, 1286-1290.

Medeiros, M. A., Schimidt, F. V., Loíacono, M. S., Carvalho, V. F., & Borges, M. (1997). Parasitismo e predação em ovos de *Euschistus heros* (Fab.)(Heteroptera: Pentatomidae) no Distrito Federal, Brasil. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 26, 397-401.

Misni, N.; Othman, H.; Sulaiman, S. (2011). The effect of *Piper aduncum* Linn. (Family: Piperaceae) essential oil as aerosol spray against *Aedes aegypti* (L.) and *Aedes albopictus* Skuse. *Tropical Biomedicine*, 28, 2, 249-258.

Moreira, G. R. P.; Becker, M. (1986). Mortalidade de *Nezara viridula* (Linnaeus, 1758) (Heteroptera: Pentatomidae) no estágio de ovo na cultura da soja: II. Parasitóides. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 15, 291-308.

Nozella, A. H. (2022). Estudo químico das folhas de *Piper fuliginum* e *Piper macedoi* por espectrometria de massas combinadas às redes moleculares e avaliação *in silico* da inibição da Mpro de SARS-CoV-2.

Pak, G. A., Oatman, E. R. (1982) Comparative life table, behavior and competition studies of *Trichogramma brevicapillum* and *T. pretiosum*. *Entomologia experimentalis et applicat.*, 32: 68-79. doi: 10.1111/j.1570-7458.1982.tb03183.x.

Parra, J. R. P. (2014). Biological control in Brazil: an overview. *Scientia Agricola*, 71, 420-429.

Parreira, D. S., Alcántara-de la Cruz, R., Dimaté, F. A. R., Batista, L. D., Ribeiro, R. C., Ferreira, G. A. R., & Zanuncio, J. C. (2019). Bioactivity of ten essential oils on the biological parameters of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) adults. *Industrial Crops and Products*, 127, 11-15.

Parreira, D. S., Alcántara-de la Cruz, R., Leite, G. L. D., Souza Ramalho, F., Zanuncio, J. C., & Serrão, J. E. (2018). Quantifying the harmful potential of ten

essential oils on immature *Trichogramma pretiosum* stages. *Chemosphere*, 199, 670-675.

Piton, L. P., Turchen, L. M., Butnariu, A. R., & Pereira, M. J. B. (2014). Natural insecticide based-leaves extract of *Piper aduncum* (Piperaceae) in the control of stink bug brown soybean. *Ciência Rural*, 44, 1915-1920.

Rampelotti-Ferreira, F. T., Coelho Jr, A., Parra, J. R. P., & Vendramim, J. D. (2017). Selectivity of plant extracts for *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym.: Trichogrammatidae). *Ecotoxicology and environmental safety*, 138, 78-82.

Siegwart, M., Bouvier, F., Maugin, S., Lecomte, A., & Lavigne, C. (2015). Differentiating oriental fruit moth and codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) larvae using near-infrared spectroscopy. *Journal of economic entomology*, 108(1), 219-227.

Silva, D. M. D., & Bueno, A. D. F. (2014). Toxicity of organic supplies for the egg parasitoid *Telenomus podisi*. *Ciência Rural*, 44, 11-17.

Silva, F. A. C., Da Silva, J. J., Depieri, R. A., & Panizzi, A. R. (2012). Feeding activity, salivary amylase activity, and superficial damage to soybean seed by adult *Edessa mediatubunda* (F.) and *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotropical entomology*, 41(5), 386-390.

Silva, G. V., Bueno, A. D. F., Neves, P. M. O. J., & Favetti, B. M. (2018). Biological characteristics and parasitism capacity of *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae) on eggs of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Agricultural Science*, 10(8), 210.

Silva, I., Soares, M., de Tavares, W., Santos, A., Serrão, J. E., Zanuncio, A., ... & Siqueyuki Sedyama, C. (2020). Toxicity of essential oils to *Diaphania hyalinata* (Lepidoptera: Crambidae) and selectivity to its parasitoid *Trichospilus pupivorus* (Hymenoptera: Eulophidae). *Journal of Economic Entomology*, 113(5), 2399-2406.

Silva, V. P., Pereira, M. J. B., & Turchen, L. M. (2013). Efeito de extratos vegetais no controle de *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae) em lavoura de soja na região sudoeste do Estado de Mato Grosso. *Revista de Agricultura*, 88(3), 185-190.

Smaniotto, L., Gouvea, A., Potrich, M., Silva, R. L. E., da Silva, J., & Pegorini, S. C. (2013). Selectivity of alternative products to *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae). *Semina Ci. agr.*, 3295-3306.

Smaniotto, L. F. *Seletividade de inseticidas alternativos a Telenomus podisi Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae)*. 2011. Dissertação (Mestrado), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

Souto, R. N. P., Harada, A. Y., Andrade, E. H. A., & Maia, J. G. S. (2012). Insecticidal activity of *Piper* essential oils from the Amazon against the fire ant *Solenopsis saevissima* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). *Neotropical Entomology*, 41, 510-517.

