



ARIANE JULIA SERAFIM

**PROSPECÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS PARA CONTROLE
DE *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae)**

**LAVRAS - MG
2023**

ARIANE JULIA SERAFIM

**PROSPECÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS PARA CONTROLE DE *Musca domestica* L.
(Diptera: Muscidae)**

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

Prof. Dr. Geraldo Andrade de Carvalho
Orientador

Prof. Dr. Khalid Haddi
Coorientador

**LAVRAS - MG
2023**

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

Serafim, Ariane Júlia.

Prospecção de óleos essenciais para controle de *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) / Ariane Julia Serafim. - 2022.
48 p. : il.

Orientador(a): Geraldo Andrade de Carvalho.

Coorientador(a): Khalid Haddi.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Aviário. 2. Mosca-doméstica. 3. Produtos botânicos. I. Carvalho, Geraldo Andrade de. II. Haddi, Khalid. III. Título.

ARIANE JULIA SERAFIM

**PROSPECÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS PARA CONTROLE DE *Musca domestica* L.
(Diptera: Muscidae)**

**PROSPECTING OF ESSENTIAL OILS FOR THE CONTROL OF *Musca domestica* L.
(Diptera: Muscidae)**

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

APROVADA em 26 de maio de 2022.

Dr. Geraldo Andrade de Carvalho, UFLA.

Dra. Lívia Maria Silva Ataíde, Universidade da Flórida.

Dra. Dejjane Santos Alves, UFTPR.

Prof. Dr. Geraldo Andrade de Carvalho
Orientador

Prof. Dr. Khalid Haddi
Coorientador

**LAVRAS - MG
2023**

Dedico este trabalho a mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida.

À Universidade Federal de Lavras, ao Departamento de Entomologia (DEN) e à CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo apoio financeiro.

À CAPES pela concessão de bolsas de estudo.

À turma de 2020/01 da pós-graduação do Departamento de Entomologia que mesmo distante em decorrência da pandemia da COVID-19 conseguimos superar os desafios.

Ao meu orientador Geraldo Andrade Carvalho por me proporcionar a oportunidade de fazer o mestrado sob sua orientação. É um grande conselheiro e um pai para todos orientados.

Ao coorientador Khalid Haddi pelas orientações.

À equipe LEMIP em especial a técnica do Departamento de Entomologia Eliana Andrade (Leia) pela paciência e eficiência.

Aos meus pais José Ivo e Sônia pelo amparo, por cuidar tão bem do “neto” na minha ausência e por sempre apoiar meus sonhos.

Aos meus avós Terezinha e João “*in memória*”, Vitor e Maria pelos conselhos e cumplicidade, eu sei que torcem por mim.

Aos familiares aqui não citados, agradeço o apoio quando eu pensei em desistir e me confortaram com uma mensagem, sorriso ou até mesmo xingo, rs!

Ao meu irmão Josué e ao meu sobrinho Augusto pela cumplicidade.

Ao Paulo pela paciência.

Ao Benjamin Aruk meu maior companheiro que sofreu com minha ausência e eu com a dele.

À querida amiga Viviane por compartilhar comigo o que temos de mais privado e familiar, o lar. Às amigas Vanessa, Karolina e Maria, por tantos momentos vividos, choros e companheirismo. Todas vocês foram um suporte para não me deixar desistir.

A todos que fizeram parte dessa história Fernanda, Ana Paula, Gabriel, Ana Flavia, Luciana, Luciano, Jessica, Elizeu e Daniela.

Às meninas das moscas que compartilharam o laboratório comigo, Bianca e Rocio.

Aos meus professores da graduação que almejam me ver mestre.

EPIGRAFE

“Não é sinal de saúde estar bem ajustado a uma sociedade profundamente doente”.
(Jiddu Krishnamurti)

RESUMO

Musca domestica é um inseto sinantrópico, que além de causar perturbações aos animais e seres humanos, é considerado importante vetor de doenças. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a toxicidade dos óleos essenciais de *Cinnamomum cassia* e *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum* (Lauráceas) sobre larvas de terceiro instar, pupas e adultos de *M. domestica* e avaliar a preferência dos óleos essenciais em adultos. Nos óleos essenciais de *C. cassia* e *C. camphora* var. *linalooliferum* foram encontrados como compostos majoritários o cinamaldeído <E> e o linalol. Os óleos essenciais foram solubilizados em DMSO + água com açúcar nas concentrações de 75,8 µl/ml para *C. cassia* e 53,39 µl/ml para *C. camphora* var. *linalooliferum*, que correspondem à DL₅₀ para pupas de mosca doméstica. Para larvas e pupas, foram usadas 50 larvas de terceiro instar e 50 pupas para cada dose dos óleos (DL₂₅, DL₅₀ e DL₉₀) obtidas em testes prévios. Os óleos essenciais foram solubilizados em DMSO, água + açúcar e o controle constituído de DMSO, água e açúcar, sendo aplicado 1µl da solução do óleo essencial no dorso de cada larva de terceiro instar e de cada pupa. Avaliou-se a mortalidade e a reprodução dos adultos formados a partir de larvas e pupas tratadas. O óleo de *C. cassia* foi mais tóxico para larvas, pupas e adultos da mosca doméstica. Os óleos de *C. cassia* e *C. camphora* var. *linalooliferum* reduziram a quantidade de ovos viáveis de adultos provenientes de larvas e pupas tratadas. O óleo de *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum* reduziu o período de pré-oviposição e o número total de ovos colocados por adultos oriundos de larvas de terceiro instar. A duração do período larval foi reduzida nos tratamentos DL₂₅ e DL₅₀ dos óleos de *C. cassia* e *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum*. Adultos de mosca doméstica apresentaram maior preferência pelo óleo essencial de *C. camphora* var. *linalooliferum* e *C. cassia* apresentou maior repelência para os adultos. Os óleos essenciais de *C. cassia* e *C. camphora* var. *linalooliferum* apresentam potencial para uso em programas de manejo de *M. domestica*, uma vez que foram tóxicos para essa inseto praga.

