



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENTOMOLOGIA

EFEITO DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE A MOSCA MINADORA *Liriomyza sativae*

BLANCHARD (DIPTERA: AGROMYZIDAE) EM MELOEIRO

Recife, PE

Outubro - 2023

1 EFEITO DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE A MOSCA MINADORA *Liriomyza sativae*

2 BLANCHARD (DIPTERA: AGROMYZIDAE) EM MELOEIRO

3 por

4 RAMON DA SILVA ARGÔLO

5 (Sob Orientação do Professor Elton Lucio de Araujo – UFERSA)

6 RESUMO

7 O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais de melão, com cerca de 700
8 mil toneladas por ano. A maior parte da produção ocorre no semiárido, sendo o Rio Grande do
9 Norte responsável por 63%, seguido pela Bahia e Ceará. Entre os problemas fitossanitários
10 podemos destacar a mosca minadora *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae).
11 A mosca minadora realiza postura endofítica na folha do meloeiro, as larvas que eclodem se
12 desenvolvem alimentando-se do mesofilo foliar formando galerias nas folhas, ocasionando a
13 redução do teor de açúcares dos frutos, restringindo sua comercialização. Uma das principais formas
14 de controle dessa praga é através da aplicação de inseticidas sintéticos. Contudo, o mercado externo
15 vem restringindo o uso de alguns inseticidas e reduzindo os limites aceitáveis de resíduos nos frutos.
16 Dessa maneira, é fundamental o desenvolvimento de novas ferramentas de controle da mosca
17 minadora que sejam uma alternativa ao uso dos inseticidas sintéticos. Portanto, o objetivo geral
18 desse estudo foi avaliar o efeito de óleos essenciais (OEs) de origem botânica no controle de *L.*
19 *sativae* em plantas de meloeiro. Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Entomologia
20 Aplicada da Universidade Federal Rural do Semi-árido (UFERSA), localizado em Mossoró, Rio
21 Grande do Norte, Brasil. Os tratamentos consistiram nos seguintes OEs: Lemongrass (*Cymbopogon*
22 *flexuosus*), Tomilho branco (*Thymus vulgaris*), Eucalipto citriodora (*Eucalyptus citriodora*), Cravo
23 da Índia (*Syzygium aromaticum*), Melaleuca (*Melaleuca alternifolia*), e como controle positivo o
24 produto comercial Azamax[®] (a base de *Azadirachta indica*) e Água destilada como testemunha.
25 Esses elementos foram submetidos a avaliações simultâneas de seus efeitos fitotóxicos nas plantas
26 de meloeiro, bem como seus efeitos inseticidas em relação a *L. sativae*. Os OEs de Lemongrass,

27 Tomilho branco e Eucalipto demonstraram fitotoxicidade quando utilizados em concentrações de
28 0,25%. No entanto, este estudo forneceu evidências dos efeitos dos OEs na mortalidade de *L.*
29 *sativae*, com destaque para o produto comercial Azamax® bem como o potencial dos OEs de
30 Tomilho, Eucalipto e Melaleuca. Devido à manifestação fitotóxica dos OEs de Lemongrass,
31 Tomilho e Eucalipto, estes não se mostraram adequados para futuras investigações no âmbito deste
32 estudo. Em seguida, o trabalho avaliou, em condições de laboratório, a toxicidade do produto
33 comercial Azamax® e do OE de Melaleuca no controle da *L. sativae* em plantas de meloeiro. O
34 Azamax® apresentou efeito larvicida e alta mortalidade pupal para a *L. sativae*, com uma
35 concentração letal média para a mortalidade total – CL₅₀ (IC_{95%}) de 0,60 µl mL⁻¹ (intervalo de
36 confiança de 95% de 0,50 a 0,68), demonstrando ser mais tóxico que o OE de Melaleuca, que
37 apresentou CL₅₀ (IC_{95%}) de 9,49 µl mL⁻¹ (intervalo de confiança de 95% de 8,26 a 12,85). No
38 entanto, são necessárias pesquisas adicionais para compreender os mecanismos de ação, bem como
39 para avaliar os impactos ambientais e a segurança para organismos não alvo.

40

41 **Palavras-chave:** *Cucumis melo*, Larvicida, Inseticida Vegetal.

42 EFFECT OF ESSENTIAL OILS ON THE LEAFMINER - *Liriomyza sativae* BLANCHARD

43 (DIPTERA: AGROMYZIDAE) IN MELON PLANTS

44 By

45 RAMON DA SILVA ARGÔLO

46 (Under the guidance of Professor Elton Lucio de Araujo – UFERSA)

47 ABSTRACT

48 Brazil is one of the world's leading producers and exporters of cantaloupe melon (*Cucumis melo*
49 L.), with an annual production of approximately 700.000 tons. Most of the cultivation area is
50 concentrated in the semiarid region. The state of Rio Grande do Norte is responsible for 63% of this
51 production, followed by Bahia and Ceará. Among the phytosanitary problems affecting melon
52 cultivation, one of the most significant is the leafminer fly *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938
53 (Diptera: Agromyzidae). This pest lays its eggs inside melon leaves, and the hatching larvae feed
54 on the leaf mesophyll, creating galleries in the leaves. This can lead to a reduction in the sugar
55 content of the fruits, limiting their commercial value. One of the primary methods of controlling
56 this pest is through the application of synthetic insecticides. However, international markets are
57 increasingly restricting the use of certain insecticides and reducing acceptable residue limits in
58 fruits. Therefore, it is essential to develop new control tools for leafminer flies that provide an
59 alternative to synthetic insecticides. Hence, the general objective of this study was to assess the
60 effect of botanical origin essential oils (EOs) on the control of *L. sativae* in melon plants. The
61 experiments were conducted at the Applied Entomology Laboratory of the Universidade Federal
62 Rural do Semi-árido (UFERSA) in Mossoró, Rio Grande do Norte, Brazil. The treatments included
63 the following EOs: Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*), White Thyme (*Thymus vulgaris*), Lemon
64 Eucalyptus (*Eucalyptus citriodora*), Clove Bud (*Syzygium aromaticum*), Melaleuca (*Melaleuca*
65 *alternifolia*), and as a positive control, the commercial product Azamax® (based on *Azadirachta*

66 *indica*), with distilled water used as a control. These elements underwent simultaneous assessments
67 for their phytotoxic effects on melon plants, as well as their insecticidal effects against *L. sativae*.
68 Lemongrass, White Thyme, and Lemon Eucalyptus EOs demonstrated phytotoxicity when used at
69 concentrations of 0.25%. Nevertheless, this study provided evidence of the effects of EOs on the
70 mortality of *L. sativae*, with Azamax® standing out, along with the potential of Thyme, Eucalyptus,
71 and Melaleuca EOs. Due to the phytotoxic effects observed with Lemongrass, Thyme, and
72 Eucalyptus EOs, they may not be suitable for further investigation within the scope of this study.
73 Subsequently, the study assessed, under laboratory conditions, the toxicity of the commercial
74 product Azamax® and Melaleuca EO for controlling *L. sativae* in melon plants. Azamax®
75 exhibited larvicidal effects and high pupal mortality against *L. sativae*, with a median lethal
76 concentration for total mortality (CL₅₀, IC_{95%}) of 0.60 µl mL⁻¹ (95% confidence interval: 0.50 to
77 0.68). It proved to be more toxic than Melaleuca EO, which had a CL₅₀ (IC_{95%}) of 9.49 µl mL⁻¹
78 (95% confidence interval: 8.26 to 12.85). However, further research is needed to understand the
79 mechanisms of action and to assess environmental impacts and safety for non-target organisms.

80 **Keywords:** *Cucumis melo* Larvicide, Plant Insecticide.

81

82 EFEITO DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE A MOSCA MINADORA - *Liriomyza sativae*

83 BLANCHARD (DIPTERA: AGROMYZIDAE) EM MELOEIRO

84

85 por

86

87 RAMON DA SILVA ARGÔLO

88

89

90

91 Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia, da Universidade Federal Rural

92 de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Entomologia.

93

94

95

96

97

98

99

100

101 Recife, PE

102 Outubro - 2023

103 EFEITO DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE A MOSCA-MINADORA - *Liriomyza sativae*

104 BLANCHARD (DIPTERA: AGROMYZIDAE) EM MELOEIRO

105 por

106

107 RAMON DA SILVA ARGÔLO

108

109

110

111

112 Comitê de Orientação:

113 Orientador: Elton Lucio de Araujo – UFERSA

114 Coorientador: Claudio Augusto Gomes da Camara – UFRPE

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

Recife, PE

127

Outubro - 2023

128

129 EFEITO DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE A MOSCA MINADORA - *Liriomyza sativae*

130 BLANCHARD (DIPTERA: AGROMYZIDAE) EM MELOEIRO

131

132 por

133

134 RAMON DA SILVA ARGÔLO

135

136

137

138

139

140

Orientador: _____
Elton Lucio de Araujo – UFERSA

141

Examinadores:

142

1. Elton Lucio de Araujo

143

2. Claudio Augusto Gomes da Camara

144

3. Jailma Suerda Silva Lima

145

4. Daniell Rodrigo Rodrigues Fernandes

146

5. Ewerton Marinho da Costa

147

148

149

150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169

DEDICATÓRIA

Dedico (in memoriam).

Ao meu querido Pai, Ronaldo Costa Argôlo (in memoriam). Este momento é a realização de um sonho compartilhado, tanto meu quanto dele. Agradeço o seu constante apoio, incentivo e amor. Muito obrigado pelo exemplo e por tudo. Te amo.

Dedico

Dedico também este momento especial aos meus amores: Thais Argôlo, minha esposa querida e amada, e Geovana Argôlo, minha filhona linda, maravilhosa e abençoada por Deus.

Ofereço

À DEUS.

170

AGRADECIMENTOS

171 À Deus por tudo e ter me sustentado em todos os sentidos até este dado momento;

172 À UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao programa de Pós-Graduação em
173 Entomologia (PPGE), pela oportunidade dada para o meu crescimento pessoal e profissional;

174 À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de
175 bolsa de estudo;

176 Ao meu orientador Prof. Elton Araujo, não só pela orientação, mas também pela amizade, pelos
177 conselhos (hoje posso ver o qual importantes foram) e pelos momentos descontraídos que
178 quebravam a tensão do processo do doutorado;

179 Ao Laboratório de Entomologia Aplicada, do Setor de Fitossanidade da Universidade Federal Rural
180 Semi-Árido (UFERSA) e a também a UFERSA pela disponibilidade de realizar as pesquisas;

181 Ao meu coorientador Prof. Claudio Camara, pelos conselhos, disposição e cuidado demonstrados no
182 decorrer do processo de doutorado, e ao Laboratório de Investigação Química de Inseticidas
183 Naturais do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)
184 por disponibilizar materiais;

185 À Dra. Vaneska Monteiro pela disponibilidade de tirar algumas dúvidas, estendo este
186 agradecimento a Dra. Maiara (PPGE) por também me auxiliar;

187 Aos meus amores Thaís e Geovana Argôlo, por ter passado por todo este processo ao meu lado, me
188 dando amor, suporte e incentivo para continuar lutando. Amo vocês nunca duvidem disso;

189 Aos meus pais Ronaldo (*in memoriam*) e Marinez Argôlo pelo apoio, amor, carinho durante toda
190 minha vida. Não tenho palavras para expressar o quanto eu agradeço por vocês;

191 Aos meus Irmãos – Lizziane, Rogério e em especial Ronaldo Filho que me ajudou muito nas
192 correções e sugestões. Também aos meus sobrinhos e sobrinhas, cunhados e cunhadas, minha Avó,
193 e toda minha família que de alguma forma me ajudou a estar aqui;

194 Aos amigos e colegas do laboratório, em especial Joao Pedro (pelos diversos momentos de
195 descontração), Rayane (pelos momentos de alegria, e conversas sérias e conselhos), Maiara (pelos
196 momentos de alegria), Elania (pelas conversas e conselhos), Jorge (pela humildade e ajuda), Franco,
197 Hellanny, Itala, Alricélia, Gthielly e ao pessoal da iniciação científica. Estendo também aos
198 funcionários (amigos) da UFERSA; A todos: Muito obrigado por tudo.

199 Aos demais Colegas (amigos) e Professores do Pós-Graduação em Entomologia (PPGE), que
200 fizeram parte dessa jornada;

201 Caso eu tenha esquecido de alguém, agradeço também a todos que direta ou indiretamente
202 contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
203	
204	
205	CAPÍTULOS
206	1 INTRODUÇÃO01
207	Cultivo do melão01
208	Mosca Minadora (Agromyzidae, Gênero <i>Liriomyza</i>)02
209	Danos provocados pela <i>Liriomyza</i> spp.....03
210	Controle da mosca minadora <i>Liriomyza</i> spp.04
211	Uso de óleo essencial botânico no controle de pragas05
212	Uso de óleo essencial botânico no controle da <i>Liriomyza</i> spp.....09
213	Literatura Citada.....10
214	2 AVALIAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE A MOSCA MINADORA <i>Liriomyza</i>
215	<i>sativae</i> BLANCHARD (DIPTERA: AGROMYZIDAE) NA CULTURA DO
216	MELOEIRO20
217	Introdução.....23
218	Material e Métodos.....24
219	Resultados28
220	Discussão.....29
221	Agradecimentos.....32
222	Literatura citada.....33
223	3 CURVA DE TOXICIDADE DO INSETICIDA VEGETAL - AZAMAX®
224	(<i>Azadirachta indica</i> - MELIACEAE), E DO ÓLEO ESSENCIAL DE
225	MELALEUCA (<i>Melaleuca alternifolia</i> - MYRTACEAE) SOBRE <i>Liriomyza sativae</i>
226	BLANCHARD (DIPTERA: AGROMYZIDAE).....44

227	Introdução.....	47
228	Material e Métodos.....	49
229	Resultados	51
230	Discussão.....	52
231	Agradecimentos.....	55
232	Literatura citada.....	55
233	4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	65

CAPÍTULO 1

Introdução

Cultivo do melão

A produção de meloeiro (*Cucumis melo* L.) no Brasil destaca-se significativamente no cenário global, situando-se na décima primeira posição entre as commodities desse gênero em escala mundial (FAO 2020). No ano de 2021, a produção atingiu a marca de 607.047 toneladas, abrangendo uma extensão de 23.946 hectares, com projeções indicando um aumento previsto de 29,8% ao longo dos próximos 10 anos (IBGE 2022a, Anuário 2022, MAPA 2022). Destaca-se que a região Nordeste do Brasil desempenha um papel preponderante nesse contexto, sendo responsável por 96% da produção nacional (Anuário 2022, IBGE 2022b). O estado do Rio Grande do Norte se destaca como o maior produtor nacional, com cerca de 61% (Anuário 2022). Junto com o estado do Ceará, o Rio Grande do Norte elevou o Brasil a um patamar de um dos maiores exportadores de melão (Penha & Alves 2018, Anuário 2022), sendo os principais mercados para as frutas brasileiras são os países da União Europeia e Países baixos (MAPA 2020, Anuário 2022).

É relevante observar que, no período dez anos, a produção de melão experimentou um crescimento notável, aumentando em sete vezes, conforme evidenciado por Landau et al. (2020). Este avanço de produtividade está vinculado aos avanços que possibilitaram desenvolver tecnologias e cultivares mais produtivas, no intuito de suprir os exigentes padrões de qualidade nacionais e internacionais (Costa 2017).

Apesar dos avanços tecnológicos, o cultivo do meloeiro, como qualquer outra atividade agrícola, enfrenta diversos problemas fitossanitários que geram prejuízos para o produtor na perda de qualidade do fruto (Brasil 2007). Dentre as pragas mais importantes dessa cultura podemos

256 destacar a mosca minadora *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae), que tem afetado uma grande
257 parte das áreas de produção de melão no Brasil (Araújo *et al.* 2013).

258 **Mosca Minadora (Diptera: Agromyzidae)**

259 A mosca minadora, identificada como uma das principais ameaças ao cultivo de meloeiros,
260 demonstra notável capacidade de adaptação a diversas condições climáticas, apresentando, contudo,
261 desafios significativos no que tange ao seu controle (Kang 2009, Mujica 2011). Pertencente à
262 família Agromyzidae, esta família compreende cerca de 3.000 espécies distribuídas em 43 gêneros
263 (Thompson 2008), sendo o gênero *Liriomyza* considerado o mais economicamente relevante
264 (Spencer 1973, Minkenberg & Lenteren 1986). No contexto brasileiro, as espécies de maior
265 destaque são *Liriomyza sativae* (Blanchard, 1938), *Liriomyza trifolii* (Burgess, 1880) e *Liriomyza*
266 *huidobrensis* (Blanchard, 1926) (Murphy & Lasalle 1999).

267 De forma geral, o ciclo de vida da *L. sativae* dura de 21 a 28 dias, a depender de fatores
268 climáticos, como a temperatura (Souza & Reis 2001). A oviposição acontece após 24h,
269 normalmente pela manhã, quando a temperatura está amena (Parrella *et al.* 1983, Araujo *et al.*
270 2013). Em média o desenvolvimento dos ovos dura em torno de 2,7 dias para *L. sativae* a 25°C em
271 meloeiro (Araujo *et al.* 2013). Após a eclosão, as larvas se alimentam do parênquima foliar
272 formando galerias no tecido. Esta fase possui três instares e pode durar de 4 a 6 dias dependendo
273 da temperatura (Collins 2004, Araujo *et al.* 2013). No fim do terceiro instar, a larva sai da folha
274 para pupar (Spencer 1973, Collins 2004). As pupas medem em média 2,0 mm de comprimento, são
275 ovais e achatadas ventralmente (Collins 2004), costumam ter a coloração marrom clara a escura,
276 durando um período de 8 a 11 dias (Parrella *et al.* 1987, Araujo *et al.* 2013). Por exemplo, para *L.*
277 *sativae* a duração foi de 9,1 dias a 25°C, em plantas de meloeiro (Araujo *et al.* 2013).

278 Conforme Araujo *et al.* (2013), fêmeas da espécie *L. sativae*, mantidas em condições
279 laboratoriais em plantas de meloeiro, apresentaram uma longevidade média de 19,3 dias, enquanto
280 os machos exibiram uma longevidade média de 16,2 dias a uma temperatura de 25°C. A dimensão
281 corporal das fêmeas tende a ser superior à dos machos, atribuível à presença do ovipositor (Parrella
282 1987). Em termos gerais, os adultos dessa espécie apresentam dimensões compreendidas entre 1 e
283 3 mm de comprimento, caracterizando-se por uma coloração predominantemente negra com
284 manchas amareladas no escutelo (Collins 2004). Além do ato de oviposição, as fêmeas também
285 realizam puncturas nas folhas para a obtenção de alimento, ocasionando danos e a liberação de
286 exsudato foliar. Ao contrário, os machos, em sua maioria, não se alimentam, embora
287 ocasionalmente possam aproveitar-se dos exsudatos coletados pelas fêmeas como fonte alimentar
288 (Bethke & Parrella 1985; Parrella *et al.* 1987).

289 **Danos provocados pela *Liriomyza* spp.**

290 Os prejuízos manifestados diretamente na cultura do meloeiro estão correlacionados com as
291 larvas, as quais se alimentam do parênquima foliar, ocasionando a diminuição da área foliar e, por
292 conseguinte, da capacidade fotossintética (Parrella 1987). Em decorrência desse fenômeno, a planta
293 reduz a alocação de açúcares no fruto, resultando na diminuição do teor de grau Brix (Araujo *et al.*
294 2007). Outros danos diretos, embora menos expressivos, consistem em injúrias causadas pelas
295 perfurações realizadas pelos insetos adultos fêmeas durante a alimentação (Parrella *et al.* 1985,
296 Minkenberg & Lenteren 1986).

297 Alguns danos indiretos estão relacionados as altas infestações, pois podem promover a
298 queda das folhas, afetando diretamente o rendimento da planta (Johnson *et al.* 1983, Umeda 1999,
299 Lima & Chagas 2014). E ainda pode deixar o fruto sem proteção contra raios solares, que leva a
300 queima do tecido externo do fruto, depreciando-o para comercialização (Michelbacher *et al.* 1951,

301 Musgrave *et al.* 1975). As injúrias promovidas tanto pela larva quanto pelo indivíduo adulto fêmea,
302 também podem ser usadas como porta de entrada para microrganismos fitopatogênicos (Kapadia
303 1995, Palumbo & Kerns 1998, Durairaj *et al.* 2010).

