



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA/FITOTECNIA

MARIA DALILA MARTINS LEÃO

INTERFERÊNCIA DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA OVIPOSIÇÃO DE *Neoleucinodes elegantalis* (GUENÉE) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) E SELETIVIDADE SOBRE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)

FORTALEZA

2022

MARIA DALILA MARTINS LEÃO

INTERFERÊNCIA DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA OVIPOSIÇÃO DE *Neoleucinodes elegantalis* (GUENÉE) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) E SELETIVIDADE SOBRE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia) da Universidade Federal do Ceará, como requisito à obtenção do título de *Magister Scientiae* em Agronomia (Fitotecnia). Área de concentração: Entomologia Agrícola.

Orientador: Prof. Dr. Patrik Luiz Pastori

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L477i Leão, Maria Dalila Martins.

Interferência de óleos essenciais na oviposição de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) e seletividade sobre *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) / Maria Dalila Martins Leão. – 2022.

79 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia), Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Patrik Luiz Pastori.

1. Inseticidas botânicos. 2. Broca-pequena-do-fruto. 3. Inibidores da oviposição. 4. Parasitoide de ovos. 5. Interferência no parasitismo. I. Título.

CDD 630

MARIA DALILA MARTINS LEÃO

INTERFERÊNCIA DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA OVIPOSIÇÃO DE *Neoleucinodes elegantalis* (GUENÉE) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE) E SELETIVIDADE SOBRE *Trichogramma pretiosum* RILEY (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Fitotecnia) da Universidade Federal do Ceará, como requisito à obtenção do título de *Magister Scientiae* em Agronomia (Fitotecnia). Área de concentração: Entomologia Agrícola.

Aprovada em: 11 / Outubro / 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Patrik Luiz Pastori (Orientador)
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

Prof. Dr. Maurício Sekiguchi de Godoy
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Prof. Dra. Ellen Patrícia de Souza
Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)

A Deus pelo dom da vida, saúde e sabedoria.

Aos meus pais, Maria Julia Martins Leão e Fábio Antônio de Castro Leão por todo empenho na minha criação e meu noivo Mauricio Ferreira Junior por todo apoio.

AGRADECIMENTOS

À Deus por sua infinita bondade.

À Universidade Federal do Ceará (UFC) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia pela oportunidade concedida para realização do Mestrado em Agronomia/Fitotecnia.

À FUNCAP (Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de mestrado.

Ao prof. Patrik Luiz Pastori, pela excelente orientação, apoio, compreensão, por todo ensinamento repassado e pelo exemplo de dedicação à pesquisa científica.

Aos participantes da banca examinadora, prof. Mauricio Sekiguchi de Godoy e Dra. Ellen Patrícia de Souza, pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

À AGROPAULO AGROINDUSTRIAL S/A por fornecer os óleos essenciais e por depositar confiança no nosso trabalho, em especial ao Caique Duarte.

À minha mãe, Julia, pelo cuidado, dedicação, carinho, por sempre me apoiar nos momentos que mais precisei, me ajudando inclusive nos experimentos, algumas vezes, e por sempre ser um exemplo de luta e coragem. Meu pai, Fábio, por todo ensinamento dado ao longo de minha vida, sempre me auxiliando nos estudos e ajudando também no decorrer do experimento. A meu noivo, Mauricio, por todo apoio, dedicação incansável ao longo de todo mestrado, me ajudando em momentos cruciais.

Aos meus colegas do Laboratório de Entomologia Aplicada (LEA), Thais Paz, Valentine, Gabriel, Adson, Henrique, Karol, Fernando, Bya, Érica, Débora, Edgar, Mirelysia e Karine pelos bons momentos vividos no laboratório e pela ajuda prestada tanto nas atividades de manejo, como no experimento. Um agradecimento também ao Jair, que mesmo não fazendo parte do laboratório, ajudou por várias vezes na execução dos experimentos.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização e conclusão desse trabalho. Agradeço.

RESUMO

Nas últimas décadas houve crescente interesse pelo uso de inseticidas botânicos, destacando-se os óleos essenciais com atividade repelente e/ou inseticida. A broca-pequena-do-fruto, *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae), é uma das principais pragas em solanáceas, sendo responsável por perdas que podem atingir 100%, e tem sido controlada basicamente com inseticidas químicos, muitas vezes usados de forma indiscriminada. Desta forma, pesquisas que buscam ferramentas para auxiliar no controle dessa praga são fundamentais, como o uso integrado de óleos essenciais e do parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae), que pode otimizar o manejo e, conseqüentemente, melhorar o percentual de controle desta praga em campo. O objetivo do trabalho foi avaliar o potencial de três óleos essenciais: alecrim-pimenta *Lippia origanoides* Hunth. (Verbenaceae), citronela *Cymbopogon winterianus* Jowitt (Poaceae) e capim-santo *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. (Poaceae), nas concentrações (0,1; 0,5; e 1,0%) em alterar o comportamento de oviposição e ocasionar repelência de *N. elegantalis* em frutos de jiló, *Solanum aethiopicum* L. (Solanaceae), como também, avaliar a seletividade dos três óleos essenciais sobre *T. pretiosum*. Os bioensaios foram implantados em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Para os testes de repelência, as fêmeas adultas de *N. elegantalis* foram expostas a frutos de jiló tratados com os três óleos essenciais nas três concentrações e o controle, cada tratamento foi ofertado individualmente, avaliando a existência e qual a preferência de oviposição da praga. Já nos bioensaios de seletividade, foram utilizados ovos do hospedeiro alternativo *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae), imersos por 5 segundos nos tratamentos citados, avaliando os efeitos dos óleos essenciais no pré-parasitismo (oferecendo ovos do hospedeiro alternativo previamente imersos nas caldas) e no pós-parasitismo (quando ovos parasitados foram imersos nos tratamentos em diferentes estágios de desenvolvimento do parasitoide). Todos os óleos promoveram ação de deterrência nas três concentrações, com destaque para o alecrim-pimenta e citronela, que na menor concentração reduziram significativamente a oviposição das fêmeas. Alecrim-pimenta e capim-santo, mostraram-se seletivos apenas na concentração 0,1% no estágio de ovo e pupa; citronela na concentração 0,1% no estágio de larva e pupa. Os óleos essenciais de alecrim-pimenta, capim-santo e citronela causaram interferência no comportamento de oviposição de *N. elegantalis*, no entanto observou-se que estes podem ser nocivos ao parasitoide *T. pretiosum*.

Palavras-chave: inseticidas botânicos; broca-pequena-do-fruto; inibidores da oviposição; parasitoide de ovos; interferência no parasitismo.

ABSTRACT

In recent decades there has been growing interest in the use of botanical insecticides, especially essential oils with repellent and/or insecticidal activity. The little fruit borer, *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae), is one of the main pests in Solanaceae, being responsible for losses that can reach 100%, and has been basically controlled with chemical insecticides, often used indiscriminately. Thus, research that seeks tools to help control this pest is essential, such as the integrated use of essential oils and the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae), which can optimize management and, consequently, improve the percentage of control of this pest in the field. The objective of this work was to evaluate the potential of three essential oils: rosemary-pepper *Lippia organoides* Hunth. (Verbenaceae), citronella *Cymbopogon winterianus* Jowitt (Poaceae) and lemongrass *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. (Poaceae), at concentrations (0.1; 0.5; and 1.0%) in altering the oviposition behavior and causing repellency of *N. elegantalis* in jiló fruits, *Solanum aethiopicum* L. (Solanaceae), as well as, to evaluate the selectivity of the three essential oils on *T. pretiosum*. The bioassays were implemented in a completely randomized design (DIC). For the repellency tests, the adult females of *N. elegantalis* were exposed to jiló fruits treated with the three essential oils in the three concentrations and the control, each treatment was offered individually, evaluating the existence and the preference of oviposition of the pest. In the selectivity bioassays, eggs of the alternative host *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) were used, immersed for 5 seconds in the mentioned treatments, evaluating the effects of essential oils on pre-parasitism (offering alternative host eggs previously immersed in the sprays) and post-parasitism (when parasitized eggs were immersed in treatments at different stages of parasitoid development). All oils promoted deterrence action in the three concentrations, especially rosemary-pepper and citronella, which at the lowest concentration significantly reduced the oviposition of females. Rosemary-pimenta and lemongrass were selective only at the concentration of 0.1% in the egg and pupae stages; citronella at a concentration of 0.1% in the larval and pupal stages. The essential oils of rosemary-pimenta, lemongrass and citronella caused interference in the oviposition behavior of *N. elegantalis*, however it was observed that they can be harmful to the parasitoid *T. pretiosum*.

Keywords: botanical insecticides; small fruit borer; oviposition inhibitors; egg parasitoid; interference with parasitism.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Número total de ovos de *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) ovipositados em frutos de jiló verde tratados com óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia origanoides*) (A), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) (B) ou citronela (*C. winterianus*) (C) em diferentes concentrações 31
- Figura 2 – Número diário de ovos de *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera Crambidae) ovipositados em frutos de jiló verde tratados com óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia origanoides*) (A), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) (B) ou citronela (*C. winterianus*) (C) em diferentes concentrações 34
- Figura 3 – – Porcentagem de emergência de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera Trichogrammatidae) em ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera Pyralidae) tratados na fase de ovo do parasitoide, com diferentes concentrações dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia origanoides*) (A), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) (B) ou citronela (*C. winterianus*) (C) 52
- Figura 4 – Porcentagem de emergência de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera Trichogrammatidae) em ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera Pyralidae) tratados na fase de larva do parasitoide, com diferentes concentrações dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia origanoides*) (A), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) (B) ou citronela (*C. winterianus*) (C) 54
- Figura 5 – Razão sexual de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera Trichogrammatidae) em ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera Pyralidae) tratados na fase de larva do parasitoide, com diferentes concentrações do óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*) 55
- Figura 6 – Porcentagem de emergência de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera Trichogrammatidae) em ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera Pyralidae) tratados na fase de pupa do parasitoide, com diferentes

concentrações dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia origanoides*
(A), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) (B) ou citronela (*C. winterianus*
(C) 56

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Compostos dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia organoides*), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) e citronela (*C. winterianus*), obtidos por cromatografia gás-líquida acoplada a espectrometria de massa 27
- Tabela 2 – Índice de Preferência para a Oviposição (IPO) de *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) em frutos de jiló verde tratados com óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia organoides*), de capim-santo (*Cymbopogon citratus*) ou de citronela (*C. winterianus*) em diferentes concentrações 32
- Tabela 3 – Parasitismo (%) e emergência (%) de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) tratados, antes da oferta às fêmeas (préparasitismo), com diferentes concentrações dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia organoides*), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) ou citronela (*C. winterianus*) 51
- Tabela 4 – Parasitismo (%), emergência (%), redução de emergência (%) de *T. pretiosum* e classificação dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia organoides*), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) e citronela (*C. winterianus*) quando os ovos do hospedeiro alternativo *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) foram imersos nas caldas dos óleos antes de serem ofertados às fêmeas do parasitoide (pré-parasitismo) 57
- Tabela 5 – Emergência (%), redução de emergência (%) de *T. pretiosum* e classificação dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia organoides*), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) e citronela (*C. winterianus*) quando os ovos do hospedeiro alternativo *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) foram imersos nas caldas dos óleos contendo a fase de ovo do parasitoide (0 – 24 horas após o parasitismo) 58
- Tabela 6 – Emergência (%), redução de emergência (%) de *T. pretiosum* e classificação dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia organoides*), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) e citronela (*C.*

winterianus) quando os ovos do hospedeiro alternativo *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) foram imersos nas caldas dos óleos contendo a fase de larva do parasitoide (72 - 96 horas após o parasitismo) . 59

Tabela 7 – Emergência (%), redução de emergência (%) de *T. pretiosum* e classificação dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia origanoides*), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) e citronela (*C. winterianus*) quando os ovos do hospedeiro alternativo *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) foram imersos nas caldas dos óleos contendo a fase de pupa do parasitoide (168 - 192 horas após o parasitismo) 60

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	14
2	INTERFERÊNCIA DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA OVIPOSIÇÃO DE <i>Neoleucinodes elegantalis</i> (GUENÉE, 1854) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)	22
2.1	Introdução	24
2.2	Material e Métodos	26
2.2.1	<i>Local de realização dos bioensaio</i>	26
2.2.2	<i>Criação de <u>Neoleucinodes elegantalis</u></i>	26
2.2.3	<i>Obtenção dos óleos essenciais</i>	26
2.2.4	<i>Bioensaios de ação repelente sobre a oviposição</i>	28
2.2.4.1	<i>Parâmetro avaliado</i>	28
2.2.5	<i>Análises estatísticas</i>	29
2.3	Resultados	29
2.3.1	<i>Ação repelente sobre a oviposição</i>	29
2.4	Discussão	35
2.5	Conclusões	37
3	SELETIVIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE <i>Trichogramma pretiosum</i> (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) PARASITANDO OVOS DO HOSPEDEIRO ALTERNATIVO <i>Anagasta kuehniella</i> (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE)	43
3.1	Introdução	45
3.2	Material e Métodos	47
3.2.1	<i>Local de realização dos bioensaios</i>	47
3.2.2	<i>Criação de <u>Anagasta kuehniella</u></i>	47
3.2.3	<i>Criação e manutenção de <u>Trichogramma pretiosum</u></i>	47
3.2.4	<i>Bioensaio de seletividade ao parasitismo</i>	48
3.2.4.1	<i>Efeito dos óleos sobre o pré-parasitismo</i>	48
3.2.4.2	<i>Efeito sobre os estágios imaturos do parasitoide</i>	48
3.2.4.3	<i>Parâmetros avaliados</i>	49
3.2.5	<i>Análises estatísticas</i>	50
3.3	Resultados	50
3.3.1	<i>Seletividade ao parasitismo por <u>T. pretiosum</u></i>	50
3.3.2	<i>Susceptibilidade de estágios imaturos de <u>T. pretiosum</u></i>	51
3.4	Discussão	61

3.5	Conclusões	63
4	CONCLUSÕES FINAIS	70
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
	REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO GERAL

A busca por métodos alternativos ao uso de inseticidas sintéticos para o controle de artrópodes-praga vem crescendo ao longo dos anos. Tecnologias que sejam eficazes, seguras, seletivas e que sejam tecnicamente viáveis, socialmente justas e ambientalmente corretas estão ganhando destaque (ISMAN; MIRESMAILLI, 2011; MARANGONI; MOURA; GARCIA, 2013; ISMAN, 2015; PRIMAVESI, 2017). Assim compostos de plantas têm recebido atenção, pelo fato de não deixarem resíduos tóxicos no ambiente e apresentarem baixa toxicidade para mamíferos. Essas plantas produzem metabólitos secundários, secretados para defesa durante o ataque de insetos herbívoros, possuindo propriedades inseticidas (AKHTAR et al., 2012), inibidoras de alimentação e de oviposição, reguladoras de crescimento (FRANÇA, 2009; RIBEIRO et al., 2015) e repelência a herbívoros (ISMAN, 2006), e em alguns casos, atratividade a inimigos naturais (MIRESMAILLI; ISMAN, 2014).

A partir dos metabólitos secundários, são formulados inseticidas botânicos (ISMAN, 2006; FRANÇA, 2009), e dentre estes, tem-se os óleos essenciais que são misturas complexas compostas por monoterpenos, sesquiterpenos e compostos oxigenados (álcoois, éteres, aldeídos, cetonas, lactonas e fenóis), obtidos das sementes, caules, folhas e flores de diferentes plantas aromáticas (NERIO et al., 2010). Algumas plantas capazes de produzir esses óleos, tais como alecrim-pimenta *Lippia origanoides* Hunth. (Verbenaceae), capim-santo *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. (Poaceae) e a citronela *Cymbopogon winterianus* Jowitt (Poaceae) vem sendo utilizadas em estudos que avaliam sua efetividade no controle alternativo de diferentes pragas agrícolas (CAVALCANTI et al., 2010; SANGHA et al., 2017; MELO et al., 2018).

O uso de óleos essenciais, como bioinseticidas, no controle de pragas têm como principal nicho de mercado a produção orgânica em sistemas integrados (ISMAN; MIRESMAILLI, 2011; PARREIRA et al., 2018a), podendo ser uma alternativa economicamente viável para pequenos agricultores (MKENDA et al., 2015). Na Europa, o timol, por exemplo, componente chave do óleo essencial de *Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae), é registrado para o controle de duas espécies de ácaros, *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) e *Acarapis woodi* (Acari: Tarsonemidae), que atacam a abelha *Apis mellifera* (Linnaeus) (Hymenoptera: Apidae) (RICE et al., 2002).

Embora um número expressivo de pragas agrícolas possa ser controlado com produtos de origem vegetal, em termos práticos, poucas pragas importantes têm sido controladas dessa forma (LOVATTO et al., 2004). Assim, estudos que determinam a

efetividade e a viabilidade dessas substâncias no controle dessas pragas são necessários para ampliar o seu uso no controle de pragas, como por exemplo, a broca-pequena-do-fruto, *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae), que é um dos principais artrópodes-praga e de difícil controle no campo (RIBEIRO, 2010; FRAGOSO, 2014).

Essa espécie destaca-se como praga-chave nas culturas da família Solanaceae, tais como tomate *Solanum lycopersicum* L., jiló *Solanum aethiopicum* L., berinjela *Solanum melongena* L. e pimentão *Capsicum annuum* L. (CORREIA, 2013). Essa praga é responsável por danos econômicos consideráveis, pois os frutos atacados tornam-se totalmente inadequados para a comercialização. No Brasil, a infestação ocorre praticamente durante todos os meses do ano, com destaque para os períodos chuvosos (RODRIGUES FILHO; MARCHIORI; SILVA, 2000; NUNES; LEAL, 2001; GALLO et al. 2002; BADJI et al., 2003; PIKANÇO et al., 2007; BARBOSA, 2011).

O controle de *N. elegantalis* torna-se ainda mais difícil devido ao comportamento do inseto, principalmente na fase larval (que causa danos) (BADJI et al., 2003), visto que as fêmeas colocam seus ovos na superfície dos frutos e, após a eclosão, as larvas recém-emergidas penetram rapidamente nesses frutos e, à medida que se alimentam, ocasionam danos. Todo o estágio larval ocorre dentro do fruto, o que impede a exposição da praga a concentrações letais de defensivos agrícolas, e reduz drasticamente a eficácia de várias moléculas inseticidas (BLACKMER; EIRAS; SOUZA, 2001; EIRAS; BLACKMER, 2003; FRAGOSO et al., 2021), que por sua vez não apresentam eficiência na fase adulta do inseto (SILVA et al., 2018). Nesse contexto, resta ao produtor um pequeno intervalo para realizar o controle da praga, que compreende a fase de ovo e o início da fase larval, logo após a eclosão dos ovos.

O controle de *N. elegantalis* é realizado quase que exclusivamente com inseticidas sintéticos, aplicados de acordo com cronogramas pré-estabelecidos, que buscam atingir e controlar a praga logo após a oviposição dos ovos nos frutos (GUEDES et al., 2016; SILVA et al., 2017, 2018b). Nesse sentido, a identificação de um produto que evite ou dificulte a seleção da planta hospedeira para oviposição, reduzindo a deposição dos ovos na superfície dos frutos pode contribuir significativamente para o manejo integrado de *N. elegantalis* (FRANÇA et al., 2009; FRAGOSO et al., 2021).

Em compensação o uso de parasitoides de ovos da espécie *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) no manejo e controle de *N. elegantalis* é uma realidade nos campos de produção de Solanaceae (PARRA et al., 2021). As espécies de *Trichogramma* estão entre os parasitoides mais importantes do mundo (PARRA; ZUCCHI,

2004) e seu amplo uso como agente de controle biológico, se deve à facilidade de reprodução em hospedeiros alternativos, às altas taxas de parasitismo e à ampla distribuição geográfica (SOUZA et al., 2016). No entanto, embora o uso de *T. pretiosum* seja eficaz, integrar o uso de outra tecnologia, como por exemplo os óleos essenciais, é de fundamental relevância, visto o curto espaço para controle dessa praga, a eficiência relativa dos métodos disponíveis e a incompatibilidade de alguns defensivos químicos registrados para *N. elegantalis* com *T. pretiosum*.

O controle de pragas em sistemas agrícolas pode ser realizado com inimigos naturais (parasitoides, predadores e entomopatógenos) integrados com aplicações de inseticidas, atingindo níveis satisfatórios de controle. O ideal, é que o uso de inseticidas não cause efeitos negativos nos insetos não-alvo (KHAN et al., 2015; ZANUNCIO et al., 2018), no entanto, alguns produtos utilizados na produção integrada podem ser prejudiciais a esses organismos (NDAKIDEMI et al., 2016; PARREIRA et al., 2018b), como o extrato de espécies de Asteraceae, que reduziu a emergência de *T. pretiosum* e de *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) (TAVARES et al., 2009).

Neste sentido, o uso inadequado de defensivos agrícolas (sintéticos ou não) pode ocasionar redução da população de inimigos naturais e demais organismos benéficos (MARTINS et al., 2009; MICHELOTTO et al., 2017). No Brasil, *T. pretiosum* é a espécie de parasitoide mais abundante (ALTOÉ et al., 2012), mas o uso de inseticidas químicos e produtos naturais não seletivos pode reduzir a eficácia desses parasitoides (SILVA; BUENO, 2015; RAMPELOTTI-FERREIRA et al., 2017). Portanto, a busca por métodos que preencham os requisitos de eficácia, segurança e seletividade tornam-se cada vez mais importantes, destacando-se como alternativa promissora, o uso de óleos essenciais de plantas aromáticas (ALVES et al., 2018; AYIL-GUTIÉRREZ et al., 2018; SOMBRA et al., 2022).

Diante dos desafios descritos, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de interferência dos óleos essenciais de plantas aromáticas na oviposição de *N. elegantalis*, determinando concentrações que favoreçam a repelência, bem como avaliar a seletividade desses óleos à *T. pretiosum*.