Palavras-chave: Aviário. Mosca-doméstica. Produtos botânicos. Controle. MIP.

ABSTRACT

Musca domestica is a synanthropic insect, which in addition to causing disturbances to animals and humans; it is considered an important vector of diseases. The objective of the present work was to evaluate the toxicity of essential oils from *Cinnamomum cassia* and *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum* (lauraceous) on third instar larvae, pupae and adults of *M. domestica* and evaluate the preference of essential oils in adults. In the essential oils of *C. cassia* and *C. camphora* var. *linalooliferum* it was found as major compounds cinnamaldehyde and linalool. Essential oils were solubilized in DMSO + sugar water at concentrations of 75.8 µl/ml for *C. cassia* and 53.39 µl/ml for *C. camphora* var. *linalooliferum*, which correspond to the LD₅₀ for housefly pupae. For larvae and pupae, 50 third-instar larvae and 50 pupae were used for each oil dose (LD₂₅, LD₅₀ and LD₉₀) obtained in previous tests. The essential oils have been solubilized in DMSO, water + sugar and the control consisted of DMSO, water and sugar, applying 1 µl of the essential oil solution on the back of each third-instar larva and each pupa. Mortality and reproduction of adults formed from treated larvae and pupae were verified. *C. cassia* oil was more toxic to housefly larvae, pupae and adults. Oils from *Cinnamomum cassia* reduced the amount of viable adult eggs from treated larvae and pupae. *C. camphora* var. *linalooliferum* reduced the pre-oviposition period and the total number of eggs laid by adults from third-instar larvae. The duration of the larval period, it was reduced in the LD₂₅ and LD₅₀ treatments of *C. cassia* and *C. camphora* var. *linalooliferum*. Housefly adults showed a greater preference for the essential oils of *C. camphora* var. *linalooliferum* and *Cinnamomum cassia* showed greater repellency for adults. Essential oils from *C. cassia* and *C. camphora* var. *linalooliferum* have potential for use in *M. domestica* management programs, since they were toxic to this insect pest.

Keywords: Aviary. Housefly. Botanical products. Control. IPM.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Importância da <i>Musca domestica</i>	12
2.2 OEs como alternativa para controle de artrópodes praga	13
3 METODOLOGIA	14
3.1 Óleos essenciais	14
3.2 Caracterização química dos óleos essenciais	14
3.3 ENSAIOS BIOLÓGICOS	15
3.3.1 Obtenção dos insetos	15
3.3.2 Criação de <i>M. domestica</i>	15
3.3.3 Seleção de OEs tóxicos para adultos de <i>M. domestica</i>	16
3.3.4 Concentração-resposta para adultos de <i>M. domestica</i>	17
3.3.5 Bioensaio de preferência	17
3.3.6 Bioensaio com larvas <i>M. domestica</i>	18
3.3.6.1 Curva de dose-resposta com larvas <i>M. domestica</i>	18
3.3.6.2 Toxicidade dos OEs sobre larvas de <i>M. domestica</i>	19
3.3.7 Bioensaio com pupas <i>M. domestica</i>	20
3.3.7.1 Curva dose-resposta com pupas <i>M. domestica</i>	20
3.3.7.2 Toxicidade dos OEs sobre pupas de <i>M. domestica</i>	20
3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	21
3.4.1 Análises com óleo de <i>C. cassia</i>	21
3.4.2 Análises com óleo de <i>C. camphora</i> var. <i>linalooliferum</i>	21
3.4.3 Teste de preferência dos óleos essenciais para adultos de <i>M. domestica</i>	22
4 RESULTADOS	22
4.1 Caracterização química dos óleos essenciais	22
4.2 Bioatividade dos óleos essenciais para adultos de <i>M. domestica</i>	23
4.3 Efeitos dos óleos essenciais sobre larvas de <i>M. domestica</i>	24
4.4 Efeitos dos óleos essenciais sobre pupas de <i>M. domestica</i>	29
5 DISCUSSÃO	36
6 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária é uma atividade global e multibilionária, e é prejudicada pelo ataque de pragas, destacando-se *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae). Essa mosca é uma praga cosmopolita e abundante tanto em áreas urbanas quanto em rurais, onde atuam como importantes vetores de mais de cem patógenos que são prejudiciais para humanos e animais (KHAN et al., 2019b), englobando bactérias, fungos, vírus, protozoários e trofozoítos (FOIL; GORHAM, 2000; ISSA, 2019). Apresenta hábito sinantrópico e tem importância na área da saúde pública por ser transmissora de centenas de patógenos para humanos e animais (KHAN, 2018; COUSINS et al., 2019; NEUPANE; NAYDUCH; ZURE, 2019). A transmissão de patógenos ocorre por meio de excretas, pernas, regurgitação e aparelho bucal contaminado. *M. domestica* tem origem nas savanas da Ásia Central e de lá se espalhou pelos demais continentes; é um inseto robusto capaz de sobreviver em ambientes rurais, urbanos, em regiões de clima tropical a temperado (HUSSEIN; JOHN, 2014; OMMI et al., 2015).