304 **Controle da mosca minadora *Liriomyza* spp.**

305 A mosca minadora e outras pragas que afetam o meloeiro têm sido predominantemente
306 controladas por meio da aplicação de agrotóxicos (Bueno *et al.* 2007, Guimarães *et al.* 2008, Agrofit
307 2021). O foco principal desse controle está voltado para a fase larval (Parrella 1987). Nesse
308 contexto, destaca-se uma notável utilização de produtos com efeito translaminar, exemplificados
309 por substâncias como abamectina, ciromazina, espinetoram e diamidas (Lima & Machado 1994,
310 Furiatti *et al.* 2003). Além disso, há relatos do emprego de inseticidas direcionados a insetos adultos,
311 como cloridrato de cartape e piretroide, conforme registrado no Agrofit (2021).

312 Com a crescente preocupação ambiental e social, existe uma grande necessidade da utilização
313 de estratégias como o Manejo Integrado de Pragas (MIP), em busca de ações que ajudem na tomada
314 de decisão e que minimizem o uso de agroquímicos, morte dos inimigos naturais, e a seleção de
315 linhagens de mosca minadora resistentes (Araujo 2004). Algumas medidas do MIP levam em
316 consideração que a *Liriomyza* é polífaga e com elevada capacidade de adaptação e distribuição em
317 novas áreas (Spencer 1973, Minkenberg & Lenteren 1986), sendo necessária a busca de novas
318 formas de controle. Uma forma de impedir o contato da fêmea da *Liriomyza* com a planta do melão,
319 impedindo punctura, atuando como barreira física, é o método de controle físico que utiliza de
320 tecido-não-tecido (TNT) na cobertura das plantas (Azevedo *et al.* 2005).

321 Existem alguns registros no Brasil de parasitoides de mosca minadora associados ao meloeiro,
322 o cenobionte larva-pupa, *Phaedrotoma* (*Gastrosema*) *scabriventris* Nixon, 1955 (Hymenoptera:
323 Braconidae) e o parasitoide idiobionte larval, *Chrysocharis vonones* Walker, 1839 (Hymenoptera:

324 Eulophidae) (Costa-Lima, Chagas & Parra 2014). É relevante destacar a importância dessas
325 espécies de parasitoides como agentes de controle biológico, uma vez que já são comercializadas
326 na Europa e Estados Unidos. No Brasil, o parasitoide *Neochrysocharis formosa* (Westwood)
327 (Hymenoptera: Eulophidae) é comercializado para o controle de *Liriomyza*, evidenciando sua
328 importância como potenciais ferramentas no MIP do meloeiro e oferecendo uma abordagem
329 sustentável para o controle (Wharton 1993, Murphy & Lasalle 1999, Liu *et al.* 2009).

330 Outro método eficaz de controle envolve o desenvolvimento e a utilização de plantas
331 resistentes às moscas minadoras, com o objetivo de identificar variedades que sofram menos danos
332 em comparação com as convencionais (Rossetto 1973). Atualmente, tanto no mercado quanto em
333 pesquisas recentes, encontram-se variedades de melão que apresentam resistência à mosca
334 minadora, como a variedade DRG 3228, que pertence ao tipo gália (Nunes *et al.* 2013, Oliveira *et*
335 *al.* 2021b; Germany, 2023). Essa resistência pode ser categorizada em três funcionalidades
336 potenciais: não-preferência, antibiose e tolerância (Gullan & Cranston, 2012). Estudos têm
337 demonstrado que plantas com tricomas glandulares atuam como uma barreira eficaz contra os
338 insetos do gênero *Liriomyza* (Leite, 2004).

339 **Uso de óleo essencial botânico no controle de pragas**

340 Os óleos essenciais (OEs) podem ser uma alternativa viável para controle de pragas,
341 destacando a sua natureza específica para o alvo e rápida degradação (Garay, Brennan Bom 2020).
342 Os OEs são amplamente utilizados em práticas orgânicas de manejo de pragas em todo o mundo, e
343 o mercado emergente, que reflete um crescimento constante na agricultura (Chang *et al.* 2022).
344 Górski (2005) sugere que os OEs podem ser uma ferramenta importante no controle de *Liriomyza*.

345 A popularidade crescente dos óleos essenciais como uma alternativa natural para o controle
346 de pragas é justificada por suas propriedades biológicas e químicas distintas. De maneira geral, OEs

347 botânicos são compostos por subprodutos do metabolismo secundário das plantas e são constituídos
348 por misturas complexas de terpenóides, sesquiterpenos, cetonas e metabólitos (Hikal *et al.* 2017,
349 Costa, Silva & Araujo 2018, Ikbal & Pavela 2019, Isman 2020). Esses compostos apresentam
350 características sensoriais que podem desempenhar atividades biológicas específicas e interagir com
351 insetos-praga (Isman 2006, Stefanello *et al.* 2011).

352 De forma geral, os OEs possuem ação neurotóxica sobre os insetos-praga, além de algumas
353 moléculas possuírem capacidade de repelência (Price & Berry 2008, Jankowska *et al.* 2017,
354 Usseglio *et al.* 2023, Nguyen *et al.* 2023). Este modo de ação neurotóxica se dá comumente através
355 de duas formas: uma pela inibição da atividade da acetilcolinesterase (AChE), que impedem a
356 quebra do neurotransmissor acetilcolina, responsável por transmitir sinais entre as células nervosas,
357 levando a uma acumulação excessiva de acetilcolina, que causa a hiperestimulação do sistema
358 nervoso e a morte do inseto alvo (Kim *et al.* 2006, Pang *et al.* 2009, Yeom *et al.* 2015); outra pela
359 modificação dos receptores GABA (ácido gama-aminobutírico), aumentando a concentração e
360 atividade nos neurônios dos insetos e bloqueando a ação de enzimas que os degradam, resultando
361 em hiperexcitação dos neurônios, paralisia e morte dos insetos (Henderson *et al.* 1993, Aronstein
362 *et al.* 1996, Dupuis *et al.* 2010).

363 O OE de Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus* - Poaceae) apresenta propriedades repelentes
364 e inseticidas comprovadas por estudos científicos. Liu & Ho (2017) observaram ação repelente
365 significativa desse OE contra o mosquito *Aedes aegypti* Linnaeus 1762 (Diptera: Culicidae) e Kim
366 *et al.* (2016) relataram uma taxa de mortalidade de até 80% em moscas domésticas (*Musca*
367 *domestica* L. Linnaeus, 1758, Diptera: Muscidae), utilizando o mesmo óleo. Acredita-se que a ação
368 desse OE esteja relacionada aos seus componentes químicos principais, incluindo o citral, que é
369 conhecido como um neurotóxico, e o geraniol, que atua como repelente e inibidor da alimentação
370 e da oviposição (Regnault-Roger 2013, Jankowska *et al.* 2017, Silvestre *et al.* 2021).

371 O OE de Tomilho branco (*Thymus vulgaris* L. - Lamiaceae) apresentou atividade inseticida
372 em alguns estudos, apresentando ação contra as larvas e mosquitos adultos de *Aedes* Meigen, 1818,
373 além de pulgas e carrapatos. Acredita-se que os compostos químicos presentes nesse óleo,
374 especialmente o timol, carvacrol e linalol, são os responsáveis pelo efeito tóxico observado
375 (Oliveira *et al.* 2021a, Ferreira 2019).

376 O OE extraído do Eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora*, antigamente classificado como
377 *Eucalyptus citriodora* - Myrtaceae) é conhecido por possuir propriedades inseticidas e repelentes
378 de insetos. Estudos têm demonstrado que este óleo apresenta toxicidade em larvas e adultos do
379 mosquito *A. aegypti*, atuando como um inseticida neurotóxico (Koech & Mwangi 2013, Manh
380 2020). Além disso, pesquisas indicam que este OE pode causar mortalidade, reduzir a emergência
381 de adultos e atuar como repelente para a espécie *Sitophilus zeamais* Mots. Motschulsky, 1855,
382 (Coleoptera: Curculionidae) (de Castro Coitinho *et al.* 2006).

383 O OE de cravo da Índia - *Syzygium aromaticum* L. (Myrtaceae) é amplamente reconhecido
384 por suas propriedades inseticidas e repelentes, com ação larvicida de 99% de eficácia contra o
385 carrapato *Rhipicephalus sanguineus* Latreille, 1806 (Segalla *et al.* 2022) e atividade acaricida contra
386 os ácaros *Dermatophagoides farinae* Hughes, 1961, e *Dermatophagoides pteronyssinus* Trouessart,
387 1897 (Chaieb *et al.* 2007). De forma geral, os mecanismos de ação dos metabolitos presentes neste
388 OE em insetos envolvem a inibição da colinesterase, o que resulta no acúmulo excessivo de
389 acetilcolina, culminando em uma superexcitação dos neurônios e eventualmente à morte do inseto
390 (Rattan 2010).

391 O OE de Melaleuca (*Melaleuca alternifolia* - Myrtaceae) é popularmente conhecido como
392 óleo de *Tea Tree*, exibe propriedades inseticidas e repelentes, onde o efeito inseticida pode ser
393 observado no aumento da mortalidade da mosca dos estábulos, *Stomoxys calcitrans* Linnaeus, 1758
394 (Dillmann *et al.* 2020), no efeito neurotóxico em *Tribolium castaneum* Herbst, 1797 (Coleoptera:

395 Tenebrionidae), com inibição da acetilcolinesterase após fumigação com o OE (Ramachandran,
396 Jayakumar & Thirunavukkarasu 2023). Outros autores, observaram que esse OE foi capaz de repelir
397 mosquitos *A. aegypti* (Silva & Ricci-Júnior 2020, Duarte *et al.* 2020).

398 Vários produtos são derivados do Neem devido às suas diversas propriedades, desde óleos
399 essenciais (através da técnica de extração a frio) a extratos vegetais. Alguns produtos comerciais
400 utilizam extratos vegetais de neem diluídos em um solvente a base de óleo. Estes subprodutos a
401 base de neem, apresentam propriedades inseticidas de amplo espectro que produzem efeitos
402 variados sobre os insetos. Estes efeitos incluem ação repelente, antialimentar (capaz de interferir no
403 sistema digestivo dos insetos, impedindo a absorção de nutrientes essenciais, reduzindo assim o
404 apetite e o peso corporal), interferência hormonal (os compostos presentes no óleo podem atuar no
405 sistema endócrino, agindo como análogos do hormônio juvenil, levando à interrupção do
406 desenvolvimento e reprodução), ação neurotóxica e de confusão sexual (Isman 2006).

407 Diversas pesquisas têm comprovado os efeitos inseticidas e acaricidas de produtos à base de
408 Neem - *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae) em diferentes espécies de pragas. Por exemplo, em
409 adultos de *Empoasca kraemeri* Ross & Moore, 1957 (Hemiptera: Cicadellidae), o neem aumentou
410 a mortalidade (Cabral & Pinheiro 2021). Andrade *et al.* (2013) verificaram que o uso de Neem
411 reduziu a produção de ninfas do pulgão do algodoeiro - *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemíptero:
412 Aphididae) e Souza *et al.* (2023) observaram que o uso de produtos à base de Neem também reduziu
413 a população de *Thrips tabaci* Lindeman, 1889 (Thysanoptera: Thripidae) na cultura da cebola. O
414 efeito acaricida do Neem também foi observado em *Hyalomma anatolicum excavatum* Koch, 1844
415 (Abdel-Shafy & Zayed 2002) e *Polyphagotarsonemus latus* Banks, 1904 (Venzon *et al.* 2008). O
416 neem também demonstrou ser repelente para o pulgão do algodoeiro (Andrade *et al.* 2013). Lale &
417 Mustapha (2000) relataram que o tratamento de sementes de feijão-caupi com Neem reduziu os
418 danos causados pela praga *Callosobruchus maculatus* Fabricius, 1775 (Coleoptera, Bruchidae).

419 A utilização de OEs no contexto do manejo de pragas demonstra uma relação ambientalmente
420 mais segura devido à sua biodegradabilidade e à potencial redução de toxicidade para seres animais,
421 incluindo humanos. Essa abordagem representa uma alternativa viável, especialmente para
422 pequenos agricultores (Rosenthal 1986, Ma *et al.* 2020). Pesquisas têm revelado o efeito fitotóxico
423 de alguns óleos essenciais, particularmente em relação à cultura do melão (Braga Sobrinho *et al.*
424 2012b, Braga Sobrinho & Sousa 2023). A manifestação de propriedades fitotóxicas geralmente
425 afeta as estruturas das membranas celulares nas plantas, exercendo interferência na absorção de
426 nutrientes e água. Resultando na diminuição tanto do tamanho quanto do número de folhas
427 (Vendramim 1997, Andrade *et al.* 2012, Nollet & Rathore 2017).

428 **Uso de óleo essencial botânico no controle da *Liriomyza* spp.**

429 Diversas investigações têm sido conduzidas no âmbito do manejo biológico da mosca
430 minadora (*Liriomyza* spp.) por meio da aplicação de inseticidas orgânicos botânicos, muitos desses
431 utilizam derivados do Neem (*A. indica* A. Juss), que tem se mostrado eficiente para mortalidade
432 larval e pupal em meloeiro (Costa *et al.* 2016, Silva *et al.* 2017). Diversos estudos têm comprovado
433 a eficácia do Neem no controle de *L. huidobrensis* (Dequech *et al.* 2010, Weintraub & Horowitz
434 1997), *L. trifolii* (Dimetry *et al.* 1995, Yildirim & Baspinar 2012, Rai *et al.* 2013) e *L. sativae*
435 (Hossain & Poehling 2006, Hossain *et al.* 2008, Costa *et al.* 2016, Costa, Silva & Araujo 2018).

436 Estudos anteriores têm investigado diversos produtos botânicos para o controle de *Liriomyza*
437 spp. Oliveira *et al.* (2020) avaliaram o potencial de OE de folhas de *Croton conduplicatus* no
438 controle da oviposição de *L. sativae*. Resultados promissores também foram obtidos com o óleo de
439 copaíba (*Copaifera* sp.), demonstrando toxicidade para larvas e pupas (Zuim *et al.* 2013). Além
440 disso, o estudo de Niu *et al.* (2022) revelou que o OE de *Salvia rosmarinus* não apenas exibiu
441 propriedades repelentes, mas também impediu a oviposição e a alimentação dos adultos de *L. sativa*.

442 Outros produtos botânicos provenientes das famílias Piperaceae, Verbenaceae, Poaceae, Labiatae e
443 Lamiaceae, resultaram em mortalidade adultos (Braga Sobrinho *et al.* 2012a). Em uma pesquisa
444 mais recente, Braga Sobrinho e Sousa (2023) demonstraram que o OEs de *Osmium*
445 *kilimandshanicum*, na concentração de 0,125%, causou uma taxa de 100% de mortalidade em
446 adultos de *L. trifolii*. Esses achados destacam a diversidade de opções promissoras derivadas de
447 produtos botânicos para o controle efetivo de *Liriomyza* spp.

448 Assim, o objetivo geral desse estudo consistiu em examinar, por meio de experimentos em
449 ambiente controlado, o impacto dos OEs de origem botânica e do produto comercial Azamax[®] sobre
450 diferentes estágios de desenvolvimento (larva, pupa, adulto) da mosca minadora *L. sativae* em
451 plantas de meloeiro. Os capítulos 2 e 3 do presente trabalho tem os seguintes objetivos: Capítulo 2:
452 (i) avaliar a fitotoxicidade desses OEs em plantas de meloeiro e (ii) avaliar o efeito desses OEs no
453 controle da *L. sativae* em plantas de meloeiro. Capítulo 3: determinar, em condições de laboratório,
454 o efeito tóxico do produto comercial base de Neem - Azamax[®] (*Azadirachta indica* - Meliaceae),
455 de Óleo essencial Melaleuca (*Melaleuca alternifolia* - Myrtaceae) no controle da mosca minadora
456 – *L. sativae* em plantas de meloeiro.

457 **Literatura Citada**

458 **Abdel-Shafy, S. & Zayed, A.A. 2002.** In vitro acaricidal effect of plant extract of neem seed oil
459 (*Azadirachta indica*) on egg, immature, and adult stages of *Hyalomma anatolicum excavatum*
460 (Ixodoidea: Ixodidae). Veterinary parasitology, 106(1), 89-96.

461
462 **Agrofit. 2021.** Sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em:
463 <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 14,
464 fevereiro 2021.

465
466 **Andrade, L.H.D., J.V.D. Oliveira, I.M.D.M. Lima, M.F.D. Santana & M.O. Breda. 2013.**
467 Efeito repelente de azadiractina e óleos essenciais sobre *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera:
468 Aphididae) em algodoeiro. Revista Ciência Agronômica, 44, 628-634.

469

- 470 **Andrade, M.A., M.D.G. Cardoso, L.R. Batista, A.C.T. Mallet & S.M.F. Machado. 2012.** Óleos
471 essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Zingiber officinale*:
472 composição, atividades antioxidante e antibacteriana. Revista Ciência Agronômica, v. 43, n. 2,
473 p. 399-408. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902012000200025>.
474
- 475 **Anuário Brasileiro de Horti&Fruti 2022 / Benno B.K. et al. 2022.** – Santa Cruz do Sul: Editora
476 Gazeta Santa Cruz, 96 p.: il. Disponível em: [https://www.editoragazeta.com.br/anuario-](https://www.editoragazeta.com.br/anuario-brasileiro-dehorti-fruti-2022/)
477 [brasileiro-dehorti-fruti-2022/](https://www.editoragazeta.com.br/anuario-brasileiro-dehorti-fruti-2022/). Acesso em: 03 Feb. 2023.
478
- 479 **Araujo, E.L. 2004.** Praga do meloeiro. Revista FAPERN, n. 1, p. 11.
480
- 481 **Araujo, E.L., C.H.F. Nogueira, A.C. Menezes Netto & C.E.S. Bezerra. 2013.** Biological aspects
482 of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.).
483 Ciência Rural, v. 43, p. 579-582.
484
- 485 **Araujo, E.L., D.R.R. Fernandes, L.D. Geremias, A.C. Menezes Netto & M.A. Filgueira. 2007.**
486 Mosca-minadora associada à cultura do meloeiro no semiárido do Rio Grande do Norte.
487 Revista Caatinga, v.20, n. 3, p. 210-212.
488
- 489 **Aronstein, K., V. Auld & R. Ffrench-Constant. 1996.** Distribution of two GABA receptor-like
490 subunits in the Drosophila CNS. Invertebrate Neuroscience, v. 2, p. 115-120.
491
- 492 **Azevedo, F.R., J.A. Guimarães, D. Terao, L.G.P. Neto & J.A.D. Freitas. 2005.** Distribuição
493 vertical de minas de *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae) em folhas do
494 meloeiro, em plantio comercial. Revista Ciência Agronômica, v.36, n.3, p. 322-326.
495
- 496 **Bethke, J.A., & M.P. Parrella. 1985.** Leaf puncturing, feeding and oviposition behavior of
497 *Liriomyza trifolii*. Entomologia Experimentalis et Applicata, University of California, v. 39, n.
498 2, p. 149-154.
499
- 500 **Braga Sobrinho, R., & M.D.S.C. de Sousa. 2023.** Essential oils on the control of melon leafminer:
501 Efeito de óleos essenciais de plantas no controle da mosca-minadora do meloeiro. Brazilian
502 Journal of Aneemal and Environmental Research, 6(1), 58-72.
503
- 504 **Braga Sobrinho, R., A. Mesquita, N.D.S. Dias, M. Mota, F. Pimentel & K.L.B. de Araújo.**
505 **2012a.** Metodologia para avaliação de óleos essenciais de plantas contra a mosca-minadora do
506 meloeiro em condições de laboratório. Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico
507 (INFOTECA-E).
508
- 509 **Braga Sobrinho, R.; A.L.M. Mesquita, K.L.B. Araújo, M.S.C.S. Mota, F.A. Pimentel, J.A.**
510 **Guimarães & N.S. Dias. 2012b.** Avaliação de fitotoxicidade de óleos essenciais de plantas ao
511 meloeiro. Embrapa Agroindústria Tropical, Bol. n. 71.
512
- 513 **Brasil, A.M.S., K.C. de Oliveira, P.L. de Araújo Neto & I.A. do Nascimento. 2007.**
514 Representatividade do custo de controle da mosca minadora na produção de melão: um estudo
515 de caso na empresa Santa Júlia Agro Comercial Exportadora de Frutas Tropicais Ltda. In: Anais
516 do Congresso Brasileiro de Custos-ABC.