REFERÊNCIAS

- AKHTAR, Y.; PAGES, E.; STEVENS, A.; BRADBURY, R.; DA CAMARA, C. A. G.; ISMAN, M. B. Effect of chemical complexity of essential oils on feeding deterrence in larvae of the cabbage looper. **Physiological Entomology**, v. 37, p.81-89, 2012.
- ALTOÉ, T. D. S.; PRATISSOLI, D.; CARVALHO, J. R.; SANTOS, H. J. G.; PAES, J. P. P.; BUENO, R. C. O. D. F.; BUENO, A. D. F. *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitism of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs under different temperatures. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 105, n. 1, p. 82-89, 2012.
- ALVES, S. D.; CARVALHO, G. A.; OLIVEIRA, D. F.; CORRÊA, A. D. Screening of Brazilian plant extracts as candidates for the control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Colombiana de Entomología**, v. 44, n. 1, p. 32-38, 2018.
- AYIL-GUTIÉRREZ, B. A.; SÁNCHEZ-TEYER, L. F.; VAZQUEZ-FLOTA, F.; MONFORTE-GONZÁLEZ, M.; TAMAYO-ORDÓÑEZ, Y.; TAMAYO-ORDÓÑEZ, M. C.; RIVERA, G. Biological effects of natural products against *Spodoptera* spp. **Crop Protection**, v. 114, p. 195-207, 2018.
- BADJI, C. A.; EIRAS, A. E.; CABRERA, A.; JAFFE, K. Avaliação do feromônio sexual de *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (Lepidoptera: Crambidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 2, p. 221-229, 2003.
- BARBOSA, F. S. **Resistência genética do tomateiro e potencial de extratos de plantas espontâneas no controle alternativo de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Crambidae)**. 2011. 72 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.
- BLACKMER, J. L.; EIRAS, A. E.; SOUZA, C. L. M. Oviposition preference of *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) and rates of parasitism by *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Lycopersicon esculentum* in São José de Ubá, RJ. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 1, p. 89-95, 2001.
- CAVALCANTI, S.C. H; NICULAU, E. S.; BLANK, A. F.; CÂMARA, C. A. G.; ARAÚJO, I. N.; ALVES, P. B. Composition and acaricidal activity of *Lippia sidoides* essential oil against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). **Bioresource Technology**, v. 101, p. 829-832, 2010.
- CORREIA, A. M. O. **Biologia e técnica de criação de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) em hospedeiros naturais**. 49 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.
- EIRAS, A.E.; BLACKMER, J.L. Eclosion time and larval behavior of the tomato fruit borer, *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae). **Scientia Agricola**, v. 60, p. 195-197, 2003.

FRAGOSO, D. F. M. **Opções de manejo de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) com bases bioecológicas e controle mecânico, biológico e extratos de plantas**. 2014. 132 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2014.

FRAGOSO, D. F. M.; TÚLER, A. C.; PRATISSOLI, D.; CARVALHO, J. R.; VALBON, W. R.; QUEIROZ, V. T.; PINHEIRO, P. F.; COSTA, A. V.; BUENO, R. C. O. F. Biological activity of plant extracts on the small tomato borer *Neoleucinodes elegantalis*, an important pest in the Neotropical region. **Crop Protection**, v. 145, p. 105606, 2021.

FRANÇA, S. M. **Manejo de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) em tomateiro: Efeito ovicida, deterrência de oviposição e iscas tóxicas**. 2009. 63f. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GUEDES, R. N. C.; SMAGGHE, G.; STARK, J. D.; DESNEUX, N. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. **Annual Review of Entomology**, v. 61, p. 43-62, 2016.

ISMAN, M. B. A renaissance for botanical insecticides? **Pest Management Science**, v. 71, n. 12, p. 1587-1590, 2015.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 45-66, 2006.

ISMAN, M. B.; MIRESMAILLI, S. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. **Phytochemistry Reviews**, v. 10, p.197-204. 2011.

KHAN, M. A.; KHAN, H.; RUBERSON, J. R. Lethal and behavioral effects of selected novel pesticides on adults of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Pest Management Science**, v. 71, n. 12, p. 1640-1648, 2015.

LOVATTO, P. B.; GOETZE, M.; THOMÉ, G. C. H. Efeito de extratos de plantas silvestres da família Solanaceae sobre o controle de *Brevicoryne brassicae* em couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*). **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p. 971-978, 2004.

MARANGONI, C.; MOURA, N. F.; GARCIA, F. R. M. Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 92-112, 2013.

MARTINS, G. M.; TOSCAN, L. C.; TOMQUELSKI, G. V.; MARUYAMA, W. I. Inseticidas químicos e microbianos no controle da lagarta-do-cartucho na fase inicial da cultura do milho. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, p. 170-174, 2009.

MELO, C. R.; PICANÇO, M. C.; SANTOS, A. A.; SANTOS, I. B.; PIMENTEL, M. F.; SANTOS, A. C.; BLANK, A. F.; ARAÚJO, A. P. A; CRISTALDO, P. F.; BACCI, L. Toxicity of essential oils of *Lippia gracilis* chemotypes and their major compounds on *Diaphania hyalinata* and non-target species. **Crop Protection**, v. 104, p. 47-51, 2018.

MICHELOTTO, M. D.; CROSARIOL-NETO, J.; PIROTTA, M. Z.; DUARTE, A. P.; FEITAS, R. S.; FINOTO, E. L. Eficácia de milho transgênico tratado com inseticida no controle da lagarta-do-cartucho no milho safrinha no estado de São Paulo, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 2, p. 128-138, 2017.

MIRESMAILLI, S.; ISMAN, M. B. Botanical insecticides inspired by plant-herbivore chemical interactions. **Trends in Plant Science**, v. 19, p.29-35. 2014.

MKENDA, P.; MWANAUTA, R.; STEVENSON, P. C.; NDAKIDEMI, P.; MTEI, K.; BELMAIN, S. R. Extracts from field margin weeds provide economically viable and environmentally benign pest control compared to synthetic pesticides. **PloS One**, v. 10, n. 11, p. e0143530, 2015.

NERIO, L. S.; OLIVERO-VERBEL, J.; STASHENKO, E. Repellent activity of essential oils: A review. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 1, p. 372-378, 2010.

NDAKIDEMI, B.; MTEI, K.; NDAKIDEMI, P. A. Impacts of synthetic and botanical pesticides on beneficial insects. **Agricultural Sciences**, v. 7, n. 06, p. 364, 2016.

NUNES, M. U. C.; LEAL, M. L. S. Efeitos da aplicação de biofertilizante e outros produtos químicos e biológicos, no controle da broca pequena do fruto e na produção do tomateiro tutorado em duas épocas de cultivo e dois sistemas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 53-59, 2001.

PARRA, J. R. P.; PINTO, A. S.; NAYA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; DINIZ, A. J. F. **Controle Biológico com Parasitoides e Predadores na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: FEALQ, 2021. 592p.

PARRA, J. R.; ZUCCHI, R. A. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 271-281, 2004.

PARREIRA, D. S.; ALCÁNTARA-DE LA CRUZ, R.; LEITE, G. L. D.; SOUZA RAMALHO, F.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Quantifying the harmful potential of ten essential oils on immature *Trichogramma pretiosum* stages. **Chemosphere**, v. 199, p. 670-675, 2018a.

PARREIRA, D. S.; ALCÁNTARA-DE LA CRUZ, R.; ZANUNCIO, J. C.; LEMES, P. G.; SILVA ROLIM, G.; BARBOSA, L. R. Essential oils cause detrimental effects on biological parameters of *Trichogramma galloi* immatures. **Journal of Pest Science**, v. 91, n. 2, p. 887-895, 2018b.

PICANÇO, M. C.; BACCI, L.; CRESPO, A. L. B.; MIRANDA, M. M. M.; MARTINS, J. C. Effect of integrated pest management practices on tomato production and conservation of natural enemies. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 9, n. 4, p. 327-335, 2007.

PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico de Pragas e Doenças**. São Paulo: Expressão Popular, 2017. 144p.

RAMPELOTTI-FERREIRA, F. T.; COELHO JÚNIOR, A.; PARRA, J. R. P.; VENDRAMIM, J. D. Selectivity of plant extracts for *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym.: Trichogrammatidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 138, p. 78-82, 2017.

RIBEIRO, L. do P. **Bioprospecção de extratos vegetais e sua interação com protetores de grãos no controle de *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae)**. 2010. 153f. Dissertação (Mestrado em Entomologia), Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.

RIBEIRO, R. C.; ZANUNCIO, T. V.; RAMALHO, F. S.; SILVA, C. A. D.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Feeding and oviposition of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) with sublethal concentrations of ten condiments essential oils. **Industrial Crops and Products**, v. 74, p. 139-143, 2015.

RICE, N. D.; WINSTON, M. L.; WHITTINGTON, R.; HIGO, H. A. Comparison of release mechanisms for botanical oils to control *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) and *Acarapis woodi* (Acari: Tarsonemidae) in colonies of honey bees (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 95, n. 2, p. 221-226, 2002.

RODRIGUES FILHO, I. L.; MARCHIORI, L. C.; SILVA, L. V. Controle da broca pequena do tomate através do ensacamento de pencas do tomateiro: alternativa viável para a agricultura orgânica. **A Lavoura**, v. 103, n. 635, p. 44-45, 2000.

SANGHA, J. S.; ASTATKIE, T.; CUTLER, G. C. Ovicidal, larvicidal, and behavioural effects of some plant essential oils on diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **The Canadian Entomologist**, v. 149, p. 639-648, 2017.

SILVA, D. M.; BUENO, A. F. Organic products selectivity for *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 82, p. 01-08, 2015.

SILVA, R. S.; ARCANJO, L. P.; SOARES, J. R. S.; FERREIRA, D. O.; SERRÃO, J. E.; MARTINS, J. C.; COSTA, Á. H.; PICANÇO, M. C. Insecticide toxicity to the borer *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae): developmental and egg-laying effects. **Neotropical Entomology**, v. 47, n. 2, p. 318-325, 2018.

SILVA, R. S.; KUMAR, L.; SHABANI, F.; PICANÇO, M. C. Potential risk levels of invasive *Neoleucinodes elegantalis* (small tomato borer) in areas optimal for open-field *Solanum lycopersicum* (tomato) cultivation in the present and under predicted climate change. **Pest Management Science**, v. 73, n. 3, p. 616-627, 2017.

SOMBRA, K.E.S.; ANDRE, T.P.P.; AGUIAR, C.V.S.; OLIVEIRA, S.J.; BARBOSA, M.G.; PRATISSOLI, D.; PASTORI, P.L. Selectivity of three essential oils to the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Ciência Agronômica**, v. 53, p. 1-11, 2022.

SOUZA, A. R.; GIUSTOLIN, T. A.; QUERINO, R. B.; ALVARENGA, C. D. Natural parasitism of lepidopteran eggs by *Trichogramma* species (Hymenoptera:

Trichogrammatidae) in agricultural crops in Minas Gerais, Brazil. **Florida Entomologist**, v. 99, n. 2, p. 221-225, 2016.

TAVARES, W. S.; CRUZ, I.; PETACCI, F.; ASSIS JÚNIOR, S. L.; FREITAS, S. S.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). **Industrial Crops and Products**, v. 30, n. 3, p. 384-388, 2009.

ZANUNCIO, J. C.; LACERDA, M. C.; ALCÁNTARA-DE LA CUUZ, R.; BRÜGGER, B. P.; PEREIRA, A. I.; WILCKEN, C. F.; SERRÃO, J. E.; SEDIVAMA, C. S. Glyphosate-based herbicides toxicity on life history parameters of zoophytophagous *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 147, p. 245-250, 2018.

2 INTERFERÊNCIA DE ÓLEOS ESSENCIAIS NA OVIPOSIÇÃO DE *Neoleucinodes elegantalis* (GUENÉE, 1854) (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)

RESUMO

Nas últimas décadas houve crescente interesse pelo uso de inseticidas botânicos, destacando-se os óleos essenciais com atividade repelente e/ou inseticida, visto que estes apresentam rápida ação e degradação, baixa toxicidade para a fauna de modo geral, relativa seletividade e baixa fitotoxicidade. A broca-pequena-do-fruto, *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Crambidae), é uma das principais pragas em solanáceas, sendo responsável por perdas significativas, e que tem sido controlada com inseticidas químicos, muitas vezes usados de forma indiscriminada. Desta forma, pesquisas que visam alternativas para auxiliar no controle dessa praga são fundamentais, como o uso de óleos essenciais. O objetivo do trabalho foi avaliar o potencial de três óleos essenciais: alecrim-pimenta *Lippia origanoides* Hunth. (Verbenaceae), citronela *Cymbopogon winterianus* Jowitt (Poaceae) e capim-santo *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. (Poaceae), em diferentes concentrações (0,1; 0,5; e 1,0%), de alterar e ocasionar repelência à oviposição de *N. elegantalis* em frutos de jiló *Solanum aethiopicum* L. (Solanaceae), visto se tratar do momento que antecede a entrada da praga nos frutos. Os bioensaios foram implantados em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Para os testes de repelência, as fêmeas adultas de *N. elegantalis* foram expostas a frutos de jiló tratados com os três óleos essenciais nas três concentrações e o controle. Cada tratamento foi ofertado individualmente, avaliando se houve e qual a preferência de oviposição da praga. Todos os óleos promoveram ação de deterrência nas três concentrações, com destaque para o alecrim-pimenta e citronela, que na menor concentração, já apresentaram redução significativa na oviposição. Óleos essenciais de alecrim-pimenta, capim-santo e citronela causaram interferência no comportamento de oviposição de *N. elegantalis* em condições de laboratório.

Palavras-chave: Inseticidas botânicos; broca-pequena-do-fruto; inibição da oviposição.

ABSTRACT

In recent decades, there has been growing interest in the use of botanical insecticides, especially essential oils with repellent and/or insecticidal activity, as they present rapid action and degradation, low toxicity to the fauna in general, relative selectivity and low phytotoxicity. The little fruit borer, *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Crambidae), is one of the main pests in Solanaceae, being responsible for significant losses, and which has been controlled with chemical insecticides, often used in an indiscriminate manner. Thus, research aimed at alternatives to assist in the control of this pest are fundamental, such as the use of essential oils. The objective of this work was to evaluate the potential of three essential oils: rosemary-pepper *Lippia origanoides* Hunth. (Verbenaceae), citronella *Cymbopogon winterianus* Jowitt (Poaceae) and lemongrass *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. (Poaceae), at different concentrations (0.1; 0.5; and 1.0%), to alter and cause repellency to the oviposition of *N. elegantalis* in fruits of the eggplant *Solanum aethiopicum* L. (Solanaceae), since it is the moment before the pest enters the fruit. The bioassays were implemented in a completely randomized design (DIC). For the repellency tests, the adult females of *N. elegantalis* were exposed to *S. aethiopicum* fruits treated with the three essential oils in the three concentrations and the control. Each treatment was offered individually, evaluating if there was and what was the pest oviposition preference. All oils promoted deterrence action in the three concentrations, especially rosemary-pepper and citronella, which at the lowest concentration, already showed a significant reduction in oviposition. Rosemary-pepper, lemongrass and citronella essential oils interfered with the oviposition behavior of *N. elegantalis* under laboratory conditions.

Keywords: Botanical insecticides; small fruit borer; oviposition inhibitors.

2.1 Introdução

Nas últimas décadas, cresceu-se o interesse em estudos sobre o uso de óleos essenciais no controle de insetos-praga (REGNAULT-ROGER et al., 2012; ALVES et al., 2018), devido à alta diversidade de plantas aromáticas com atividade inseticida, repelente ou fagoinibidora, e pelo aumento na procura por produtos comerciais produzidos à base de extratos e óleos essenciais como o nim-indiano, *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) (BENELLI et al., 2016).

Apesar de predominarem pesquisas com atividade inseticida (ABBASZADEH et al., 2014; VITE-VALLEJO et al., 2018), a repelência de alguns óleos essenciais também pode assumir considerável importância no MIP, uma vez que desencadeiam alterações comportamentais que podem reduzir a preferência para alimentação e oviposição (KŁYŚ et al., 2017; PRIMAVESI, 2017). Alecrim-pimenta, *Lippia organoides* Hunth. (Verbenaceae), o capim-santo *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. (Poaceae) e a citronela *Cymbopogon winterianus* Jowitt (Poaceae) são bons exemplos de óleos essenciais com as características citadas (CAVALCANTI et al., 2010; SANGHA et al., 2017; MELO et al., 2018).

O desenvolvimento de produtos à base de óleos essenciais para o manejo de pragas baseado na alteração do comportamento torna-se cada vez mais oportuno, visto que essas substâncias químicas podem contribuir, somar e até mesmo substituir, em alguns casos, inseticidas sintéticos tradicionais em programas de MIP (FOSTER; HARRIS, 1997).

Neste sentido, compostos extraídos de plantas podem representar um reservatório promissor de produtos eficazes para aplicação direta, uma vez que esses metabólitos podem não apenas causar a mortalidade de insetos, mas também fornecer distúrbios comportamentais, como repelência, dissuasão ou deterrência (ISMAN, 2006; PAVELA; BENELLI, 2016; FRAGOSO et al., 2021). Produtos à base de extratos ou óleos essenciais de plantas possuem múltiplos modos de ação, capazes de promover toxicidade sobre diferentes artrópodes-praga de importância econômica, como a broca-pequena-do-fruto (*N. elegantalis*) (FRAGOSO et al., 2021). Este inseto-praga tem importância nas culturas como o tomate (*Solanum lycopersicum*), a berinjela (*S. melongena*), o jiló (*S. aethiopicum*), o pimentão (*Capsicum annuum*), a naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) e o tamarillo (*Solanum betaceum* Cav.), sendo algumas amplamente cultivadas e de importância agrícola (TOLEDO, 1948; ZUCCHI et al., 1993; MELO et al., 2013). Portanto, *N. elegantalis* tem como hospedeiras algumas plantas da família Solanaceae e é responsável por danos econômicos consideráveis, principalmente na cultura do tomate, devido à natureza e extensão do seu ataque, tendo em

vista que o fruto fica totalmente inadequado para a comercialização (RODRIGUES FILHO; MARCHIORI; SILVA, 2000; NUNES; LEAL, 2001; GALLO et al., 2002; BADJI et al., 2003; PIKANÇO et al., 2007; FILGUEIRAS et al., 2017).

O controle desta praga tem sido feito quase que exclusivamente com uso de inseticidas sintéticos (LYRA NETTO; LIMA, 2001; MARTINELLI et al., 2003), sendo, na maioria das vezes, aplicados de forma indiscriminada, sem seguir os princípios do MIP. Além disso, o controle químico tem sua efetividade prejudicada, devido ao hábito da praga, onde as larvas recém-emergidas penetram rapidamente no fruto, protegendo-se dos inseticidas e até mesmo de alguns inimigos naturais (EIRAS; BLACKMER, 2003). Neste sentido, o uso de feromônios, iscas tóxicas ou produtos repelentes são de considerável importância para o manejo de *N. elegantalis* (CABRERA et al. 2001; BADJI et al., 2003), pois podem atingir a fase da praga que antecede os danos.

A diferenciação feita pelos insetos entre plantas hospedeiras e não hospedeiras não é apenas realizada para o encontro da fonte nutricional, mas também para a localização de sítios de oviposição. Assim, o encontro e a escolha desses sítios de oviposição em Lepidoptera são mediados pela presença de uma ou mais substâncias que formam o odor (buquê específico) do hospedeiro. A alteração no buquê específico da planta, por meio de aplicação de um conjunto de odores não específicos, pode promover a rejeição desses sítios de oviposição (RENWICK; CHEW, 1994).

Pesquisas com inseticidas botânicos para o controle de *N. elegantalis* são ainda incipientes e, o que já se conhece é a ação de deterrência de alguns inseticidas botânicos sobre a oviposição (FRANÇA et al., 2009; BARBOSA, 2011). Assim, tornam-se necessárias pesquisas que investiguem a eficácia dos óleos essenciais de diferentes plantas, gerando novas alternativas para diversificação e inserção nos programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) (REGNAULT-ROGER et al., 2012; ALVES et al., 2018). Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi determinar o potencial de interferência na oviposição de *N. elegantalis* dos óleos essenciais de *L. origanoides*, *C. winterianus* e *C. citratus*.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Local de realização dos bioensaios

As criações e os bioensaios foram realizados em sala climatizada ($25 \pm 3^\circ \text{C}$, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 12 h) no Laboratório de Entomologia Aplicada (LEA) (Fortaleza, Ceará, Brasil).

2.2.2 Criação de *Neoleucinodes elegantalis*

Para início da criação, frutos com orifício de entrada da broca-pequena-do-fruto (*N. elegantalis*) foram coletados em plantios comerciais de tomate na região da Serra da Ibiapaba (Ceará, Brasil) e transportados para o Laboratório de Entomologia Aplicada (LEA) - UFC.

Os tomates foram acondicionados em bandejas plásticas (7,5 cm de altura x 22,1 cm de largura x 30,3 cm de comprimento) forradas com papel toalha e, mantidos em sala climatizada até que as lagartas alcançassem o último instar, quando abandonaram os frutos, passando à fase de pupa usando o papel toalha como abrigo. As pupas foram coletadas, transferidas para placas de Petri (7 cm de Ø) e fechadas com plástico filme até a emergência dos adultos. As placas foram acondicionadas no interior de gaiolas plásticas (22,5 cm de altura x 23 cm de largura x 35 cm de comprimento) e o plástico filme retirado. Os adultos foram alimentados com solução de mel a 10% e, a cada dois dias, frutos de jiló verde foram inseridos/trocados no interior das gaiolas plásticas e estes serviram como substrato de oviposição para as fêmeas. Os frutos foram recolhidos e mantidos em bandejas plásticas dando continuidade à criação.

2.2.3 Obtenção dos óleos essenciais

Os óleos essenciais de alecrim-pimenta, *L. origanoides*; citronela, *C. winterianus* e capim-santo, *C. citratus* foram obtidos e cedidos a partir de plantas aromáticas cultivadas pela AGROPAULO AGROINDUSTRIAL S/A (Jaguaruana, Ceará, Brasil). Os óleos foram extraídos em laboratório pela 'técnica de arraste a vapor' (SANTOS et al., 2004), armazenados em vidro âmbar sob refrigeração comum e encaminhados ao Laboratório de Cromatografia do Parque de Desenvolvimento Tecnológico (PADETEC) (Fortaleza, Ceará,

Brasil), para análise da determinação de compostos pelo método de cromatografia gás-líquida acoplada a espectrometria de massa que identificou 10 componentes do óleo essencial de *Lippia origanoides*, 6 componentes do óleo de *Cymbopogon citratus* e 14 componentes do óleo de *Cymbopogon winterianus* (Tabela 1). O óleo essencial de *L. origanoides* é formado predominantemente pelo monoterpene, Timol (57,01%). O óleo essencial de *C. citratus* é rico principalmente em Geranial (49,61%) e Neral (36,60%). Já o óleo de *C. winterianus* tem como componentes majoritários a Citronela (34,20%) e o Geraniol (31,31%) (Tabela 1).