Devido à ameaça que as moscas apresentam para a saúde em geral, a Organização Mundial da Saúde (OMS) vem trabalhando com instituições em todo o mundo com objetivo de descobrir novas medidas de controle da *M. domestica* e também novos medicamentos para os patógenos transmitidos por esse inseto. Por conta da dificuldade no controle de doenças, falta de medicamentos e vacinas eficazes para o tratamento de doenças transmitidas pela *M. domestica*, o uso de inseticidas em áreas urbanas e rurais é o principal método de controle utilizado (MOHAFRASH et al., 2020). Embora inseticidas químicos seja o principal meio de controle de *M. domestica*, os efeitos negativos que causam ao ambiente, aos animais e aos humanos são preocupantes.

Referente ao desenvolvimento de *M. domestica* é do tipo holometábolo compreendendo as fases de ovo, larva, pupa e adultos, sendo que o estágio larval é formado por três instares. Cada fêmea pode ovipositar seis vezes durante o ciclo de vida e colocar aproximadamente 120 ovos por vez, e viver de 15 a 70 dias. Os ovos são ovais com tamanho médio de 1,0 a 2,0 mm de comprimento. A *M. domestica* tem preferência por climas mais quentes, os adultos têm a cor acinzentada, com quatro faixas escuras na superfície dorsal do tórax que apresenta um par de asas membranosas, os olhos compostos são grandes e avermelhados (EL-SHERBINI; EL-SHERBINI, 2011).

O acasalamento e a oviposição ocorrem de 3 a 20 dias após a emergência dos adultos. A fêmea é ovípara, ou seja, coloca ovos fertilizados no substrato antes da eclosão das larvas, as quais medem de 3 a 9 mm de comprimento, cor esbranquiçada e não apresentam pernas (EL-

SHERBINI; EL-SHERBINI, 2011). O dimorfismo sexual entre os adultos é realizado por meio dos olhos, sendo que os machos apresentam olhos holópticos, ou seja, próximos em vista dorsal, e as fêmeas têm os olhos dicópticos, separados pela frente (SERRA-FREIRE; MELLO, 2006), e por isto as moscas são ativas durante o dia e inativas à noite. O aparelho bucal é do tipo sugador-lambedor, usado para absorver os alimentos líquidos, por meio das secreções das glândulas salivares que contêm enzimas capazes de degradar o alimento (ONYENWE et al., 2016).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância da *Musca domestica*

A *M. domestica* se alimenta de diferentes substratos como materiais em decomposição, alimento humano e animal, esterco animal e lixo (ISSA, 2019), os quais são encontrados pelo forte odor que exalam (IQBAL et al., 2014). Sabe-se que a qualidade alimentar influencia diretamente no tempo de desenvolvimento, crescimento e sobrevivência dos insetos (BARRAGAN-FONSECA; DICKE; VAN LOON, 2018); por exemplo, dietas com maior proporção de proteína causaram redução do tempo de desenvolvimento e aumentaram a taxa de crescimento de *M. domestica* (KÖKDENER; KIPER, 2020).

A *M. domestica* é capaz de transportar patógenos para diferentes locais, criando condições para novo ciclo de infecção. Foram identificados mais de 130 micro-organismos no intestino dessa mosca, prevalecendo bactérias, fungos e até vírus (KHAMESIPOUR et al., 2018). Estudo comprovou que o patógeno transportado pela *M. domestica* está vinculado ao local onde os insetos viviam (PARK et al., 2019). Por exemplo, as moscas que habitavam a zona urbana continham menor número de microrganismos, cerca de 2,5 vezes menos que aquelas que viviam em esterco bovino e lixos. Mesmo com alimento em excesso, a *M. domestica* não permanece em um mesmo local (OMS, 2005; SMALLEGANGE; DEN OTTER, 2007; AWACHE; FAROUK, 2016) podendo transportar a bactéria *Escherichia coli*, por exemplo, de uma fazenda para um restaurante na cidade à 3 km de distância (BURRUS, 2010), o que demonstra sua capacidade em disseminar patógenos e a importância de se realizar o controle eficaz dessa praga.

O manejo de *M. domestica* é complexo e depende da integração de várias medidas tais como barreiras mecânicas, aplicação de agentes de biocontrole, eliminação de potenciais criadouros, manejo de esterco animal e uso de inseticidas sintéticos (BIALE; GEDEN; CHIEL, 2017). Essa praga apresenta mecanismos metabólicos para se desintoxicar e

comportamentais para evitar sua exposição aos inseticidas (DEACUTIS et al., 2007; GERRY; ZHANG, 2009; KHAN; AKRAM; HAIDER, 2015; KHAN, 2020; ZHANG et al., 2020), os quais se constituem no principal método de controle. A existência de populações de *M. domestica* resistentes tem levado ao aumento de aplicações de inseticidas (KHAN; AKRAM; SHAD, 2013; KHAN, 2019; KHAN et al., 2016), e isto pode desencadear várias consequências negativas ao ambiente e ao próprio homem, sendo por isso, necessário o desenvolvimento de um manejo dessa praga de forma mais sustentável (AMICHOT et al., 2018).