- 517
- 518 **Bueno, A.F, B. Zechmann, W.W. Hoback, R.C.O.F. Bueno & O.A. Fernandes. 2007.**
- 519 Serpentine leafminer (*Liriomyza trifolii*) on potato (*Solanum tuberosum*): field observations
- 520 and plant photosynthetic responses to injury. *Ciência Rural*, v.37, n.6, p.1510-1517.
- 521
- 522 **Cabral, M.J. & R.A. Pinheiro. 2021.** Bioatividade do óleo de Neem em adultos de Cigarrinha
- 523 *Empoasca kraemeri* (Hemiptera: Cicadellidae). *Diversitas Journal*, 6(2), 1910-1919.
- 524
- 525 **Chaieb, K., H. Hajlaoui, T. Zmantar, A.B. Kahla-Nakbi, M. Rouabhia, K. Mahdouani & A.**
- 526 **Bakhrouf. 2007.** The Chemical Composition and Biological Activity of Clove Essential Oil,
- 527 *Eugenia caryophyllata* (*Syzygium aromaticum* L. Myrtaceae): A Short Review. *Phytotherapy*
- 528 *research*, Vol. 21: 501-506.
- 529
- 530 **Chang, Y., P.F. Harmon, D.D. Treadwell, D. Carrillo, A. Sarkhosh & J.K. Brecht. 2022.**
- 531 Biocontrol potential of essential oils in organic horticulture systems: From farm to fork.
- 532 *Frontiers in Nutrition*, 8, 805138.
- 533
- 534 **Collins, D.W. 2004.** Protocol for the diagnosis of quarantine organisms: *Liriomyza* spp. (*L. sativae*,
- 535 *L. trifolii*, *L. huidobrensis*, *L. bryoniae*). Central Science Laboratory, p. 1-8. Disponível em:
- 536 <http://www.producaoavegetal.univasf.edu.br/Arquivos/andrea.pdf> Acesso em: 08 fevereiro
- 537 2021.
- 538
- 539 **Costa, E.M., F.E.L. Silva & E.L. Araújo. 2018.** Effect of aqueous neem seed extract via irrigation
- 540 on larva of *Liriomyza sativae* in melon crop. *Horticultura Brasileira*, v. 36, n.3, p. 353-356.
- 541
- 542 **Costa, E.M., S.B. Torres, R.R. Ferreira, F.G. Silva & E.L. Araujo. 2016.** Extrato aquoso de
- 543 sementes de neem no controle de *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) em meloeiro.
- 544 *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, n. 2, p. 401 –406.
- 545
- 546 **Costa, N.D. (Ed.) 2017.** A cultura do melão. 3. ed. rev. e atual. Embrapa, 202 p. il. color. (Coleção
- 547 Plantar, 76).
- 548
- 549 **Costa-Lima, T.C.D., M.C.M.D. Chagas & J.R.P. Parra. 2014.** Temperature-dependent
- 550 development of two neotropical parasitoids of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae).
- 551 *Journal of Insect Science*, 14(1), 245.
- 552
- 553 **de Castro Coitinho, R.L.B., J.V. Oliveira, M.G.C. Jr Gondim & C.A.G. Câmara. 2006.**
- 554 Atividade inseticida de óleos vegetais sobre *Sitophilus zeamays* Mots. (Coleoptera:
- 555 Curculionidae) em milho armazenado. *Revista. Caatinga*. 19: 176–182.
- 556
- 557 **Dequech, S.T.B., V.S. Sturza, L. do Prado Ribeiro, C.D. Sausen, R. Egewarth, M. Milani & J.**
- 558 **Schirmann. 2010.** Inseticidas botânicos sobre *Liriomyza huidobrensis* Blanchard (Diptera:
- 559 Agromyzidae) e seus parasitoides em feijão-de-vagem cultivado em estufa. *Biotemas*, v. 23, n.
- 560 2, p. 37-43.
- 561
- 562 **Dillmann, J.B., L.F. Cossetin, M. de Giacometi, D. Oliveira, A.F.I.M. de Matos, P.D. Avrella,**
- 563 **... & S.G. Monteiro. 2020.** Adulticidal activity of *Melaleuca alternifolia* (Myrtales:

- 564 Myrtaceae) essential oil with high 1, 8-Cineole content against stable flies (Diptera: Muscidae).
565 Journal of Economic Entomology, 113(4), 1810-1815.
566
- 567 **Dimetry, N.Z., A.A. Barakat, E.F. Abdalla, H.E. El-Metwally & A.M.E. Abd El-Salam. 1995.**
568 Evaluation of two neem seed kernel extracts against *Liriomyza trifolii* (Burg.) (Dip.
569 Agromyzidae). Anzeiger Für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz, v. 68, n. 2, p.
570 39-41.
571
- 572 **Duarte, J.L., T.C. Taira, L.D. Di Filippo, B. Fonseca-Santos, M.C. Pinto & M. Chorilli. 2020.**
573 Novel bioadhesive polycarbophil-based liquid crystal systems containing *Melaleuca*
574 *alternifolia* oil as potential repellents against *Aedes aegypti*. Journal of Molecular Liquids, 314,
575 113626.
576
- 577 **Dupuis, J.P.; M. Bazelot, G.S. Barbara, S. Paute, M. Gauthier & V. Raymond-Delpech. 2010.**
578 Homomeric RDL and heteromeric RDL/LCCH3 GABA receptors in the honeybee antennal
579 lobes: two candidates for inhibitory transmission in olfactory processing. Journal of
580 neurophysiology, 103(1), 458-468.
581
- 582 **Durairaj, C., G. Karthkeyan, N. Ganapathy & P. Karuppuchamy. 2010.** Predisposition effect
583 of *Liriomyza trifolii* damage to Alternaria leaf spot disease in tomato. Karnataka Journal of
584 Agricultural Science, [S.I.], v. 23, n. 1, p. 161-162.
585
- 586 **FAO - Food and Agriculture Organization. 2020.** FAOSTAT - Agricultural production, primary
587 crops. Disponível em: < <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL>>. Acesso em: 20 de
588 setembro 2023.
589
- 590 **Ferreira, L.L., A.L.F. Sarria, J.G. de Oliveira Filho, F.D.O. de Silva, S.J. Powers, J.C.**
591 **Caulfield, ... & L.M.F. Borges. 2019.** Identification of a non-host semiochemical from tick-
592 resistant donkeys (*Equus asinus*) against *Amblyomma sculptum* ticks. Ticks and tick-borne
593 diseases, 10(3), 621-627.
594
- 595 **Furiatti, R.S., A.D. Brisolla & L.A.B. Salles. 2003.** Pragas da parte aérea In: O cultivo da batata
596 na Região Sul do Brasil, Pereira, A.S., J. Daniels. Embrapa Informações Tecnológica, 567 p.
597
- 598 **Garay, J., T. Brennan, & D. Bom. 2020.** Review: Essential oils a viable pest control alternative.
599 Int. J. Ecotoxicol. Ecobiol, 5(2), 13-22.
600
- 601 **Germany, Bayer CropScience. 2023.** "DRG3228". Disponível em: <
602 [https://www.vegetables.bayer.com/br/pt-](https://www.vegetables.bayer.com/br/pt-br/produtos/melao/details.html/melon_drg_3228_brazil_seminis_all_open_field_fresh_market_all)
603 [br/produtos/melao/details.html/melon_drg_3228_brazil_seminis_all_open_field_fresh_marke](https://www.vegetables.bayer.com/br/pt-br/produtos/melao/details.html/melon_drg_3228_brazil_seminis_all_open_field_fresh_market_all)
604 [t_all](https://www.vegetables.bayer.com/br/pt-br/produtos/melao/details.html/melon_drg_3228_brazil_seminis_all_open_field_fresh_market_all)>. Acesso em: 29 de setembro 2023.
605
- 606 **Górski, R. 2005.** Effectiveness of natural essential oils in monitoring of the occurrence of pea
607 leafminer (*Liriomyza huidobrensis* Blanchard) in gerbera crop. Journal of Plant Protection
608 Research, 45(4).
609

- 610 **Guimarães, J.A., R. Braga Sobrinho, F.R. Azevedo, E.L. Araujo, D. Terão & A.L.M.**
611 **Mesquita. 2008.** Manejo integrado de pragas do meloeiro. p.183-199. In: Braga Sobrinho, R.,
612 J.A. Guimarães, J. Freitas, D. Terão. (Eds.) Produção Integrada de Melão. EMBRAPA
613 Agroindustrial Tropical. 338p.
- 614
- 615 **Gullan, P.J. & P.S. Cranston. 2012.** Os insetos: um resumo de entomologia. 4 ed. 480 p. 2012.
- 616
- 617 **Henderson, J.E., D.M. Soderlund & D.C. Knipple. 1993.** Characterization of a putative γ -
618 aminobutyric-acid (GABA) receptor β -subunit gene from *Drosophila melanogaster*.
619 Biochemical and biophysical research communications, v. 193, n. 2, p. 474-482.
- 620
- 621 **Hikal, W. M., R. S. Baeshen & H. A. Said-Al Ahl. 2017.** Botanical insecticide as simple
622 extractives for pest control. Cogent Biol., 3, n. 1404274.
- 623
- 624 **Hossain, M.B. & H.M. Poehling. 2006.** Effects of a neem based insecticide on different immature
625 life stages of the leafminer *Liriomyza sativae* on tomato. Phytoparasitica, v. 34, n. 4, p. 360-
626 369.
- 627
- 628 **Hossain, M.B., H.M. Poehling, G. Thöming & C. Borgemeister. 2008.** Effects of soil application
629 of neem (NeemAzal[®] - U) on different life stages of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae)
630 on tomato in the humid tropic. Journal of Plant Diseases and Protection, v. 115, n. 2, p. 80-87.
- 631
- 632 **IBGE. 2022a.** Produção Agrícola Municipal 2021. IBGE. Disponível em:
633 <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/0> Acesso em: 06 de abril 2023.
- 634
- 635 **IBGE. 2022b.** IBGE Indicadores. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola Estatística da
636 Produção Agrícola.
- 637
- 638 **Ikbal, C. & R. Pavela. 2019.** Essential oils as active ingredients of botanical insecticides against
639 aphids. Journal of pest science, v. 92, p. 971-986.
- 640
- 641 **Isman, M.B. 2006.** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an
642 increasingly regulated world. Annual Review of Entomology, v. 51, p. 45-66.
- 643
- 644 **Isman, M.B. 2020.** Botanical insecticides in the twenty-first century—fulfilling their promise?
645 Annual Review of Entomology, 65, pp. 233-249.
- 646
- 647 **Jankowska, M., J. Rogalska, J. Wyszowska & M. Stankiewicz. 2017.** Molecular targets for
648 components of essential oils in the insect nervous system—A review. Molecules, 23(1), 34.
- 649
- 650 **Johnson, M.W., S.C. Welter, N.C. Toscano, I.P. Ting & J.T. Trumble. 1983.** Reduction of
651 tomato leaflet photosynthesis rates by mining activity of *Liriomyza sativae* (Diptera:
652 Agromyzidae). Journal of Economic Entomology, v.76, n. 5, p. 1061-63.,
- 653
- 654 **Kang, L., B. Chen, J.N. Wei & T.X. Liu. 2009.** Roles of thermal adaptation and chemical ecology
655 in *Liriomyza* distribution and control. Annual review of entomology, 54, 127-145.
- 656

- 657 **Kapadia, M.N. 1995.** Population, parasitism and parasitoids of *Liriomyza trifolii* (Burgess) on
658 summer host plants and its record as a disease carrier. International Journal of Tropical
659 Agriculture, [S.I.], v. 13, p. 273–275, 1995.
660
- 661 **Kim, J.I., C.S. Jung, Y.H. Koh & S.H. Lee. 2006.** Molecular, biochemical and histochemical
662 characterization of two acetylcholinesterase cDNAs from the German cockroach *Blattella*
663 *germanica*. Insect molecular biology, 15(4), 513-522.
664
- 665 **Kim, S.I., J.Y. Roh, D.H. Kim, H.S. Lee, Y.J. Ahn & H.M. Park. 2016.** Repellent and fumigant
666 activity of essential oils from *Eucalyptus camaldulensis* and *Cymbopogon flexuosus* against
667 *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). Journal of Pest Science, 89(1), 171-179.
668
- 669 **Koech, P.K.A. & R.W. Mwangi. 2013.** Repellent activities of *Ocimum basilicum*, *Azadirachta*
670 *indica* and *Eucalyptus citriodora* extracts on rabbit skin against *Aedes aegypti*.
671
- 672 **Lale, N.E.S. & A. Mustapha. 2000.** Potential of combining neem (*Azadirachta indica* A. Juss)
673 seed oil with varietal resistance for the management of the cowpea bruchid, *Callosobruchus*
674 *maculatus* (F.). Journal of Stored Products Research, 36(3), 215-222.
675
- 676 **Landau, E.C., E.D.C. Marques, I.P.C. Cavalieri & G.A. da Silva. 2020.** Evolução da produção
677 de melão (*Cucumis melo*, Cucurbitaceae). Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico
678 (ALICE).
679
- 680 **Leite, G.L.D. 2004.** Resistência do tomate a pragas. Unimontes Científica, Montes Claros, v.6, n.2,
681 p.129-140.
682
- 683 **Lima, J.O.G. & W.A. Machado. 1994.** Eficácia da abamectina contra a mosca-minadora
684 (*Liriomyza* sp.) (Diptera: Agromyzidae), em tomateiro. Revista Ceres, v.41, n.237, p.559-566.
685
- 686 **Lima, T.C.C. & M.C.M. Chagas. 2014.** Controle biológico de moscas-minadoras. G. Bio: Revista
687 de Controle Biológico, [S.I.], n.1, p.13-15.
688
- 689 **Liu, T.X., L. Kang, K.M. Heinz & J. Trumble. 2009.** Biological control of *Liriomyza* leafminers:
690 progress and perspective. CAB reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science,
691 Nutrition and Natural Resources, v. 4, n. 4, p. 1-16.
692
- 693 **Liu, Z.L. & S.H. Ho. 2017.** Bioactivity of the essential oil extracted from *Cymbopogon flexuosus*
694 and its effect on *Aedes aegypti*. Journal of agricultural and food chemistry, 65(42), 9243-9250.
695
- 696 **Ma, S., R. Jia, M. Guo, K. Quin & L. Zhang. 2020.** Insecticidal activity of essential oil from
697 *Cephalotaxus sinensis* and its main components against various agricultural pests. Industrial
698 Crops and Products. 150, 112403.
699
- 700 **Manh, H.D., D.T. Hue, N.T.T. Hieu, D.T.T. Tuyen & O.T. Tuyet. 2020.** The Mosquito larvicidal
701 activity of essential oils from *Cymbopogon* and *Eucalyptus* Species in Vietnam. Insects, 11(2),
702 128.
703

- 704 **MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). 2022.** Projeções do
705 agronegócio: Brasil 2021/22 a 2031/32 projeções de longo prazo. Secretaria de Política
706 Agrícola. 111 p. Disponível em: [https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio)
707 [agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/projecoes-do-agronegocio) Acesso em: 14 mar.
708 2023.
709
- 710 **MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). 2020.** Projeções do
711 Agronegócio: Brasil 2019/20 a 2029/30, Projeções de Longo Prazo.
712
- 713 **Michelbacher, A.E., W.W. Middlerauf & L.C. Glover. 1951.** Studies with aldrin and dieldrin
714 against melon insects. *Journal of Economic Entomology*, [S.I.], v. 44, p. 390-393.
715
- 716 **Minkenbergh, O.P.J.M. & J.C. van Lenteren, 1986.** The leafminers *Liriomyza bryoniae* and *L.*
717 *trifolii* (Diptera: Agromyzidae), their parasites and host plants: a review. *Agriculture University*
718 *Wageningen Papers*, v. 86, n. 2, p. 1-50,
719
- 720 **Mujica, N., & J. Kroschel 2011.** Leafminer fly (Diptera: Agromyzidae) occurrence, distribution,
721 and parasitoid associations in field and vegetable crops along the Peruvian coast.
722 *Environmental Entomology*, 40(2), 217-230.
- 723 **Murphy, S.T. & J. Lasalle. 1999.** Balancing biological control strategies in the IPM of new world
724 invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. *Biocontrol News and Information*, v.20,
725 n.3.
726
- 727 **Musgrave, C.A., S.L. Poe & H.V. Weems Junior. 1975.** The vegetable leaf miner, *Liriomyza*
728 *sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae), in Florida. Gainesville: University of Florida. 4 p.
729 (Circular, 162).
730
- 731 **Nguyen, H.H., N.H. Hùng, P.M. Quan, D.N. Dai, P. Satyal, L.T. Huong, ... & W.N. Setzer.**
732 **2023.** Environmentally-Friendly Pesticidal Activities of *Callicarpa* and *Karomia* Essential oils
733 from Vietnam and Their Microemulsions. *Chemistry & Biodiversity*.
734
- 735 **Niu, D., Z. Liu, L. Shen, H. Zhou, M. You, M. Isman & S. You. 2022.** Repellent and toxic effects
736 of *Salvia rosmarinus* oil against *Liriomyza sativae*. *Annals of Applied Biology*, 181(2), 246-
737 254.
738
- 739 **Nollet, L.M. & H.S. Rathore. 2017.** Essential oil mixtures for pest control. In: Rathore, H. S., L.M.
740 Nollet (ed.). *Green pesticides handbook: essential oils for pest control*. CRC Press. p. 509-521.
741
- 742 **Nunes, G.H.D.S., A.C. Medeiros, E.L. Araujo, C.H.F. Nogueira & K.D.D.S. Sombra. 2013.**
743 Resistência de acessos de meloeiro à mosca-minadora *Liriomyza spp.* (Diptera: Agromyzidae).
744 *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35, 746-754.
745
- 746 **Oliveira, A.A. de, L.P. França, A.D.S. Ramos, J.L.P. Ferreira, A.C.B. Maria, K.M. Oliveira,**
747 **... & J.R de Andrade Silva. 2021a.** Larvicidal, adulticidal and repellent activities against
748 *Aedes aegypti* L. of two commonly used spices, *Origanum vulgare* L. and *Thymus vulgaris* L.
749 *South African Journal of Botany*, 140, 17-24.
750

- 751 **Oliveira, A.C., T.C. Costa-Lima, A.V.V. Souza & R.D.C.R. Gonçalves-Gervásio, 2020.**
752 Atividade de óleos essenciais de plantas da Caatinga sobre a mosca-minadora. Pesquisa
753 Agropecuária Tropical, v. 50, p. e58313-e58313.
754
- 755 **Oliveira, V., A.D. Morais, R.D. Dias & A. Moita. 2021b.** Resistência de meloeiro à mosca-
756 minadora.
757
- 758 **Palumbo, J.C. & D.L. Kerns. 1998.** Melon insect pest management in arizona. University of
759 Arizona. Cooperative Extension Service, [S.I.], p.12.
760
- 761 **Pang, Y.P., S.K. Singh, Y. Gao, T.L. Lassiter, R.K. Mishra, K.Y. Zhu & S. Brimijoin. 2009.**
762 Selective and irreversible inhibitors of aphid acetylcholinesterases: steps toward human-safe
763 insecticides. PLoS One, 4(2), e4349.
764
- 765 **Parrella, M.P. 1987.** Biology of *Liriomyza*. Annual Review of Entomology, v.32, p. 201-224.
766
- 767 **Parrella, M.P., V.P. Jones & G.D. Christie. 1987.** Feasibility of parasites for biological control
768 of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) on commercially grown chrysanthemum.
769 Environmental Entomology, College Park, v.16, p.832–837.
770
- 771 **Parrella, M.P., V.P. Jones, R.R. Youngman & L.M. Lebeck. 1985.** Effect on leaf mining and
772 leaf stippling of *Liriomyza* spp. on photosynthetic rates of chrysanthemum. Annals of
773 Entomological Society of America, College Park, v.78, n.1, p.90-93.
774
- 775 **Parrella, M.P.; K.L Robb & J. Bethke. 1983.** Influence of selected host plants on the biology of
776 *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). Annals of the Entomological Society of America,
777 College Park, v.76, p.112-115.
778
- 779 **Penha, T.A.M & H.C. Alves. 2018.** O desempenho das exportações do melão potiguar e cearense:
780 uma análise de constant market share. Revista de Estudos Sociais, v. 20, n. 41, p. 233-256.
781
- 782 **Price, D.N. & M.S. Berry. 2008.** Neurophysiological effects of naturally occurring defensive
783 compounds on the freshwater snail *Planorbis corneus*: Comparison with effects in insects.
784 Journal of chemical ecology, 34, 994-1004.
785
- 786 **Rai, D., A.K. Singh, S.N. Sushil, M.K. Rai, J.P. Gupta & M.P. Tyagi. 2013.** Efficacy of
787 insecticides against american serpentine leaf miner, *Liriomyza trifolii* (Burgess) on tomato crop
788 in N-W region of Uttar Pradesh, India. International Journal of Horticulture, v. 3, n. 5, p. 19-
789 21.
790
- 791 **Ramachandran, M., M. Jayakumar & S. Thirunavukkarasu. 2023.** Insecticidal activity of
792 *Melaleuca alternifolia* (Myrtaceae) essential oil against *Tribolium castaneum* (Coleoptera:
793 Tenebrionidae) and its inhibitory effects on insecticide resistance development. The Canadian
794 Entomologist, 155, e9.
795
- 796 **Rattan, R.S. 2010.** Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. Crop
797 protection 29(9): 913-920.