Tabela 1 - Compostos dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia origanoides*), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) e citronela (*C. winterianus*), obtidos por cromatografia gás-líquida acoplada a espectrometria de massa

Compostos	Óleos essenciais		
	<i>L. origanoides</i>	<i>C. citratus</i>	<i>C. winterianus</i>
	Teor (%)		
Mirceno	2,00	6,50	-
Alfa-terpineno	1,61	-	-
<i>p</i> -cimeno	15,85	-	-
1,8-cineol	1,09	-	-
Gama-terpineno	3,19	-	-
Éter metil timol	1,21	-	-
Timol	57,01	-	-
Carvacrol	3,79	-	-
Beta-cariofileno	12,78	-	-
Óxido de cariofileno	1,47	-	-
6-metil-5-hepten-2-ona	-	1,05	-
Óxido de limoneno	-	2,07	-
Neral	-	36,60	-
Geraniol	-	4,17	31,31
Geranial	-	49,61	-
L-Limoneno	-	-	2,68
Isopulegol	-	-	0,59
Citronela	-	-	34,20
Citronelol	-	-	15,22
Acetato de citronelil	-	-	1,51
Acetato de geranila	-	-	2,03
Beta-elemeno	-	-	2,07
Germacreno-D	-	-	1,04
Delta-cadineno	-	-	1,34
Elemol	-	-	5,05
Gama-gurjuneno	-	-	0,83
Torreyol	-	-	0,66
Viridiflorol	-	-	1,46
Total	100	100	99,99

Fonte: elaborado pela autora.

2.2.4 Bioensaios de ação repelente sobre a oviposição

Os bioensaios foram implantados em delineamento inteiramente casualizado (DIC), composto por 9 tratamentos mais o controle, com 5 repetições. Foi avaliada a atividade dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*L. origanoides*), citronela (*C. winterianus*) e capim-santo (*C. citratus*), em três concentrações (0,1; 0,5; 1,0%) do óleo essencial por litro de água destilada (v/v), em relação a interferência na oviposição de *N. elegantalis*. Estas concentrações foram escolhidas por serem quantidades viáveis para uso com fins agrícolas. As concentrações dos óleos essenciais foram dissolvidas com auxílio de detergente neutro (1:1). O controle consistiu de água destilada e detergente neutro à 1,0%.

O substrato oferecido para oviposição de *N. elegantalis* consistiu de frutos de jiló, verdes e sadios, previamente lavados com água + hipoclorito de sódio (0,1%), mantidos por 15 min sobre papel toalha para secagem e então receberem os tratamentos.

Os frutos foram imersos por 5 segundos nas respectivas soluções (óleos essenciais e controle), deixados para secar por 60 minutos individualizados por tratamento em bandejas plásticas (5 cm de altura x 21 cm de largura x 33 cm de comprimento) revestidas com papel toalha. Em seguida, os frutos foram transferidos para gaiolas plásticas (22,5 cm de altura x 23,0 cm de largura x 35,0 cm de comprimento), contendo, em cada uma, 10 casais de *N. elegantalis* previamente sexados.

Cada gaiola recebeu quatro frutos tratados com um único óleo [alecrim-pimenta (*L. origanoides*) ou citronela (*C. winterianus*) ou capim-santo (*C. citratus*)], e uma única concentração (0,1 ou 0,5 ou 1,0%), ou apenas com o controle. Os frutos tratados expostos aos adultos de *N. elegantalis* foram trocados por novos frutos tratados a cada 24 horas, durante a avaliação que se estendeu até a morte das mariposas fêmeas.

Uma vez retirados das gaiolas, os frutos foram avaliados, sob microscópio estereoscópico, identificando a presença ou não de ovos nas suas superfícies e realizando a contagem do número de ovos, quando presentes.

2.2.4.1 Parâmetro avaliado

A ação dos tratamentos sobre a oviposição de *N. elegantalis* foi monitorada diariamente até a morte das fêmeas, sendo o Índice de Preferência para a Oviposição (FENEMORE, 1980), calculado utilizando a fórmula:

$$\text{IPO}(\%) = \frac{A-B}{A+B} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Onde, 'A' representa o número de ovos no tratamento e 'B' o número de ovos no controle. O índice varia de +100, para o mais estimulante; até zero para neutro, e -100 para total deterrência.

2.2.5 Análises estatísticas

Os dados referentes ao número total e número diário de ovos de *N. elegantalis* foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e de homogeneidade (Bartlett) de variâncias. Os dados que seguiram distribuição normal, foram submetidos à análise de variância (ANOVA), comparando-se as médias, em casos de diferença significativa, por meio do Teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o Software R Version 3.6.1 (TEAM, 2019).

2.3 Resultados

2.3.1 Ação repelente sobre a oviposição

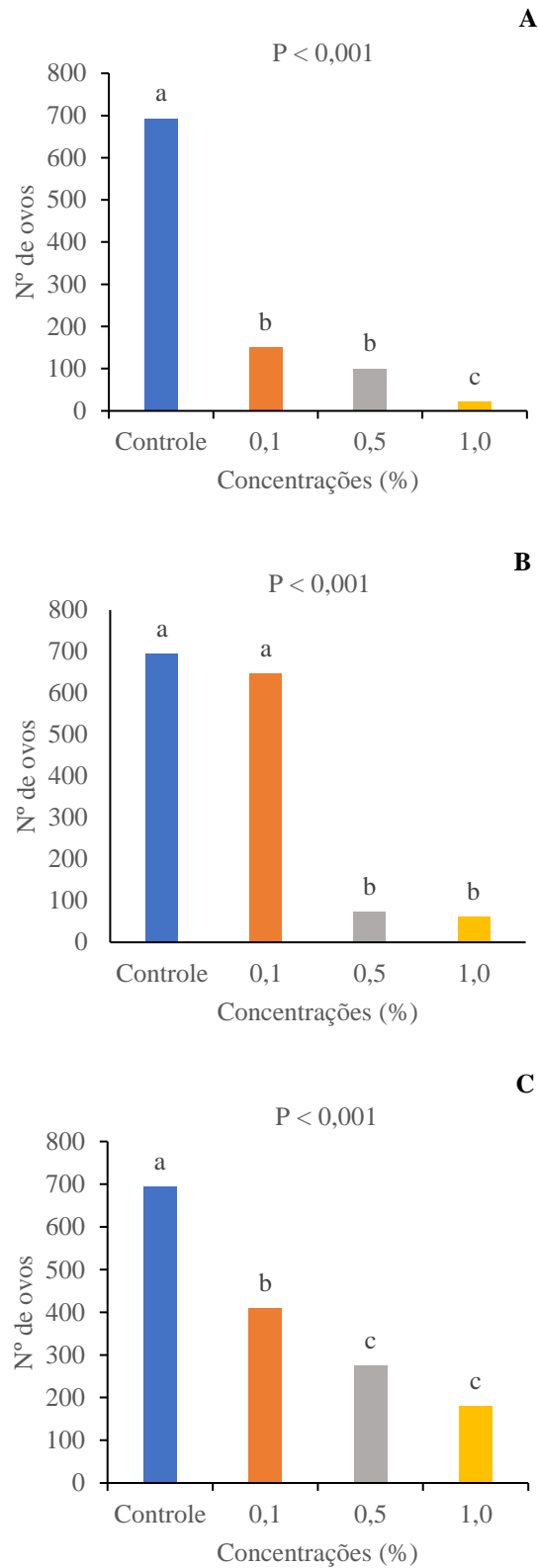
O número total de ovos ovipositados pelas fêmeas de *N. elegantalis* apresentou diferenças significativas entre as concentrações do óleo essencial de alecrim-pimenta e o controle. As três concentrações (0,1; 0,5 e 1,0%) desse óleo essencial diferiram do controle ($F = 444,6216$, $p < 0,00$) sendo contabilizados 693 ovos no controle, 151 na concentração 0,1% e, 100 na concentração 0,5%, estas duas não diferindo entre si ($p > 0,10$). Nos frutos de jiló tratados com o óleo de alecrim-pimenta na concentração 1,0% foram contabilizados 22 ovos ao longo dos cinco dias de avaliação (Figura 1A).

O óleo essencial de capim-santo na menor concentração (0,1%) não diferiu significativamente do controle ($F = 401,9171$, $p > 0,28$), sendo encontrados 647 e 693 ovos, respectivamente, nos frutos de jiló. As concentrações 0,5 e 1,0% não diferiram significativamente ($p > 0,96$) entre si, apresentando total de 74 e 62 ovos, respectivamente (Figura 1B).

O número total de ovos de *N. elegantalis*, nos cinco dias de avaliação, diferiu do controle, considerando todas as concentrações ($F = 78,2887$, $p < 0,00$) do óleo essencial de citronela. Quando utilizada a concentração de 0,1% contabilizou-se 409 ovos, diferindo das

demais concentrações (0,5 e 1,0%), que apresentaram de 275 e 180 ovos ($p < 0,01$ e $p < 0,00$), respectivamente. Estas por sua vez, não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,07$) (Figura 1C).

Figura 1 - Número total de ovos de *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) ovipositados em frutos de jiló verde tratados com óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia origanoides*) (A), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) (B) ou citronela (*C. winterianus*) (C) em diferentes concentrações



Fonte: elaborado pela autora.

Observou-se que os três óleos essenciais apresentaram deterrência de fêmeas de *N. elegantalis* para oviposição em frutos de jiló tratados, ocorrendo comportamento inversamente proporcional, ou seja, à medida que se aumentou a concentração de cada óleo, reduziu-se o número de ovos (Tabela 2). Destaca-se o óleo essencial de alecrim-pimenta na concentração de 1,0% que apresentou Índice de Preferência para a Oviposição (IPO) igual à -96,52, ou seja, próximo de -100,0 o que significa quase a total deterrência (Tabela 2). Já o óleo essencial de capim-santo na concentração 0,1% apresentou IPO de -3,43, ou seja, mais próximo de zero, o que significa neutralidade, ressaltando o fato de este tratamento não ter diferido do controle ($F= 401,9171$, $p> 0,27$) (Tabela 2).

Tabela 2 - Índice de Preferência para a Oviposição (IPO) de *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) em frutos de jiló verde tratados com óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia origanoides*), de capim-santo (*Cymbopogon citratus*) ou de citronela (*C. winterianus*) em diferentes concentrações

Tratamento	Total de ovos \pm EP ¹	IPO (%) ²	Classificação ³
<i>L. origanoides</i>			
Controle	693 \pm 14,46 a	-	-
0,1%	151 \pm 15,85 b	-64,22	Deterrência
0,5%	100 \pm 12,13 b	-74,78	Deterrência
1,0%	22 \pm 8,04 c	-96,52	Deterrência
<i>C. citratus</i>			
Controle	693 \pm 14,46 a	-	-
0,1%	647 \pm 23,22 a	-3,43	Deterrência
0,5%	74 \pm 8,04 b	-80,70	Deterrência
1,0%	62 \pm 12,32 b	-83,58	Deterrência
<i>C. winterianus</i>			
Controle	693 \pm 14,46 a	-	-
0,1%	409 \pm 27,13 b	-25,77	Deterrência
0,5%	275 \pm 16,41 c	-43,18	Deterrência
1,0%	180 \pm 28,71 c	-58,83	Deterrência

¹Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

²Índice de Preferência para a Oviposição, calculado pela fórmula $IPO = (A-B)/(A+B) \times 100$. Onde, 'A' representa o número de ovos no tratamento e 'B' o número de ovos no controle (FENEMORE, 1980).

³O índice varia de 100, para o mais estimulante; até zero para neutro, e -100 para total deterrência.

As avaliações diárias do número de ovos de *N. elegantalis* em frutos de jiló demonstrou inconstância no comportamento de oviposição, ou seja, ao longo dos dias houveram diferenças significativas na quantidade de ovos ovipositados pelas fêmeas. Observou-se, no controle, um pico máximo de oviposições no primeiro dia, com média de 382 ovos seguido de decréscimo significativo ($F= 33,6326$, $p \leq 0,00$) (Figura 2). No segundo e

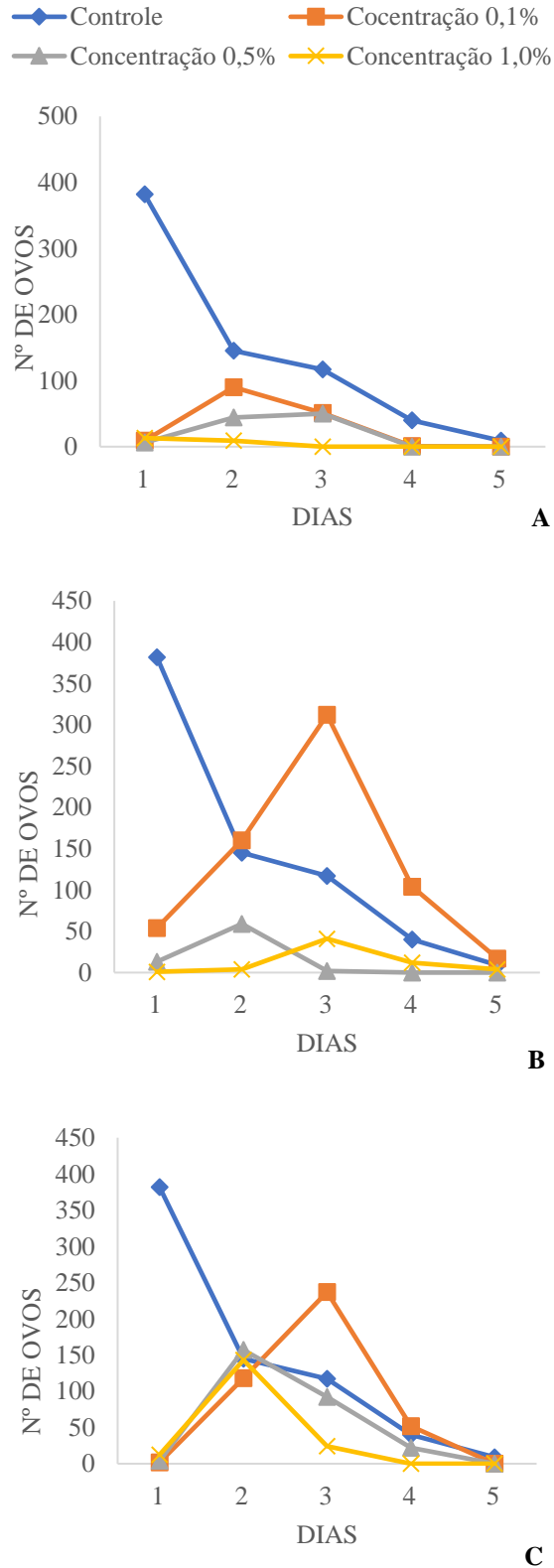
terceiro dia detectou-se constância na quantidade de ovos, em média 145 e 117, respectivamente ($p > 0,98$) e, a partir do quarto dia, decréscimo uniforme até o quinto dia ($p > 0,23$) (Figura 2).

O pico máximo de oviposições em frutos de jiló tratados com o óleo essencial de alecrim-pimenta na concentração de 0,1% se deu no segundo dia, apresentando média de 90 ovos ($X^2_{(4)} = 18,24$, $p < 0,00$). Na concentração 0,5%, o pico máximo se deu no terceiro dia, com média de 50 ovos ($X^2_{(4)} = 19,96$, $p < 0,00$) e, para a concentração de 1,0% não houve diferença significativa no número diário de ovos ($X^2_{(4)} = 9,13$, $p > 0,06$) (Figura 2A).

Para os jilós tratados com o óleo essencial de capim-santo na concentração de 0,1% foi observado pico máximo de oviposições no terceiro dia, com média de 312 ovos ($F = 25,0568$, $p < 0,00$). Na concentração 0,5% o pico máximo observado foi no segundo dia, com média de ovos de 59 ($X^2_{(4)} = 22,16$, $p < 0,00$) e na concentração de 1,0% não houve diferença significativa no número diário de ovos ($F = 2,9487$, $p > 0,05$) (Figura 2B).

Nos jilós tratados com o óleo essencial de citronela, na concentração de 0,1%, houve pico máximo de oviposições no terceiro dia de avaliação, com média de 237 ovos ($X^2_{(4)} = 21,83$, $p < 0,00$). Para a concentração 0,5% e 1,0%, foi observado que o pico máximo se deu no segundo dia, com média de 157 ($X^2_{(4)} = 21,65$, $p < 0,00$) e 143,2 ovos ($X^2_{(4)} = 20,53$, $p < 0,00$), respectivamente (Figura 2C).

Figura 2 - Número diário de ovos de *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) ovipositados em frutos de jiló verde tratados com óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia organoides*) (A), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) (B) ou citronela (*C. winterianus*) (C) em diferentes concentrações



Fonte: elaborado pela autora.

2.4 Discussão

A repelência apresentada por determinadas plantas pode ser causada pela presença e ação de compostos secundários nas mesmas, as quais são liberadas com o objetivo de protegê-las da ação de insetos fitófagos (MIRESMAILLI; ISMAN, 2014; ISMAN, 2016). Neste estudo, foi demonstrado que o comportamento de oviposição de *N. elegantalis* diminuiu acentuadamente sob exposição às concentrações dos óleos essenciais de *L. origanoides* (alecrim-pimenta), *C. citratus* (capim-santo) e *C. winterianus* (citronela).

Avaliando a atividade repelente do óleo essencial de *L. origanoides*, em diferentes concentrações, sobre *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae), foi verificada atividade repelente significativa chegando até 94,0% e 98,0% de repelência, após 2 e 4 horas de exposição ao óleo, respectivamente, quando usada a concentração 0,2 μ L/cm² (OLIVERO-VERBEL et al., 2009).

Estudos realizados com o óleo essencial de *C. citratus*, em diferentes concentrações, no controle de *Phlebotomus duboscqi* Neveu-Lemaire (Diptera: Psychodidae) demonstraram que esse óleo é um promissor repelente natural, sendo observada redução no número de ovos depositados pelas fêmeas tratadas (KIMUTAI et al., 2015). Comparando o percentual dos componentes majoritários do óleo de *C. citratus*, observou-se que Geranial (20,45%), Mirceno (14,24%) e Neral (11,57%) (KIMUTAI et al., 2015) apresentaram percentuais diferentes ao presente trabalho, sendo Geranial (49,61%), Neral (36,60%) e Mirceno (6,50%). Tais diferenças podem ocorrer em virtude da coleta de partes das plantas em idades, lotes e manejo diferente, fato que pode interferir na quantidade dos constituintes químicos dos óleos ou extratos (SOARES; TAVARES-DIAS, 2013).

O produto comercial à base de *C. winterianus* (Nano Citronela Plus[®]) demonstrou ação repelente/inibitória de oviposição em fêmeas férteis de *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) (Diptera: Calliphoridae). A exposição ao produto foi capaz de inibir significativamente a oviposição dos indivíduos (BRICARELLO et al., 2021).

Substâncias com ação repelente têm sido encontradas em diversas plantas e, estudos têm comprovado essas ações, no entanto, nem sempre os resultados são promissores. Extrato das plantas *Cyperus rotundus* (tiririca), *Commelina benghalensis* (trapoeraba), *Richardia brasiliensis* (poaia branca) e *Euphorbia heterophylla* (leiteiro) foram testadas para avaliar a eficiência no manejo de *N. elegantalis*, porém verificou-se que os extratos não apresentaram diferença significativa em relação à testemunha e não reduziram a oviposição da broca-pequena em frutos de tomate (ADEKUNLE, 2000; BARBOSA, 2011). Diferente dos

resultados encontrados no presente trabalho onde foi possível observar a ação deterrente dos óleos essenciais estudados.

Em contrapartida, trabalhos envolvendo outros produtos à base de extratos de plantas demonstraram que, assim como apresentado no presente trabalho, os bioinseticidas podem ter efeito sobre a oviposição, como por exemplo, o Natuneem[®] e o NeemPro[®], inseticidas botânicos comerciais à base de óleo de nim (*A. indica*), que reduziram o número de ovos depositados por *N. elegantalis* quando comparados à testemunha com índices de preferência para oviposição negativos de -61,83 e -44,07%, respectivamente (FRANÇA et al., 2009). Valores negativos para os índices de preferência a oviposição também foram obtidos nos resultados deste trabalho, para os três óleos essenciais em suas três concentrações.

O efeito deterrente para a oviposição de produtos naturais sobre lepidópteros tem sido relatado em algumas investigações. Extratos metanólicos de sementes de *Azadirachta indica* e de *Melia azedarach* L. (Meliaceae) reduziram a oviposição de *Earias vittella* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae) (GAJMER et al., 2002). Extratos de *M. azedarach* e de *A. indica* também reduziram, significativamente, o número de ovos de *P. xylostella* em repolho e couve, respectivamente (CHARLESTON et al., 2005; MEDEIROS et al., 2005). Pode-se inferir que existe especificidade dos princípios ativos nos insetos favorecendo diferentes respostas (LARA, 1991).

De forma geral, a concentração de 0,1% foi considerada satisfatória para uso dos óleos essenciais de alecrim-pimenta e citronela e a concentração 0,5% para o óleo de capim-santo, pois nessas menores proporções reduziram significativamente a oviposição de *N. elegantalis* em frutos de jiló, podendo assim seguirem para testes em campo e, possível indicação para o uso em programas de manejo dessa espécie-praga.

Os resultados obtidos no presente estudo abrem perspectivas para o manejo de *N. elegantalis* em culturas Solanaceae severamente atacadas por essa praga. A deterrência afetará o comportamento das mariposas, impedindo a oviposição e, deste modo, espera-se redução significativa das perdas, com benefícios econômicos para o produtor.

O estudo de produtos derivados de plantas vem se desenvolvendo ao longo das últimas décadas. A comercialização de inseticidas botânicos tem aumentado consideravelmente e, nesse contexto, o estudo traz informações promissoras. Os inseticidas botânicos serão fundamentais para o sucesso da agricultura em países em desenvolvimento e regiões tropicais, devido à grande diversidade de plantas (ISMAN, 2020).