2.2 OEs como alternativa para controle de artrópodes praga

O uso em excesso e constante de produtos químicos causa efeitos danosos ao ambiente e à saúde humana. Dessa forma, pesquisadores vêm concentrando seus estudos para o desenvolvimento de produtos naturais como alternativas eficazes aos inseticidas convencionais (PAVELA; BENELLI, 2016). Dentre os produtos naturais, os óleos essenciais de plantas (OEs) apresentam-se como uma boa alternativa, sendo constituídos por misturas complexas, voláteis e lipofílicas produzidas por inúmeras plantas aromáticas. Nesse contexto, os óleos essenciais são uma alternativa para quem deseja reduzir ou trocar produtos químicos por produtos mais sustentáveis por serem biodegradáveis, apresentar boa eficiência e baixo custo de produção e ter poder inseticida (MENDES et al., 2017).

Os OEs são substâncias voláteis de baixo peso molecular (ASSI et al., 2017) e podem apresentar atividade inseticida (PAVELA; KAFFKOVÁ; KUMŠTA, 2014). Podem atuar na defesa de plantas contra insetos e patógenos em geral já foram classificados como de baixo risco para humanos e para o ambiente pela Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos (EFSA) e se apresentam promissores para serem utilizados no controle de artrópodes pragas (BENELLI et al., 2018a; IKBAL; PAVELA, 2019). Apresentam geralmente um complexo de substâncias voláteis como terpenos, fenóis, cetonas, álcool, ésteres, aminas e amidas com função inseticida, fungicida, antimicótica e bactericida (KUMAR et al., 2020). Devido a esse complexo eles são amplamente utilizados em inúmeras empresas como na indústria alimentícia, cosmética, farmacêutica e química (SILVESTRE et al., 2019). Dentro da família Lauraceae encontra-se o gênero *Cinnamomum*, com aproximadamente 250 espécies vegetais. Esse gênero é conhecido mundialmente por ser fonte de compostos bioativos podendo ser usados contra artrópodes pragas, bactérias e fungos. Os óleos extraídos das plantas *Cinnamomum verum*, *Cinnamomum cassia*, *Cinnamomum camphora* e *Cinnamomum zeylanicum* são os mais comercializados. O linalol encontrado no óleo de *C. camphora* var.

linalooliferum (howood) é um monoterpreno efetivo contra pragas (CABALLERO; FINGLAS; TOLDRÁ, 2015; NOLLET; RATHORE, 2017; KUMAR et al., 2020).

Foi demonstrado que o OE de eucalipto nas concentrações de 1% e 5% causou mortalidade de 80% de adultos de *M. domestica* (GALLI et al., 2018); enquanto que aqueles presentes em plantas de *Allium sativum* L., *Cinnamomum verum* e *Mentha piperita* foram tóxicos para essa praga em todos seus estágios de desenvolvimento (BISSELEUA; GBEWONYO; OBENG-OFORI, 2008; KUMAR et al., 2012; MOREY; KHANDAGLE, 2012; SINTHUSIRI; SOONWERA, 2013; CHANTAWEE; SOONWERA, 2018). O gênero *Cinnamomum* (Lauraceae) abrange mais de 250 espécies de plantas, cujos constituintes apresentam grande potencial de uso por apresentarem atividades antibacteriana, antifúngica e inseticida (FIRMINO et al., 2018; GUCWA et al., 2018; DAI et al., 2020; YANG; ISMAN; TAK, 2020), sendo que a toxicidade de seus óleos para artrópodes pragas ocorre em função de diferentes modos de ação (ISMAN, 2020). Dentro do gênero *Cinnamomum* os óleos mais comercializados são *Cinnamomum verum* J. Presl, *Cinnamomum cassia* J. Presl, *Cinnamomum camphora* J. Presl e *Cinnamomum zeylanicum* Blume (NOLLET; RATHORE, 2017).

Em decorrência dos prejuízos econômicos de *M. domestica* tanto nas áreas rurais quanto urbanas, são necessários estudos para avaliação de novas medidas de controle que sejam mais econômicas e que contribuam para uma produção mais limpa como, por exemplo, orgânica, já que consumidores cada vez mais buscam por alimentos mais sustentáveis e aceitam pagar mais. Nesse contexto, o uso de OEs é de grande valia e estão sendo estudados, no intuito de substituir inseticidas químicos que apresentam riscos para o ambiente e para o próprio homem.

3 METODOLOGIA

3.1 Óleos essenciais

Os OEs de *C. camphora* var. *linalooliferum* e *C. cassia* foram extraídos por hidrodestilação a vapor. O óleo de *C. camphora* var. *linalooliferum* Lote 122 foi extraído da casca, enquanto o de *C. cassia* Lote 225 foi obtido da casca, folhas e caule, segundo informações da empresa Ferquima Indústria e Comércio Ltda, de Vargem Grande Paulista, São Paulo.

3.2 Caracterização química dos óleos essenciais

A metodologia descrita foi usada segundo Bordin et al. (2021), os OEs utilizados nos experimentos foram caracterizados quanto à composição química por Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas (GC-MS). As análises qualitativas foram realizadas em um Cromatógrafo a Gás Shimadzu GCMS-QP2010 Plus em uma coluna capilar não polar RTx5MS (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm). As condições utilizadas foram modo split a uma taxa de injeção de 1/20, temperatura de 250°C para o injetor e fonte de íons, e 280°C para a interface. A temperatura inicial foi programada para 60°C nos primeiros 5 minutos, aumentando a uma taxa de 3°C/min até a temperatura final de 240°C, e finalmente com uma isotérmica de 5 minutos. Os componentes foram identificados com base em comparações com o índice de retenção relativo, usando dados de uma série de n-alcenos (C8-C19), espectro de massa do banco de dados do equipamento, seguido de comparação com índices de retenção de dados publicados (ADAMS, 2007).