798
799 **Regnault-Roger, C. 2013.** Essential oils in insect control. In: Ramawat, K.G. & J.M. Mérillom.
800 (Eds.) Natural products: phytochemistry, botany, and metabolism of alkaloids, phenolics, and
801 terpenes. Berlin: Springer-Verlag, p. 4087-4107.
802
803 **Rosenthal, G. A., 1986.** The chemical defense of higher plants. Scientific American, v. 254, n. 1,
804 p. 94-99.
805
806 **Rossetto, C.J., 1973.** Resistência de plantas a insetos. ESALQ. 171p.
807
808 **Segalla, C.C., N.B. Pinheiro, A. Ferraz, T. Poletti, R. Ongaratto, C.M. Ribeiro, ... & L.Q.**
809 **Nizoli. 2022.** Estudo in vitro da eficácia do óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium*
810 *aromaticum*, MYRTACEAE) sobre carrapato *Rhipicephalus sanguineus*. Veterinária e
811 Zootecnia, 29, 1-10.
812
813 **Silva, F.G., E.M. Costa, R.R. Ferreira, F.E.L. Da Silva & E.L. Araujo. 2017.** Efeito de
814 diferentes concentrações do extrato aquoso de folhas de neem na mortalidade da mosca
815 minadora *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). Revista Agro@mbiente On-
816 Line, v. 10, n. 4, p. 381-386.
817
818 **Silva. da M.R.M. & E. Ricci-Júnior. 2020.** An approach to natural insect repellent formulations:
819 From basic research to technological development. Acta Trop. 212:105419.
820
821 **Silvestre, W.P., C.B. Vicenço, R.A. Thomazoni & G.F. Pauletti. 2021.** Insecticidal activity of
822 *Callistemon speciosus* essential oil on *Anticarsia gemmatalis* and *Spodoptera frugiperda*.
823 International Journal of Tropical Insect Science, 1-8.
824
825 **Souza, de G.P.A., E.R. de Araújo, L.D. Geremias & R. de Sousa Resende. 2023.** Óleo de nim e
826 de coco no manejo de tripes, míldio e rendimento de cebola em sistema orgânico.
827
828 **Souza, J.C. de, & P.R. Reis. 2001.** Minador-das-folhas: Importante praga na cultura da batata.
829 Revista da ABBA. Ano.1, n. 2.
830
831 **Spencer, K.A., 1973.** Agromyzidae (Diptera) of economic importance. Dr. W. Junk B.V., The
832 Hague, 418 p.
833
834 **Stefanello, M.E.A., A.C.R.F. Pascoal & M.J. Salvador. 2011.** Essential oils from neotropical
835 Myrtaceae: chemical diversity and biological properties. Chemistry & biodiversity, v. 8, n. 1,
836 p. 73-94.
837
838 **Thompson, C.F. 2008.** Biosystematic Database of World Diptera. Agromyzidae. Version 10.5.
839
840 **Topbio. 2023.** TOPBIO Sistemas Biológicos. MINEX-NEO - *Neochrysocharis formosa*.
841 Disponível em: <<https://topbiobrasil.com.br/produto/minex-neo/>> Acesso em: 28/09/2023.
842
843 **Umeda, K. 1999.** Leafminer control in Cantaloupes.
844

- 845 **Usseglio, V.L., J.S. Dambolena & M.P. Zunino. 2023.** Can Essential Oils Be a Natural Alternative
846 for the Control of *Spodoptera frugiperda*? A Review of Toxicity Methods and Their Modes of
847 Action. *Plants*, 12(1), 3.
848
- 849 **Vendramim, J.D. 1997.** Uso de plantas inseticidas no controle de pragas. *Anais*.
850
- 851 **Venzon, M., M.C. Rosado, A.J. Molina-Rugama, V.S. Duarte, R. Dias & A. Pallini. 2008.**
852 Acaricidal efficacy of neem against *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari:
853 Tarsonemidae). *Crop Protection*, 27(3-5), 869-872.
854
- 855 **Weintraub, P.G. & A.R. Horowitz. 1997.** Systemic Effects of a neem insecticide on *Liriomyza*
856 *huidobrensis* larvae. *Phytoparasitica*, v. 25, n. 4, p. 283-289.
857
- 858 **Wharton, R.A. 1993.** Bionomics of the Braconidae. *Annual Review of Entomology*, v. 38, p.121-
859 143.
860
- 861 **Yeom, H.J., C.S. Jung, J. Kang, J. Kim, J.H. Lee, D.S. Kim, ... & I.K. Park. 2015.** Insecticidal
862 and acetylcholine esterase inhibition activity of Asteraceae plant essential oils and their
863 constituents against adults of the *German cockroach* (*Blattella germanica*). *Journal of*
864 *agricultural and food chemistry*, 63(8), 2241-2248.
865
- 866 **Yildirim, E.M. & H. Baspinar. 2012.** Effects of neem on *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera:
867 Agromyzidae) and its parasitoids on tomato greenhouse. *Journal of Food, Agriculture &*
868 *Environment*, v. 10, n. 1, p. 381-384.
869
- 870 **Zuim, V., L.Í.R. Rocha, W.R. Valbon, H.S. Rodrigues & D. Pratisoli. 2013.** Efeito do óleo-
871 resina de copaíba sobre a mosca minadora *Liriomyza trifolii* (Burgess)(Diptera:
872 Agromyzidae). *Enciclopédia Biosfera*, v. 9, n. 16, p. 2721-8.

873

CAPÍTULO 2

874

875 AVALIAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE A MOSCA MINADORA *Liriomyza sativae*

876 BLANCHARD (DIPTERA: AGROMYZIDAE) NA CULTURA DO MELOEIRO

877

878

879

RAMON DA SILVA ARGÔLO

880

881

882 Departamento de Agronomia - Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife,

883

Pernambuco, Brasil

884

885

886

887

888

889

890

891

892

893

894

895

896

897

898 ¹ARGÔLO, R. da S. Avaliação de óleos essenciais sobre a mosca minadora *Liriomyza sativae*
899 Blanchard (Diptera: Agromyzidae) na cultura do meloeiro. A ser submetido para publicação em
900 revista científica.

901 RESUMO – O Brasil é um dos principais produtores e exportadores de melão (*Cucumis melo* L.)
902 do mundo. A mosca minadora *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae) é
903 considerada uma das principais pragas dessa cultura e a busca por novas alternativas de controle
904 tem sido realizada. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar, em condições de laboratório, o
905 efeito de óleos essenciais (OEs) botânicos sobre *L. sativae*, bem como seu efeito fitotóxico, em
906 plantas de meloeiro. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Entomologia Aplicada
907 da Universidade Federal Rural Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do Norte, Brasil. Os
908 tratamentos consistiram nos seguintes OEs: Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*), Tomilho branco
909 (*Thymus vulgaris*), Eucalipto citriodora (*Eucalyptus citriodora*), Cravo da Índia (*Syzygium*
910 *aromaticum*), Melaleuca (*Melaleuca alternifolia*), e como controle positivo o produto comercial
911 Azamax[®] (a base de *Azadirachta indica*) e Água destilada como testemunha. Esses elementos foram
912 submetidos a avaliações simultâneas de seus efeitos fitotóxicos em plantas de meloeiro, bem como
913 seus efeitos inseticidas em relação a *L. sativae*. Os resultados mostraram, que os OEs de
914 Lemongrass, Tomilho branco e Eucalipto demonstraram fitotoxicidade para as plantas de meloeiro,
915 em concentrações de 0,25%. Este estudo forneceu evidências dos efeitos dos OEs na mortalidade
916 de *L. sativae*, onde se destacou o produto comercial Azamax[®], bem como o potencial dos OEs de
917 Tomilho, Eucalipto e Melaleuca. Devido ao efeito fitotóxico dos OEs de Lemongrass, Tomilho e
918 Eucalipto, estes não se mostraram apropriados para futuras investigações no âmbito deste estudo.
919 Mais pesquisas são necessárias para identificar os componentes químicos inseticidas e compreender
920 as diversas formas de efeitos dos OEs estudados, sobre *L. sativae*.

921 **Palavras-chave:** *Cucumis melo*, Larvicida, Inseticida Vegetal.

922 EVALUATION OF ESSENTIAL OILS ON THE LEAFMINER FLY *Liriomyza sativae*
923 BLANCHARD (DIPTERA: AGROMYZIDAE) IN CANTALOUPE CROP.

924 ABSTRACT – Brazil is one of the world's main producers and exporters of cantaloupe melons
925 (*Cucumis melo* L.). The leafminer fly *Liriomyza sativae* Blanchard 1938 (Diptera: Agromyzidae) is
926 considered one of the major pests of this crop, and the search for new control methods has been
927 ongoing. Therefore, the objective of this study was to evaluate, under laboratory conditions, the
928 effect of botanical essential oils (EOs) on *L. sativae*, as well as their phytotoxic effect on cantaloupe
929 plants. The experiments were conducted at the Laboratory of Applied Entomology at the Federal
930 Rural Semi-Arid University (UFERSA) in Mossoró, Rio Grande do Norte, Brazil. The treatments
931 consisted of the following EOs: Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*), White Thyme (*Thymus*
932 *vulgaris*), Eucalyptus citriodora (*Eucalyptus citriodora*), Clove (*Syzygium aromaticum*) Tea Tree
933 (*Melaleuca alternifolia*), and as a positive control, the commercial product Azamax® (based on
934 *Azadirachta indica*), with distilled water as the control. These elements were subjected to
935 simultaneous evaluations of their phytotoxic effects on cantaloupe plants, as well as their insecticidal
936 effects on *L. sativae*. The results showed that the Lemongrass, White Thyme, and Eucalyptus EOs
937 demonstrated phytotoxicity to cantaloupe plants at concentrations of 0.25%. This study provided
938 evidence of the effects of EOs on the mortality of *L. sativae*, with the commercial product Azamax®
939 standing out, as well as the potential of Thyme, Eucalyptus, and Tea Tree EOs. Due to the
940 phytotoxicity exhibited by Lemongrass, Thyme, and Eucalyptus EOs, they do not appear suitable for
941 further investigation within the scope of this study. Further research is needed to identify the
942 insecticidal chemical components and understand the various ways in which the studied EOs affect
943 *L. sativae*.

944 **Keywords:** Cucumis melo Larvicide, Plant Insecticide.

Introdução

945
946 A mosca minadora *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae) é uma praga
947 prejudicial ao meloeiro, causando danos nas folhas devido à alimentação das larvas, resultando em
948 galerias no tecido parenquimático. Isso compromete a fotossíntese e reduz o teor de açúcares nos
949 frutos, levando a prejuízos econômicos (Araujo *et al.* 2007a, Araujo *et al.* 2013, Costa *et al.* 2017).
950 O controle tradicional envolve investimentos significativos em inseticidas sintéticos (Lima *et al.*
951 2012), mas o uso indiscriminado desses produtos pode afetar insetos benéficos, apresentando riscos
952 adicionais (El-Wakeil *et al.* 2013).

953 Uma alternativa são os óleos essenciais (OEs), que são produzidos no metabolismo
954 secundário de plantas e são constituídos por misturas complexas de terpenoides, sesquiterpenoides,
955 cetonas e metabólitos (Isman 2020). Atualmente, OEs têm sido utilizados como inseticidas
956 orgânicos para controle de insetos-praga como a mosca minadora (Górski 2005) e, apresentaram
957 características biológicas e químicas, de inseticidas e/ou repelentes (Isman 2006, Stefanello *et al.*
958 2011). Na sua maioria, OEs tem efeitos neurotóxico sobre os insetos-praga (Usseglio *et al.* 2023,
959 Duque *et al.* 2023). Essa ação ocorre de duas maneiras, uma pela inibição da atividade da enzima
960 acetilcolinesterase (AChE) (Yeom *et al.* 2015); e outra quando agem sobre os modificadores do
961 receptor GABA. Ambos resultam em morte do inseto-alvo (Dupuis *et al.* 2010). No entanto, alguns
962 destes componentes químicos podem ter propriedades fitotóxicas e afetar a fotossíntese, a
963 permeabilidade das membranas celulares, a absorção de nutrientes e água pelas plantas hospedeiras.
964 Para evitar esses tipos de problemas, testes de fitotoxicidade devem ser realizados em culturas, como
965 o melão (Braga Sobrinho *et al.* 2012, Braga Sobrinho & Sousa 2023).

966 Em relação a inseticidas vegetais no controle de *Liriomyza* spp., derivados do Neem
967 (*Azadirachta indica* A. Juss) têm demonstrado eficiência na mortalidade durante as fases larval e

968 pupal dessa praga na cultura do meloeiro (Costa *et al.* 2016, Silva *et al.* 2017). Outros produtos
969 botânicos da espécie *Osmium kilimandshanicum* causaram 100% de mortalidade de adultos de
970 *Liriomyza trifolii* (Burgess, 1880) (Braga Sobrinho & Sousa 2023). A preservação da agricultura e
971 a segurança alimentar são questões cruciais que demandam abordagens inovadoras no controle de
972 pragas. Diante dos desafios ambientais e da busca por alternativas sustentáveis, a introdução de
973 novas estratégias para o manejo de pragas surge como uma necessidade premente. Nesse contexto,
974 a utilização de óleos essenciais como agentes de controle ganha destaque, oferecendo uma
975 abordagem promissora e ecologicamente responsável. Portanto, com intuito de buscar mais
976 alternativas para o controle de *L. sativae*, os objetivos deste trabalho foram (i) (i) avaliar se existe
977 fitotoxicidade dos OEs testados em plantas de meloeiro (ii) avaliar o efeito dos OEs na mortalidade
978 larval, pupal e total de *L. sativae* em plantas de meloeiro.

979

Material e Métodos

980 Os experimentos foram realizados no Laboratório de Entomologia Aplicada, do Setor de
981 Fitossanidade da Universidade Federal Rural Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do
982 Norte, Brasil, com as seguintes coordenadas geográficas 5°12'S, 37°19'W e altitude de 20 m.

983 **Obtenção de *Liriomyza sativae***

984 A população de mosca minadora (*L. sativae*) utilizada nos experimentos foi proveniente da
985 criação mantida no Laboratório de Entomologia Aplicada da UFERSA. Os insetos foram criados
986 em salas climatizadas (temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de
987 12h), com base na metodologia descrita por Araujo *et al.* (2007b).

988

989 **Obtenção dos óleos essenciais**

990 Os OEs das espécies vegetais Lemongrass (*Cymbopogon flexuosus* Stapf., Poaceae),
991 Tomilho branco (*Thymus vulgaris* L., Lamiaceae), Eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* Hill
992 & Johnson, Myrtaceae.), Cravo da Índia (*Syzygium aromaticum* Thunberg, Myrtaceae) e Melaleuca
993 (*Melaleuca alternifolia* Cheel, Myrtaceae) foram cedidos pelo Laboratório de Investigação Química
994 de Inseticidas Naturais do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de
995 Pernambuco (UFRPE), os quais foram adquiridos comercialmente pela empresa Ferquima. Cada
996 OE foi armazenado em um recipiente de vidro âmbar, vedado e mantido sob refrigeração ($5^{\circ}\text{C} \pm$
997 2°C) até sua utilização. O produto comercial Azamax[®], um produto a base de *Azadirachta indica*
998 A. Juss., (Meliaceae) foi utilizado como controle positivo nos experimentos.

999 **1. Avaliação dos testes realizados**

1000 Os tratamentos mencionados conforme Tabela 1, foram sujeitos a avaliações simultâneas
1001 por meio de testes de fitotoxicidade utilizando plantas de meloeiro. Além disso, os impactos desses
1002 tratamentos em *L. sativae* antes e depois da infestação.

1003 **1.1. Efeito dos óleos essenciais sobre *Liriomyza sativae***

1004 Foram realizados dois testes em relação a infestação (Figura 6): o primeiro teste foi avaliando a
1005 aplicação das doses dos óleos após a infestação; e o segundo teste foi avaliando a aplicação antes
1006 da infestação.

1007

1008 • **Infestação das plantas de meloeiro**

1009 **Produção das plantas de melão**

1010 O experimento foi conduzido utilizando plantas de meloeiro – (*Cucumis melo* L.) (tipo amarelo
1011 var. Goldex). As sementes de meloeiro foram plantadas em bandejas de polietileno contendo 162
1012 células de 50 mL preenchidas com substrato de fibra de coco, e mantidas em casa de vegetação.
1013 Com 10 dias após o plantio (DAP) as plântulas foram transferidas para recipientes plásticos com
1014 volume de 500 mL, contendo uma mistura de substrato de fibra de coco e matéria orgânica na
1015 proporção de 3:1. As plântulas foram mantidas em casa de vegetação (27°C ± 3°C) protegidas por
1016 tela antiáfideo e foram regadas duas vezes ao dia até atingirem duas folhas verdadeiras formadas, o
1017 que ocorreu em torno de 20 DAP.

1018 As infestações das plantas de meloeiro (20 DAP) foram realizadas em gaiolas (0,50 m³)
1019 revestidas com tela antiáfideo, contendo cerca de 200 casais de mosca minadora em cada gaiola
1020 (Figura 1). As plantas permaneceram nas gaiolas por um período de 30 minutos. Após a infestação,
1021 as plantas foram levadas de volta para casa de vegetação, onde permaneceram por 72 horas, período
1022 necessário para eclosão das larvas e início do desenvolvimento larval (formação das minas).

1023 **1.1.1. Aplicação antes da infestação**

1024 As plantas foram pulverizadas com seus respectivos tratamentos antes da infestação. Para
1025 isso, os óleos avaliados foram diluídos em água destilada na concentração de 0,25% (Tabela 1) e
1026 em seguida pulverizados sobre as plantas. As pulverizações foram realizadas com auxílio de um
1027 pulverizador pressurizado manualmente deixando toda a face adaxial das folhas homogeneamente
1028 coberta com a solução, foi aplicado cerca de 0,4 mL de solução. As aplicações foram realizadas no
1029 final da tarde. Após 72h da infestação, foi realizada a contagem dos números de larvas por planta,
1030 as plantas permaneceram por mais 24h em casa de vegetação. Após esse período as folhas foram

1031 acondicionadas em bandejas plásticas, onde cada bandeja recebeu uma planta (repetição) (Figura
1032 3). Passados cinco dias, realizou-se a contagem e coleta dos pupários formados, que foram então
1033 acondicionados em tubos plásticos e fechados com filme de PVC, onde permaneceram até a
1034 emergência dos adultos (por volta de 10 dias) que também foram contabilizados (Figura 4). A partir
1035 dessas contagens, foram calculadas as taxas de mortalidade larval (*L*), pupal (*P*) e total (*T*), por
1036 meio das respectivas fórmulas:

1037
$$L(\%) = \frac{\text{número inicial de larvas} - \text{número de pupários}}{\text{número inicial de larvas}} \times 100$$

1038
$$P(\%) = \frac{\text{número de pupários} - \text{número de adultos emergidos}}{\text{número de pupários}} \times 100$$

1039
$$T(\%) = \frac{\text{número inicial de larvas} - \text{número de adultos emergidos}}{\text{número inicial de larvas}} \times 100$$

1040 **1.1.2. Aplicação após a infestação**

1041 Após 72h da infestação das plantas foi realizada a contagem do número de larvas por planta
1042 (Figura 2). Em seguida, foi feita a diluição dos óleos em água destilada na concentração de 0,25%
1043 (Tabela 1). A aplicação foi feita com o auxílio de um spray-30 mL de forma a cobrir toda a
1044 superfície adaxial das folhas infestadas. Após aplicação, as plantas foram mantidas por 24 h em
1045 casa de vegetação. E passado esse período, as folhas foram acondicionadas em bandejas plásticas,
1046 onde cada bandeja recebeu uma planta (repetição) (Figura 3). Passados cinco dias, realizou-se a
1047 contagem e coleta dos pupários formados, que foram então acondicionados em tubos plásticos e

1048 fechados com filme de PVC, onde permaneceram até a emergência dos adultos (por volta de 10
1049 dias) que também foram contabilizados (Figura 4). A partir dessas contagens, foram calculadas as
1050 taxas de mortalidade larval (L), pupal (P) e total (T), por meio das respectivas fórmulas descritas
1051 na seção anterior.