2.5 Conclusões

Os óleos essenciais de alecrim-pimenta, capim-santo e citronela reduziram a oviposição de fêmeas de *Neoleucinodes elegantalis* em frutos de jiló tratados com as concentrações (0,1; 0,5 e 1,0%).

Observou-se deterrência nas três concentrações dos óleos essenciais com destaque para alecrim-pimenta e capim-santo, que demonstraram redução elevada na oviposição com -96,52% e -83,58% na concentração de 1,0%, respectivamente e -74,78% e -80,70% na concentração de 0,5%, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ABBASZADEH, G.; SRIVASTAVA, C.; WALIA, S. Insecticidal and antifeedant activities of clerodane diterpenoids isolated from the Indian bhant tree, *Clerodendron infortunatum*, against the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. **Journal of Insect Science**, v. 14, n. 1, 2014.
- ADEKUNLE, A. A. Antifungal property of the crude extract of *Brachystegia eurycoma* and *Richardia brasiliensis*. **Nigerian Journal of Natural Products and Medicine**, v. 4, p. 70-72, 2000.
- ALVES, S. D.; CARVALHO, G. A.; OLIVEIRA, D. F.; CORRÊA, A. D. Screening of Brazilian plant extracts as candidates for the control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Colombiana de Entomología**, v. 44, n. 1, p. 32-38, 2018.
- BADJI, C. A.; EIRAS, A. E.; CABRERA, A.; JAFFE, K. Avaliação do feromônio sexual de *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (Lepidoptera: Crambidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 2, p. 221-229, 2003.
- BARBOSA, F. S. **Resistência genética do tomateiro e potencial de extratos de plantas espontâneas no controle alternativo de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Crambidae)**. 2011. 72 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.
- BENELLI, G.; CANALE, A.; TONIOLO, C.; HIGUCHI, A.; MURUGAN, K.; PAVELA, R.; NICOLETTI, M. Neem (*Azadirachta indica*): towards the ideal insecticide? **Natural Product Research**, v. 31, n. 4, p. 369-386, 2016.
- BRICARELLO, P. A.; de BARROS, G. P.; SEUGLING, J.; PODESTA, R.; VELERINHO, M. B.; MAZZARINO, L. Ovicidal, larvicidal and oviposition repelling action of a nanoemulsion of citronella essential oil (*Cymbopogon winterianus*) on *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 24, n. 3, p. 724-730, 2021.
- CABRERA, A.; EIRAS, A. E.; GRIES, G.; GRIES, R.; URDANETA, N.; MIRÁS, B.; BADJI, C.; JAFFE, K. Sex pheromone of tomato fruit borer, *Neoleucinodes elegantalis*. **Journal of Chemical Ecology**, v. 27, n. 10, p. 2097-2107, 2001.
- CAVALCANTI, S.C. H; NICULAU, E. S.; BLANK, A. F.; CÂMARA, C. A. G.; ARAÚJO, I. N.; ALVES, P. B. Composition and acaricidal activity of *Lippia sidoides* essential oil against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). **Bioresource Technology**, v. 101, p. 829-832, 2010.
- CHARLESTON, D. S.; KFIR, R.; VET, L. E. M.; DICKE, M. Behavioural responses of diamondback moth *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) to extracts derived from *Melia azedarach* and *Azadirachta indica*. **Bulletin of Entomological Research**, v. 95, n. 5, p. 457-465, 2005.

- EIRAS, A.E.; BLACKMER, J.L. Eclosion time and larval behavior of the tomato fruit borer, *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae). **Scientia Agricola**, v. 60, p. 195-197, 2003.
- FENEMORE, P. G. Oviposition of potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zell. (Lepidoptera: Gelechiidae); identification of host-plant factors influencing oviposition response. **New Zealand Journal of Zoology**, v. 7, n. 3, p. 435-439, 1980.
- FILGUEIRAS, R. M. C.; PASTORI, P. L.; PEREIRA, F. F.; COUTINHO, C. R.; KASSAB, S. O.; BEZERRA, L. C. M. Agronomical indicators and incidence of insect borers of tomato fruits protected with non-woven fabric bags. **Ciência Rural**, v. 47, n. 6, p. 1-6, 2017.
- FOSTER, A. S. P.; HARRIS, M. O. Behavioral manipulation methods for insect pest-management. **Annual Review of Entomology**, v. 42, n. 1, p. 123-146, 1997.
- FRANÇA, S. M.; OLIVEIRA, J. V.; OLIVREIRA, C. D.; PIKANÇO, M. C.; LÔBO, A. P. Efeitos ovicida e repelente de inseticidas botânicos e sintéticos em *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae). **Boletín de Sanidad Vegetal Plagas**, v. 35, p. 649-655, 2009.
- FRAGOSO, D. F. M; TÚLER, A. C.; PRATISSOLI, D.; CARVALHO, J. R.; VALBON, W. R.; QUEIROZ, V. T.; PINHEIRO, P. F.; COSTA, A. V.; BUENO, R. C. O. F. Biological activity of plant extracts on the small tomato borer *Neoleucinodes elegantalis*, an important pest in the Neotropical region. **Crop Protection**, v. 145, p. 105606, 2021.
- GAHUKAR, R. T. Management of pests and diseases of important tropical/subtropical medicinal and aromatic plants: A review. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 9, p. 1-18, 2018.
- GAHUKAR, R. T. Use of plant-derived products to control household and structural arthropod pests. **International Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 6, n. 2, p. 22-28. 2017.
- GAHUKAR, R. T. Plant-derived products in crop protection: effects of various application methods on pests and diseases. **Phytoparasitica**, v. 44, n. 3, p. 379-391. 2016.
- GAJMER, T.; SINGH, R.; SAINI, R. K.; KALIDHAR, S. B. Effect of methanolic extracts of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) and bakain (*Melia azedarach* L) seeds on oviposition and egg hatching of *Earias vittella* (Fab.) (Lep., Noctuidae). **Journal of applied Entomology**, v. 126, n. 5, p. 238-243, 2002.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.
- GUEDES, R. N. C.; WALSE, S. S.; THRONE, J. E. Sublethal exposure, insecticide resistance, and community stress. **Current Opinion in Insect Science**, v. 21, p. 47-53, 2017.

IBRAHIM, M. A.; NISSINEN, A.; HOLOPAINEN, J. K. Response of *Plutella xylostella* and its parasitoid *Cotesia plutellae* to volatile compounds. **Journal of Chemical Ecology**, v. 31, n. 9, p. 1969-1984, 2005.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 45-66, 2006.

ISMAN, M. B. Commercial development of plant essential oils and their constituents as active ingredients in bioinsecticides. **Phytochemistry Reviews**, v. 19, n. 2, p. 235-241, 2020.

KIMUTAI, A.; NGEYWA, M.; NJAGI, P. G. N.; MULAA, M.; INGONGA, J.; NYAMWAMU, L. B.; OMBAT, C.; NGUMBI, P. Effects of essential oils of lemon grass, *Cymbopogon citratus* and the Mexican marigold, *Tagetes minuta* on mortality and oviposition in adult sandflies, *Phlebotomus duboscqi*. **International Journal of Biomedical Research**, v. 6, n. 9, p. 679-88, 2015.

KŁYŚ, M.; MALEJKY, N.; NOWAK-CHMURA, M. The repellent effect of plants and their active substances against the beetle storage pests. **Journal of Stored Products Research**, v. 74, p. 66-77, 2017.

LARA, F. M. **Princípios de resistência de plantas aos insetos**. São Paulo: Ícone, 1991. 336 p.

LIMA, M. F.; BOIÇA JÚNIOR, A. L.; SOUZA, R. S. Efeito de inseticidas no controle da broca pequena *Neoleucinodes elegantalis* na cultura do tomateiro. **Ecossistema**, v. 26, n. 1, 2001.

LYRA NETTO, A. M. C.; LIMA, A. A. F. Infestação de cultivares de tomateiro por *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Pyralidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 213-219, 1998.

MARTINELLI, S.; MONTAGNA, M. A.; PICINATO, N. C.; SILVA, F.; FERNANDES, O. A. Eficácia do indoxacarb para o controle de pragas em hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 21, p. 501-505, 2003.

MEDEIROS, C. A. M.; BOIÇA JUNIOR, A. L.; TORRES, A. L. Effect of plants aqueous extracts on oviposition of the diamondback, in kale. **Bragantia**, v. 64, p. 227-232, 2005.

MELO, C. R.; PICANÇO, M. C.; SANTOS, A. A.; SANTOS, I. B.; PIMENTEL, M. F.; SANTOS, A. C.; BLANK, A. F.; ARAÚJO, A. P. A.; CRISTALDO, P. F.; BACCI, L. Toxicity of essential oils of *Lippia gracilis* chemotypes and their major compounds on *Diaphania hyalinata* and non-target species. **Crop Protection**, v. 104, p. 47-51, 2018.

MELO, D. F.; BESTETE, L. R.; MINAS, R. S. de; SALOMÃO, K. P. de O. S.; SANTOS, F. M. dos. Broca-pequena-do-fruto (*Neoleucinodes elegantalis*). In: MINAS, R. S. de; RONDELLI, V. M.; MELO, D. F.; OLIVEIRA, C. M. R.; BESTETE, L. R. **Solanáceas: Abordagem das principais culturas e suas pragas**. Brasília: Kiron, 2013. p. 125-144.

NUNES, M. U. C.; LEAL, M. L. S. Efeitos da aplicação de biofertilizante e outros produtos químicos e biológicos, no controle da broca pequena do fruto e na produção do tomateiro

tutorado em duas épocas de cultivo e dois sistemas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 53-59, 2001.

OLIVERO-VERBEL, J.; CABALLERO-GALLARDO, K.; JARAMILLO-COLORADO, B.; STASHENKO, E. Actividad repelente de los aceites esenciales de *Lippia origanoides*, *Citrus sinensis* y *Cymbopogon nardus* cultivadas en Colombia frente a *Tribolium castaneum*, Herbst. **Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud**, v. 41, n. 3, p. 244-250, 2009.

PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 12, p. 1000-1007, 2016.

PICANÇO, M. C.; BACCI, L.; CRESPO, A. L. B.; MIRANDA, M. M. M.; MARTINS, J. C. Effect of integrated pest management practices on tomato production and conservation of natural enemies. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 9, n. 4, p. 327-335, 2007.

PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico de Pragas e Doenças**. São Paulo: Expressão Popular, 2017. 144p.

REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J. T. Essential oil in insect control: Low risk products in a high-state world. **Annual Review Entomology**, v. 57, p. 405-424, 2012.

RENWICK, J. A. A.; CHEW, F. S. Oviposition behavior in Lepidoptera. **Annual Review of Entomology**, v. 39, n. 1, p. 377-400, 1994.

RODRIGUES FILHO, I. L.; MARCHIORI, L. C.; SILVA, L. V. Controle da broca pequena do tomate através do ensacamento de pencas do tomateiro: alternativa viável para a agricultura orgânica. **A Lavoura**, v. 103, n. 635, p. 44-45, 2000.

SANGHA, J. S.; ASTATKIE, T.; CUTLER, G. C. Ovicidal, larvicidal, and behavioural effects of some plant essential oils on diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **The Canadian Entomologist**, v. 149, p. 639-648, 2017.

SANTOS, A. S.; ALVES, S. D. M.; FIGUEIREDO, F. J. C.; ROCHA NETO, O. G. Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório. **Embrapa Amazônia Oriental-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2004.

SOARES, B. V.; TAVARES-DIAS, M. Espécies de *Lippia* (Verbenaceae), seu potencial bioativo e importância na medicina veterinária e aquicultura. **Biota Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 109-123, 2013.

TEAM, R. Core. R: A language and environment for statistical computing (Version 3.6. 1) [Computer software]. R Foundation for Statistical Computing. **Vienna, Austria**, 2019.

TOLEDO, A. A. Contribuição para o estudo da *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854), praga do tomate. **O Biológico**, v. 14, p. 103-108, 1948.

VITE-VALLEJO, O.; BARAJAS-FERNÁNDEZ, M. G.; SAAVEDRA-AGUILAR, M.; CARDOSO-TAKETA, A. Insecticidal effects of ethanolic extracts of *Chenopodium*

ambrosioides, *Piper nigrum*, *Thymus vulgaris*, and *Origanum vulgare* against *Bemisia tabaci*. **Southwestern Entomologist**, v. 43, n. 2, p. 383-394, 2018.

ZUCCHI, R. A.; SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O. **Guia de identificação de pragas agrícolas**. Piracicaba: FEALQ, 1993.

3 SELETIVIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE *Trichogramma pretiosum* (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) PARASITANDO OVOS DO HOSPEDEIRO ALTERNATIVO *Anagasta kuehniella* (LEPIDOPTERA: PYRALIDAE)

RESUMO

A seletividade de produtos fitossanitários é de fundamental importância para harmonizar o uso de agentes biológicos e de substâncias químicas sintéticas ou inseticidas botânicos. O objetivo do trabalho foi avaliar a seletividade de três óleos essenciais: alecrim-pimenta *Lippia origanoides* Hunth. (Verbenaceae), capim-santo *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. (Poaceae) e citronela *Cymbopogon winterianus* Jowitt (Poaceae), em diferentes concentrações (0,1; 0,5; e 1,0%) sobre *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Os bioensaios foram implantados em delineamento inteiramente casualizado. Utilizou-se 30 ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) por cartela, sendo essas imersas por 5 segundos nos tratamentos, avaliando-se o parasitismo, a emergência e a razão sexual da geração F1 em pré e pós-parasitismo (quando ovos parasitados foram imersos considerando os estágios de ovo, larva e pupa do parasitoide). Os óleos foram classificados quanto a sua toxicidade conforme índices propostos pela IOBC/WPRS. Os três óleos mostraram-se nocivos afetando o parasitismo (%), nas concentrações de 0,5 e 1,0%. O óleo de alecrim-pimenta foi nocivo para a emergência (%) de *T. pretiosum* para os estágios de ovo e pupa na concentração de 1,0%, o de capim-santo para o estágio de pupa (1,0%) e o de citronela para os estágios de ovo (0,5 e 1,0%) e de pupa (1,0%). Alecrim-pimenta no estágio de larva (0,1%), capim-santo no estágio de ovo (0,5%) e larva (todas as concentrações) e citronela nos estágios de ovo (0,1%) e de larva (0,5 e 1,0%) foram levemente nocivos. Os óleos de alecrim-pimenta e capim-santo foram inócuos para os estágios de ovo e pupa (0,1%) e o de citronela para os estágios de larva e pupa (0,1%). O óleo de citronela, quando aplicado no estágio de larva, nas concentrações 0,5 e 1,0% promoveu aumento no número de fêmeas. Os óleos essenciais de alecrim-pimenta, capim-santo e citronela promoveram efeito nocivo no parasitismo e na emergência de *T. pretiosum* quando aplicados nas concentrações 0,5 e 1,0%, principalmente nos estágios de ovo e pupa. Houve alteração na razão sexual dos parasitoides somente para o tratamento com o óleo essencial de citronela aplicado no estágio de larva.

Palavras-chave: Inseticidas botânicos; parasitoide de ovos; seletividade.

ABSTRACT

The selectivity of phytosanitary products is of fundamental importance to harmonize the use of biological control agents and synthetic chemical substances or botanical insecticides. The objective of this work was to evaluate the selectivity of three essential oils: rosemary-pepper *Lippia organoides* Hunth. (Verbenaceae), lemongrass *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. (Poaceae) and citronella *Cymbopogon winterianus* Jowitt (Poaceae), at different concentrations (0.1, 0.5, and 1.0%) on *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). The bioassays were implemented in a completely randomized design. We used 30 eggs of *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) per card, which were immersed for 5 seconds in the treatments, evaluating parasitism, emergence and sex ratio of the F1 generation in pre and post-parasitism (when parasitized eggs were immersed considering the egg, larva and pupa stages of the parasitoid). The oils were classified according to their toxicity according to indices proposed by the IOBC/WPRS. The three oils were shown to be harmful, affecting parasitism (%), at concentrations of 0.5 and 1.0%. The rosemary-pimenta oil was harmful to the emergence (%) of *T. pretiosum* for the egg and pupal stages at a concentration of 1.0%, the lemongrass oil for the pupa stage (1.0%) and citronella for the egg (0.5 and 1.0%) and pupal (1.0%) stages. Rosemary-pepper in the larval stage (0.1%), lemongrass in the egg stage (0.5%) and larvae (all concentrations) and citronella in the egg (0.1%) and larval stages (0.5 and 1.0%) were mildly harmful. Rosemary-pimenta and lemongrass oils were innocuous for the egg and pupa stages (0.1%) and citronella for the larvae and pupae stages (0.1%). The citronella oil, when applied in the larval stage, at concentrations of 0.5 and 1.0% promoted an increase in the number of females. Rosemary-pimenta, lemongrass and citronella essential oils promoted a harmful effect on parasitism and emergence of *T. pretiosum* when applied at concentrations of 0.5 and 1.0%, mainly in the egg and pupal stages. There was a change in the sex ratio of the parasitoids only for the treatment with citronella essential oil applied in the larval stage.

Keywords: Botanical insecticides; egg parasitoid; selectivity.

3.1 Introdução

No Manejo Integrado de Pragas (MIP), a seletividade de produtos fitossanitários é de fundamental importância para harmonizar o uso de agentes do controle biológico e de substâncias químicas sintéticas (controle químico), defensivos naturais ou inseticidas botânicos (controle alternativo), aumentando assim, a eficiência do controle do artrópode-praga alvo (VAN LENTEREN; BUENO, 2003). Considerando os preceitos do MIP, principalmente àqueles relativos à redução do impacto ambiental, o uso integrado de inseticidas botânicos por meio de pulverizações com óleos essenciais, associado ao controle biológico com liberações de inimigos naturais, poderia ser uma alternativa tecnicamente viável e ambientalmente adequada para o controle de pragas (KOGAN; BAJWA, 1999; ERCAN et al., 2013; PRIMAVESI, 2017).

Entre os inseticidas botânicos, os óleos essenciais destacam-se com uma gama de infoquímicos, como alcaloides, compostos fenólicos e terpenos (GAHUKAR, 2017, 2018), que podem atuar sobre múltiplos sítios de ação e expressar características biocidas, repelentes e/ou antifedantes sobre artrópodes-praga, reduzindo o percentual de indivíduos resistentes em uma população e, possivelmente, apresentando certa seletividade a organismos benéficos, como os parasitoides (REGNAULT-ROGER et al., 2012; ISMAN; GRIENEISEN, 2014; BASKAR et al., 2017; GAO et al., 2018; VITE-VALLEJO et al., 2018).

Diante do potencial dos óleos essenciais, estudos têm buscado mostrar os possíveis efeitos que estes produtos podem causar sobre inimigos naturais utilizados no controle biológico (BESTETE et al., 2011; ERCAN et al., 2013; ISMAN; GRIENEISEN, 2014). Os óleos essenciais de *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae) e de *Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae) foram seletivos às fêmeas de *Trissolcus basalis* Wollaston (Hymenoptera: Scelionidae) (GONZÁLEZ et al., 2013), não afetando o comportamento do parasitoide em testes de contato e fumigação. Enquanto o óleo essencial da árvore-chá *Leptospermum petersonii* (F. M. Bailey) (Myrtaceae) contendo os compostos majoritários citral e citronelal, foram seletivos aos adultos de *T. pretiosum* (HEATHER; HASSAN, 2012).

Constatou-se ainda que os óleos essenciais de alecrim-pimenta (*L. origanoides*), citronela (*C. winterianus*) e capim-santo (*C. citratus*), pulverizados sobre ovos de *S. frugiperda*, também apresentaram grau de seletividade sobre o parasitismo de *T. pretiosum* (SOMBRA et al., 2022). Estes estudos reforçam a importância e a viabilidade de se integrar o controle biológico com o alternativo, potencializando resultados satisfatórios, objetivando reduzir perdas e elevar a produtividade das culturas (TAVARES et al., 2009; HEATHER;

HASSAN, 2012). No entanto, nem sempre os inseticidas botânicos têm apresentado seletividade aos inimigos naturais, podendo variar dependendo da concentração do princípio ativo e do estágio de desenvolvimento do inseto benéfico (SILVA; MARTINEZ, 2004; BAHLAI et al., 2010).

Este é o caso dos defensivos alternativos à base de neem, o qual vem sendo amplamente utilizado em sistemas orgânicos, contudo, alguns trabalhos têm demonstrado seu impacto negativo em diversas espécies de inimigos naturais (COSME; CARVALHO; MOURA, 2007; VENZON et al., 2007). O óleo de neem, *A. indica*, não se mostrou seletivo à *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) (CALDEIRA, 2019). O óleo essencial de *Prangos ferulacea* L. (Umbelliferae), mostrou-se nocivo a diferentes estágios de vida de *Trichogramma embryophagum* Htg. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (ERCAN et al., 2013). Essa inconstância, devido a diferença na composição dos óleos essenciais, implica na necessidade de se conhecer melhor os efeitos dos bioinseticidas de origem vegetal em organismos não-alvo, a fim de harmonizar, de maneira confiável, a liberação de parasitoides e a aplicação de produtos alternativos.

Normalmente os bioensaios de seletividade sobre *Trichogramma* spp. são conduzidos utilizando-se o hospedeiro alternativo, *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) (PAIVA et al., 2018; 2020) e, para padronizar os testes de seletividade, a International Organization for Biological Control of Noxious Plants and Animals/ West Palearctic Region Section (IOBC/WPRS) desenvolveu um protocolo padrão, que visa avaliar o grau de toxicidade e o impacto que os produtos causam sobre *Trichogramma* spp. (STERK et al., 1999). No entanto, embora os padrões IOBC/WPRS nos permitam comparar estudos de diversos pesquisadores, realizados em todo o mundo, os diferentes métodos de exposição (imersão, pulverização em Torre de Potter, por pulverizador ou borrifador) utilizados, podem ser inconsistentes (PAIVA et al., 2020).

Conhecer a existência, ou a inexistência, da seletividade de diferentes óleos essenciais com potencial inseticida, repelente ou fagoinibidor, sobre a eficiência no parasitismo de *T. pretiosum*, pode viabilizar a integração entre controle biológico e alternativo, e orientar liberações e pulverizações sistemáticas, melhorando o manejo de lepidópteros-praga (MAGALHÃES et al., 2012; MASSAROLI et al., 2014; LAURENTIS et al., 2019). Diante disto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito dos óleos com suas diferentes concentrações sobre o pré-parasitismo e sobre os estágios de desenvolvimento (ovo, larva e pupa) de *T. pretiosum*, utilizando o método de exposição por imersão.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Local de realização dos bioensaios

As criações e os bioensaios foram realizados em sala climatizada (25 ± 3 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 12 h) no Laboratório de Entomologia Aplicada (LEA) (Fortaleza, Ceará, Brasil).