Para as análises quantitativas, o Cromatógrafo a Gás Shimadzu 2010 com Detector de Ionização de Chama (GC-FID) foi usado em uma coluna OV-5 (30 m x 0,25 mm x 0,25 µm), sendo que hélio foi usado como gás de arraste a uma temperatura constante, a vazão foi de 1 ml/min, a taxa de injeção de 1/20, o volume de injeção foi de 1 µL do óleo diluído em éter etílico, o detector de temperatura foi de 280°C e injetor a 250°C. A temperatura inicial da coluna foi de 60°C por 5 minutos, programada para aquecimento a uma taxa de 3°C/min até atingir a temperatura final de 240°C, completando com uma isotérmica por 5 minutos.

3.3 ENSAIOS BIOLÓGICOS

3.3.1 Obtenção dos insetos

A população usada nesta pesquisa recebeu o nome UFLA visto que foi coletada em substrato de matéria orgânica no campus da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG (latitude: 21°13'24.0"S, longitude: 44°58'14.2"W).

3.3.2 Criação de *M. domestica*

Aproximadamente 280 larvas de moscas foram coletadas para dar início à criação de *M. domestica*. A identificação da espécie foi realizada quando os insetos atingiram o estágio adulto, sendo utilizada a chave de identificação proposta por GRELLA (2011) e CARVALHO & MELLO-PATIU (2008). Após serem identificadas como *M. domestica*, foram e mantidas no Laboratório de Entomologia Molecular e Ecotoxicologia do Departamento de Entomologia da

Universidade Federal de Lavras (DEN-UFLA). A criação das moscas foi realizada em gaiolas de acrílico (30 x 30 x 60 cm), seguindo metodologia de BRITO et al., (2008), sendo mantidas sob temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, fotofase de 12h e umidade relativa de $70 \pm 10\%$.

O substrato para oviposição foi preparado com 80g de farelo de trigo e 70 ml de água, utilizando-se recipiente de plástico transparente de 500 ml. O recipiente com substrato de oviposição foi colocado no interior da gaiola de acrílico e mantido por 48h. Após esse período, o recipiente foi retirado e em cima do substrato de oviposição foi colocado o substrato de alimentação para as futuras larvas. O alimento das larvas consistia em mistura homogênea de farelo de trigo 80g e 20g de ração de cachorro, umedecida até obter mistura pastosa. Em aproximadamente cinco dias, as larvas atingiram o estágio de pupa, sendo contadas e transferidas para um novo recipiente de plástico branco de 50 ml colocado no interior da gaiola de acrílico até a emergência dos adultos, dando início a um novo ciclo de desenvolvimento. As moscas adultas foram mantidas nas gaiolas, sendo alimentadas com leite em pó integral e açúcar na proporção de 1:1 e um chumaço de algodão embebido em água.

3.3.3 Seleção de OEs tóxicos para adultos de *M. domestica*

Este bioensaio seguiu o protocolo IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) nº 026, (IRAC, 2011). Os OEs *Cinnamomum cassia* e *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum* lote foram diluídos em 100 ml de água destilada + 20 g de açúcar + 250 μL de dimetilsulfóxido (DMSO), no tratamento controle foi usado apenas com DMSO + água com açúcar. As concentrações de OEs usadas foram: 0,01; 0,1; 1; 10 $\mu\text{l/ml}$. Foram utilizados 4 recipientes de vidro (200 ml) que consistia em uma repetição, onde em cada um foi introduzido um rolete de algodão com 2 cm de comprimento tratado com 2 ml da solução preparada (Figura 1). Em cada recipiente de vidro foram introduzidas 15 moscas com até 48 h de idade. Após as moscas serem introduzidas nos recipientes de vidro, esses foram fechados com pedaço de espuma para evitar a fuga dos insetos. O experimento contou com quatro repetições e quinze insetos por repetição, totalizando 60 moscas por tratamento. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. As avaliações de mortalidade das moscas foram feitas 48 h após a aplicação dos OEs. Os insetos que não apresentavam movimentos foram considerados mortos.

Figura 1- Solução de OE usada nos bioensaio com adultos de *Musca domestica*.



Fonte: Da autora (2022).

3.3.4 Concentração-resposta para adultos de *M. domestica*

Para determinar atividade inseticida dos OEs de *C. cassia* e *C. camphora* var. *linalooliferum* para *M. domestica* foi realizado ensaio de exposição dos adultos seguindo o protocolo IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) n° 026, (IRAC, 2011). Os OEs foram diluídos em 100 ml de água destilada + 10 g de açúcar + 250 µl de DMSO e um tratamento controle constituído de 100 ml água destilada + 10 g de açúcar + 250 µl de DMSO. Foram utilizadas 4 repetições para cada tratamento, sendo cada uma formada por 15 insetos com até 48h de idade. Foram usados 4 recipientes de vidro (200 ml), onde em cada um foi introduzido um rolo dental de algodão com 2 cm de comprimento, de formato cilíndrico tamanho número 2. Cada rolo dental foi tratado com 2 ml da solução correspondente. Após as moscas serem introduzidas nos recipientes de vidro, esses foram fechados com pedaço de espuma para evitar a fuga dos insetos. Em função dos resultados obtidos no pré-teste, sete concentrações foram utilizadas para estimar as curvas de dose-resposta para cada óleo são elas: *C. cassia* 0,02; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07; 0,12 e 0,25 µl/ml, para o óleo essencial de *C. camphora* var. *linalooliferum* 0,03; 0,07; 0,12; 0,20; 0,45; 1,2 e 1,5 µl/ml. A mortalidade foi avaliada 48 horas após a exposição das moscas. Os insetos que não apresentavam movimentos foram considerados mortos. A mortalidade foi usada para determinar a toxicidade do óleo através da análise PROBIT e a obtenção concentração resposta.