1052 **Delineamento experimental e análise estatística**

1053 Os experimentos foram realizados em um delineamento experimental inteiramente
1054 casualizado (DIC), com sete tratamentos sendo: Testemunha absoluta (água destilada); cinco
1055 tratamentos com OEs Lemongrass, tomilho branco, eucalipto citriodora, cravo da Índia e melaleuca,
1056 na concentração de 0,25% (Tabela 1); controle positivo - Azamax[®]. Todos os tratamentos foram
1057 realizados com 12 repetições, sendo cada repetição constituída por uma planta de meloeiro
1058 infestada.

1059 Os dados foram estatisticamente tratados (Figura 7) retirando-se os *Outliers* e
1060 posteriormente foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk ($\alpha = 5\%$) e à análise de
1061 variância (ANOVA), havendo normalidade as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%
1062 de significância; não havendo normalidade as médias foram comparadas pelo teste de Kruskal-
1063 Wallis. Para todos os testes, foi utilizado o software BIOESTAT 5.0 (Ayres *et al.* 2007). As
1064 comparações foram feitas com as taxas de mortalidade tanto entre tratamentos quanto comparações
1065 dentro de cada tratamento entre as fases da vida do inseto.

1066 **Resultados**

1067 **Aplicação dos tratamentos antes da infestação**

1068 Nenhum dos OEs testados mostrou atividade larval comparado com o resultado da
1069 testemunha. Por outro lado, o controle positivo, Azamax[®] diferiu significativamente da testemunha

1070 com uma mortalidade de 21,77%. Na mortalidade total (larvas/adultos) somente o Azamax® foi
1071 efetivo. Resultado semelhante foi observado para os OEs sobre a fase pupal, ou seja, nenhuma
1072 atividade foi observada para os OEs testados na fase pupal, apenas o Azamax® foi ativo
1073 promovendo uma mortalidade de 98,67%.

1074 **Aplicação dos tratamentos depois da infestação**

1075 Não houve diferença significativa entre os OEs testados, Azamax® e a testemunha para a
1076 mortalidade larval de *L. sativae* (Tabela 3). Para mortalidade de pupas, apenas o Azamax®
1077 demonstrou diferença significativa na mortalidade (99,30%) comparado com a testemunha. Na
1078 mortalidade total (larvas/adultos) o OE Lemongrass (37,20%) diferiu significativamente da
1079 testemunha e foi o mais ativo entre os OEs, porém com menor efeito do que o óleo de Neem
1080 (99,30%). Somente o OE de Melaleuca e o Azamax® demonstraram aumento significativo da
1081 mortalidade total, para os demais tratamentos não houve diferença.

1082 Os óleos essenciais (OEs) derivados das plantas *C. flexuosus* (Lemongrass), *T. vulgaris*
1083 (tomilho branco) e *E. citriodora* (eucalipto citronela) demonstraram manifestações de
1084 fitotoxicidade notáveis à concentração de 0,25% (2,5 µl/mL) (Figura 5). Em contraste, tanto o
1085 produto comercial Azamax® quanto os OEs de *S. aromaticum* (Cravo da Índia) e *M. alternifolia*
1086 (Melaleuca) não exibiram quaisquer efeitos fitotóxicos quando aplicados a plantas da espécie *C.*
1087 *melo* (meloeiro).

1088 **Discussão**

1089 O maior índice de mortalidade do óleo de Neem observado nesse estudo corrobora com
1090 estudos anteriores que destacaram a eficácia do óleo de Neem no controle de insetos-praga, devido
1091 à presença de compostos bioativos, como azadiractina (Isman 2006, Costa *et al.* 2016, Silva *et al.*

1092 2017b). Os efeitos de mortalidade dos OEs de Tomilho, Eucalipto e Melaleuca provavelmente
1093 ocorreram devido as propriedades inseticidas desses OEs, relacionadas com a presença de
1094 compostos como timol, eucaliptol e terpinen-4-ol, que interferem no sistema nervoso dos insetos
1095 (Koul *et al.* 2008, Benelli *et al.* 2017, Oliveira *et al.* 2021). Considerando que os resultados obtidos
1096 demonstraram semelhança tanto em relação ao grupo de controle quanto à amostra de referência
1097 positiva, não é possível afirmar conclusivamente a inexistência de um efeito inseticida significativo.

1098 A maior mortalidade pupal do OE de Eucalipto, entre os OEs avaliados, demonstrou que
1099 esse OE tem potencial de causar efeito fisiológico sobre essa fase da mosca minadora. Coitinho *et*
1100 *al.* (2006) observaram que o OE Eucalipto pode reduzir a emergência de adultos de *S. zeamais*. As
1101 reduzidas taxas de mortalidade apresentadas pelos OEs de Lemongrass e Cravo da Índia podem ser
1102 atribuídas às concentrações utilizadas nesse estudo e à forma de interação dos OEs com *L. sativae*.
1103 Kim *et al.* (2016) constataram que o OE de Lemongrass obteve uma taxa de mortalidade de até 80%
1104 em moscas domésticas *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae), evidenciando a
1105 eficácia desse óleo no controle de outros dípteros. O OE de Cravo da Índia também não deve ser
1106 descartado de estudos para o controle da mosca minadora, pois já foi descrito que ele é rico em
1107 eugenol, um composto conhecido por suas propriedades inseticidas e acaricidas (Chaieb *et al.* 2007,
1108 Segalla *et al.* 2022).

1109 A variação de mortalidade entre as fases larval e pupal apresentada por alguns OEs pode
1110 estar relacionada ao efeito desses óleos na modulação dos hormônios, que podem afetar as ecdises
1111 dos insetos e a diferenciação celular, levando à inviabilidade pupal (Beckage *et al.* 1988;
1112 Malczewska, Gelman & Cymborowski 1988). Já os óleos que apresentaram efeitos semelhantes
1113 entre as fases do inseto, sugerem a possibilidade de uma ação consistente ao longo do ciclo de vida
1114 de *L. sativae*, afetando a fisiologia do inseto em diferentes estágios de desenvolvimento (Benelli *et*
1115 *al.* 2017).

1116 Quando as aplicações foram realizadas após a infestação, Azamax[®] foi o único com efeito
1117 significativo na mortalidade pupal. Tem sido demonstrado que o Azamax[®] pode atuar em diferentes
1118 estágios do desenvolvimento dos insetos (Hossain & Poehling 2006, Hossain *et al.* 2008). O efeito
1119 significativo do OE de Lemongrass e o Azamax[®] na mortalidade total da mosca minadora, pode ter
1120 ocorrido por um possível efeito translaminar, que torna mais eficaz o controle, devido a proteção
1121 indireta do tecido oferecida às larvas enquanto se alimentam do limbo foliar. Pesquisas mostram
1122 que o OE de Lemongrass apresenta efeito transmembrana contra microrganismos (Monteiro
1123 Marques *et al.* 2023). Oliveira *et al.* (2017) constataram efeito translaminar dos OES de *Lippia*
1124 *gracilis* Schauer e de *Croton conduplicatus* Kunth no controle da *L. sativae*. O óleo de Neem
1125 também já foi confirmado possuir efeito translaminar, o que aumenta sua eficiência contra larvas
1126 minadoras (Verkerk *et al.* 1998; Coelho Junior & Deschamps 2014). Esses resultados reforçam a
1127 alta eficácia do óleo de Neem como agente de controle de *L. sativae*. A azadiractina presente nesse
1128 óleo tem sido amplamente estudada e sua atividade inseticida já é comprovada contra diversas
1129 espécies de pragas (Costa *et al.* 2016, Silva *et al.* 2017b).

1130 O efeito fitotóxico dos OEs de Lemongrass, de Tomilho branco e de Eucalipto citronela
1131 observado neste estudo é um fator limitante para utilização desses OEs no controle de *L. sativae* em
1132 cultivos de meloeiro. A fitotoxicidade do OE de *E. citriodora*, pode estar associada ao componente
1133 α -pineno, presente em sua composição química. Aragão *et al.* (2015) indicaram que esse composto
1134 é o principal responsável pelos efeitos fitotóxicos desse OE. De forma complementar, Silva *et al.*
1135 (2017a) sugeriram que o mecanismo referente à fitotoxicidade dos OEs de Eucalipto envolve estresse
1136 oxidativo, com um aumento nos níveis de H₂O₂, que, possivelmente, danificam as membranas
1137 celulares dessas plantas. Já o citral, que é um composto químico encontrado no OE Lemongrass,
1138 conforme relatado por outros autores (Singh *et al.* 2006, Pawlowski *et al.* 2021), pode afetar a
1139 fotossíntese, a permeabilidade das membranas celulares, e reduzir os teores de clorofila e

1140 carotenoides. O composto timol, identificado no OE de Tomilho branco, pode interferir na absorção
1141 de nutrientes e água pelas plantas (Tworkoski 2002, Wolffenbüttel 2007). Apesar do potencial
1142 fitotóxico dos OEs, é possível desenvolver formulações que minimizem seu impacto nas plantas.
1143 Contudo, essa mitigação depende dos ingredientes ativos e dos adjuvantes utilizados (Machado *et*
1144 *al.* 2017).

1145 Esses achados fornecem informações importantes, no entanto, mais pesquisas são
1146 necessárias para compreender completamente os mecanismos de ação dos OEs e para determinar
1147 as melhores concentrações, formulações e métodos de aplicação. Uma vez estabelecido o equilíbrio
1148 entre atividade inseticida e fitotoxicidade para as diferentes pragas e espécies vegetais, estes OEs
1149 apresentam potencial para ser usados como inseticidas naturais.

1150 **Conclusões**

- 1151 • Os OEs de Lemongrass, Tomilho branco e Eucalipto citriodora demonstraram causar
1152 fitotoxicidade nas plantas de meloeiro quando aplicados em concentrações de 0,25%. Essa
1153 fitotoxicidade sugere que a utilização desses OEs, nas concentrações testadas, pode afetar
1154 negativamente o desenvolvimento e a saúde das plantas de meloeiro.
- 1155 • Quanto aos efeitos sobre a mortalidade de *L. sativae*, observou-se que os OEs de Tomilho,
1156 Eucalipto e Melaleuca apresentaram potencial para influenciar a mortalidade larval, pupal e
1157 total da praga. Esses resultados indicam que esses OEs podem ser considerados como
1158 opções alternativas de controle para *L. sativae* em plantas de meloeiro.

1159 **Agradecimentos**

1160 À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) que possibilitou a realização desta
1161 pesquisa, a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio

1162 financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa, através do processo 88887.334393/2019-00 via
1163 Programa CAPES:PROEX; A Universidade Federal Rural Semi-Árido (UFERSA) que possibilitou
1164 a realização desta pesquisa.

1165

Literatura Citada

- 1166 **Abdou, A., M. F. Ezzahra, M. F. Zahra, B. Abdoullah, N. E. Chadli, A. Elmakssoudi, J.E.**
1167 **Jamal & M. Dakir. 2023.** Antibacterial potent of acetylated and non-acetylated clove bud
1168 essential oils and their main compounds. *Chemistry & Biodiversity*, e202201034.
1169
- 1170 **Adukwu, E. C., M. Bowles, V. Edwards-Jones, H. Bone. 2016.** Antimicrobial activity,
1171 cytotoxicity and chemical analysis of lemongrass essential oil (*Cymbopogon flexuosus*) and
1172 pure citral. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100, 9619-9627.
1173
- 1174 **Alzohairy, M. A. 2016.** Therapeutics role of *Azadirachta indica* (Neem) and their active
1175 constituents in diseases prevention and treatment. *Evidence-Based Complementary and*
1176 *Alternative Medicine*.
1177
- 1178 **Amri, I., M. Khammassi, R. Ben Ayed, S. Khedhri, M. B. Mansour, O. Kochti, Y. Pieracci, G.**
1179 **Flamini, Y. Mabrouk, S. Gargouri, M. Hanana & L. Hamrouni. 2023.** Essential Oils and
1180 biological activities of *Eucalyptus falcata*, *E. sideroxylon* and *E. citriodora* Growing in Tunisia.
1181 *Plants*, 12(4), 816.
1182
- 1183 **Aragão, F.B., M.J. Palmieri, A. Ferreira, A.V. Costa, V.T. Queiroz, P.F. Pinheiro & L.F.**
1184 **Andrade-Vieira. 2015.** Phytotoxic and cytotoxic effects of Eucalyptus essential oil on lettuce
1185 (*Lactuca sativa* L.). *Allelopathy J*, 35(2), 259-272.
1186
- 1187 **Araujo, E.L., C.H.F. Nogueira, A.C. Menezes Netto & C.E.S. Bezerra. 2013.** Biological aspects
1188 of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.).
1189 *Ciência Rural*, 43, 579-582.
1190
- 1191 **Araujo, E.L., D.R.R. Fernandes, L.D. Geremias, A.C.M. Netto, M.A. Filgueira. 2007.** Mosca-
1192 minadora associada à cultura do meloeiro no semiárido do Rio Grande do Norte. *Revista*
1193 *Caatinga*, v.20, n. 3, p. 210-212.
1194
- 1195 **Arrais, A., E. Bona, V. Todeschini, A. Caramaschi, N. Massa, M. Roncoli, ... & V. Gianotti,**
1196 **2023.** *Thymus vulgaris* Essential Oil in Beta-Cyclodextrin for Solid-State Pharmaceutical
1197 Applications. *Pharmaceutics*, 15(3), 914.
1198
- 1199 **Ayres, M., M. Ayres Júnior, D.L. Ayres, A.A. Santos. 2007.** BIOESTAT – Aplicações
1200 estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Ong Mamiraua.
1201

- 1202 **Braga Sobrinho, R. & M.D.S.C. de Sousa. 2023.** Essential oils on the control of melon leafminer:
1203 Efeito de óleos essenciais de plantas no controle da mosca-minadora do meloeiro. Brazilian
1204 Journal of Aneemal and Environmental Research, 6(1), 58-72.
1205
- 1206 **Braga Sobrinho, R., A. Mesquita, M. Mota, F. Pimentel, K.L.B. de Araújo, J. Guimaraes &**
1207 **N.D.S. Dias. 2012.** Avaliação de fitotoxicidade de óleos essenciais de plantas ao meloeiro.
1208
- 1209 **Beckage N.E.; J.S. Metcalf, B.D. Nielson & D.J. Nesbit. 1988.** Disruptive effects of azadirachtin
1210 on development of *Cotesia congregata* in host tobacco hornworm larvae. Archives in Insect
1211 Biochemistry and Physiology, 9: 47-65.
1212
- 1213 **Benelli, G., G. Flamini, G. Fiore, P.L. Cioni, & B. Conti. 2017.** Larvicidal and repellent activity
1214 of essential oils from wild and cultivated *Ruta chalepensis* L. (Rutaceae) against *Aedes*
1215 *albopictus* Skuse (Diptera: Culicidae), an arbovirus vector. Parasitology Research, 116(4),
1216 1119-1128.
1217
- 1218 **Chaieb, K., H. Hajlaoui, T. Zmantar, A.B. Kahla-Nakbi, M. Rouabhia, K. Mahdouani & A.**
1219 **Bakhrouf. 2007.** The Chemical Composition and Biological Activity of Clove Essential Oil,
1220 *Eugenia caryophyllata* (*Syzigium aromaticum* L. Myrtaceae): A Short Review. Phytotherapy
1221 research, Vol. 21: 501-506.
1222
- 1223 **Coelho Junior, A. & F.C. Deschamps. 2014.** Ação sistêmica e translaminar do óleo de nim
1224 visando o controle de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) em tomateiro. Arquivos do
1225 Instituto Biológico, v.81, n.2, p. 140-144.
1226
- 1227 **Coitinho, R.L.B., J.V. Oliveira, M.G.C. Jr Gondim & C.A.G. Câmara. 2006.** Atividade
1228 inseticida de óleos vegetais sobre *Sitophilus zeamays* Mots. (Coleoptera: Curculionidae) em
1229 milho armazenado. Rev. Caatinga. 19: 176–182.
1230
- 1231 **Costa, E.M., S.B. Torres, R.R. Ferreira, F.G. Silva & E.L. Araujo. 2016.** Extrato aquoso de
1232 sementes de neem no controle de *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) em meloeiro.
1233 Revista Ciência Agronômica, v. 47, n. 2, p. 401 –406.
1234
- 1235 **Costa, E.M., R.M.O. Freitas, P.A.F. Silva & E.L. Araujo. 2017.** Determinação da área foliar
1236 danificada e de respostas fisiológicas do meloeiro frente à infestação de *Liriomyza sativae*.
1237 Horticultura Brasileira, 35, 571-575.
1238
- 1239 **Duque, J.E., D.L. Urbina, L.C. Vesga, L.A. Ortiz-Rodríguez, T.S. Vanegas, E.E. Stashenko &**
1240 **S.C. Mendez-Sanchez. 2023.** Insecticidal activity of essential oils from American native plants
1241 against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): an introduction to their possible mechanism of
1242 action. Scientific Reports, v. 13, n. 1, p. 2989.
1243
- 1244 **Dupuis, J.P.; M. Bazelot, G.S. Barbara, S. Paute, M. Gauthier & V. Raymond-Delpech. 2010.**
1245 Homomeric RDL and heteromeric RDL/LCCH3 GABA receptors in the honeybee antennal
1246 lobes: two candidates for inhibitory transmission in olfactory processing. Journal of
1247 neurophysiology, 103(1), 458-468
1248

- 1249 **El-Wakeil, N., N. Gaafar, A. Sallam, & C. Volkmar. 2013.** Side effects of insecticides on natural
1250 enemies and possibility of their integration in plant protection strategies. Agricultural and
1251 biological sciences “insecticides—development of safer and more effective technologies”.
1252 Intech, 1-54.
1253
- 1254 **Górski, R. 2005.** Effectiveness of natural essential oils in monitoring of the occurrence of pea
1255 leafminer (*Liriomyza huidobrensis* Blanchard) in gerbera crop. Journal of Plant Protection
1256 Research, 45(4).
1257
- 1258 **Hossain, M.B. & H.M. Poehling. 2006.** Effects of a neembased insecticide on different immature
1259 life stages of the leafminer *Liriomyza sativae* on tomato. Phytoparasitica, v. 34, n. 4, p. 360-
1260 369.
1261
- 1262 **Hossain, M.B., H.M. Poehling, G. Thöming & C. Borgemeister. 2008.** Effects of soil application
1263 of neem (NeemAzal® - U) on different life stages of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae)
1264 on tomato in the humid tropic. Journal of Plant Diseases and Protection, v. 115, n. 2, p. 80-87.
1265
- 1266 **Iseppi, R., M. Mariani, S. Benvenuti, E. Truzzi, P. Messi. 2023.** Effects of *Melaleuca alternifolia*
1267 Chell (Tea Tree) and *Eucalyptus globulus* Labill. Essential Oils on Antibiotic-Resistant
1268 Bacterial Biofilms. Molecules, 28(4), 1671.
1269
- 1270 **Isman, M.B. 2006.** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an
1271 increasingly regulated world. Annual Review of Entomology, 51, 45-66.
1272
- 1273 **Isman, M.B. 2020.** Botanical insecticides in the twenty-first century—fulfilling their promise?
1274 Annual Review of Entomology, v. 65, p. 233-249.
1275
- 1276 **Kim, S.I., J.Y. Roh, D.H. Kim, H.S. Lee, Y.J. Ahn & H.M. Park. 2016.** Repellent and fumigant
1277 activity of essential oils from *Eucalyptus camaldulensis* and *Cymbopogon flexuosus* against
1278 *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). Journal of Pest Science, 89(1), 171-179.
1279
- 1280 **Koul, O., S. Walia, & G.S. Dhaliwal. 2008.** Essential oils as green pesticides: Potential and
1281 constraints. Biopesticides International, 4(1), 63-84.
1282
- 1283 **Lima, A.C.C., E.M. Costa, E.L. Araujo, A.J.M. Rugama & M.S. Godoy. 2012.** Diagnóstico
1284 sobre o uso do MIP nas principais áreas produtoras de melão dos Estados do Rio Grande do
1285 Norte e Ceará. Revista Agro@ mbiente On-line, 6(2), 172-178.
1286
- 1287 **Machado, M. S., Ferreira L.R., De Paula J.L., Pereira G.A.M. & Gonçalves V.A. 2017.** Use of
1288 liquid fertilizer to reduce the phytotoxic effects of glyphosate on eucalyptus. Revista Caatinga,
1289 30(3), 730-737.
1290
- 1291 **Malczewska, M., D.B. Gelman & B. Cymborowski. 1988.** Effects of azadirachtin on
1292 development, juvenile hormone and ecdysteroid titres in chilled *Galleria mellonella* larvae.
1293 Journal of Insect Physiology, 34: 725-732.
1294