3.2.2 Criação de Anagasta kuehniella

O hospedeiro alternativo *A. kuehniella* foi mantido em bandejas plásticas (30 x 22 x 10 cm) em dieta à base de 1 Kg de farinha de trigo integral (97%) e levedura de cerveja (3%), de acordo com a metodologia proposta por Parra e Zucchi (1997) e adaptada para as condições do LEA-UFC. Cerca de 0,4 gramas de ovos da mariposa foram distribuídos aleatoriamente em cada bandeja. Diariamente os adultos foram coletados com aspirador de pó adaptado e acondicionados em gaiolas de PVC (15 de diâmetro x 25 cm de altura) com as extremidades fechadas com tecido do tipo voil. Uma placa de Petri (18,5 x 3,0 cm) foi inserida na base para deposição dos ovos. Diariamente foi realizada coleta de ovos, sendo uma parte utilizada para manutenção da criação e outra para multiplicação de *T. pretiosum*. Todo material foi acondicionado em sala sob condições controladas (25 ± 3 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 12 h).

3.2.3 Criação e manutenção de Trichogramma pretiosum

A criação de *T. pretiosum* seguiu modelo descrito por Stein e Parra (1987), sendo mantida em ovos do hospedeiro alternativo *A. kuehniella*, que foram coletados na criação mantida no LEA-UFC e colados em cartelas de cartolina de cor azul celeste (5,0 x 2,0 cm) usando goma arábica diluída em água (10%). Posteriormente as cartelas contendo os ovos foram submetidas ao processo de inviabilização por exposição a luz germicida ultravioleta por um período de 50 minutos (distância de 15 cm da fonte de luz). As cartelas foram colocadas em tubos de vidro de fundo chato (100 x 25 mm) contendo adultos de *T. pretiosum*, expondo os ovos ao parasitismo por 48 horas. Após esse período, as cartelas contendo ovos parasitados foram individualizadas em tubos de vidro de fundo chato (100 x 25 mm), fechados com filme plástico PVC e mantidos em sala sob condições controladas, até a emergência dos adultos. Os

adultos de *T. pretiosum* foram alimentados com uma gotícula de mel puro pincelada na parede interna dos tubos.

3.2.4 Bioensaio de seletividade ao parasitismo

Os bioensaios foram implantados em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 20 repetições, onde avaliou-se a seletividade dos óleos essenciais de alecrim-pimenta *L. origanoides*, citronela *C. winterianus* e capim-santo *C. citratus*, sobre a eficiência de parasitismo em ovos do hospedeiro alternativo *A. kuehniella*, nas concentrações de 0,1; 0,5 e 1,0% de óleo essencial, dissolvidos em água destilada com detergente neutro na proporção de 1:1. O controle consistiu de uma solução de detergente neutro à 1,0% em água destilada.

3.2.4.1 Efeito dos óleos sobre o pré-parasitismo

A seletividade sobre a eficiência de parasitismo de *T. pretiosum* foi avaliada utilizando ovos de *A. kuehniella* com no máximo 24 horas, coletados na criação mantida no LEA-UFC e colados com auxílio de microscópio estereoscópico e pincel de pelos finos de forma equidistante em cartelas de cartolina azul celeste (5,0 x 2,0 cm), utilizando solução de goma arábica à 10%. As cartelas contendo os ovos foram submetidas ao processo de inviabilização por exposição a luz germicida ultravioleta, durante um período de 50 minutos (distância de 15 cm da fonte de luz). Após esse período, as cartelas, contendo 30 ovos, foram imersas por 5 segundos nas soluções dos óleos essenciais e então mantidas em temperatura ambiente até secarem. As cartelas tratadas foram fornecidas individualmente a uma única fêmea de *T. pretiosum* com até 24 horas de idade, previamente individualizada em tubos de vidro de fundo chato (100 x 25 mm), contendo uma gotícula de mel para alimentação do parasitoide. Os tubos foram fechados com plástico filme PVC[®], permitindo o parasitismo por até 24 horas. Após esse período, as fêmeas foram eliminadas e as cartelas com ovos, potencialmente parasitados, permaneceram nos tubos até a emergência dos adultos parasitoides.

3.2.4.2 Efeito sobre os estágios imaturos do parasitoide

Cartelas contendo 30 ovos de *A. kuehniella* com no máximo 24h, foram submetidas ao processo de inviabilização, e em seguida, oferecidas à uma fêmea de *T.*

pretiosum com até 24 h de idade previamente individualizada em tubos de vidro do fundo chato (100 x 25 mm), contendo uma gotícula de mel pincelada na parede interna do tubo e devidamente fechado com filme plástico PVC[®], permitindo-se o parasitismo por até 24 horas. Passado esse período, as fêmeas foram retiradas e as cartelas mantidas nos tubos de vidro sob condições controladas (25 ± 3 °C, $70 \pm 10\%$ de UR e fotofase de 12 h). Neste bioensaio, os ovos do hospedeiro alternativo contendo cada estágio de desenvolvimento de *T. pretiosum*, foram imersos nos diferentes tratamentos inclusive no controle, conforme os seguintes intervalos: ovo, 0 - 24 horas; larva, 72 - 96 horas e pupa, 168 - 192 horas após o parasitismo. As cartelas foram imersas por 5 segundos nas soluções e, mantidas em temperatura ambiente até a secagem quando então foram colocadas em tubos de vidro (100 x 25 cm), onde permaneceram até a possível emergência de adultos parasitoides.

3.2.4.3 Parâmetros avaliados

Foram avaliados:

A porcentagem de parasitismo (bioensaio de pré-parasitismo), calculada pela fórmula:

$$PP = \frac{\text{N}^\circ \text{ de ovos parasitados}}{\text{N}^\circ \text{ total de ovos}} \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

A porcentagem de emergência, calculada pela fórmula:

$$PE = \frac{\text{N}^\circ \text{ de ovos escuros com orifício}}{\text{N}^\circ \text{ total de ovos parasitados}} \times 100 \quad (\text{Equação 2})$$

A razão sexual, calculada pela fórmula:

$$RS = \frac{\text{N}^\circ \text{ de fêmeas emergidas}}{(\text{N}^\circ \text{ de fêmeas} + \text{N}^\circ \text{ de machos})} \quad (\text{Equação 3})$$

A porcentagem de redução, calculada usando a fórmula:

$$PR = 1 - \left(\frac{R_t}{R_c} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

onde, R_t é o valor médio de emergência para o tratamento e R_c é a emergência média do tratamento controle.

A toxicidade dos óleos foi classificada baseando-se na proposta da ‘International Organization for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants/West Palearctic Regional Section (IOBC/WPRS)’ (IOBC, 2000) sendo: classe 1= inócuo (redução de <30%), classe 2= levemente nocivo (redução de 30 a 80%), classe 3= moderadamente nocivo (> 80 a 99 % de redução) e classe 4= nocivo (> 99% de redução na porcentagem de emergência).

3.2.5 Análises estatísticas

Os dados de porcentagem de parasitismo, porcentagem de emergência e razão sexual foram submetidos aos testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e de homogeneidade (Bartlett) de variâncias. Como os dados não seguiram distribuição normal, foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e comparados pelo teste de Bonferroni a 5% de significância ($p \leq 0,05$). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o Software R Version 3.6.1 (TEAM, 2019).

3.3 Resultados

3.3.1 Seletividade ao parasitismo por *T. pretiosum*

A exposição prévia dos ovos de *A. kuehniella* aos tratamentos com óleos essenciais reduziu drasticamente as taxas de parasitismo por *T. pretiosum* (Tabela 3). Os óleos essenciais de alecrim-pimenta, capim-santo e citronela, apresentaram taxas médias de parasitismo de 3,8; 16,3 e 5,8% na menor concentração (0,1%), respectivamente, diferindo dos controles, que apresentaram porcentagem média de parasitismo de 84,6; 62,0 e 71,6% ($X^2_{(19)} = 73,59$, $p < 0,00$; $X^2_{(19)} = 47,51$, $p < 0,00$; $X^2_{(19)} = 55,17$, $p < 0,00$), respectivamente (Tabela 3). Nas demais concentrações não houve parasitismo (Tabela 3).

As taxas de emergência do parasitoide, na menor concentração (0,1%), apresentaram-se com média de 5,0; 16,0 e 7,9% para o óleo essencial de alecrim-pimenta, capim-santo e citronela, respectivamente (Tabela 3). Esses valores diferem dos controles, que apresentaram porcentagens médias de 92,0; 77,4 e 82,7% ($X^2_{(19)} = 70,37$, $p < 0,00$; $X^2_{(19)} = 51,08$, $p < 0,00$; $X^2_{(19)} = 56,55$, $p < 0,00$), respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3 - Parasitismo (%) e emergência (%) de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) tratados, antes da oferta às fêmeas (pré-parasitismo), com diferentes concentrações dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia organoides*), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) ou citronela (*C. winterianus*)

Tratamento	Parasitismo ± EP (%)	Emergência ± EP (%)
<i>L. organoides</i>		
Controle	84,60 ± 3,05 a	91,97 ± 2,13 a
0,1%	3,79 ± 3,70 b	5,00 ± 4,87 b
0,5%	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b
1,0%	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b
<i>C. citratus</i>		
Controle	62,00 ± 6,43 a	77,43 ± 7,52 a
0,1%	16,28 ± 6,57 b	15,98 ± 6,57 b
0,5%	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b
1,0%	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b
<i>C. winterianus</i>		
Controle	71,61 ± 6,86 a	82,69 ± 7,81 a
0,1%	5,79 ± 4,37 b	7,92 ± 4,37 b
0,5%	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b
1,0%	0,00 ± 0,00 b	0,00 ± 0,00 b

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Bonferroni ($p < 0,05$).

3.3.2 Susceptibilidade de estágios imaturos de *T. pretiosum*

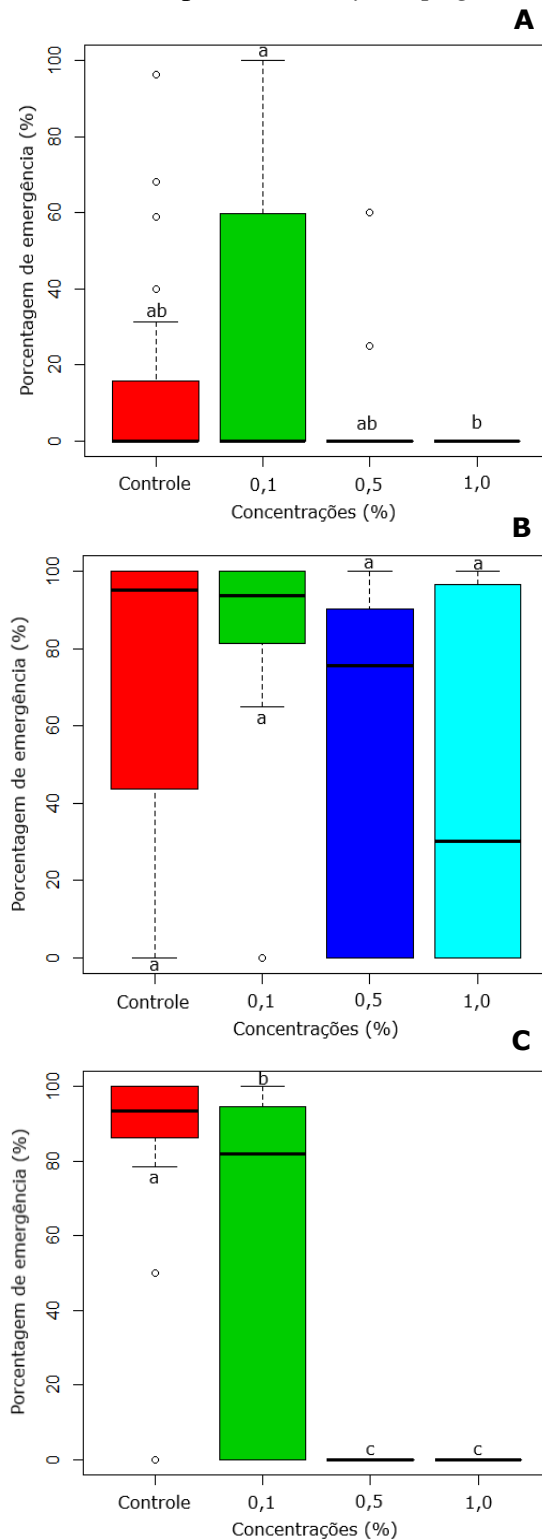
Quando os ovos de *A. kuehniella* foram expostos aos tratamentos contendo a fase de ovo do parasitoide *T. pretiosum* (0 - 24 horas após o parasitismo), as taxas médias de emergência considerando o óleo essencial de alecrim-pimenta, apresentaram diferenças significativas. As três concentrações (0,1; 0,5 e 1,0%) não diferiram do controle ($p > 1,00$, $p > 1,00$, $p > 0,22$, respectivamente), no entanto, as concentrações 0,1 e 1,0% diferiram entre si ($p < 0,04$), observando-se maior porcentagem média de emergência na menor concentração do óleo (24,96%) (Figura 3A). A razão sexual não apresentou diferenças significativas ($X^2_{(19)} = 0,68$, $p > 0,71$).

Para o óleo essencial de capim-santo, as taxas médias de emergência, em todas as concentrações, não diferiram do controle ($X^2_{(19)} = 8,76$; $p > 1,00$, $p > 0,24$ e $p > 0,20$), respectivamente para as concentrações 0,1, 0,5 e 1,0% (Figura 3B). Não houve diferença significativa em relação a razão sexual ($X^2_{(19)} = 7,26$, $p > 0,06$).

A porcentagem média de emergência do parasitoide nos ovos tratados com o óleo essencial de citronela diferiu do controle em todas as concentrações ($X^2_{(19)} = 48,85$, $p < 0,00$) (Figura 3C). Enquanto no controle observou-se 82,97% de emergência, na concentração 0,1%

foi de 54,18% diferindo das concentrações 0,5 e 1,0% ($p < 0,00$), que não diferiram entre si ($p > 1,00$) (Figura 3C). A razão sexual não diferiu entre os tratamentos ($X^2_{(19)} = 2,81$, $p > 0,09$).

Figura 3 - Porcentagem de emergência de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) tratados na fase de ovo do parasitoide, com diferentes concentrações dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia origanoides*) (A), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) (B) ou citronela (*C. winterianus*) (C)



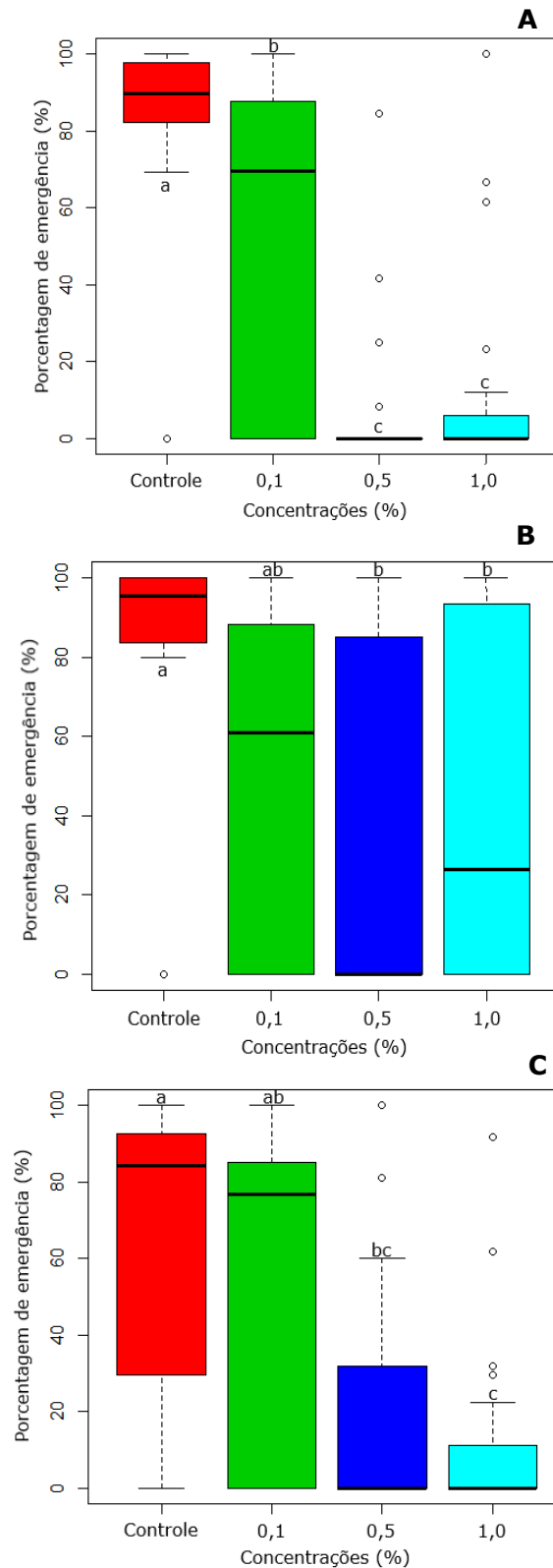
Fonte: elaborado pela autora.

A porcentagem média de emergência de *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella* tratados na fase de larva do parasitoide (72 - 96 horas após o parasitismo), com as concentrações dos óleos essenciais de alecrim-pimenta, apresentou redução significativa em comparação ao controle ($X^2_{(19)} = 35,26$, $p < 0,00$) (Figura 4A). Enquanto no controle, a taxa média foi de 81,11%, nas demais concentrações (0,1; 0,5; 1,0%) as taxas foram de 51,26, 7,98 e 13,16%, respectivamente, não diferindo entre si, nas concentrações 0,5 e 1,0% ($p > 1,00$) (Figura 4A). A razão sexual não diferiu entre os tratamentos ($X^2_{(19)} = 7,69$, $p > 0,05$).

Em relação aos tratamentos com o óleo essencial de capim-santo, apenas a concentração de 0,1% apresentou resultados semelhantes ao controle ($p > 0,05$) e, as três concentrações (0,1; 0,5 e 1,0%) não diferiram entre si ($p > 1,00$), apresentando percentual médio de emergência de 48,46, 32,32 e 43,35%, respectivamente (Figura 4B). A razão sexual não apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($X^2_{(19)} = 6,09$, $p > 0,11$).

Para o óleo essencial de citronela, os resultados demonstraram que apenas a menor concentração (0,1%) apresentou taxa média de emergência semelhante à do controle ($p > 1,00$), com médias de 56,17 e 63,82%, respectivamente. Esta também não deferiu da concentração de 0,5% ($p > 0,06$), mas diferiu da maior concentração ($p < 0,00$) (Figura 4C).

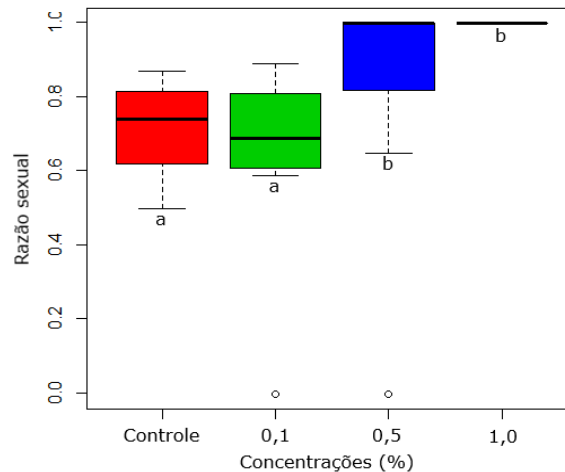
Figura 4 - Porcentagem de emergência de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) tratados na fase de larva do parasitoide, com diferentes concentrações dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia organoides*) (A), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) (B) ou citronela (*C. winterianus*) (C)



Fonte: elaborado pela autora.

Para o óleo essencial de citronela, houveram diferenças significativas na razão sexual sendo que as concentrações 0,5 e 1,0% apresentaram resultados diferentes do controle ($p < 0,03$ e $p < 0,00$, respectivamente) (Figura 5).

Figura 5 - Razão sexual de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) tratados na fase de larva do parasitoide, com diferentes concentrações do óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus*)



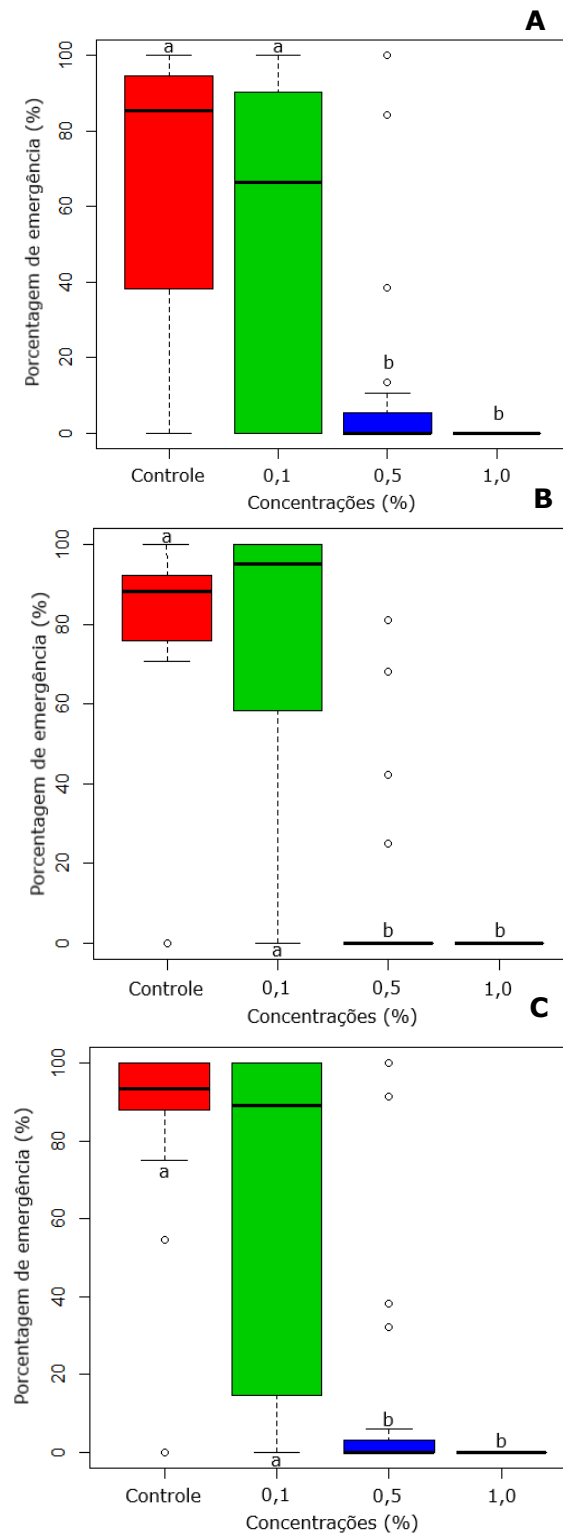
Fonte: elaborado pela autora.