Stenger, L. D., Abati, R., Pawlak, I. G., Varpechoski, G. O., Vismara, E. D. S., Barbosa, L. R., ... & Potrich, M. (2021). Toxicity of essential oil of *Eugenia uniflora* (L.) to *Thaumastocoris peregrinus* (Hemiptera: Thaumastocoridae) and selectivity to the parasitoid *Cleruchoides noackae* (Lin & Hubert) (Hymenoptera: Mymaridae). *Crop Protection*, 147, 105693.

Tognon, R., Sant'Ana, J., Michereff, M. F. F., Laumann, R. A., Borges, M., Blassioli-Moraes, M. C., & Redaelli, L. R. (2020). Kairomones from *Euschistus heros* egg masses and their potential use for *Telenomus podisi* parasitism improvement. *Bulletin of Entomological Research*, 110(5), 638-644.

Tognon, R. (2013). *Influência do hospedeiro de origem e do aprendizado sobre o comportamento quimiotáxico e o parasitismo de Telenomus podisi Ashmead (Hymenoptera: Platygasteridae)*. (Dissertação) Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia. 69.

Turchen, L., Golin, V., Regina Butnariu, A., & Barbosa Pereira, M. J. (2013). Selectivity of *Annona* extract on egg parasitoid *Trissolcus urichi* Crawford, 1913 (Hymenoptera: Platygasteridae). *Revista Colombiana de Entomología*, 40, 176-180.

Turchen, L. M., Golin, V., Butnariu, A. R., Guedes, R. N. C., & Pereira, M. J. B. Lethal and sublethal effects of insecticides on the egg parasitoid *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae). *Journal of Economic Entomology*, v. 109, n. 1, p. 84–92, 2015. <https://doi.org/10.1093/jee/tov273>

Vivan, L. M.; Degrande, P. E. (2011). Pragas da soja. *Fundação MT Boletim de Pesquisa de Soja*, v. 11, p. 239-297.

Volpe, H. X, Fazolin, M., Garcia, R. B, Magnani, R. F, Barbosa, J. C, & Miranda, M. P. (2016). Eficácia do óleo essencial de *Piper aduncum* contra ninfas e adultos de *Diaphorina citri*. *Ciência do manejo de pragas* , 72 (6), 1242-1249.

Werdin González, J.O.; Laumann, R. A.; Da Silveira, S.; Moraes, M. C. B.; Borges, M.; Ferrero, A. A. (2013). Lethal and sublethal effects of four essential oils on the egg parasitoids *Trissolcus basalís*. *Chemosphere*, 92, 608-615.

## Conclusões

Durante os estudos onde avalia a toxicidade do OE, pode-se observar que há atividade ovicida e inseticida em ninfas e adultos, onde a espécie *P. fuligineum* apresenta toxicidade dos seus principais componentes químicos e possível ação sinérgica entre estes compostos. Com base no efeito ovicida e nas concentrações letais observadas, os resultados foram bastante promissores para o manejo de *E. heros* na fase de ovo, inibindo a eclosão dos ovos e apresentando efeito subletal sobre as ninfas.

O efeito inseticida sobre ninfas e adultos teve taxas de mortalidade menores, em relação ao efeito ovicida e subletal, no entanto necessita mais estudos para avaliar os efeitos causados nos insetos, assim como estabelecer o composto químico com ação tóxica.

Com isso, há uma clara necessidade de explorar o potencial de estudos de bioprospecção, como o isolamento dos principais compostos fitoinseticidas de espécies de Piperaceae, e a posterior síntese desses compostos que poderão, inclusive, agregar valor às espécies vegetais nativas.

Com os resultados obtidos com o estudo de seletividade, pode-se concluir que o óleo essencial de *P. fuligineum* possui baixa seletividade ao parasitoide *T. podisi* desde as menores concentrações em que foi aplicado, sendo necessário mais estudos para avaliar o efeito do OE em diferentes estágios de vida e no desenvolvimento embrionário do parasitoide em laboratório.

Para isso, mais estudos com propósito de determinar como ocorre a inibição do parasitismo e da emergência são necessários, a fim de avaliar o efeito residual e de persistência do OE em laboratório, casa de vegetação e em campo com as concentrações mais tóxicas do OE, assim como o efeito nesses insetos benéficos por maiores prazos de exposição.

## Referências

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários (Base de dados de produtos agrotóxicos e fitossanitários)** 2022: Disponível em: <https://indicadores.agricultura.gov.br/agrofit/index.htm>

BAYRAM, A. *et al.*, Lethal and sublethal effects of preimaginal treatments with two pyrethroids on the life history of the egg parasitoid *Telenomus busseolae*. **BioControl**, v.55, p. 697-710, 2010.

BERETTA, E. M. **Efeitos do inseticida Diazinon em células de Hepatocarcinoma humano (HepG2)**. Dissertação (Mestrado em Produção animal) Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnologias de Dracema. 42 p., 2020. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/202657>>.