- 1295 **Monteiro Marques, J., S. Serrano, H. Selmi, P. Giesteira Cotovio & T. Semedo-Lemsaddek**
 1296 **2023.** Antimicrobial and Antibiofilm Potential of *Thymus vulgaris* and *Cymbopogon flexuosus*
 1297 Essential Oils against Pure and Mixed Cultures of Foodborne Bacteria. *Antibiotics*, 12(3), 565.
 1298
- 1299 **Oliveira, A.A. de, L.P. França, A.D.S. Ramos, J.L.P. Ferreira, A.C.B. Maria, K.M. Oliveira,**
 1300 **... & J.R de Andrade Silva. 2021.** Larvicidal, adulticidal and repellent activities against *Aedes*
 1301 *aegypti* L. of two commonly used spices, *Origanum vulgare* L. and *Thymus vulgaris* L. South
 1302 African Journal of Botany, 140, 17-24.
 1303
- 1304 **Oliveira, A., T.C. da Costa-Lima, A.V. de Souza & R. Gervásio. 2017.** Ação inseticida de óleos
 1305 essenciais de *Lippia gracilis* e *Croton conduplicatus* sobre a mosca-minadora. Anais da II
 1306 Jornada de Integração da Pós-Graduação da Embrapa Semiárido, Embrapa Semiárido, 67.
 1307
- 1308 **Pawlowski, Â., C. de Abreu Kuzey, K.P. de Bastos, T.P. Birck & E.R da Silva. 2021.** Potencial
 1309 alelopático dos óleos essenciais de capim-limão, citronela e lavanda. *Agroecologia: métodos e*
 1310 *técnicas para uma agricultura sustentável*, 4, 142-155.
 1311
- 1312 **Segalla, C.C., N.B. Pinheiro, A. Ferraz, T. Poletti, R. Ongaratto, C.M., Ribeiro, ... & L.Q.**
 1313 **Nizoli. 2022.** Estudo in vitro da eficácia do óleo essencial de cravo-da-índia (*Syzygium*
 1314 *aromaticum*, MYRTACEAE) sobre carrapato *Rhipicephalus sanguineus*. *Veterinária e*
 1315 *Zootecnia*, 29, 1-10.
 1316
- 1317 **Silva, E.R., D.C. Lazarotto, J. Schwambach, G.E. Overbeck & G.L. Soares. 2017.** Phytotoxic
 1318 effects of extract and essential oil of *Eucalyptus saligna* (Myrtaceae) leaf litter on grassland
 1319 species. *Australian Journal of Botany*, 65(2), 172-182. a.
 1320
- 1321 **Silva, F.G., E.M. Costa, R.R. Ferreira, F.E.L. Da Silva, E.L. Araujo. 2017.** Efeito de diferentes
 1322 concentrações do extrato aquoso de folhas de neem na mortalidade da mosca minadora
 1323 *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). *Revista Agro@mbiente On-Line*, v. 10,
 1324 n. 4, p. 381-386. b.
 1325
- 1326 **Singh, H.P., D.R. Batish, S. Kaur, R.K. Kohli & K. Arora. 2006.** Phytotoxicity of the volatile
 1327 monoterpene citronellal against some weeds. *Zeitschrift für Naturforschung C*, v. 61, n. 5-6, p.
 1328 334-340, May/June. DOI: <https://doi.org/10.1515/znc-2006-5-606>.
 1329
- 1330 **Stefanello, M.E.A., A.C.R.F. Pascoal & M.J. Salvador. 2011.** Essential oils from neotropical
 1331 Myrtaceae: chemical diversity and biological properties. *Chemistry & biodiversity*, v. 8, n. 1,
 1332 p. 73-94.
 1333
- 1334 **Tworokski, T. 2002.** Herbicide effects of essential oils. *Weed science*. v.50, n.4, pp.425-431.
 1335 Disponível em: <[https://www.cambridge.org/core/journals/weed-](https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/herbicideeffects-of-essential-oils/12E79407D8741A7819A22C5F10CAECE0#)
 1336 [science/article/herbicideeffects-of-essential-](https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/herbicideeffects-of-essential-oils/12E79407D8741A7819A22C5F10CAECE0#)
 1337 [oils/12E79407D8741A7819A22C5F10CAECE0#](https://www.cambridge.org/core/journals/weed-science/article/herbicideeffects-of-essential-oils/12E79407D8741A7819A22C5F10CAECE0#)>. Acesso em: 15 de maio de 2023.
 1338
- 1339 **Usseglio, V.L., J.S. Dambolena & M.P. Zunino. 2023.** Can Essential Oils Be a Natural Alternative
 1340 for the Control of *Spodoptera frugiperda*? A Review of Toxicity Methods and Their Modes of
 1341 Action. *Plants*, 12(1), 3.

- 1342
1343 **Verkerk, R.H.J., K.R. NEUGEBAUER, P.R. Ellis & D.J. Wright. 1998.** Aphids on cabbage:
1344 tritrophic and selective insecticide interactions. *Bulletin of Entomological Research*, v. 88, p.
1345 343-349, 1998.
1346
1347 **Wolffenbüttel, A.N. 2007.** Mas afinal o que são óleos essenciais. *CRV-Q*. v. 11, n. 105, p.6-7.
1348
1349 **Yeom, H.J., C.S. Jung, J. Kang, J. Kim, J.H. Lee, D.S. Kim, ... & I.K. Park. 2015.** Insecticidal
1350 and acetylcholine esterase inhibition activity of Asteraceae plant essential oils and their
1351 constituents against adults of the *German cockroach* (*Blattella germanica*). *Journal of*
1352 *agricultural and food chemistry*, 63(8), 2241-2248.



1354 **Figura 1** – Plantas de meloeiro (*Cucumis melo*) sendo submetidas a infestação de mosca minadora (*Liriomyza sativae*)
 1355 em gaiolas com tela antiafídeo.

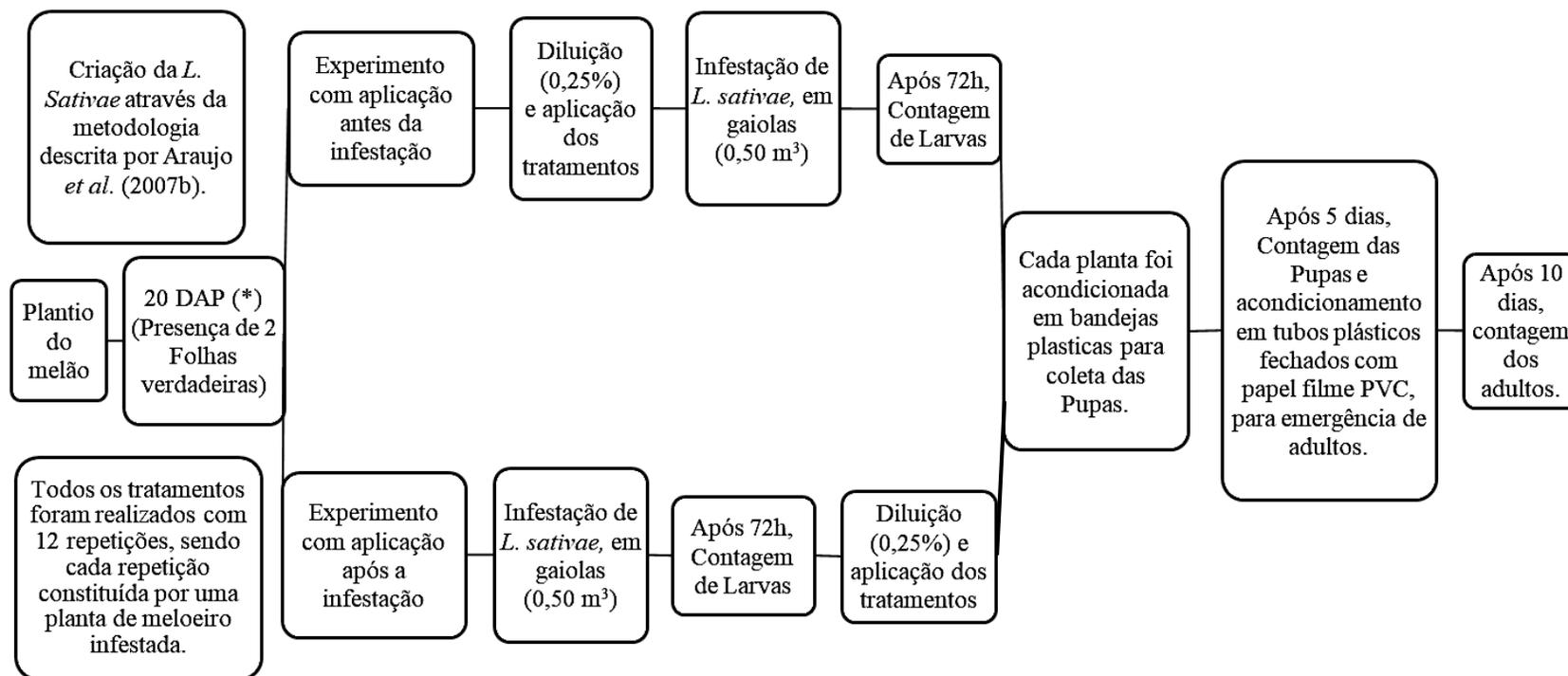
1356 **Figura 2** – Lupa utilizada para contagem das larvas de mosca minadora (*Liriomyza sativae*) em folhas de meloeiro
 1357 (*Cucumis melo*).

1358 **Figura 3** – Plantas de meloeiro infestadas com mosca minadora (*Liriomyza sativae*) colocadas em bandejas para a
 1359 coleta das pupas.

1360 **Figura 4** – Pupas de mosca minadora (*Liriomyza sativae*) obtidas das plantas de melão (*Cucumis melo*) infestadas,
 1361 colocadas em recipientes de acrílico e fechadas com papel filme para a emergência dos adultos.

1362 **Figura 5** – Manifestações de fitotoxicidade em melão (*Cucumis melo*), com concentração de 0,25% (2,5 µl/mL) dos
 1363 óleos essenciais das plantas (a) *C. flexuosus* (Lemongrass), (b) *T. vulgaris* (tomilho branco) e (c) *E. citriodora* (eucalipto
 1364 citronela).

Diagrama de fluxo dos experimentos



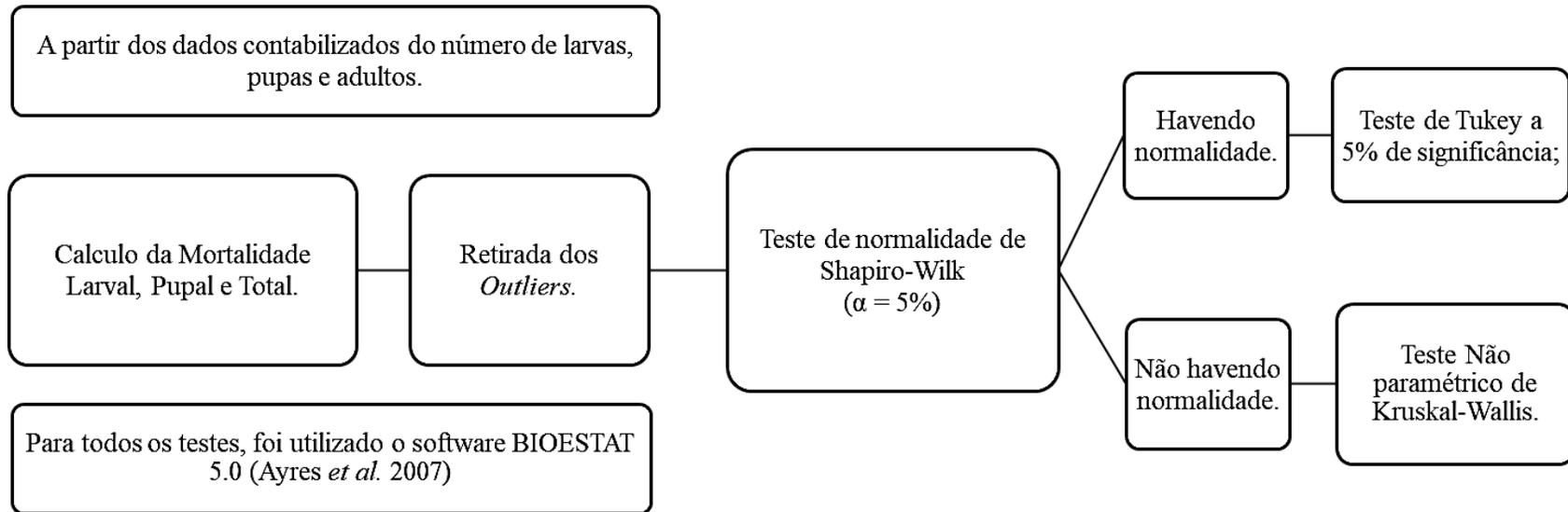
1365
1366

(*) DAP – Dias após o plantio;

1367
1368

Figura 6 – Diagrama de fluxo dos procedimentos dos experimentos com aplicação dos tratamentos com óleo essencial contra a mosca minadora (*Liriomyza sativae*) em plantas de melão (*Cucumis melo*), antes e após a infestação.

Diagrama de fluxo das de análises estatísticas



1369

1370

Figura 7 – Diagrama de fluxo do procedimento de análises estatísticas.

1371 **Tabela 1** – Descrição dos tratamentos com os óleos na dosagem de 0,25%, utilizados nos experimentos para avaliação de eficiência
 1372 contra a mosca minadora (*Liriomyza sativae*) em plantas de melão (*Cucumis melo*).

Tratamentos	Família	Nome científico	Nome genérico	Princípio Ativo majoritário ¹	Dosagem (µL/mL) ²
T1 (Testemunha)	-	-	Água destilada	-	-
T2	Poaceae	<i>Cymbopogon flexuosus</i>	Lemongrass	Citral	2,5
T3	Lamiaceae	<i>Thymus vulgaris</i>	Tomilho branco	Timol	2,5
T4	Myrtaceae	<i>Eucalypto citriodora</i>	Eucalipto citriodora	Citronelal	2,5
T5	Myrtaceae	<i>Syzygium aromaticum</i>	Cravo da Índia	Eugenol	2,5
T6	Myrtaceae	<i>Melaleuca alternifolia</i>	Melaleuca	Terpineno-4-ol	2,5
T7 Controle Positivo (Produto comercial)	Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i>	Azamax [®]	Azadiractina	2,5

1373 1. Citral (Adukwu 2016); Timol (Arrais 2023); Citronelal (Amri 2023); Eugenol (Abdou 2023); Terpineno-4-ol (Iseppi 2023); Azadiractina (Alzohairy 2016).

1374 2. Como exemplo, ao extrapolar para uso a campo numa dose de aplicação de 100 L/ha, o volume utilizado seria de 250 mL.

1375

1376 **Tabela 2** – Comparação das mortalidades nas diversas fases da mosca minadora (*Liriomyza sativae*), com aplicação dos tratamentos
 1377 antes da infestação

Tratamentos	MORTALIDADE MÉDIA ¹		
	Larval (%)	Pupal (%)	Total (%)
Água destilada (Testemunha)	2.34 – Aa	14.33 – ABb	16.36 – A
OE ² de Lemongrass	3.47 – Aa	8.89 – Ab	12.03 – A
OE de Tomilho branco	12.83 – ABa	15.35 – ABa	25.62 – A
OE de Eucalipto citriodora	5.72 – ABa	21.05 – Bb	24.46 – A
OE de Cravo da Índia	0.24 – Aa	12.21 – ABb	8.80 – A
OE de Melaleuca	6.85 – ABa	16.90 – ABb	22.81 – A
Azamax [®] - Neem (Controle Positivo)	21.77 – Ba	98.67 – Cb	99.09 – B

1378 1. Letras maiúsculas na mesma coluna e letras minúsculas na mesma linha correspondem à comparação das médias pelo teste de Tukey
 1379 (P<0,05); Letras iguais referem-se a resultados sem diferença estatística. A mortalidade Total (larvas para adultos) só foi comparada
 1380 entre tratamentos.

1381 2. OE – Óleo Essencial

1382 **Tabela 3** – Comparação das mortalidades nas diversas fases da mosca minadora (*Liriomyza sativae*), com aplicação dos óleos depois
 1383 da infestação

Tratamentos	MORTALIDADE MÉDIA ¹		
	Larval (%)	Pupal (%)	Total (%)
Água destilada (Testemunha)	11.28 Aa	8.99 Aa	21.74 A
OE ² de Lemongrass	20.59 Aa	23.32 Aa	37.20 B
OE de Tomilho branco	1.14 Aa	10.91 Aa	11.88 A
OE de Eucalipto citriodora	17.36 Aa	19.87 Aa	33.75 A
OE de Cravo da Índia	0 Aa	9.93 Aa	9.93 A
OE de Melaleuca	8.17 Aa	18.02 Ab	24.85 A
Azamax [®] - Neem (Controle Positivo)	0 Aa	99.30 Bb	99.30 C

1384 1. Letras maiúsculas a frente dos resultados na mesma coluna, e as letras minúsculas na mesma linha correspondem à comparação das
 1385 médias pelo teste de Tukey (P<0,05); Letras iguais referem-se a resultados sem diferença estatística. A mortalidade Total (larvas para
 1386 adultos) só foi comparada entre tratamentos.

1387 2. OE – Óleo Essencial

1388

CAPÍTULO 3

1389 CURVA DE TOXICIDADE DO INSETICIDA VEGETAL - AZAMAX® (*Azadirachta indica* -
1390 MELIACEAE), E DO ÓLEO ESSENCIAL DE MELALEUCA (*Melaleuca alternifolia* -
1391 MYRTACEAE) SOBRE *Liriomyza sativae* BLANCHARD (DIPTERA: AGROMYZIDAE)

1392

1393

1394 RAMON DA SILVA ARGÔLO

1395

1396

1397 Departamento de Agronomia - Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife,

1398 Pernambuco, Brasil

1399

1400

1401

1402

1403

1404

1405

1406

1407

1408

1409

1410

1411 ¹ARGÔLO, R. da S. Curva de toxicidade do inseticida vegetal - Azamax® (*Azadirachta indica* -
1412 Meliaceae), e do óleo essencial de Melaleuca (*Melaleuca alternifolia* - Myrtaceae) sobre *Liriomyza*
1413 *sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). A ser submetido.

1414 RESUMO – As moscas minadoras *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) são consideradas pragas
1415 chave da cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.), cujas injúrias são ocasionadas na fase larval, onde
1416 estas promovem galerias no limbo foliar. Esta depreciação tem levado o produtor a grandes
1417 investimentos no controle da mosca minadora. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar, em
1418 condições de laboratório, o efeito tóxico do produto comercial base de Neem - Azamax[®]
1419 (*Azadirachta indica* - Meliaceae), e do Óleo Essencial (OE) de Melaleuca (*Melaleuca alternifolia*
1420 - Myrtaceae) no controle da mosca minadora – *Liriomyza sativae* em plantas de meloeiro. O
1421 Azamax[®] teve efeito larvicida e alta mortalidade pupal para a *L. sativae* com concentração letal
1422 média para mortalidade total - CL₅₀ (IC95%) de 0,60 µl mL⁻¹ (limites de 0,50 a 0,68), sendo mais
1423 tóxico que o OE de Melaleuca com CL₅₀ (IC95%) de 9,49 µl mL⁻¹ (limites de 8,26 a 12,85). A partir
1424 dos dados da inclinação (Probit-log), pode-se constatar que houve efeitos de dose resposta em
1425 ambos os tratamentos. No entanto, mais pesquisas são necessárias para identificar os componentes
1426 inseticidas/repelentes e compreender as diversas formas de efeitos dos OEs sobre *L. sativae*.