Para os ovos de *A. kuehniella*, expostos aos tratamentos com o óleo essencial de alecrim-pimenta na fase de pupa do parasitoide *T. pretiosum* (168 - 192 horas após o parasitismo), apenas a concentração de 0,1% não diferiu do controle ($X^2_{(19)} = 29,66$, $p > 0,85$) apresentando porcentagem de emergência de 50,48 e 67,17%, respectivamente (Figura 6A). As concentrações 0,5 e 1,0% diferiram do controle e apresentaram semelhanças entre si ($p > 0,71$) (Figura 6A). Para os dados de razão sexual não foram observadas diferenças significativas ($X^2_{(19)} = 0,54$, $p > 0,76$).

Nos tratamentos com o óleo essencial de capim-santo, observou-se que apenas a concentração de 0,1% não diferiu do controle ($X^2_{(19)} = 45,37$, $p > 1,00$) apresentando porcentagem de emergência de 72,60 e 75,37%, respectivamente (Figura 6B). As concentrações 0,5 e 1,0% também apresentaram semelhanças entre si ($p > 1,00$) (Figura 6B). A razão sexual não apresentou diferença entre os tratamentos ($X^2_{(19)} = 2,84$, $p > 0,24$).

Para o óleo essencial de citronela, os resultados demonstraram que apenas a menor concentração (0,1%) apresentou uma taxa média de emergência semelhante à do controle ($p > 0,23$), com médias de 64,32 e 86,89%, respectivamente (Figura 6C). As concentrações 0,5 e 1,0% também apresentaram semelhanças entre si ($p > 0,53$) (Figura 6C). Para a razão sexual não houveram diferenças entre os tratamentos ($X^2_{(19)} = 4,23$, $p > 0,12$).

Figura 6 - Porcentagem de emergência de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) tratados na fase de pupa do parasitoide, com diferentes concentrações dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia origanoides*) (A), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) (B) ou citronela (*C. winterianus*) (C)



Fonte: elaborado pela autora.

Os óleos essenciais de alecrim-pimenta (*L. origanoides*), capim-santo (*C. citratus*) e citronela (*C. winterianus*) não são seletivos, em todas as concentrações (0,1; 0,5 e 1,0%), quando aplicados sobre os ovos do hospedeiro alternativo *A. kuehniella* antes de serem ofertados às fêmeas do parasitoide (pré-parasitismo). Na menor concentração, observou-se redução na emergência de 93,82, 79,91 e 92,84%, respectivamente (Tabela 4), assim, os óleos de alecrim-pimenta e citronela foram classificados como moderadamente nocivos e, o óleo de capim-santo levemente nocivo na menor concentração testada (Tabela 4). Já nas concentrações 0,5 e 1,0%, a redução da emergência foi de 100,00% para os três óleos, classificando-os como nocivos (Tabela 4).

Tabela 4 - Parasitismo (%), emergência (%), redução de emergência (%) de *T. pretiosum* e classificação dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia origanoides*), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) e citronela (*C. winterianus*) quando os ovos do hospedeiro alternativo *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) foram imersos nas caldas dos óleos antes de serem ofertados às fêmeas do parasitoide (pré-parasitismo)

Tratamento	Parasitismo \pm EP (%) ¹	Emergência \pm EP (%) ¹	Redução da emergência (%) ²	Classes IOBC/WPRS ³
<i>L. origanoides</i>				
Controle	84,60 \pm 3,05 a	91,97 \pm 2,13 a	-	-
0,1%	3,79 \pm 3,70 b	5,00 \pm 4,87 b	93,82	3
0,5%	0,00 \pm 0,00 b	0,00 \pm 0,00 b	100,00	4
1,0%	0,00 \pm 0,00 b	0,00 \pm 0,00 b	100,00	4
<i>C. citratus</i>				
Controle	62,00 \pm 6,43 a	77,43 \pm 7,52 a	-	-
0,1%	16,28 \pm 6,57 b	15,98 \pm 7,26 b	79,91	2
0,5%	0,00 \pm 0,00 b	0,00 \pm 0,00 b	100,00	4
1,0%	0,00 \pm 0,00 b	0,00 \pm 0,00 b	100,00	4
<i>C. winterianus</i>				
Controle	71,61 \pm 6,86 a	82,69 \pm 7,81 a	-	-
0,1%	5,79 \pm 4,37 b	7,92 \pm 4,37 b	92,84	3
0,5%	0,00 \pm 0,00 b	0,00 \pm 0,00 b	100,00	4
1,0%	0,00 \pm 0,00 b	0,00 \pm 0,00 b	100,00	4

¹Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Bonferroni ($p < 0,05$).

²Redução da emergência calculada pela fórmula $PR = 1 - (Rt/Rc) \times 100$, em que PR é a porcentagem de redução na emergência, Rt é o valor médio de emergência para o óleo essencial e Rc é a emergência média no tratamento controle (HASSAN et al., 2000).

³Classes IOBC/WPRS: classe 1= inócuo (redução $< 30\%$), classe 2= levemente nocivo (redução de 30–80%), classe 3= moderadamente nocivo (redução $> 80-99\%$), e classe 4= nocivo ($> 99\%$ de redução na porcentagem de emergência) (IOBC, 2000).

Os óleos essenciais de alecrim-pimenta e de capim-santo demonstraram-se seletivos apenas na concentração de 0,1%, quando os ovos do hospedeiro alternativo foram imersos nos tratamentos na fase de ovo do parasitoide (0 - 24 horas após o parasitismo), apresentando redução da emergência de 13,33 e 18,12%, respectivamente, sendo, portanto, classificados como inócuos (Tabela 5). Na concentração de 0,5%, observou-se redução na emergência de 90,00% (moderadamente nocivo) para o óleo de alecrim-pimenta, 74,50% (levemente nocivo) para o de capim-santo e 100,00% (nocivo) para o de citronela (Tabela 4). Na maior concentração testada (1,0%), a redução da emergência foi de 100,00% para os óleos de alecrim-pimenta e de citronela, classificando-os como nocivos e de 84,23% para o óleo de capim-santo, classificando-o como moderadamente nocivo (Tabela 5).

Tabela 5 - Emergência (%), redução de emergência (%) de *T. pretiosum* e classificação dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia organoides*), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) e citronela (*C. winterianus*) quando os ovos do hospedeiro alternativo *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) foram imersos nas caldas dos óleos contendo a fase de ovo do parasitoide (0 – 24 horas após o parasitismo)

Tratamento	Emergência ± EP (%) ¹	Redução da emergência (%) ²	Classes IOBC/WPRS ³
<i>L. organoides</i>			
Controle	14,73 ± 6,25 ab	-	-
0,1%	24,96 ± 8,84 a	13,33	1
0,5%	4,25 ± 3,11 ab	90,00	3
1,0%	0,00 ± 0,00 b	100,00	4
<i>C. citratus</i>			
Controle	72,02 ± 9,35 a	-	-
0,1%	78,46 ± 7,64 a	18,12	1
0,5%	49,03 ± 10,04 a	74,50	2
1,0%	43,89 ± 10,08 a	84,23	3
<i>C. winterianus</i>			
Controle	82,97 ± 6,68 a	-	-
0,1%	54,18 ± 10,04 b	31,77	2
0,5%	0,00 ± 0,00 c	100,00	4
1,0%	0,00 ± 0,0 c	100,00	4

¹Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Bonferroni (P < 0,05).

²Redução da emergência calculada pela fórmula $PR=1-(Rt/Rc)\times 100$, em que PR é a porcentagem de redução na emergência, Rt é o valor médio de emergência para o óleo essencial e Rc é a emergência média no tratamento controle (HASSAN et al., 2000).

³Classes IOBC/WPRS: classe 1= inócuo (redução <30%), classe 2= levemente nocivo (redução de 30–80%), classe 3= moderadamente nocivo (redução >80–99%), e classe 4= nocivo (>99% de redução na porcentagem de emergência) (IOBC, 2000).

Quando os ovos foram expostos aos tratamentos na fase de larva do parasitoide (72 - 96 horas após o parasitismo), o óleo essencial de citronela demonstrou ser seletivo apenas na concentração de 0,1%, apresentando redução de 14,47% na emergência (inócuo) (Tabela 6). Nas concentrações de 0,5 e 1,0%, observou-se redução na emergência de 66,23 e 77,63%, respectivamente, classificando-o como moderadamente nocivo. O óleo essencial de alecrim-pimenta apresentou redução na emergência de 39,02% (levemente nocivo) para concentração de 0,1%, 92,28% para concentração de 0,5% e 83,33% para concentração de 1,0% sendo, nas duas últimas, classificado como moderadamente nocivo (Tabela 6). O óleo essencial de capim-santo, demonstrou ser levemente nocivo nas três concentrações, apresentando redução da emergência de 44,44, 70,00 e 68,52%, respectivamente (Tabela 6).

Tabela 6 - Emergência (%), redução de emergência (%) de *T. pretiosum* e classificação dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia origanoides*), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) e citronela (*C. winterianus*) quando os ovos do hospedeiro alternativo *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) foram imersos nas caldas dos óleos contendo a fase de larva do parasitoide (72 - 96 horas após o parasitismo)

Tratamento	Emergência ± EP (%) ¹	Redução da emergência (%) ²	Classes IOBC/WPRS ³
<i>L. origanoides</i>			
Controle	81,11 ± 6,33 a	-	-
0,1%	51,26 ± 9,24 b	39,02	2
0,5%	7,98 ± 4,56 c	92,28	3
1,0%	13,16 ± 6,21 c	83,33	3
<i>C. citratus</i>			
Controle	80,76 ± 7,71 a	-	-
0,1%	48,46 ± 9,34 ab	44,44	2
0,5%	32,32 ± 9,93 b	70,00	2
1,0%	43,35 ± 10,02 b	68,52	2
<i>C. winterianus</i>			
Controle	63,82 ± 8,54 a	-	-
0,1%	56,17 ± 8,51 ab	14,47	1
0,5%	19,56 ± 6,73 bc	66,23	2
1,0%	11,85 ± 5,43 c	77,63	2

¹Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Bonferroni (P < 0,05).

²Redução da emergência calculada pela fórmula $PR=1-(Rt/Rc)\times 100$, em que PR é a porcentagem de redução na emergência, Rt é o valor médio de emergência para o óleo essencial e Rc é a emergência média no tratamento controle (HASSAN et al., 2000).

³Classes IOBC/WPRS: classe 1= inócuo (redução <30%), classe 2= levemente nocivo (redução de 30–80%), classe 3= moderadamente nocivo (redução >80–99%), e classe 4= nocivo (>99% de redução na porcentagem de emergência) (IOBC, 2000).

Os óleos essenciais de alecrim-pimenta, capim-santo e citronela demonstraram serem seletivos apenas na concentração de 0,1%, quando os ovos foram imersos nos tratamentos na fase de pupa do parasitoide (168 - 192 horas após o parasitismo), apresentando redução na emergência de 21,77, 7,93 e 25,19%, respectivamente, classificando-os como inócuos (Tabela 7). Na concentração de 0,5%, observou-se redução na emergência de 86,35, 85,37 e 84,48%, respectivamente, classificando-os como moderadamente nocivos e, na concentração de 1,0%, a redução da emergência foi de 100,00% para os três óleos, classificando-os como nocivos (Tabela 7).

Tabela 7 - Emergência (%), redução de emergência (%) de *T. pretiosum* e classificação dos óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia origanoides*), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) e citronela (*C. winterianus*) quando os ovos do hospedeiro alternativo *Anagasta kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) foram imersos nas caldas dos óleos contendo a fase de pupa do parasitoide (168 - 192 horas após o parasitismo)

Tratamento	Emergência ± EP (%) ¹	Redução da emergência (%) ²	Classes IOBC/WPRS ³
<i>L. origanoides</i>			
Controle	67,17 ± 8,83 a	-	-
0,1%	50,48 ± 9,59 a	21,77	1
0,5%	12,33 ± 6,29 b	86,35	3
1,0%	0,00 ± 0,00 b	100,00	4
<i>C. citratus</i>			
Controle	75,38 ± 7,31 a	-	-
0,1%	72,60 ± 8,65 a	7,93	1
0,5%	10,81 ± 5,30 b	85,37	3
1,0%	0,00 ± 0,00 b	100,00	4
<i>C. winterianus</i>			
Controle	86,89 ± 5,11 a	-	-
0,1%	64,32 ± 9,18 a	25,19	1
0,5%	13,37 ± 6,57 b	84,48	3
1,0%	0,00 ± 0,00 b	100,00	4

¹Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Bonferroni ($P < 0,05$).

²Redução da emergência calculada pela fórmula $PR=1-(Rt/Rc) \times 100$, em que PR é a porcentagem de redução na emergência, Rt é o valor médio de emergência para o óleo essencial e Rc é a emergência média no tratamento controle (HASSAN et al., 2000).

³Classes IOBC/WPRS: classe 1= inócuo (redução <30%), classe 2= levemente nocivo (redução de 30–80%), classe 3= moderadamente nocivo (redução >80–99%), e classe 4= nocivo (>99% de redução na porcentagem de emergência) (IOBC, 2000).

3.4 Discussão

Os óleos essenciais de alecrim-pimenta (*L. origanoides*), capim-santo (*C. citratus*) e citronela (*C. winterianus*) apresentaram baixo grau de seletividade sobre o parasitismo e a emergência de *T. pretiosum* em ovos de *A. kuehniella* quando aplicados por imersão. Observou-se seletividade apenas na menor concentração (0,1%) e em determinados estágios de desenvolvimento do parasitoide. A seletividade pode ser atribuída à fatores como o desenvolvimento de rotas metabólicas desintoxicantes e a excreção de compostos tóxicos pelos parasitoides (KOUL et al., 2004); além do baixo poder residual dos óleos essenciais, devido a rápida degradação de compostos com potencial inseticida (PINTO-ZEVALLOS et al., 2013), porém essas características só foram observadas no presente trabalho quando os óleos foram utilizados em baixas concentrações. O baixo poder residual pode reduzir o tempo de ação dos óleos essenciais em campo (ISMAN; MIRESMAILLI, 2011; MIRESMAILLI; ISMAN, 2014; MONSREAL-CEBALLOS et al., 2017), permitindo assim a integração de controles, por meio de liberações de *T. pretiosum* antes ou depois de uma aplicação.

As reduções do parasitismo atribuídas aos óleos essenciais de alecrim-pimenta, capim-santo e citronela devem-se principalmente aos seus compostos majoritários, timol (2-isopropil-5-metilfenol) e *p*-cimeno (1-isopropil-4-metilbenzeno); citral (3,7-dimethyl-2,6-octadienal); citronelal (3,7-dimethyloct-6-en-1-al) e geraniol (3,7-dimethyl-2,6-octadien-1-ol), respectivamente (KNAAK et al., 2013; SILVA et al., 2014). Os dois monoterpênicos voláteis, timol e *p*-cimeno, agem na modulação dos receptores de ácido γ -aminobutírico (GABA), presentes no sistema nervoso periférico dos insetos, e na competição pelos receptores nicotínicos de acetilcolina (nAChR), respectivamente (EL-WAKEIL, 2013; CAMPOS et al., 2018). Os compostos citral, citronelal e geraniol, são voláteis com ação repelente que, possivelmente, foram detectados pelos receptores das antenas ou tarsos das fêmeas de *T. pretiosum*, gerando repelência para oviposição (SOMBRA et al., 2022). Esses compostos já tiveram sua repelência constatada sobre hemípteros como *Brevicoryne brassicae* L. (Hemiptera: Aphididae) (RICCI et al., 2002) e *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hemiptera: Aleyrodidae) (DELETRE et al., 2013); coleópteros, como *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae) (OLIVERO-VERBEL et al., 2010) e *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera: Curculionidae) (PEIXOTO et al., 2015); além dos dípteros, *Anopheles gambiae* Giles (Diptera: Culicidae) (NERIO et al., 2010) e *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) (CHAUHAN et al., 2018).

As reduções na taxa de emergência dos adultos de *T. pretiosum*, após a exposição dos ovos parasitados (contendo ovos, larvas ou pupas do parasitoide) com soluções de óleos essenciais, devem-se possivelmente a capacidade que alguns compostos possuem de se difundir através do córion do hospedeiro e interromper o desenvolvimento embrionário do parasitoide (PARREIRA et al., 2018a). O *p*-cimeno presente no óleo essencial de alecrim-pimenta pode ter se difundido pelo córion e agido no sistema nervoso, ocasionando inibição da acetilcolinesterase, como constatado quando foram utilizados os óleos essenciais de *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae) e *Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae) sobre estágios imaturos de *Trissolcus basalus* Wollaston (Hymenoptera: Scelionidae) (EL-WAKEIL, 2013; GONZÁLEZ et al. 2013).

Outro estudo, também com óleos essenciais, mostrou redução da emergência de *T. pretiosum* na geração F1 durante os estágios de pré-pupa e pupa com os óleos essenciais de *C. guianensis*, *O. vulgare* e *Z. officinale* (PARREIRA et al., 2018a). Tal redução pode estar associada à má-formação e mortalidade das larvas, causada pela presença de compostos reguladores de crescimento, tais como: carvacrol e *p*-cimeno, que induz movimentos involuntários, convulsões e paralisia seguido de morte (GONZÁLEZ et al., 2011). Sintomas semelhantes foram observados em imaturos de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) tratados com *C. guianensis* (SILVA et al., 2006) e *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) com *O. vulgare* (GONZÁLEZ et al., 2011).

Os parasitoides, embora estejam mais protegidos dentro do hospedeiro, podem sofrer a ação dos óleos essenciais que tem capacidade de penetrar no ovo e nas fases imaturas ou então, ao permanecerem no interior do ovo hospedeiro, serem ingeridos pelas larvas parasitoides (PARREIRA et al., 2017), reduzindo assim a emergência devido à sua toxicidade, afetando processos associados ao desenvolvimento embrionário (KUMAR et al., 2011; RAMPELOTTI-FERREIRA et al., 2017).

A maioria dos tratamentos não apresentou diferenças significativas na razão sexual, evidenciando que o contato com os três óleos essenciais, não alterou as composições dos ovos de *A. kueniella* como fonte de alimento (PARREIRA et al., 2019), uma vez que mudanças na razão sexual, geralmente, estão associadas à redução da qualidade dos recursos nutricionais do hospedeiro (VIANNA et al., 2009; CORREIA et al., 2013). Houve diferença significativa na razão sexual do parasitoide, apenas no tratamento com o óleo essencial de citronela nas concentrações 0,5 e 1,0%, quando aplicados no estágio de larva do parasitoide. Os efeitos sobre a razão sexual podem ocorrer devido a deformação dos órgãos sexuais durante a metamorfose ou má qualidade do hospedeiro (CORREIA et al., 2013). Neste caso, o

óleo se mostrou mais prejudicial aos machos do que as fêmeas. Considerando a pré-seleção do sexo da prole pelas fêmeas, e o fato de que, neste ensaio, todas as fêmeas foram primariamente expostas às mesmas condições, não se esperava diferença na razão sexual da geração surgida após os tratamentos.

Um estudo semelhante mostrou que a variação na razão sexual durante a fase de pré-pupa da geração F1 de *T. pretiosum* ocorre uma vez que as fêmeas foram mais sensíveis nesta fase biológica à *Azadiractina*, óleo de *Carapa guianensis*, *Origanum vulgare*, *Piper nigrum* e *Syzygium aromaticum*. A razão sexual foi superior a 0,5 nos demais estágios biológicos das gerações F1 e F2 de *T. pretiosum*, sendo aceitável para programas de controle biológico (VIANNA et al., 2009; ALTOÉ et al., 2012).

As principais diferenças entre os três óleos essenciais, devem-se, principalmente, aos mecanismos de ação dos compostos majoritários, que induziram baixa toxicidade nas menores concentrações, alterando a seleção hospedeira e a emergência de *T. pretiosum*, após exposição dos ovos de *A. kuehniella* (EL-WAKEIL, 2013; PINTO-ZEVALLOS et al., 2013; CAMPOS et al., 2018).

3.5 Conclusões

Os óleos essenciais de alecrim-pimenta e de capim-santo, mostraram-se seletivos à *Trichogramma pretiosum* apenas na concentração de 0,1% no estágio de ovo (0 - 24 horas após o parasitismo) e de pupa (168 - 192 horas após o parasitismo). O óleo de citronela, na concentração de 0,1% no estágio larval (72 - 96 horas após o parasitismo) e de pupa.

Houve alteração na razão sexual somente para o tratamento com o óleo essencial de citronela aplicado no estágio de larva do parasitoide, obtendo-se maior ocorrência de fêmeas nas concentrações de 0,5 e 1,0%.