3.3.5 Bioensaio de preferência

Quarenta adultos com até 48 horas de vida foram introduzidos em três gaiolas de acrílico (30 x 30 x 60 cm), sendo que cada gaiola consistiu em uma repetição. Foi introduzido no interior de cada gaiola dois béqueres de vidro de 50 ml, um sendo com o tratamento controle e outro Becker tratado com OE. O tratamento controle foi constituído de água destilada + açúcar (20%)

+ 250 µl de DMSO + leite. Para diluição dos OEs foi utilizado solução mãe que consistiu em: OE + água destilada + açúcar (20%) + 250 µl de DMSO. Logo após, 1 ml da solução mãe foi adicionado em 9 ml de leite e foram introduzidos nas gaiolas. Os béqueres foram tampados com *voile* no qual foi introduzido um conta-gotas de plástico de 6,3 cm de comprimento que teve a extremidade superior cortada para permitir a entrada da mosca (Figura 2). O número total de moscas presas nesses frascos foi registrado após 24 horas. Para este bioensaio foi utilizado delineamento em blocos casualizados. Cada tratamento teve nove repetições, sendo que o experimento foi repetido três vezes.

Os resultados foram expressos em termos de porcentagem de atração/repelência. A preferência percentual foi calculada pela seguinte fórmula com adaptações (CAMPBELL, 1983):

$$R (\%) = [100 (C-T) / C]$$

No qual C é a somatória do número de moscas doméstica presas no frasco do controle nos três dias de avaliação, T é a somatória do número de moscas doméstica presas no frasco com óleo essencial nos três dias de avaliação.

Figura 2 - Gaiola de acrílico e béqueres usados nos bioensaios de preferência.



Fonte: Da autora (2022).

3.3.6 Bioensaio com larvas *M. domestica*

3.3.6.1 Curva de dose-resposta com larvas *M. domestica*

Dados de dose-mortalidade foram submetidos à análise probit no software SAS. Os OEs foram diluídos em 100 ml de água destilada + 10 g de açúcar + 250 µl de DMSO e um tratamento controle constituído de 100 ml água destilada + 10 g de açúcar + 250 µl de DMSO. Para cada óleo foram realizadas 50 repetições, sendo cada uma formada por uma larva de

terceiro instar com até 5 dias de idade. Cada larva foi tratada com 1 μ l da solução correspondente, após elas foram individualizadas em tubo de vidro (8,0 cm x 2,0 cm) contendo 1 g de dieta descrita no subitem 3.2. Sete concentrações foram utilizadas para estimar as curvas de dose-resposta para as larvas de cada óleo. São elas: *Cinnamomum cassia* 0,00001; 0,00005; 0,00008; 0,0002; 0,0003; 0,0005 e 0,001 μ l/inseto, para o óleo essencial de *C. camphora* var. *linalooliferum* 0,00007; 0,00009; 0,00025; 0,0004; 0,0005; 0,0001 e 0,0015 μ l/inseto. A mortalidade foi avaliada 48 h após a exposição das larvas. Foram considerados mortos os insetos que não apresentavam movimentos ao toque de um pincel de cerdas macias.

3.3.6.2 Toxicidade dos OEs sobre larvas de *M. domestica*

Esse ensaio foi realizado seguindo a metodologia de MELO (2014). Para cada bioensaio larvicida foram usadas 50 larvas de terceiro instar com até 5 dias de idade por tratamento, as quais foram tratadas topicamente com microseringa modelo Hamilton[®]. Foram utilizadas três concentrações de cada óleo DL₂₅, DL₅₀, DL₉₀ determinadas por meio de ensaios prévios através de curva de dose-resposta dos adultos. Os OEs foram diluídos em 100 ml de água destilada + 10 g de açúcar + 250 μ l de DMSO e um tratamento controle constituído de 100 ml água destilada + 10 g de açúcar + 250 μ l de DMSO. Para o óleo *C. cassia* as concentrações correspondentes as DL₂₅, DL₅₀ e DL₉₀ foram: 0,003; 0,0536 e 0,01575 μ l/larva, respectivamente e *C. camphora* var. *linalooliferum* 0,01505; 0,03106 e 0,1230 μ l/larva. Foi aplicado no dorso de cada larva de terceiro instar 1 μ l da solução correspondente à cada tratamento por meio de microseringa de Hamilton. Em seguida, as larvas foram individualizadas em tubo de vidro (8,0 cm x 2,0 cm) contendo 1 g de dieta descrita no subitem 3.2. O delineamento foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinquenta repetições, sendo cada uma formada uma larva de terceiro instar.