1427 **Palavras-chave:** Mosca minadora, *Cucumis melo*, hidrocarbonetos, dose-resposta, concentração
1428 letal.

1429 TOXICITY CURVE OF THE PLANT INSECTICIDE - AZAMAX® (*Azadirachta indica* -
1430 MELIACEAE), AND THE ESSENTIAL OIL OF TEA TREE (*Melaleuca alternifolia* -
1431 MYRTACEAE) ON *Liriomyza sativae* BLANCHARD (DIPTERA: AGROMYZIDAE).

1432 ABSTRACT – The leafminer flies (from the Agromyzidae family and *Liriomyza* genus) are
1433 considered one of the main pests of cantaloupe cultivation (*Cucumis melo* L.). Their damage occurs
1434 during the larval stage, where they create tunnels in the leaf tissue. This depreciation has led
1435 producers to make significant investments in leafminer control. Therefore, the aim of this study was
1436 to assess, under laboratory conditions, the toxic effect of the commercial product Neem-based
1437 Azamax® (*Azadirachta indica* - Meliaceae) and Tea Tree Essential Oil (EO) (*Melaleuca alternifolia*
1438 - Myrtaceae) on the control of the leafminer fly – *Liriomyza sativae* in cantaloupe plants. Azamax®
1439 exhibited larvicidal activity and high pupal mortality against *L. sativae*, with a mean lethal
1440 concentration for total mortality (CL₅₀, IC_{95%}) of 0.60 µl mL⁻¹ (within the range of 0.50 to 0.68),
1441 proving to be more toxic than Tea Tree EO, which had a CL₅₀ (IC_{95%}) of 9.49 µl mL⁻¹ (within the
1442 range of 8.26 to 12.85). The dose-response effects were observed in both treatments, as indicated by
1443 the slope (Probit-log) data. However, further research is needed to identify the insecticidal/repellent
1444 components and to understand the various ways in which Tea Tree EO affects *L. sativae*.

1445 **Keywords:** leaf miner, *Cucumis melo*, hydrocarbons, dose-response, lethal concentration.

1446

Introdução

1447 As moscas minadoras do gênero *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae), são pragas polífagas e
1448 são conhecidas por serem uma das principais pragas de várias culturas de importância econômica
1449 (Araujo *et al.* 2013), em especial à cultura do melão que tem um rendimento de R\$ 600 milhões de
1450 reais anuais (IBGE 2022). No Brasil, as espécies *Liriomyza sativae* (Blanchard, 1938), *Liriomyza*
1451 *trifolii* (Burgess, 1880) e *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926), são as mais importantes para
1452 a agricultura. Em meloeiro as larvas destas moscas causam danos às folhas ao criar galerias,
1453 resultando na redução da área fotossintética e na diminuição dos açúcares no fruto (Araujo *et al.*
1454 2007a). Em média, cada fêmea da mosca-minadora deposita de 100 até 600 ovos (Araujo *et al.*
1455 2013). De acordo com Araujo *et al.* (2013) a eclosão dos ovos de *L. sativae* ocorre após cerca de
1456 2,7 dias a 25°C em meloeiro, em condições de laboratório, mas esse período pode variar dependendo
1457 de temperatura. Após a eclosão, as larvas iniciam sua alimentação no mesófilo foliar, e essa fase
1458 pode durar de 4 a 6 dias, dependendo da temperatura ambiente (Araujo *et al.* 2013).

1459 A depreciação da qualidade dos frutos causa prejuízos econômicos aos produtores de melão
1460 (Araujo *et al.* 2007b). Além disso, e apesar dos avanços tecnológicos, estima-se que cerca de
1461 16,59% dos custos são com o uso de agroquímicos (fungicidas e inseticidas) na tentativa de
1462 controlar as pragas e doenças (Capinera 2001). Para o controle da mosca minadora, é recomendado
1463 o uso de produtos translaminares (Lima & Machado 1994), por causa da proteção indireta das larvas
1464 que se localizam dentro do parênquima do tecido foliar (Araujo *et al.* 2007a). Além disso, o uso
1465 incorreto de inseticidas pode promover a seleção de insetos mais resistentes e a diminuição dos
1466 inimigos naturais (El-Wakeil *et al.* 2013, Belinato & Martins 2016). O uso do Manejo Integrado de
1467 Pragas (MIP) pode ajudar a mitigar esse problema através da utilização de métodos de controle

1468 mais compatíveis com o ambiente, como por exemplo a utilização de plantas resistentes a pragas
1469 (Koch *et al.* 2015, Horgan 2018).

1470 Nesse contexto, o uso de inseticidas botânicos apresenta-se como uma alternativa promissora,
1471 inclusive contra a mosca minadora. Diversos estudos apontam que os óleos essenciais (OEs),
1472 mistura complexa de terpenoides, sesquiterpenos, detones e metabólitos, podem ser usados com
1473 eficiência para o controle de insetos praga, devido sua ação neurotóxica e repelente (Hikal *et al.*
1474 2017, Costa *et al.* 2018, Ikbal & Pavela 2019, Isman 2020, Usseglio *et al.* 2023, Nguyen *et al.*
1475 2023). Exemplos de alguns produtos botânicos que já foram avaliados para o controle de *Liriomyza*
1476 spp., como na redução da oviposição de *L. sativae* por OEs das folhas de *Croton conduplicatus*
1477 (Oliveira *et al.* 2020), como o óleo de copaíba (*Copaifera* sp.), que se mostrou tóxico para larvas e
1478 pupas (Zuim *et al.* 2013) e como o efeito do OEs de *Salvia rosmarinus* em *L. sativae* (Niu *et al.*
1479 2022). Outros testes mostraram mortalidade para moscas minadoras adultas, como o OEs de
1480 *Osmium kilimandshanicum* (Braga Sobrinho & Sousa 2023).

1481 Um destaque para o óleo de Neem (*Azadirachta indica* A. Juss), que tem mostrado eficiência
1482 de controle sobre de *Liriomyza* sp. em meloeiro, em condições de casa de vegetação (Costa *et al.*
1483 2016, Silva *et al.* 2017). Entretanto, não se encontra qualquer registro de produtos à base de neem
1484 no MAPA - Ministério da Agricultura e Pecuária, destinados ao controle de *Liriomyza* sp. na cultura
1485 do melão. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar, em condições de laboratório, o efeito tóxico
1486 do produto comercial base de Neem - Azamax[®] (*Azadirachta indica* - Meliaceae), e do Óleo
1487 essencial Melaleuca (*Melaleuca alternifolia* - Myrtaceae) no controle da mosca minadora – *L.*
1488 *sativae* em plantas de meloeiro.

1489

Material e Métodos

1490 Os experimentos foram realizados no Laboratório de Entomologia Aplicada, do Setor de
1491 Fitossanidade da Universidade Federal Rural Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande do
1492 Norte, Brasil, com as seguintes coordenadas geográficas 5°12'S, 37°19'W e altitude de 20 m.

1493 **Obtenção de *Liriomyza sativae***

1494 A população de mosca-minadora (*L. sativae*) utilizada nos experimentos foi proveniente de
1495 criação própria que é mantida nesse laboratório. Os insetos são criados em salas climatizadas (25 ±
1496 2°C, umidade relativa (UR) de 70 ± 10% e fotofase artificial de 12h), com base na metodologia
1497 descrita por Araujo *et al.* (2007a).

1498 **Produção das plantas de melão**

1499 As plantas utilizadas foram de meloeiro – (*Cucumis melo* L.) (tipo amarelo var. Goldex). As
1500 sementes de meloeiro foram plantadas em bandejas de polietileno contendo 162 células de 50 mL
1501 preenchidas com substrato de fibra de coco, e mantidas em casa de vegetação (27°C ± 3°C). Com
1502 10 dias após o plantio (DAP) as plântulas foram transferidas para recipientes plásticos com volume
1503 de 500 mL, contendo uma mistura de substrato de fibra de coco e matéria orgânica na proporção de
1504 3:1. As plântulas foram mantidas em casa de vegetação protegidas por tela antiafídeo e foram
1505 regadas duas vezes ao dia até atingirem duas folhas verdadeiras formadas, o que ocorreu em torno
1506 de 20 DAP.

1507 **Obtenção dos óleos e tratamentos**

1508 O OE utilizado (Tabela 1) é da espécie vegetal Melaleuca - *Melaleuca alternifolia*,
1509 (Myrtaceae) que foram obtidos do acervo do Laboratório de Investigação de Inseticidas Naturais
1510 do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), os quais
1511 foram comprados à empresa Ferquima. Após a obtenção do OE, este foi separado da água por
1512 diferença de densidade e secos por meio de percolação em sulfato de sódio anidro. Em seguida,
1513 cada um foi então armazenado em um recipiente de vidro âmbar, vedado e mantido sob refrigeração
1514 ($5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) até sua utilização. O produto comercial de neem - Azamax[®] (*Azadirachta indica*)
1515 também foi avaliado. As diversas concentrações avaliadas para os tratamentos de OE de Melaleuca
1516 e Azamax[®] seguem na Tabela 2 e Tabela 3 respectivamente.

1517 **Experimentos de toxicidade**

1518 Inicialmente, plantas de meloeiro com 20 DAP (Figura 1) foram colocadas em gaiolas
1519 (0,50x0,50x0,50cm) revestidas com tela antiafídeo, com cerca de 200 casais de mosca minadora.
1520 As plantas permaneceram nas gaiolas por um período de 30 minutos para que as moscas realizassem
1521 a oviposição nas folhas. Após a infestação, as plantas foram levadas de volta para casa de vegetação,
1522 onde permaneceram por 72 horas, período necessário para eclosão dos ovos e início da formação
1523 das minas. Após este período foi realizada a contagem do número de larvas por planta. Em seguida,
1524 foram feitas as diluições dos óleos em água destilada nas suas respectivas concentrações (Tabela 2
1525 e 3).

1526 A aplicação das diferentes concentrações dos óleos foi feita com o auxílio de um spray manual
1527 sobre toda superfície adaxial das folhas infestadas. Depois as plantas foram mantidas por 24h em
1528 casa de vegetação. Após esse período, as folhas foram acondicionadas em bandejas de plástico,

1529 onde cada bandeja continha folhas de uma mesma planta (repetição). Contados cinco dias realizou-
1530 se a contagem e coleta dos pupários formados, que foram acondicionados em recipientes plásticos
1531 devidamente fechados com filme de PVC, onde permaneceram até a emergência dos adultos (por
1532 volta de 10 dias), que também foram contabilizados.

1533 **Delineamento experimental e análise estatística**

1534 Os experimentos foram realizados em um delineamento experimental inteiramente
1535 casualizado (DIC), com dois tratamentos sendo, sendo um com OE de Melaleuca e outro com o
1536 produto comercial Azamax[®], com 12 repetições, sendo cada repetição constituída por uma planta
1537 de meloeiro infestada.

1538 Os dados foram estatisticamente tratados (Figura 2) para exclusão dos *Outliers* e
1539 posteriormente submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk ($\alpha = 5\%$). Para avaliar a
1540 toxicidade relativa dos inseticidas contra *L. sativae*, foram estimadas as concentrações letais (CL)
1541 de 50% e 95%, juntamente com o intervalo de confiança (IC) de 95% por meio da análise Probit-
1542 log (dose) com o auxílio do Software PoloPlus (Robertson, Preisler & Russell. 2003). Os dados das
1543 concentrações utilizadas em cada tratamento foram selecionados de forma a melhor se ajustarem ao
1544 modelo Probit-log, portanto, nem todos os dados contabilizados participaram desta análise.
1545 Posteriormente, através do quociente entre a CL₅₀ do tratamento que apresentou menor toxicidade
1546 e as CL₅₀ dos tratamentos restantes foi obtida a razão de toxicidade (RT).

1547 **Resultados**

1548 Na Tabela 4 são apresentadas as concentrações médias letais total (larva para adulto) do
1549 Azamax[®] e Melaleuca sobre de *L. sativae*. O Azamax[®] foi 15,8 mais tóxico do que o OE de
1550 Melaleuca.

1551 A fim de avaliar o efeito tóxico na mortalidade em diferentes fases (larval, pupal e total)
1552 (Tabela 5), constatou-se que o OE de Melaleuca não se ajustou ao modelo Probit-log das fases larval
1553 e pupal. No entanto, o Azamax[®] mostrou ajuste apenas para a mortalidade larval e total (como
1554 mencionado anteriormente). O resultado obtido para a fase larval do Azamax[®] é mostrado na
1555 Tabela 5. Além disso, a razão de toxicidade entre toxicidade larval e total do Azamax[®] foi de 13,3.

1556

Discussão

1557 Em ambos os tratamentos, ao analisarmos os dados de inclinação e o erro padrão médio -
1558 que, foram positivos, sugere-se uma relação dose-resposta. Onde fica evidente que o aumento na
1559 dose está diretamente relacionado a um incremento na probabilidade de controle da *L. sativae*. Em
1560 relação ao OE de Melaleuca, que apresentou uma inclinação menos acentuada, isto indica um
1561 aumento discreto na probabilidade de resposta. Estes dados indicam a necessidade de doses mais
1562 elevadas para alcançar uma taxa de mortalidade desejável, sendo que as CL₅₀ e CL₉₅, quando
1563 convertidas para litros por hectare (considerando uma base de cálculo de 100 L/ha de calda),
1564 totalizaram 0,949 e 3,118 L/ha, respectivamente.

1565 Investigação prévia da ação de outros óleos essenciais ou extratos obtidos de outras plantas
1566 revelaram atividade inseticida sobre larvas de *L. sativae*. Por exemplo, os OEs de *Lippia gracilis*
1567 (folha) e *Lippia schaueriana* (folha) observados por Oliveira *et al.* (2020), que utilizaram uma
1568 concentração de 1 ppm (equivalente a 0,1 mL/ha, considerando uma base de cálculo de 100 L/ha de
1569 solução de pulverização), e resultaram em uma mortalidade total de 47,72% e 45,71%,
1570 respectivamente. Contudo, no atual estudo, o OE de Melaleuca apresentou uma CL₅₀ de 949 mL/ha
1571 (convertida), o que indica que, em comparação com os óleos anteriormente mencionados, que o OE
1572 de Melaleuca é menos tóxico, uma vez que requer uma quantidade maior para alcançar essa mesma
1573 mortalidade.

1574 Quanto ao uso do Neem (*Azadirachta indica* A. Juss), Hossain & Poehling (2006) aplicaram
1575 o produto comercial NeemAzal[®] - T/S (contendo 1% de azadiractina) em plantas de tomate e
1576 observaram uma mortalidade total de 100% para concentrações a partir de 5000 $\mu\text{L mL}^{-1}$. Por outro
1577 lado, neste estudo, que utilizou o produto Azamax[®], observou-se que uma concentração
1578 significativamente menor (0,947 $\mu\text{L mL}^{-1}$) era necessária para atingir a CL₉₅. No entanto, outros
1579 autores relataram que, ao utilizar o mesmo produto comercial (NeemAzal[®]), a mortalidade larval de
1580 *L. sativae* em plantas de feijão resultou em uma CL₅₀ de 8,51 $\mu\text{L mL}^{-1}$ (IC_{95%} 7,82 - 9,18)
1581 (Khorshidi, Hejazi & Iranipour 2017). Comparando com a CL₅₀ de 7,99 $\mu\text{L mL}^{-1}$ (IC_{95%} 6,59 –
1582 10,33) obtida com o Azamax[®], a razão de toxicidade foi de 1,07, indicando que não houve diferença
1583 significativa na mortalidade larval entre os dois produtos. Esses mesmos autores também
1584 identificaram efeito larvicida em menor proporção, semelhante ao encontrado para o Azamax[®] nesse
1585 trabalho.

1586 Costa et al. (2016), ao avaliar o efeito do extrato de Neem sobre *L. sativae* em meloeiro,
1587 constataram que concentrações de 15% do extrato em água resultaram em mortalidade larval superior
1588 a 90%. Quanto à mortalidade total, concentrações de 5% alcançaram cerca de 100% de inviabilidade
1589 pupal. No presente estudo, uma concentração significativamente menor (0,16%, LC₉₅ 48,97 $\mu\text{L mL}^{-1}$,
1590 IC_{95%}) de Azamax[®] foi necessária para atingir a LC₉₅ de mortalidade larval. Alguns autores
1591 também observaram o efeito de extratos e produtos à base de Neem sobre *L. sativae*, demonstrado
1592 principalmente contra a fase pupal e na emergência de adultos (Silva et al. 2017). Este resultado
1593 pode ser explicado pelo fato de que a azadiractina, um composto presente no Neem, ter um potencial
1594 translaminar baixo. Alguns estudos também demonstraram que a azadiractina tem um efeito
1595 fisiológico mais significativo, afetando a inviabilidade pupal dos insetos e a emergência dos adultos.
1596 (Isman 2006, Hossain & Poehling 2006, Hossain et al. 2008). Essa diferença de efeito também se

1597 refletiu na mortalidade total encontrada, mostrando uma redução na emergência dos adultos de *L.*
1598 *sativae*.

1599 A utilização de altas doses do OE Melaleuca observada neste estudo parece inviável em
1600 campo devido a diversos fatores. Primeiramente, os custos associados à produção e aos testes de
1601 toxicidade tornam sua utilização uma prática onerosa (Shukla 2021). Além disso, a rápida
1602 volatilização dos OEs resulta em um efeito residual reduzido, limitando sua eficácia no manejo de
1603 pragas. No entanto, esse estudo revela uma oportunidade promissora para novos estudos, a avaliação
1604 dos efeitos individuais dos compostos principais e secundários presentes nesse OE, bem como suas
1605 combinações, no intuito de identificar quais desses compostos químicos são responsáveis pela
1606 atividade inseticida, com a finalidade de desenvolver produtos sintéticos mais eficientes e estáveis.
1607 Além disso, é essencial avaliar a possibilidade de utilizar o OE como adjuvantes, ou seja, substâncias
1608 que potencializam a ação de outros pesticidas.

1609 **Conclusão**

- 1610 • Óleo essencial de Melaleuca - *Melaleuca alternifolia* (Myrtaceae) apresentou menor
1611 toxicidade em relação ao Azamax®;
- 1612 • Mesmo com maior toxicidade observada para o Azamax®, o resultado obtido para o óleo de
1613 Melaleuca tem uma vantagem no uso futuro para produção de um inseticida botânico por
1614 serem constituídos por uma mistura de constituintes e maior possibilidade de ter mais de um
1615 princípio ativo, levando mais tempo para artrópode praga desenvolver resistência do que um
1616 produto com um único princípio ativo, como a azadiractina no Azamax®.
- 1617 • O Azamax® teve efeito larvicida contra *L. sativae*, mas com necessidade de doses mais altas
1618 para alcançar uma mortalidade desejável.

1619

Agradecimentos

1620 À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) que possibilitou a realização desta
1621 pesquisa; a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio
1622 financeiro para o desenvolvimento desta pesquisa, através do processo 88887.334393/2019-00 via
1623 Programa CAPES:PROEX; e ao Laboratório de Entomologia Aplicada, do Setor de Fitossanidade
1624 da Universidade Federal Rural Semi-Árido (UFERSA).