REFERÊNCIAS

- ALTOÉ, T. D. S.; PRATISSOLI, D.; CARVALHO, J. R.; SANTOS, H. J. G.; PAES, J. P. P.; BUENO, R. C. O. D. F.; BUENO, A. D. F. *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitism of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs under different temperatures. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 105, n. 1, p. 82-89, 2012.
- BAHLAI, C. A.; XUE, Y.; MCCREARY, C. M.; SCHAAFSMA, A. W.; HALLETT, R. H. Choosing organic pesticides over synthetic pesticides may not effectively mitigate environmental risk in soybeans. **PLoS ONE**, v. 5, n. 6, p. 1-7, 2010.
- BASKAR, K.; ANANTHI, J.; IGNACIMUTHU, S. Toxic effects of *Solanum xanthocarpum* Sch & Wendle against *Helicoverpa armigera* (Hub.), *Culex quinquefasciatus* (Say.) and *Eisenia fetida* (Savigny, 1826). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 3, p. 2774-2782, 2017.
- BESERRA, E. B.; PARRA, J. R. P. Biologia e parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) em ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 48, n. 1, p. 119-126, 2004.
- BESTETE, L. R.; PRATISSOLI, D.; QUEIROZ, V. T. D.; CELESTINO, F. N.; MACHADO, L. C. Toxicity of Castor bean oil on *Helicoverpa zea* and *Trichogramma pretiosum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 8, p.791-797, 2011.
- CALDEIRA, Z. V. **Impactos de inseticidas botânico e sintético em *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle 1993 (Hymenoptera: Eulophidae)**. 2019. 45 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2019.
- CAMPOS, E. V.; PROENÇA, P. L.; OLIVEIRA, J. L.; BAKSHI, M.; ABHILASH, P. C.; FRACETO, L. F. Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives. **Ecological Indicators**, v. 105, p. 1-13, 2018.
- CHAUHAN, N.; MALIK, A.; SHARMA, S. Repellency potential of essential oils against housefly, *Musca domestica* L. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 4707-4714, 2018.
- CORREIA, A. A.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; TEIXEIRA, Á. A.; OLIVEIRA, J. V.; GONÇALVES, G. G.; CAVALCANTI, M. G.; BRAYNER, F. A.; ALVES, L. C. Microscopic analysis of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) embryonic development before and after treatment with azadirachtin, lufenuron, and deltamethrin. **Journal of Economic Entomology**, v. 106, n. 2, p. 747-755, 2013.
- COSME, L. V.; CARVALHO, G. A.; MOURA, A. P. Efeitos de inseticidas botânico e sintéticos sobre ovos e larvas de *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae) em condições de laboratório. **Arquivo do Instituto Biológico**, v. 74, n. 3, p. 251-258, 2007.

DELETRE, E.; MARTIN, T.; CAMPAGNE, P.; BOURGUET, D.; CADIN, A.; MENUT, C.; BONAFOS, R.; CHANDRE, F. Repellent, irritant and toxic effects of 20 plant extracts on adults of the malaria vector *Anopheles gambiae* mosquito. **PLoS One**, v. 8, n. 12, p. e82103, 2013.

EL-WAKEIL, N. E. Botanical pesticides and their mode of action. **Gesunde Pflanzen**, v. 65, n. 4, p. 125-149, 2013.

ERCAN, F.; BAŞ, H.; KOÇ, M.; PANDIR, D.; ÖZTEMİZ, S. Insecticidal activity of essential oil of *Prangos ferulacea* (Umbelliferae) against *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Trichogramma embryophagum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 37, n. 6, p. 719-725, 2013.

GAHUKAR, R. T. Management of pests and diseases of important tropical/subtropical medicinal and aromatic plants: A review. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 9, p. 1-18, 2018.

GAHUKAR, R. T. Use of plant-derived products to control household and structural arthropod pests. **International Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 6, n. 2, p. 22-28, 2017.

GAO, Q.; SONG, L.; SUN, J.; CAO, H. Q.; WANG, L.; LIN, H.; TANG, F. Repellent action and contact toxicity mechanisms of the essential oil extracted from *Chinese chive* against *Plutella xylostella* larvae. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 100, n. 1, p. e21509, 2018.

GONZÁLEZ, J. O. W.; GUTIÉRREZ, M. M.; MURRAY, A. P.; FERRERO, A. A. Composition and biological activity of essential oils from Labiatae against *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) soybean pest. **Pest Management Science**, v. 67, n. 8, p. 948-955, 2011.

GONZÁLEZ, J. O. W.; LAUMANN, R. A.; SILVEIRA, S.; MORAES, M. C. B.; BORGES, M.; FERRERO, A. A. Lethal and sublethal effects of four essential oils on the egg parasitoids *Trissolcus basalis*. **Chemosphere**, v. 92, n. 5, p.608-615, 2013.

HASSAN, S. A.; HALSALL, N.; GRAY, A. P.; KUEHNER, C.; MOLL, M.; BAKKER, F. M.; ROEMBKE, J.; YOUSEF, A.; NASR, F.; ABDELGADER, H. 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**, p. 107-119, 2000.

HEATHER, N.; HASSAN, E. Efficacy of *Leptospermum petersonii* oil, on *Plutella xylostella*, and its parasitoid, *Trichogramma pretiosum*. **Journal of Economic Entomology**, v. 105, n. 4, p. 1379-1384, 2012.

IOBC, B. E. Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods. **IOBC/OILB, Gent**, 2000.

ISMAN, M. B.; GRIENEISEN, M. L. Botanical insecticide research: Many publications, limited useful data. **Trends in Plant Science**, v. 19, n. 3, p. 140-145, 2014.

ISMAN, M. B.; MIRESMAILLI, S. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. **Phytochemistry Reviews**, v. 10, p.197-204. 2011.

KNAAK, N.; WIEST, S. L.; ANDREIS, T. F.; FIUZA, L. M. Toxicity of essential oils to the larvae of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Biopesticides**, v. 6, n. 1, p. 49-53, 2013.

KOGAN, M.; BAJWA, W. I. Integrated pest management: A global reality? **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, p. 01-25, 1999.

KOUL, O.; DHALIWAL, G. S.; CUPERUS, G. W. **Integrated pest management potential, constraints and challenges**. CABI, 2004.

KUMAR, A.; CHAND, H.; DWIYEDI, G. P.; PASWAN, S. Assessment of compatibility of recommended insecticides with *Trichogramma chilonis* Ishii in laboratory conditions. **Indian Journal Sugarcane Technology**, v. 26, n. 1, p. 31-32, 2011.

LAURENTIS, V. L.; RAMALHO, D. G.; SANTOS, N. A.; CARVALHO, V. F. P.; VACARI, A. M.; BORTOLI, S. A.; VENEZIANI, R. C. S.; INÁCIO, G. C.; DAMI, B. G. Performance of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on eggs of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1156, 2019.

MAGALHÃES, G. O.; GOULART, R. M.; VACARI, A. M.; BORTOLI, S. A. Parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em diferentes hospedeiros e cores de cartelas. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.79, n.1, p.55-60. 2012.

MASSAROLI, A.; BUTNARIU, A. R.; DOETZER, A. K. Occurrence of *Trichogramma* parasitoids in eggs of soybean lepidopteran pests in Mato Grosso, Brazil. **International Journal of Biology**, v. 6, n. 2, p. 97, 2014.

MIRESMAILLI, S.; ISMAN, M. B. Botanical insecticides inspired by plant-herbivore chemical interactions. **Trends in Plant Science**, v. 19, p.29-35. 2014.

MONSREAL-CEBALLOS, R. J.; RUÍZ-SÁNCHEZ, E.; SÁNCHEZ BORJA, M.; BALLINA-GÓMEZ, H. S.; GONZÁLEZ-MORENO, A.; REYES-RAMÍREZ, A. Efectos de insecticidas botánicos comerciales en *Tamarixia radiata*, un ectoparásitoide de *Diaphorina citri*. **Ecosistemas y Recursos Agropecuarios**, v. 4, n. 12, p. 589-596, 2017.

NERIO, L. S.; OLIVERO-VERBEL, J.; STASHENKO, E. Repellent activity of essential oils: A review. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 1, p. 372-378, 2010.

OLIVERO-VERBEL, J.; NERIO, L. S.; STASHENKO, E. E. Bioactivity against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) of *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* essential oils grown in Colombia. **Pest Management Science**, v. 66, n. 6, p.664-668. 2010.

- PAIVA, A. C. R.; IOST FILHO, F. H.; PARRO, E. A.; BARBOSA, D. P. L.; YAMAMOTO, P. T. Do ready-mix insecticides cause lethal and sublethal effects on *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) Pupa? **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 3, p. 1227-1233, 2020.
- PAIVA, A. C. R.; BELOTI, V. H.; YAMAMOTO, P. T. Sublethal effects of insecticides used in soybean on the parasitoid *Trichogramma pretiosum*. **Ecotoxicology**, v. 27, n. 4, p. 448-456, 2018.
- PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 324p.
- PARREIRA, D. S.; ALCÁNTARA-DE LA CRUZ, R.; LEITE, G. L. D.; SOUZA RAMALHO, F.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Quantifying the harmful potential of ten essential oils on immature *Trichogramma pretiosum* stages. **Chemosphere**, v. 199, p. 670-675, 2018a.
- 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. Bioactivity of ten essential oils on the biological parameters of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) adults. **Industrial Crops and Products**, v. 127, p. 11-15, 2019.
- PARREIRA, D. S.; DIMATÉ, F. A. R.; BATISTA, L. D.; RIBEIRO, H. C. B.; GUANABENS, R. E.; da CUNHA, A. F.; RIBEIRO, R. C. Efeito de óleos essenciais sobre estágios imaturos de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 21, n. 2, p. 80-85, 2017.
- PEIXOTO, M. G.; BACCI, L.; BLANK, A. F.; ARAÚJO, A. P. A.; ALVES, P. B.; SILVA, J. H. S.; SANTOS, A. A.; OLIVEIRA, A. P.; COSTA, A. S. da; ARRIGONI-BLANK, M. de F. Toxicity and repellency of essential oils of *Lippia alba* chemotypes and their major monoterpenes against stored grain insects. **Industrial Crops and Products**, v. 71, p. 31-36, 2015.
- PINTO-ZEVALLOS, D. M.; MARTINS, C. B.; PELLEGRINO, A. C.; ZARBIN, P. H. Compostos orgânicos voláteis na defesa induzida das plantas contra insetos herbívoros. **Química Nova**, v. 36, n. 10, p. 1395-1405, 2013.
- PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico de Pragas e Doenças**. São Paulo: Expressão Popular, 2017. 144p.
- RAMPELOTTI-FERREIRA, F. T.; COELHO JÚNIOR, A.; PARRA, J. R. P.; VENDRAMIM, J. D. Selectivity of plant extracts for *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym.: Trichogrammatidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 138, p. 78-82, 2017.
- REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J. T. Essential oil in insect control: Low risk products in a high-state world. **Annual Review Entomology**, v. 57, p. 405-424, 2012.

RICCI, E. M.; PADÍN, S. B.; KAHAN, A.; RÉ, S. Efecto repelente de los aceites esenciales de laurel y lemongrass sobre *Brevicoryne brassicae* L. (Homoptera: Aphididae) en repollo. **Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas**, v. 28, n. 2, p. 207-212, 2002.

SILVA, F. A. C.; MARTINEZ, S. S. Effect of neem seed oil aqueous solutions on survival and development of the predator *Cycloneda sanguinea* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae). **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 6, p. 751-757, 2004.

SILVA, F. M.; BERTINI, L. M.; ALVES, L. A.; MOURA, L. F.; BARBOSA, P. T.; FERNANDES, A. B. D. Análise da composição química do óleo essencial de capim santo (*Cymbopogon citratus*) obtido através de extrator por arraste com vapor d'água construído com materiais de fácil aquisição e baixo custo. **Holos**, v. 30, n. 4, p.144-152. 2014.

SILVA, O. S.; PROPHIRO, J. S.; NOGARED, J. C.; KANIS, L.; EMERICK, S.; BLAZIUS, R. D.; ROMÃO, P. R. Larvicidal effect of andiroba oil, *Carapa guianensis* (Meliaceae), against *Aedes aegypti*. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 22, n. 4, p. 699-701, 2006.

SOARES, M. A.; LEITE, G. L. D.; ZANUNCIO, J. C.; SÁ, V. G. M. de; FERREIRA, C. S.; ROCHA, S. L.; PIRES, E. M.; SERRÃO, J. E. Quality control of *Trichogramma atopovirilia* and *Trichogramma pretiosum* (Hym.: Trichogrammatidae) adults reared under laboratory conditions. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 55, n. 2, p. 305-311, 2012.

SOMBRA, K.E.S.; ANDRE, T.P.P.; AGUIAR, C.V.S.; OLIVEIRA, S.J.; BARBOSA, M.G.; PRATISSOLI, D.; PASTORI, P.L. Selectivity of three essential oils to the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Ciência Agronômica**, v. 53, p. 1-11, 2022.

STEIN, C. P.; PARRA, J. R. P. Uso da radiação para inviabilizar os ovos de *Anagasta kuehniella* visando estudos com *Trichogramma* sp. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 6, n. 1, p. 229-231, 1987.

STERK, G.; HASSAN, S. A.; BAILLOD, M.; BAKKER, F.; BIGLER, F.; BLÜMEL, S.; BOGENSCHUTZ, H.; BOLLER, E.; BROMAND, B.; BRUN, J.; CALIS, J.N.M.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; GARRIDO, A.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HOKKANEN, H.; JACAS, J.; LEWIS, G.; MORETH, L.; POLGAR, L.; ROVESTI, L.; SAMSOE-PETERSON, L.; SAUPHANOR, B.; SCHAUB, L.; STAUBLI, A.; TUSET, J.J.; VAINIO, A.; VAN de VEIRE, M.; VIGGIANI, G.; VIÑUELA, E.; VOGT, H. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organisms'. **BioControl**, v. 44, p. 99-117, 1999.

TAVARES, W. S.; CRUZ, I.; PETACCI, F.; ASSIS JÚNIOR, S. L.; FREITAS, S. S.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). **Industrial Crops and Products**, v. 30, n. 3, p. 384-388, 2009.

TEAM, R. Core. R: A language and environment for statistical computing (Version 3.6. 1) [Computer software]. R Foundation for Statistical Computing. **Vienna, Austria**, 2019.

VAN LENTEREN, J. C.; BUENO, V. H. P. Augmentative biological control of arthropods in Latin America. **Biocontrol**, v. 48, p. 123-139, 2003.

VENZON M.; ROSADO M. C.; PALLINI A.; FIALHO A.; PEREIRA C. J. Toxicidade letal e subletal do nim sobre o pulgão-verde e seu predador *Eriopsis connexa*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 627-631, 2007.

VIANNA, U. R.; PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J. C.; LIMA, E. R.; BRUNNER, J.; PEREIRA, F. F.; SERRÃO, J. E. Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effect on descendant generation. **Ecotoxicology**, v. 18, n. 2, p. 180-186, 2009.

VITE-VALLEJO, O.; BARAJAS-FERNÁNDEZ, M. G.; SAAVEDRA-AGUILAR, M.; CARDOSO-TAKETA, A. Insecticidal effects of ethanolic extracts of *Chenopodium ambrosioides*, *Piper nigrum*, *Thymus vulgaris*, and *Origanum vulgare* against *Bemisia tabaci*. **Southwestern Entomologist**, v. 43, n. 2, p. 383-394, 2018.

4 CONCLUSÕES FINAIS

Os óleos essenciais de alecrim-pimenta, capim-santo e citronela reduziram a oviposição de fêmeas de *Neoleucinodes elegantalis* em frutos de jiló tratados com as concentrações (0,1; 0,5 e 1,0%).

Observou-se deterrência nas três concentrações dos óleos essenciais com destaque para alecrim-pimenta e citronela, que na menor concentração (0,1%), reduziram significativamente a oviposição de *N. elegantalis*.

Os óleos essenciais de alecrim-pimenta e de capim-santo, mostraram-se seletivos à *Trichogramma pretiosum* apenas na concentração de 0,1% no estágio de ovo (0 - 24 horas após o parasitismo) e de pupa (168 - 192 horas após o parasitismo). O óleo de citronela, na concentração de 0,1% no estágio larval (72 - 96 horas após o parasitismo) e de pupa.

Houve alteração na razão sexual somente para o tratamento com o óleo essencial de citronela aplicado no estágio de larva do parasitoide, obtendo-se maior ocorrência de fêmeas nas concentrações de 0,5 e 1,0%.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao grande percentual de perdas dos frutos atacados pela broca-pequena, *Neoleucinodes elegantalis*, torna-se de grande importância a implementação de novos métodos de controle ou, no caso, de prevenção do ataque dessa praga, uma vez que a utilização indiscriminada de inseticidas nessa cultura tem sido um dos maiores impasses para reduzir os riscos de resíduos de defensivos no produto a ser comercializado.

A integração entre diferentes métodos de controle torna-se uma alternativa promissora. A utilização do controle biológico, por meio de liberações de *Trichogramma pretiosum* ou até mesmo a conservação destes indivíduos em campo, juntamente com pulverizações sistemáticas de óleos essenciais com atividade repelente, pode potencializar os resultados dos dois métodos, reduzindo os custos e elevando a produtividade das culturas atacadas pela broca-pequena. No entanto, a integração destes métodos deve atender à seletividade dos óleos essenciais aos inimigos naturais. Uma vez que alguns compostos, apesar de serem substâncias naturais, não necessariamente são inócuos aos insetos benéficos, conforme demonstrado no referido trabalho.

Os resultados deste trabalho demonstraram que embora os óleos essenciais de alecrim-pimenta (*Lippia origanoides*), capim-santo (*Cymbopogon citratus*) e citronela (*Cymbopogon winterianus*) tenham causado interferência no comportamento de oviposição de *N. elegantalis*, também se observou certo grau de toxicidade ao parasitoide *T. pretiosum*, dependendo de seu estágio de desenvolvimento dentro do ovo hospedeiro e da concentração do óleo. Portanto, é necessário que se tome os devidos cuidados quando for utiliza-los, principalmente se for usado integrado ao controle biológico com este parasitoide.

A recomendação prudente sugere que o produtor que aplicar algum dos óleos essenciais (alecrim-pimenta, capim-santo e citronela) como forma de evitar a oviposição de *N. elegantalis*, continue o monitoramento da área para observação se apenas este método seria suficiente para evitar o ataque da praga. Caso observe presença de ovos da praga nos frutos, mesmo após as aplicações, é válido que se faça uso do controle biológico, com a introdução do parasitoide de ovos *T. pretiosum*.

REFERÊNCIAS

- AKHTAR, Y.; PAGES, E.; STEVENS, A.; BRADBURY, R.; DA CAMARA, C. A. G.; ISMAN, M. B. Effect of chemical complexity of essential oils on feeding deterrence in larvae of the cabbage looper. **Physiological Entomology**, v. 37, p.81-89, 2012.
- ALTOÉ, T. D. S.; PRATISSOLI, D.; CARVALHO, J. R.; SANTOS, H. J. G.; PAES, J. P. P.; BUENO, R. C. O. D. F.; BUENO, A. D. F. *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasitism of *Trichoplusia ni* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs under different temperatures. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 105, n. 1, p. 82-89, 2012.
- ALVES, S. D.; CARVALHO, G. A.; OLIVEIRA, D. F.; CORRÊA, A. D. Screening of Brazilian plant extracts as candidates for the control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Colombiana de Entomología**, v. 44, n. 1, p. 32-38, 2018.
- AYIL-GUTIÉRREZ, B. A.; SÁNCHEZ-TEYER, L. F.; VAZQUEZ-FLOTA, F.; MONFORTE-GONZÁLEZ, M.; TAMAYO-ORDÓÑEZ, Y.; TAMAYO-ORDÓÑEZ, M. C.; RIVERA, G. Biological effects of natural products against *Spodoptera* spp. **Crop Protection**, v. 114, p. 195-207, 2018.
- BADJI, C. A.; EIRAS, A. E.; CABRERA, A.; JAFFE, K. Avaliação do feromônio sexual de *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (Lepidoptera: Crambidae). **Neotropical Entomology**, v. 32, n. 2, p. 221-229, 2003.
- BAHLAI, C. A.; XUE, Y.; MCCREARY, C. M.; SCHAAFSMA, A. W.; HALLETT, R. H. Choosing organic pesticides over synthetic pesticides may not effectively mitigate environmental risk in soybeans. **PLoS ONE**, v. 5, n. 6, p. 1-7, 2010.
- BARBOSA, F. S. **Resistência genética do tomateiro e potencial de extratos de plantas espontâneas no controle alternativo de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854) (Lepidoptera: Crambidae)**. 2011. 72 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.
- BASKAR, K.; ANANTHI, J.; IGNACIMUTHU, S. Toxic effects of *Solanum xanthocarpum* Sch & Wendle against *Helicoverpa armigera* (Hub.), *Culex quinquefasciatus* (Say.) and *Eisenia fetida* (Savigny, 1826). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 3, p. 2774-2782, 2017.
- BESERRA, E. B.; PARRA, J. R. P. Biologia e parasitismo de *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner e *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera, Trichogrammatidae) em ovos de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 48, n. 1, p. 119-126, 2004.
- BESTETE, L. R.; PRATISSOLI, D.; QUEIROZ, V. T. D.; CELESTINO, F. N.; MACHADO, L. C. Toxicity of Castor bean oil on *Helicoverpa zea* and *Trichogramma pretiosum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 8, p.791-797, 2011.

BLACKMER, J. L.; EIRAS, A. E.; SOUZA, C. L. M. Oviposition preference of *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) and rates of parasitism by *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on *Lycopersicon esculentum* in São José de Ubá, RJ. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 1, p. 89-95, 2001.

CALDEIRA, Z. V. **Impactos de inseticidas botânico e sintético em *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle 1993 (Hymenoptera: Eulophidae)**. 2019. 45 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2019.

CAMPOS, E. V.; PROENÇA, P. L.; OLIVEIRA, J. L.; BAKSHI, M.; ABHILASH, P. C.; FRACETO, L. F. Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives. **Ecological Indicators**, v. 105, p. 1-13, 2018.

CAVALCANTI, S.C. H; NICULAU, E. S.; BLANK, A. F.; CÂMARA, C. A. G.; ARAÚJO, I. N.; ALVES, P. B. Composition and acaricidal activity of *Lippia sidoides* essential oil against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch). **Bioresource Technology**, v. 101, p. 829-832, 2010.

CHAUHAN, N.; MALIK, A.; SHARMA, S. Repellency potential of essential oils against housefly, *Musca domestica* L. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. 4707–4714, 2018.

CORREIA, A. A.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; TEIXEIRA, Á. A.; OLIVEIRA, J. V.; GONÇALVES, G. G.; CAVALCANTI, M. G.; BRAYNER, F. A.; ALVES, L. C. Microscopic analysis of Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) embryonic development before and after treatment with azadirachtin, lufenuron, and deltamethrin. **Journal of Economic Entomology**, v. 106, n. 2, p. 747-755, 2013.

CORREIA, A. M. O. 2013. **Biologia e técnica de criação de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) em hospedeiros naturais**. 49 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2013.