Quando emergidos, formaram-se vinte casais de adultos com diferença de idade de até 24h que foram colocados em recipientes de plástico transparente de um litro que continha um recipiente com água e substrato de alimentação conforme descrito no subitem 3.2. Foi avaliado o número de ovos colocados e a longevidade dos insetos. Para avaliar o número total de ovos colocados foi introduzido diariamente nos potes de plástico transparente de cada casal uma tampa de plástico com diâmetro de aproximadamente 28 mm e 20 mm de altura contendo substrato de oviposição descrito no subitem 3.2. Foram coletados ovos diariamente de cada repetição para avaliação de sua viabilidade. Os ovos colocados foram contados diariamente com auxílio de Estereomicroscópio Nikon[®]

3.3.7 Bioensaio com pupas *M. domestica*

3.3.7.1 Curva dose-resposta com pupas *M. domestica*

Dados de dose-mortalidade foram submetidos à análise probit no software SAS. Os OEs foram diluídos em 100 ml de água destilada + 10 g de açúcar + 250 µl de DMSO e um tratamento controle constituído de 100 ml água destilada + 10 g de açúcar + 250 µl de DMSO. Foram utilizadas 5 repetições para cada óleo, sendo cada uma formada por dez pupas, as quais foram tratadas topicamente com microseringa modelo Hamilton[®]. Cada pupa foi tratada com 1 µl da solução correspondente após, foram individualizadas em placas de Petri de vidro de 2 cm de altura x 10 cm de diâmetro forrada com papel filtro de 8 cm de diâmetro. Sete concentrações foram utilizadas para estimar as curvas de dose-resposta para cada óleo são elas: *Cinnamomum cassia* 0,00026; 0,00050; 0,00080; 0,0010; 0,0015, 0,0020 e 0,0025 µl/pupa, e oito concentrações para o óleo essencial de *C. camphora* var. *linalooliferum* 0,0002; 0,0004; 0,0008; 0,0010; 0,0020; 0,0030; 0,0050 e 0,010 µl/pupa. A mortalidade foi avaliada diariamente por sete dias consecutivos após a exposição das pupas, foi considerado como morta as pupas que murcharam e as que não emergiram após 7 dias da aplicação tópica.

3.3.7.2 Toxicidade dos OEs sobre pupas de *M. domestica*

Esse ensaio foi realizado seguindo a metodologia de MELO (2014). Pupas de *M. domestica* foram tratadas topicamente com microseringa modelo Hamilton[®]. Os tratamentos consistiram de três concentrações de cada óleo (DL₂₅, DL₅₀ e DL₉₀) diluídas em DMSO (250 µl) + água + açúcar (20%), as quais foram encontradas em curvas de dose-resposta dos adultos obtidas em testes prévios. Para o óleo *C. cassia* as diluições correspondentes as DL₂₅, DL₅₀ e DL₉₀ foram: 0,003; 0,0536 e 0,01575 µl/pupa respectivamente e *C. camphora* var. *linalooliferum* 0,01505; 0,03106 e 0,1230 µl/pupa. No dorso de cada pupa foi aplicado 1 µl da concentração correspondente a cada tratamento. O delineamento foi inteiramente casualizado, sendo usadas 50 pupas por tratamento, sendo cada repetição formada de 10 pupas que foram mantidas em recipientes plásticos de 500 ml transparentes e cobertos com *voile* para avaliação do número de adultos emergidos e duração do período pupal.

Logo após a emergência, vinte casais de adultos com diferença de até 24h de idade por tratamento foram individualizados em recipientes de plásticos de 1l transparentes que continham um recipiente com água e outro com substrato de alimentação, conforme descrito no subitem 3.2. Os adultos foram avaliados diariamente para determinação do tempo de

sobrevivência de cada mosca. Para avaliar o número total de ovos colocados foi introduzido diariamente nos potes de plástico transparente de cada casal uma tampa de plástico com diâmetro de aproximadamente 28 mm e 20 mm de altura contendo substrato de oviposição descrito no subitem 3.2. Foram coletados ovos diariamente de cada repetição para avaliação de sua viabilidade. Os ovos colocados foram contados diariamente com auxílio de Estereomicroscópio Nikon®.

3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

3.4.1 Análises com óleo de *C. cassia*

Os tratamentos (Controle, DL₂₅, DL₅₀, DL₉₀) foram considerados como variáveis independentes em todos os modelos. Para testar a sobrevivência das pupas (dias) foi utilizado modelos de sobrevivência, utilizando Kaplan-Maier. Para estudar o tempo de oviposição (dias), total de oviposição, período pupal (dias) e pupas deformadas (%) foram utilizados modelos não paramétricos Kruskal-Wallis. Para viabilidade de ovos das pupas e larvas foi usado modelos inflacionados por zero com distribuição ‘Poisson’, por contar alta quantidade de valores 0. A mortalidade das pupas (%) e razão sexual também foram modeladas com GLMs, mas com distribuição de erros ‘Quasibinomial’ e ‘Gamma’, respectivamente. Para testar a longevidade das larvas (dias) foi usado modelos de sobrevivência, utilizando Kaplan-Maier. Para estudar o tempo de oviposição (dias), total de oviposição foram utilizados modelos não paramétricos Kruskal-Wallis. Todas as análises foram realizadas e gráficas geradas com R 3.4.1 (R Core Team, 2022).