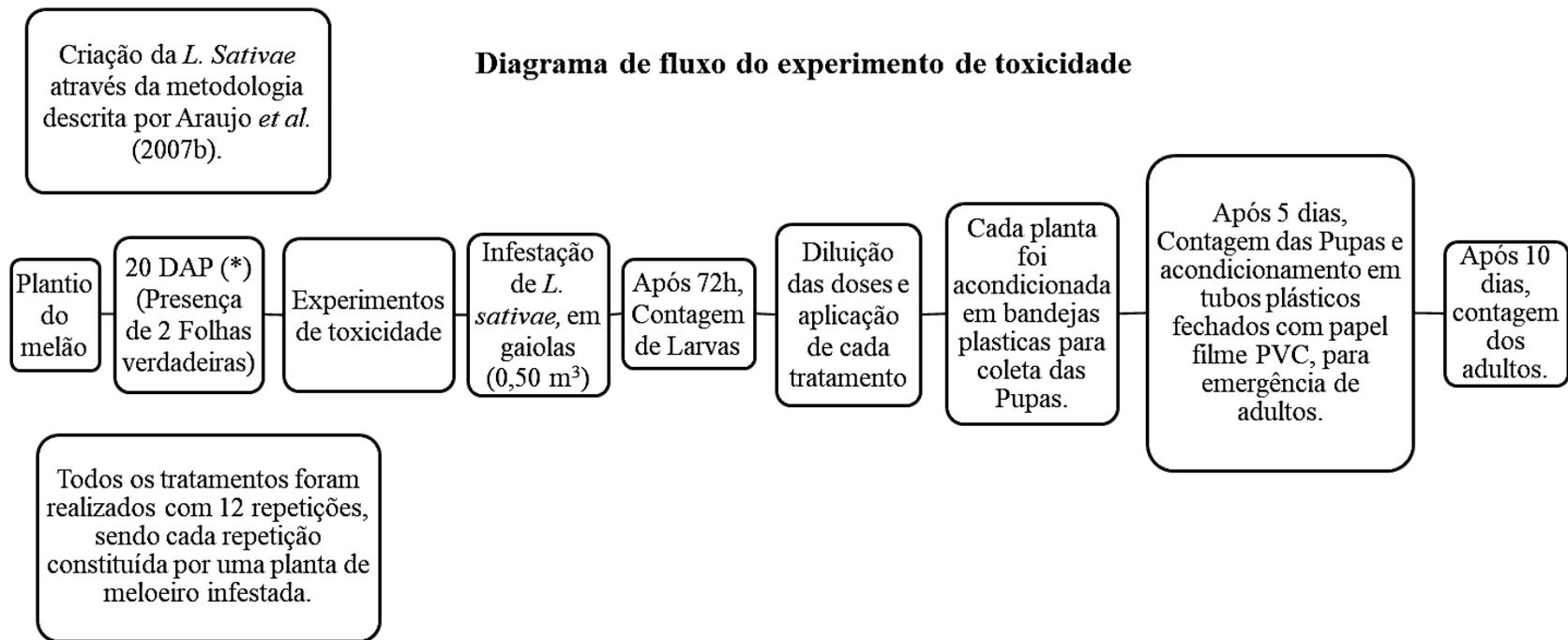
1625

Literatura Citada

- 1626 **Alzohairy, M. A. 2016.** Therapeutics role of *Azadirachta indica* (Neem) and their active
1627 constituents in diseases prevention and treatment. Evidence-Based Complementary and
1628 Alternative Medicine.
- 1629
- 1630 **Araujo, E.L., C.H.F. Nogueira, A.C. Menezes Netto & C.E.S. Bezerra. 2013.** Biological aspects
1631 of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.).
1632 *Ciência Rural*, v. 43, p. 579-582.
- 1633
- 1634 **Araujo E.L., D.R.R. Fernandes, L.D. Geremias, A.C.M. Netto & M.A. Filgueira. 2007.** Mosca
1635 minadora associada à cultura do meloeiro no Semiárido do Rio Grande do Norte. *Revista*
1636 *Caatinga*, 20: 210-212. a
- 1637
- 1638 **Araujo, E.L., S.A.M. Pinheiro, L. D. Geremias, A. C. Menezes Netto & L. P. M. Macedo. 2007.**
1639 Técnica de criação da mosca-minadora *Liriomyza trifolii* (BURGESS) (Diptera:
1640 Agromyzidae). *Campo Digital*, v.2, n.1, p.22-26. b
- 1641
- 1642 **Ayres, M., M. Ayres Júnior, D.L. Ayres & A.A. Santos. 2007.** BIOESTAT – Aplicações
1643 estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Ong Mamiraua.
- 1644
- 1645 **Belinato, T.A., & A.J. Martins. 2016.** Insecticide resistance and fitness cost. *Insecticides*
1646 *resistance*, 243-261.
- 1647
- 1648 **Braga Sobrinho, R., & M.D.S.C. de Sousa. 2023.** Essential oils on the control of melon leafminer:
1649 Efeito de óleos essenciais de plantas no controle da mosca-minadora do meloeiro. *Brazilian*
1650 *Journal of Aneemal and Environmental Research*, 6(1), 58-72.
- 1651
- 1652 **Capinera, J.L. 2001.** American Serpentine Leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Insecta:
1653 Diptera: Agromyzidae). IFAS Extension. Institute of Food and Agricultural Sciences,
1654 University of Florida, p. 1-5.
- 1655
- 1656 **Costa, E.M., F.E.L. Silva & E.L. Araujo. 2018.** Effect of aqueous Neem seed extract via irrigation
1657 on larva of *Liriomyza sativae* in melon crop. *Horticultura Brasileira*, v. 36, n.3, p. 353-356.

1658
1659 **Costa, E.M., S.B. Torres, R.R. Ferreira, F.G. Silva & E.L. Araujo. 2016.** Extrato aquoso de
1660 sementes de neem no controle de *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) em meloeiro.
1661 Revista Ciência Agronômica, v. 47, n. 2, p. 401–406.
1662
1663 **El-Wakeil, N., N. Gaafar, A. Sallam, & C. Volkmar. 2013.** Side effects of insecticides on natural
1664 enemies and possibility of their integration in plant protection strategies. Agricultural and
1665 biological sciences “insecticides—development of safer and more effective technologies”.
1666 Intech, 1-54.
1667
1668 **Hikal, W.M., R.S. Baeshen & H.A. Said-Al Ahl. 2017.** Botanical insecticide as simple extractives
1669 for pest control. Cogent Biol., 3, n. 1404274.
1670
1671 **Horgan, F.G. 2018.** Integrating gene deployment and crop management for improved rice
1672 resistance to Asian planthoppers. Crop Protection, 110, 21-33.
1673
1674 **Hossain, M.B. & H.M. Poehling. 2006.** Effects of a neembased insecticide on different immature
1675 life stages of the leafminer *Liriomyza sativae* on tomato. Phytoparasitica, v. 34, n. 4, p. 360-
1676 369.
1677
1678 **Hossain, M.B., H.M. Poehling, G. Thöming & C. Borgemeister. 2008.** Effects of soil application
1679 of neem (NeemAzal® - U) on different life stages of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae)
1680 on tomato in the humid tropic. Journal of Plant Diseases and Protection, v. 115, n. 2, p. 80-87.
1681
1682 **IBGE, 2022.** Produção Agrícola Municipal 2021. IBGE. Disponível em:
1683 <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/0>> Acesso em: 06 de abril 2023.
1684
1685 **Ikbal, C. & R. Pavela. 2019.** Essential oils as active ingredients of botanical insecticides against
1686 aphids. Journal of pest science, 92, 971-986.
1687
1688 **Iseppi, R., M. Mariani, S. Benvenuti, E. Truzzi, P. Messi. 2023.** Effects of *Melaleuca alternifolia*
1689 Chell (Tea Tree) and *Eucalyptus globulus* Labill. Essential Oils on Antibiotic-Resistant
1690 Bacterial Biofilms. Molecules, 28(4), 1671.
1691
1692 **Isman, M.B. 2006.** Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an
1693 increasingly regulated world. Annual Review of Entomology, v. 51, p. 45-66.
1694
1695 **Isman, M.B. 2020.** Botanical insecticides in the twenty-first century—fulfilling their promise?
1696 Annual Review of Entomology, v. 65, p. 233-249.
1697
1698 **Khorshidi, M., M.J. Hejazi & S. Iranipour. (2017).** Effect of azadirachtin, chlorantraniliprole
1699 and some insect growth regulators on vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* (Blanchard)
1700 (Diptera: Agromyzidae). Journal of Crop Protection. v. 6, n. 1, p. 115-123.
1701
1702 **Koch, M.S., J.M. Ward, S.L. Levine, J.A. Baum, J.L. Vicini & B.G. Hammond. 2015.** The food
1703 and environmental safety of Bt crops. Frontiers in plant science, 6, 283.
1704

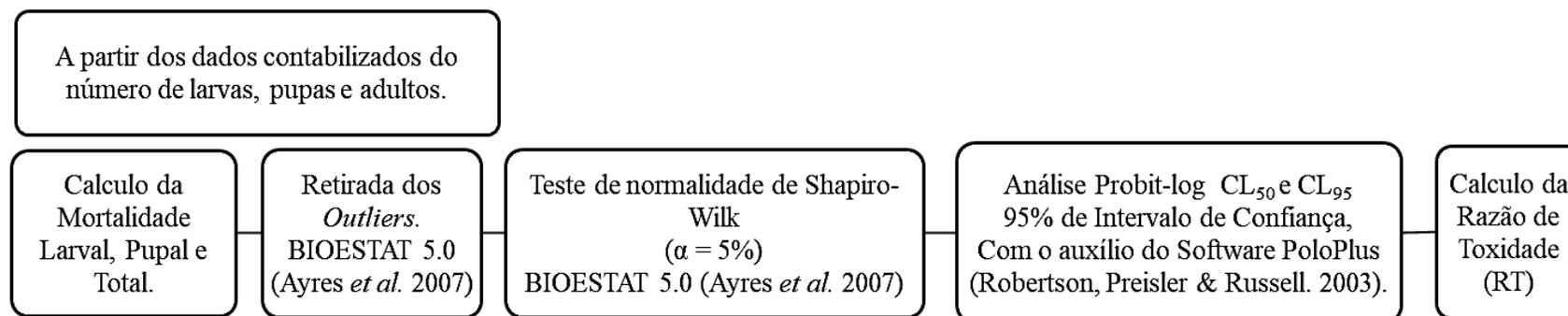
- 1705 **Lima, J.O.G. & W.A. Machado. 1994.** Eficácia da abamectina contra a mosca-minadora
1706 (*Liriomyza* sp.) (Diptera: Agromyzidae), em tomateiro. Revista Ceres, v.41, n.237, p.559-566.
1707
- 1708 **Nguyen, H.H., N.H. Hùng, P.M. Quan, D.N. Dai, P. Satyal, L.T. Huong, L.D. Giang, L.T. Hung**
1709 **& W.N. Setzer. 2023.** Environmentally-Friendly Pesticidal Activities of Callicarpa and
1710 Karomia Essential oils from Vietnam and Their Microemulsions. Chemistry & Biodiversity.
1711
- 1712 **Niu, D., Z. Liu, L. Shen, H. Zhou, M. You, M. Isman & S. You. 2022.** Repellent and toxic effects
1713 of *Salvia rosmarinus* oil against *Liriomyza sativae*. Annals of Applied Biology, 181(2), 246-
1714 254.
1715
- 1716 **Oliveira, A.C., T.C. Costa-Lima, A.V.V. Souza & R.D.C.R. Gonçalves-Gervásio, 2020.**
1717 Atividade de óleos essenciais de plantas da Caatinga sobre a mosca-minadora. Pesquisa
1718 Agropecuária Tropical, v. 50, p. e58313-e58313.
1719
- 1720 **Robertson, J. L., H. K. Preisler & R. M. Russell. 2003.** Polo plus: Probit and logit analysis. LeOra
1721 software.
1722
- 1723 **Shukla, A.C. 2021.** Use of essential oil for post-harvest pest control. CABI Reviews.
1724
- 1725 **Silva, F.G., E.M. Costa, R.R. Ferreira, F.E.L. Da Silva & E.L. Araujo. 2017.** Efeito de
1726 diferentes concentrações do extrato aquoso de folhas de neem na mortalidade da mosca
1727 minadora *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). Revista Agro@mbiente On-
1728 Line, v. 10, n. 4, p. 381-386.
1729
- 1730 **Usseglio, V.L., J.S. Dambolena & M.P. Zunino. 2023.** Can Essential Oils Be a Natural Alternative
1731 for the Control of *Spodoptera frugiperda*? A Review of Toxicity Methods and Their Modes of
1732 Action. Plants, 12(1), 3.
1733
- 1734 **Zuim, V., L.Í.R. Rocha, W.R. Valbon, H.S. Rodrigues & D. Pratisoli. 2013.** Efeito do óleo-
1735 resina de copaíba sobre a mosca minadora *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera:
1736 Agromyzidae). Enciclopédia Biosfera, v. 9, n. 16, p. 2721-8.



1737
1738
1739

Figura 1 – Diagrama de fluxo dos procedimentos do experimento de toxicidade de óleo essencial contra a mosca minadora (*Liriomyza sativae*) em plantas de melão (*Cucumis melo*).

Diagrama de fluxo das de análises estatísticas



1740
1741

Figura 2 – Diagrama de fluxo do procedimento de análises estatísticas

1742 **Tabela 1.** Descrição dos tratamentos com os óleos utilizados nos experimentos para avaliação da toxicidade contra a mosca minadora
1743 (*Liriomyza sativae*) em plantas de melão (*Cucumis melo*)

Nome científico	Nome genérico	Família	Princípio Ativo ¹
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Melaleuca	Myrtaceae	Terpineno-4-ol
<i>Azadirachta indica</i>	Azamax [®]	Meliaceae	Azadiractina

1744 1. Terpineno-4-ol (Iseppi 2023); Azadiractina (Alzohairy 2016).

1745 **Tabela 2.** Descrição do tratamento com o óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* com dosagens realizadas e utilizadas nos experimentos
 1746 para avaliação da toxicidade contra a mosca minadora (*Liriomyza sativae*) em plantas de melão (*Cucumis melo*)

TRATAMENTO ¹	CONCENTRAÇÕES		
	%	µl	L/ha ²
	0	0	-
	0.25	75	0.250
	0.34	102	0.340
	0.375	113	0.375
	0.42	126	0.420
	0.50	150	0.500
<i>Melaleuca alternifolia</i> (Melaleuca)	0.59	177	0.590
	0.625	188	0.625
	0.67	201	0.670
	0.75	225	0.750
	0.76	228	0.760
	0.875	263	0.875
	1.00	300	1
	1.50	450	1.5

1747 1. O tratamento foi diluído em água destilada e colocada em spray manual de 30mL para aplicação.

1748 2. No intuito de deixar mais informativo, a concentração foi convertida em litros por hectare (L/ha), levando como base de cálculo
 1749 100 L/ha.

1750 **Tabela 3.** Descrição do tratamento com o óleo essencial de *Azadirachta indica* (Azamax[®]) com dosagens realizadas e utilizadas nos
 1751 experimentos para avaliação da toxicidade contra a mosca minadora (*Liriomyza sativae*) em plantas de melão (*Cucumis melo*)

TRATAMENTO ¹	CONCENTRAÇÕES		
	%	µl	L/ha ²
<i>Azadirachta indica</i> (Azamax [®])	0	0.0	-
	0.016	4.8	0.016
	0.031	9.3	0.031
	0.047	14.1	0.047
	0.060	18.0	0.060
	0.078	23.4	0.078
	0.094	28.2	0.094
	0.109	32.7	0.109
	0.13	39.0	0.130
	0.19	57.0	0.190
	0.25	75.0	0.250
	0.38	114.0	0.380
	0.50	150.0	0.500
	1	300.0	1

1752 1. O tratamento foi diluído em água destilada e colocada em spray manual de 30mL para aplicação.

1753 2. No intuito de deixar mais informativo, a concentração foi convertida em litros por hectare (L/ha), levando como base de cálculo
 1754 100 L/ha.

1755 **Tabela 4.** Toxicidade dos tratamentos com os óleos contra a mosca minadora (*Liriomyza sativae*) em plantas de melão (*Cucumis melo*)

Tratamentos	N	X ²	GL	Inclinação ± EPM	CL ₅₀ (IC95%) µl mL ⁻¹	CL ₉₅ (IC95%) µl mL ⁻¹	RT ₅₀
<i>Melaleuca alternifolia</i>	185	3,01	5	3,18 ± 0,88	9,49 (8,26 – 12,85)	31,185 (18,91 – 164,95)	1
Azamax [®]	823	3.11	8	8,42 ± 1,79	0,604 (0,51 – 0,68)	0,947 (0,82 – 1,25)	15,72

1756 N = Número de indivíduos testados; X² = Valor do Qui-quadrado (P<0,05); GL = Grau de liberdade; Inclinação e EPM = Erro Padrão da
 1757 Média; CL₅₀ e CL₉₅ = Concentração Letal que causa 50% e 95% de mortalidade respectivamente com 95% de Intervalo de Confiança (µl
 1758 mL⁻¹); RT = Razão de toxicidade;

1759 **Tabela 5.** Toxicidade do Azamax[®], avaliando as mortalidades das fases larval (larva – pupa), pupal (pupa – adulto) e total (larva –
 1760 adulto), contra a mosca minadora (*Liriomyza sativae*) em plantas de melão (*Cucumis melo*).

Tratamentos	Mortalidades	N	X ²	GL	Inclinação ± EPM	CL ₅₀ (IC95%) (µl mL ⁻¹)	L/ha ¹	RT ₅₀
Azamax [®]	Larval	823	5,98	8	2,09 ± 0,34	7,99 (6,59 – 10,33)	0,799	1
	Pupal	460	1,67	8	12,12 ± 4,74	-	-	-
	Total	823	3,11	8	8,42 ± 1,79	0,604 (0,51 – 0,68)	0,0604	13,23

1761 N = Número de indivíduos testados; X² = Valor do Qui-quadrado (P<0,05); GL = Grau de liberdade; Inclinação e EPM = Erro Padrão
 1762 da Média; CL₅₀ = Concentração Letal que causa 50% de mortalidade com 95% de Intervalo de Confiança (µl mL⁻¹); RT = Razão de
 1763 toxicidade;

1764

1765 1. No intuito de deixar mais informativo, a concentração letal 50% foi convertida em litros por hectare (L/ha), levando como base de
 1766 cálculo 100 L/ha.

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

1767
1768
1769 *Liriomyza sativae* Blanchard, 1938 (Diptera: Agromyzidae) é reconhecida como uma praga
1770 polífaga e prejudicial ao cultivo do melão (*Cucumis melo* L.). Como visto nesse trabalho, uma
1771 alternativa promissora para o controle dessa praga é o estudo e uso dos óleos essenciais (OEs), que
1772 têm ganhado destaque devido a várias vantagens, incluindo baixa poluição ambiental, baixo efeito
1773 tóxico em animais e alta volatilização. Embora benéficos, por sua rápida biodegradação, o uso de
1774 OEs apresenta um desafio, pois os compostos tendem a evaporar rapidamente após a sua aplicação,
1775 diminuindo tempo de ação sobre o alvo desejado, além disso podem causar fitotoxicidade. Um estudo
1776 futuro para reduzir esses problemas poderia ser o emprego do nanoencapsulamento, um processo
1777 que envolve a formação de nanopartículas que encapsulam os compostos ativos. Essa técnica
1778 permite uma liberação mais controlada das substâncias ativas, além de proteger as substâncias do
1779 ambiente externo, e tem se mostrado uma alternativa promissora para melhorar a eficiência dos
1780 OEs. Essa estratégia tem representado um avanço significativo no desenvolvimento de métodos
1781 mais eficientes e sustentáveis para o controle de pragas agrícolas, contribuindo para a proteção dos
1782 cultivos de meloeiro e a preservação do meio ambiente.

1783 Em termos gerais, OEs têm sido considerados mais seguros do que os produtos químicos
1784 sintéticos. Essa pesquisa forneceu uma base sólida para indicar os óleos essenciais de Tomilho,
1785 Eucalipto e Melaleuca como potenciais repelentes, ovicidas e inseticidas. No entanto, é crucial
1786 identificar os componentes químicos majoritários e secundários presentes nos OEs que promovem
1787 esses efeitos. Este achado é extremamente promissor, pois abre caminho para o desenvolvimento

1788 de formulações capazes de otimizar e padronizar esses efeitos, resultando em produtos mais
1789 direcionados e eficientes.

1790 Portanto, é de extrema importância continuar pesquisando e compreendendo os mecanismos
1791 dos óleos essenciais e sua relação com a eficácia em campo. Aprofundar conhecimento nessa área
1792 pode desenvolver estratégias no manejo integrado de pragas com aplicação dos OEs, otimizando
1793 seus efeitos. Essa abordagem é fundamental para impulsionar a agricultura sustentável, reduzindo
1794 a dependência de produtos químicos sintéticos prejudiciais ao meio ambiente e à saúde humana. De
1795 forma geral, é importante conduzir experimentos comportamentais para investigar o efeito repelente
1796 dos OEs em relação às pragas. Compreender como esses compostos influenciam o comportamento
1797 dos insetos é fundamental para o desenvolvimento de estratégias eficazes de controle.