COSME, L. V.; CARVALHO, G. A.; MOURA, A. P. Efeitos de inseticidas botânico e sintéticos sobre ovos e larvas de *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae) em condições de laboratório. **Arquivo do Instituto Biológico**, v. 74, n. 3, p. 251- 258, 2007.

DELETRE, E.; MARTIN, T.; CAMPAGNE, P.; BOURGUET, D.; CADIN, A.; MENUT, C.; BONAFOS, R.; CHANDRE, F. Repellent, irritant and toxic effects of 20 plant extracts on adults of the malaria vector *Anopheles gambiae* mosquito. **PLoS One**, v. 8, n. 12, p. e82103, 2013.

EIRAS, A.E.; BLACKMER, J.L. Eclosion time and larval behavior of the tomato fruit borer, *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae). **Scientia Agricola**, v. 60, p. 195-197, 2003.

EL-WAKEIL, N. E. Botanical pesticides and their mode of action. **Gesunde Pflanzen**, v. 65, n. 4, p. 125-149, 2013.

ERCAN, F.; BAŞ, H.; KOÇ, M.; PANDIR, D.; ÖZTEMİZ, S. Insecticidal activity of essential oil of *Prangos ferulacea* (Umbelliferae) against *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Trichogramma embryophagum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Turkish Journal of Agriculture and Forestry**, v. 37, n. 6, p. 719-725, 2013.

FILGUEIRAS, R. M. C.; PASTORI, P. L.; PEREIRA, F. F.; COUTINHO, C. R.; KASSAB, S. O.; BEZERRA, L. C. M. Agronomical indicators and incidence of insect borers of tomato fruits protected with non-woven fabric bags. **Ciência Rural**, v. 47, n. 6, p. 1-6, 2017.

FRAGOSO, D. F. M. **Opções de manejo de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) com bases bioecológicas e controle mecânico, biológico e extratos de plantas**. 2014. 132 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2014.

FRAGOSO, D. F. M.; TÚLER, A. C.; PRATISSOLI, D.; CARVALHO, J. R.; VALBON, W. R.; QUEIROZ, V. T.; PINHEIRO, P. F.; COSTA, A. V.; BUENO, R. C. O. F. Biological activity of plant extracts on the small tomato borer *Neoleucinodes elegantalis*, an important pest in the Neotropical region. **Crop Protection**, v. 145, p. 105606, 2021.

FRANÇA, S. M. **Manejo de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) em tomateiro: Efeito ovicida, deterrência de oviposição e iscas tóxicas**. 2009. 63f. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2009.

GAHUKAR, R. T. Management of pests and diseases of important tropical/subtropical medicinal and aromatic plants: A review. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, v. 9, p. 1-18, 2018.

GAHUKAR, R. T. Use of plant-derived products to control household and structural arthropod pests. **International Journal of Basic and Applied Sciences**, v. 6, n. 2, p. 22-28. 2017.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.

GAO, Q.; SONG, L.; SUN, J.; CAO, H. Q.; WANG, L.; LIN, H.; TANG, F. Repellent action and contact toxicity mechanisms of the essential oil extracted from *Chinese chive* against *Plutella xylostella* larvae. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v.100, n.1, p. e21509. 2018.

GONZÁLEZ, J. O. W.; GUTIÉRREZ, M. M.; MURRAY, A. P.; FERRERO, A. A. Composition and biological activity of essential oils from Labiatae against *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae) soybean pest. **Pest Management Science**, v. 67, n. 8, p. 948-955, 2011.

GONZÁLEZ, J. O. W.; LAUMANN, R. A.; SILVEIRA, S.; MORAES, M. C. B.; BORGES, M.; FERRERO, A. A. Lethal and sublethal effects of four essential oils on the egg parasitoids *Trissolcus basalis*. **Chemosphere**, v. 92, n. 5, p.608-615. 2013.

- GUEDES, R. N. C.; SMAGGHE, G.; STARK, J. D.; DESNEUX, N. Pesticide-induced stress in arthropod pests for optimized integrated pest management programs. **Annual Review of Entomology**, v. 61, p. 43-62, 2016.
- HASSAN, S. A.; HALSALL, N.; GRAY, A. P.; KUEHNER, C.; MOLL, M.; BAKKER, F. M.; ROEMBKE, J.; YOUSEF, A.; NASR, F.; ABDELGADER, H. 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**, p. 107-119, 2000.
- HEATHER, N.; HASSAN, E. Efficacy of *Leptospermum petersonii* oil, on *Plutella xylostella*, and its parasitoid, *Trichogramma pretiosum*. **Journal of Economic Entomology**, v. 105, n. 4, p. 1379-1384, 2012.
- IOBC, B. E. Guidelines to evaluate side-effects of plant protection products to non-target arthropods. **IOBC/OILB, Gent**, 2000.
- ISMAN, M. B. A renaissance for botanical insecticides? **Pest Management Science**, v. 71, n. 12, p. 1587-1590, 2015.
- ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review of Entomology**, v. 51, p. 45-66, 2006.
- ISMAN, M. B.; GRIENEISEN, M. L. Botanical insecticide research: Many publications, limited useful data. **Trends in Plant Science**, v. 19, n. 3, p. 140-145, 2014.
- ISMAN, M. B.; MIRESMAILLI, S. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. **Phytochemistry Reviews**, v. 10, p.197-204. 2011.
- KHAN, M. A.; KHAN, H.; RUBERSON, J. R. Lethal and behavioral effects of selected novel pesticides on adults of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Pest Management Science**, v. 71, n. 12, p. 1640-1648, 2015.
- KNAAK, N.; WIEST, S. L.; ANDREIS, T. F.; FIUZA, L. M. Toxicity of essential oils to the larvae of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Biopesticides**, v. 6, n. 1, p. 49-53, 2013.
- KOGAN, M.; BAJWA, W. I. Integrated pest management: A global reality? **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 28, p. 01-25, 1999.
- KOUL, O.; DHALIWAL, G. S.; CUPERUS, G. W. **Integrated pest management potential, constraints and challenges**. CABI, 2004.
- KUMAR, A.; CHAND, H.; DWIYEDI, G. P.; PASWAN, S. Assessment of compatability of recommended insecticides with *Thrichogramma chilonis* Ishii in laboratory conditions. **Indian Journal Sugarcane Technology**, v. 26, n. 1, p. 31-32, 2011.

- LAURENTIS, V. L.; RAMALHO, D. G.; SANTOS, N. A.; CARVALHO, V. F. P.; VACARI, A. M.; BORTOLI, S. A.; VENEZIANI, R. C. S.; INÁCIO, G. C.; DAMI, B. G. Performance of *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on eggs of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1156, 2019.
- LOVATTO, P. B.; GOETZE, M.; THOMÉ, G. C. H. Efeito de extratos de plantas silvestres da família Solanaceae sobre o controle de *Brevicoryne brassicae* em couve (*Brassica oleracea* var. *acephala*). **Ciência Rural**, v. 34, n. 4, p. 971-978, 2004.
- MAGALHÃES, G. O.; GOULART, R. M.; VACARI, A. M.; BORTOLI, S. A. Parasitismo de *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em diferentes hospedeiros e cores de cartelas. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.79, n.1, p.55-60. 2012.
- MARANGONI, C.; MOURA, N. F.; GARCIA, F. R. M. Utilização de óleos essenciais e extratos de plantas no controle de insetos. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 92-112, 2013.
- MARTINS, G. M.; TOSCAN, L. C.; TOMQUELSKI, G. V.; MARUYAMA, W. I. Inseticidas químicos e microbianos no controle da lagarta-do-cartucho na fase inicial da cultura do milho. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 2, p. 170-174, 2009.
- MASSAROLI, A.; BUTNARIU, A. R.; DOETZER, A. K. Occurrence of *Trichogramma* parasitoids in eggs of soybean lepidopteran pests in Mato Grosso, Brazil. **International Journal of Biology**, v. 6, n. 2, p. 97, 2014.
- MELO, C. R.; PICANÇO, M. C.; SANTOS, A. A.; SANTOS, I. B.; PIMENTEL, M. F.; SANTOS, A. C.; BLANK, A. F.; ARAÚJO, A. P. A.; CRISTALDO, P. F.; BACCI, L. Toxicity of essential oils of *Lippia gracilis* chemotypes and their major compounds on *Diaphania hyalinata* and non-target species. **Crop Protection**, v. 104, p. 47-51, 2018.
- MICHELOTTO, M. D.; CROSARIOL-NETO, J.; PIROTTA, M. Z.; DUARTE, A. P.; FEITAS, R. S.; FINOTO, E. L. Eficácia de milho transgênico tratado com inseticida no controle da lagarta-do-cartucho no milho safrinha no estado de São Paulo, Brasil. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 41, n. 2, p. 128-138, 2017.
- MIRESMAILLI, S.; ISMAN, M. B. Botanical insecticides inspired by plant-herbivore chemical interactions. **Trends in Plant Science**, v. 19, p.29-35. 2014.
- MKENDA, P.; MWANAUTA, R.; STEVENSON, P. C.; NDAKIDEMI, P.; MTEI, K.; BELMAIN, S. R. Extracts from field margin weeds provide economically viable and environmentally benign pest control compared to synthetic pesticides. **PloS one**, v. 10, n. 11, p. e0143530, 2015.
- MONSREAL-CEBALLOS, R. J.; RUÍZ-SÁNCHEZ, E.; SÁNCHEZ BORJA, M.; BALLINA-GÓMEZ, H. S.; GONZÁLEZ-MORENO, A.; REYES-RAMÍREZ, A. Efectos de insecticidas botánicos comerciales en *Tamarixia radiata*, un ectoparasitoide de *Diaphorina citri*. **Ecosistemas y recursos agropecuarios**, v. 4, n. 12, p. 589-596, 2017.

NERIO, L. S.; OLIVERO-VERBEL, J.; STASHENKO, E. Repellent activity of essential oils: A review. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 1, p. 372-378, 2010.

NDAKIDEMI, B.; MTEI, K.; NDAKIDEMI, P. A. Impacts of synthetic and botanical pesticides on beneficial insects. **Agricultural Sciences**, v. 7, n. 06, p. 364, 2016.

NUNES, M. U. C.; LEAL, M. L. S. Efeitos da aplicação de biofertilizante e outros produtos químicos e biológicos, no controle da broca pequena do fruto e na produção do tomateiro tutorado em duas épocas de cultivo e dois sistemas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 19, n. 1, p. 53-59, 2001.

OLIVERO-VERBEL, J.; NERIO, L. S.; STASHENKO, E. E. Bioactivity against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) of *Cymbopogon citratus* and *Eucalyptus citriodora* essential oils grown in Colombia. **Pest Management Science**, v. 66, n. 6, p.664-668. 2010.

PAIVA, A. C. R.; IOST FILHO, F. H.; PARRO, E. A.; BARBOSA, D. P. L.; YAMAMOTO, P. T. Do ready-mix insecticides cause lethal and sublethal effects on *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) Pupa? **Journal of Economic Entomology**, v. 113, n. 3, p. 1227-1233, 2020.

PAIVA, A. C. R.; BELOTI, V. H.; YAMAMOTO, P. T. Sublethal effects of insecticides used in soybean on the parasitoid *Trichogramma pretiosum*. **Ecotoxicology**, v. 27, n. 4, p. 448-456, 2018.

PARRA, J. R. P.; PINTO, A. S.; NAYA, D. E.; OLIVEIRA, R. C.; DINIZ, A. J. F. **Controle Biológico com Parasitoides e Predadores na Agricultura Brasileira**. Piracicaba: FEALQ, 2021. 592p.

PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. **Trichogramma e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 324p.

PARRA, J. R.; ZUCCHI, R. A. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. **Neotropical Entomology**, v. 33, p. 271-281, 2004.

PARREIRA, D. S.; ALCÁNTARA-DE LA CRUZ, R.; LEITE, G. L. D.; SOUZA RAMALHO, F.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Quantifying the harmful potential of ten essential oils on immature *Trichogramma pretiosum* stages. **Chemosphere**, v. 199, p. 670-675, 2018a.

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. Bioactivity of ten essential oils on the biological parameters of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) adults. **Industrial Crops and Products**, v. 127, p. 11-15, 2019.

PARREIRA, D. S.; ALCÁNTARA-DE LA CRUZ, R.; ZANUNCIO, J. C.; LEMES, P. G.; SILVA ROLIM, G.; BARBOSA, L. R. Essential oils cause detrimental effects on biological parameters of *Trichogramma galloi* immatures. **Journal of Pest Science**, v. 91, n. 2, p. 887-895, 2018b.

- PARREIRA, D. S.; DIMATÉ, F. A. R.; BATISTA, L. D.; RIBEIRO, H. C. B.; GUANABENS, R. E.; da CUNHA, A. F.; RIBEIRO, R. C. Efeito de óleos essenciais sobre estágios imaturos de *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, v. 21, n. 2, p. 80-85, 2017.
- PEIXOTO, M. G.; BACCI, L.; BLANK, A. F.; ARAÚJO, A. P. A.; ALVES, P. B.; SILVA, J. H. S.; SANTOS, A. A.; OLIVEIRA, A. P.; COSTA, A. S. da; ARRIGONI-BLANK, M. de F. Toxicity and repellency of essential oils of *Lippia alba* chemotypes and their major monoterpenes against stored grain insects. **Industrial Crops and Products**, v. 71, p. 31-36, 2015.
- PICANÇO, M. C.; BACCI, L.; CRESPO, A. L. B.; MIRANDA, M. M. M.; MARTINS, J. C. Effect of integrated pest management practices on tomato production and conservation of natural enemies. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 9, n. 4, p. 327-335, 2007.
- PINTO-ZEVALLOS, D. M.; MARTINS, C. B.; PELLEGRINO, A. C.; ZARBIN, P. H. Compostos orgânicos voláteis na defesa induzida das plantas contra insetos herbívoros. **Química Nova**, v. 36, n. 10, p. 1395-1405, 2013.
- PRIMAVESI, A. **Manejo Ecológico de Pragas e Doenças**. São Paulo: Expressão Popular, 2017. 144p.
- RAMPELOTTI-FERREIRA, F. T.; COELHO JÚNIOR, A.; PARRA, J. R. P.; VENDRAMIM, J. D. Selectivity of plant extracts for *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym.: Trichogrammatidae). **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 138, p. 78-82, 2017.
- REGNAULT-ROGER, C.; VINCENT, C.; ARNASON, J. T. Essential oil in insect control: Low risk products in a high-state world. **Anual Review Entomology**, v. 57, p. 405-424, 2012.
- RIBEIRO, L. do P. **Bioprospeção de extratos vegetais e sua interação com protetores de grãos no controle de *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae)**. 2010. 153f. Dissertação (Mestrado em Entomologia), Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2010.
- RIBEIRO, R. C.; ZANUNCIO, T. V.; RAMALHO, F. S.; SILVA, C. A. D.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. Feeding and oviposition of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae) with sublethal concentrations of ten condiments essential oils. **Industrial Crops and Products**, v. 74, p. 139-143, 2015.
- RICCI, E. M.; PADÍN, S. B.; KAHAN, A.; RÉ, S. Efecto repelente de los aceites esenciales de laurel y lemongrass sobre *Brevicoryne brassicae* L. (Homoptera: Aphididae) en repollo. **Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas**, v. 28, n. 2, p. 207-212, 2002.
- RICE, N. D.; WINSTON, M. L.; WHITTINGTON, R.; HIGO, H. A. Comparison of release mechanisms for botanical oils to control *Varroa destructor* (Acari: Varroidae) and *Acarapis woodi* (Acari: Tarsonemidae) in colonies of honey bees (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 95, n. 2, p. 221-226, 2002.

RODRIGUES FILHO, I. L.; MARCHIORI, L. C.; SILVA, L. V. Controle da broca pequena do tomate através do ensacamento de pencas do tomateiro: alternativa viável para a agricultura orgânica. **A Lavoura**, v. 103, n. 635, p. 44-45, 2000.

SANGHA, J. S.; ASTATKIE, T.; CUTLER, G. C. Ovicidal, larvicidal, and behavioural effects of some plant essential oils on diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). **The Canadian Entomologist**, v. 149, p. 639-648, 2017.

SANTOS, A. S.; ALVES, S. D. M.; FIGUEIREDO, F. J. C.; ROCHA NETO, O. G. Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório. **Embrapa Amazônia Oriental-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2004.

SILVA, D. M.; BUENO, A. F. Organic products selectivity for *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 82, p. 01-08, 2015.

SILVA, F. A. C.; MARTINEZ, S. S. Effect of neem seed oil aqueous solutions on survival and development of the predator *Cycloneda sanguinea* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae). **Neotropical Entomology**, v. 33, n. 6, p. 751-757, 2004.

SILVA, F. M.; BERTINI, L. M.; ALVES, L. A.; MOURA, L. F.; BARBOSA, P. T.; FERNANDES, A. B. D. Análise da composição química do óleo essencial de capim santo (*Cymbopogon citratus*) obtido através de extrator por arraste com vapor d'água construído com materiais de fácil aquisição e baixo custo. **Holos**, v. 30, n. 4, p.144-152. 2014.

SILVA, O. S.; PROPHIRO, J. S.; NOGARED, J. C.; KANIS, L.; EMERICK, S.; BLAZIUS, R. D.; ROMÃO, P. R. Larvicidal effect of andiroba oil, *Carapa guianensis* (Meliaceae), against *Aedes aegypti*. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 22, n. 4, p. 699-701, 2006.

SILVA, R. S.; ARCANJO, L. P.; SOARES, J. R. S.; FERREIRA, D. O.; SERRÃO, J. E.; MARTINS, J. C.; COSTA, Á. H.; PICANÇO, M. C. Insecticide toxicity to the borer *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae): developmental and egg-laying effects. **Neotropical Entomology**, v. 47, n. 2, p. 318-325, 2018.

SILVA, R. S.; KUMAR, L.; SHABANI, F.; PICANÇO, M. C. Potential risk levels of invasive *Neoleucinodes elegantalis* (small tomato borer) in areas optimal for open-field *Solanum lycopersicum* (tomato) cultivation in the present and under predicted climate change. **Pest Management Science**, v. 73, n. 3, p. 616-627, 2017.

SOARES, M. A.; LEITE, G. L. D.; ZANUNCIO, J. C.; SÁ, V. G. M. de; FERREIRA, C. S.; ROCHA, S. L.; PIRES, E. M.; SERRÃO, J. E. Quality control of *Trichogramma atopovirilia* and *Trichogramma pretiosum* (Hym.: Trichogrammatidae) adults reared under laboratory conditions. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 55, n. 2, p. 305-311, 2012.

SOMBRA, K.E.S.; ANDRE, T.P.P.; AGUIAR, C.V.S.; OLIVEIRA, S.J.; BARBOSA, M.G.; PRATISSOLI, D.; PASTORI, P.L. Selectivity of three essential oils to the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Revista Ciência Agronômica**, v. 53, p. 1-11, 2022.

- SOUZA, A. R.; GIUSTOLIN, T. A.; QUERINO, R. B.; ALVARENGA, C. D. Natural parasitism of lepidopteran eggs by *Trichogramma* species (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in agricultural crops in Minas Gerais, Brazil. **Florida Entomologist**, v. 99, n. 2, p. 221-225, 2016.
- STEIN, C. P.; PARRA, J. R. P. Uso da radiação para inviabilizar os ovos de *Anagasta kuehniella* visando estudos com *Trichogramma* sp. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 6, n. 1, p. 229–231, 1987.
- STERK, G.; HASSAN, S. A.; BAILLOD, M.; BAKKER, F.; BIGLER, F.; BLÜMEL, S.; BOGENSCHUTZ, H.; BOLLER, E.; BROMAND, B.; BRUN, J.; CALIS, J.N.M.; COREMANS-PELSENEER, J.; DUSO, C.; GARRIDO, A.; GROVE, A.; HEIMBACH, U.; HOKKANEN, H.; JACAS, J.; LEWIS, G.; MORETH, L.; POLGAR, L.; ROVESTI, L.; SAMSOE-PETERSON, L.; SAUPHANOR, B.; SCHAUB, L.; STAUBLI, A.; TUSET, J.J.; VAINIO, A.; VAN de VEIRE, M.; VIGGIANI, G.; VIÑUELA, E.; VOGT, H. Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group ‘Pesticides and Beneficial Organisms’. **BioControl**, v. 44, p. 99-117, 1999.
- TAVARES, W. S.; CRUZ, I.; PETACCI, F.; ASSIS JÚNIOR, S. L.; FREITAS, S. S.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E. Potential use of Asteraceae extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae). **Industrial Crops and Products**, v. 30, n. 3, p. 384-388, 2009.
- TEAM, R. Core. R: A language and environment for statistical computing (Version 3.6.1)[Computer software]. R Foundation for Statistical Computing. **Vienna, Austria**, 2019.
- VAN LENTEREN, J. C.; BUENO, V. H. P. Augmentative biological control of arthropods in Latin America. **Biocontrol**, v. 48, p. 123-139, 2003.
- VENZON M.; ROSADO M. C.; PALLINI A.; FIALHO A.; PEREIRA C. J. Toxicidade letal e subletal do nim sobre o pulgão-verde e seu predador *Eriopsis connexa*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 627-631, 2007.
- VIANNA, U. R.; PRATISSOLI, D.; ZANUNCIO, J. C.; LIMA, E. R.; BRUNNER, J.; PEREIRA, F. F.; SERRÃO, J. E. Insecticide toxicity to *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) females and effect on descendant generation. **Ecotoxicology**, v. 18, n. 2, p. 180-186, 2009.
- VITE-VALLEJO, O.; BARAJAS-FERNÁNDEZ, M. G.; SAAVEDRA-AGUILAR, M.; CARDOSO-TAKETA, A. Insecticidal effects of ethanolic extracts of *Chenopodium ambrosioides*, *Piper nigrum*, *Thymus vulgaris*, and *Origanum vulgare* against *Bemisia tabaci*. **Southwestern Entomologist**, v. 43, n. 2, p. 383-394, 2018.
- ZANUNCIO, J. C.; LACERDA, M. C.; ALCÁNTARA-DE LA CUUZ, R.; BRÜGGER, B. P.; PEREIRA, A. I.; WILCKEN, C. F.; SERRÃO, J. E.; SEDIVAMA, C. S. Glyphosate-based herbicides toxicity on life history parameters of zoophytophagous *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 147, p. 245-250, 2018.