BUENO, A. F.; BORTOLOTTI, A. F. P; SOSA-GOMES, D. R. Seletividade de agrotóxicos utilizados na soja aos agentes de controle biológico de pragas. In: Anais XIII Siconbiol Bonito, 2013.

CANETE, C.L.; FOERSTER, L.A. Incidência natural e biologia de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner, 1983 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Anticarsia gemmatalis* Hübner, 1818 (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.47, n.2, p.201-204, 2003.

CARVALHO, N. L.; BARCELLOS, A. L. Adoção do manejo integrado de pragas baseado na percepção e educação ambiental. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 5, n. 5, p. 749-766, 2012.

CONAB, Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Brasília, v.9 – Safra 2021/22, n.10 - Décimo levantamento, p. 1-88, julho 2022. ISSN 2318 6852 <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/>

CORRÊA-FERREIRA, B. S; AZEVEDO, J. Soybean seed damage by different species of stink bugs. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 4, p. 145-150, 2002.

CZEPAK, C. *et al.* Seletividade de inseticidas ao complexo de inimigos naturais na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, p.123 – 127, 2005.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J. M. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 81-106, 2007.

EMBRAPA, **Soja em números (safra 2022/23)**. 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>

FOERSTER, L. A.; AVANCI, M. R. F. Egg parasitoids of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) in soybeans. **Anais da Sociedade Entomologica do Brasil**, v.28, n.3, p.545-548, 1999.

FOERSTER, L.A.; BUTNARIU, A. R. Development, reproduction, and longevity of *Telenomus cyamophylax*, egg parasitoid of the velvetbean caterpillar *Anticarsia gemmatalis*, in relation to temperature. **Biological Control**, , v.29, p.1-4, 2004.

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.12, 2011.

GEORGHIOU, G. P. Management of resistance in arthropods. In: GEORGHIOU, G. P.; SAITO, T. (eds.), Pest resistance to pesticides. New York: Ed. Plenum, p.769-792. 1983

GERLAND, P. *et al.* World population stabilization unlikely this century. **Science**, v. 346, n. 6206, p. 234-237, 2014.

GODOY, A. F. *et al.* Seletividade de diferentes defensivos agrícolas utilizados na cultura da soja a pupa de *Telenomus podisi* segundo as normas da IOBC. In: XIII Siconbiol, Anais, p. 1-4, 2013.

HEAP, I. Global perspective of herbicide-resistant weeds. **Pest Management Science**, v. 70, n. 9, p. 1306-1315, 2014.

HIROSE, Y. Biological and ecological comparison of *Trichogramma* and *Telenomus* as control agents of lepidopterous pests. **Journal of Applied Entomology**, v.10, p.139-47, 1986.

IDALGO, T. D. N. *et al.* Toxicidade à *Telenomus podisi* ashmead, 1893 (Hymenoptera: Platygasteridae) de inseticidas piretróides empregados no controle de lagartas desfolhadoras na cultura do arroz irrigado. **Embrapa**, 2015.

LIM, U.T; MAHMOUD, A. M. A. Ecotoxicological effect of fenitrothion on *Trissolcus nigripedius* (Hymenoptera: Scelionidae) an egg parasitoid of *Dolycoris baccarum* (Hemiptera: Pentatomidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v.11, p. 207-210, 2008.

PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 5, p. 420-429, 2014.

PIGNATI, W; OLIVEIRA, N. P; SILVA, A. M. C. Surveillance on pesticides: quantification of use and prediction of impact on health, work and the environment for Brazilian municipalities. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, 2014.

PINHEIRO, H. S. S. *et al.* Efeito subletal de inseticida sobre o inimigo natural *Podisus nigrispinus*. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 3, n.1, p. 6604 -6604, 2018.

SAATH, K. C. D. O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, p. 195-212, 2018.

SILVA, F. A. C; *et al.*, Feeding activity, salivary amylase activity, and superficial damage to soybean seed by adult *Edessa meditabunda* (F.) and *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v. 41, p. 386-390, 2012.

SMANIOTTO, L. F. *et al.* Selectivity of alternative products to *Telenomus podisi* Ashmead (Hymenoptera: Scelionidae). **Semina Ciências Agrárias**, v.34, n. 6, p. 3295-3306. 2013.

TURCHEN, L; *et al.*, Lethal and sublethal effects of insecticides on the egg parasitoid *Telenomus podisi* (Hymenoptera: Platygasteridae). **Journal of Economic Entomology**, v. 109, n. 1, p. 84–92, 2015. <https://doi.org/10.1093/jee/tov273>

WERDIN-GONZÁLEZ, J. O. W. *et al.* Lethal and sublethal effects of four essential oils on the egg parasitoids *Trissolcus basalidis*. **Chemosphere**, v. 92, n. 5, p. 608-615, 2013.

YU, Q.; JALALUDIN, A.; HAN, H. *et al.* Evolution of a double amino acid substitution in the 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase in *Eleusine indica* conferring high-level glyphosate resistance. **Plant Physiology**, v. 167, n. 4, p. 1440-1447, 2015.