3.4.2 Análises com óleo de *C. camphora* var. *linalooliferum*

Os tratamentos (Controle, DL₂₅, DL₅₀, DL₉₀) foram considerados como variáveis independentes em todos os modelos. Para testar a sobrevivência dos adultos oriundos de pupas tratadas (dias) foi utilizado modelos de sobrevivência, utilizando Kaplan-Meier. A sobrevivência dos adultos (dias), a razão sexual e mortalidade das pupas (%) foram modeladas com GLM, com distribuição ‘Quasipoisson’, ‘Gamma’ e ‘Quasibinomial, respectivamente. Para estudar a viabilidade de ovos nos diferentes tratamentos foi utilizado modelos inflacionados por zero, com distribuição de erros ‘Poisson’. Para testar a sobrevivência das larvas (dias) foi utilizado modelos de sobrevivência, utilizando Kaplan-Meier. O período de

pré-oviposição (dias) foram modelados por modelos não paramétricos Kruskal-Wallis. Todas as análises foram realizadas e gráficas geradas com R 3.4.1 (R Core Team, 2022).

3.4.3 Teste de preferência dos óleos essenciais para adultos de *M. domestica*

Para testar a preferência dos adultos de mosca doméstica (%) foi utilizado GLMs, com distribuição de erros ‘Quasibinomial’, para as duas espécies estudadas. A qualidade dos GLMMs foi avaliada graficamente verificando a normalidade da distribuição dos resíduos do modelo com um plote q-q. Um teste Tukey pós-hoc foi utilizado para comparação entre todas as variáveis, no caso dos testes não paramétricos as médias foram comparadas por comparações de pares Wilcoxon.

Todas as análises foram realizadas e gráficas geradas com R 3.4.1 (R Core Team 2022). Utilizamos o pacote pscl (ZEILEIS; KLEIBER; JACKMAN, 2008) para os modelos inflacionados, o pacote multcomp (HOTHORN; BRETZ; WESTFALL, 2008) para a análise de comparação múltipla.

4 RESULTADOS

4.1 Caracterização química dos óleos essenciais

A metodologia descrita foi usada segundo (BORDIN et al., 2021), dez e cinco componentes foram identificados nos OEs de *C. cassia* e *C. camphora* var. *linalooliferum*. O componente majoritário identificado no óleo de *C. cassia* foi o cinamaldeído e no óleo de *C. camphora* var. *linalooliferum* foi linalol (Tabela 1).

Tabela 1- Composição relativa (%) dos componentes identificados na análise por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas dos óleos essenciais de *Cinnamomum cassia* e *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum*.

ÓLEO ESSENCIAL	COMPOSTO	RI ^A	RI ^B	COMPOSIÇÃO (%) [*]
<i>Cinnamomum cassia</i>	Benzaldeído	959	960	0,75
	Fenil etil álcool	1114	1108	0,33
	Borneol	1166	1169	0,13
	Cinamaldeído <Z>	1220	1219	0,30
	Anisaldeído <o->	1244	1242	0,38
	Cinamaldeído <E>	1282	1270	84,21
	α-Copaeno	1375	1376	0,38
	Cumarina	1439	1434	1,31
	Acetato de canela <E>	1449	1446	2,82
	Cinamaldeído <(E)>-p-metoxi	1537	1564	7,98
<i>C. camphora</i> var. <i>linalooliferum</i>	Eucaliptol	1031	1026	0,18
	Óxido cis-Linalol	1073	1072	0,28
	Óxido trans-Linalol	1089	1084	0,37
	Linalol	1108	1096	98,75
	Canfora	1145	1146	0,17

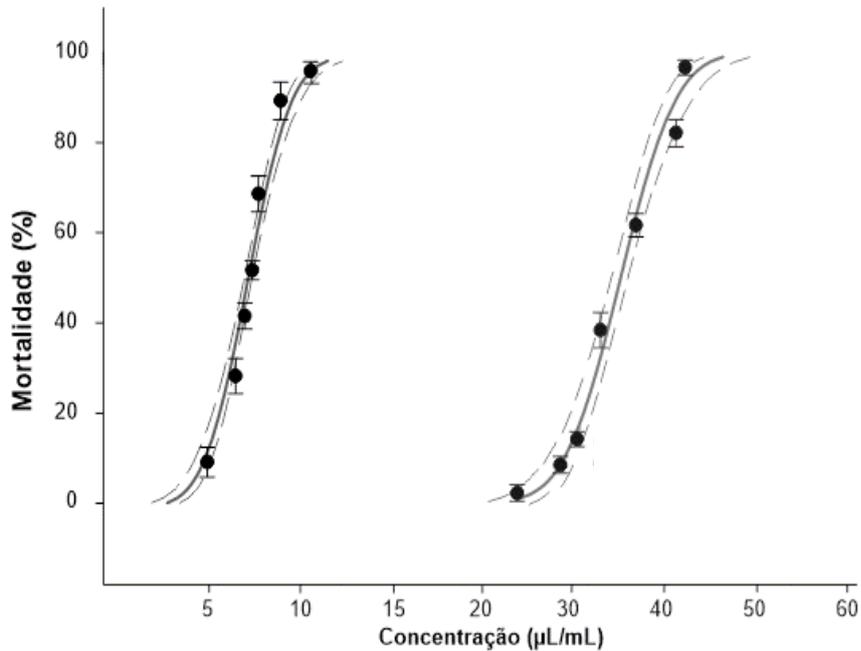
RI^a: Valores do índice de retenção relativo calculados usando a coluna RTX-5 (GC-MS) e a série de n-alcenos C8-C19. RI^b: índices de retenção relativos publicados com uma coluna DB-5. *Médias de composições relativas calculadas usando a coluna OV-5 (GC-FID) e a série C8-C19 n-alceno.

Fonte: Bordin et al., (2021)

4.2 Bioatividade dos óleos essenciais para adultos de *M. domestica*

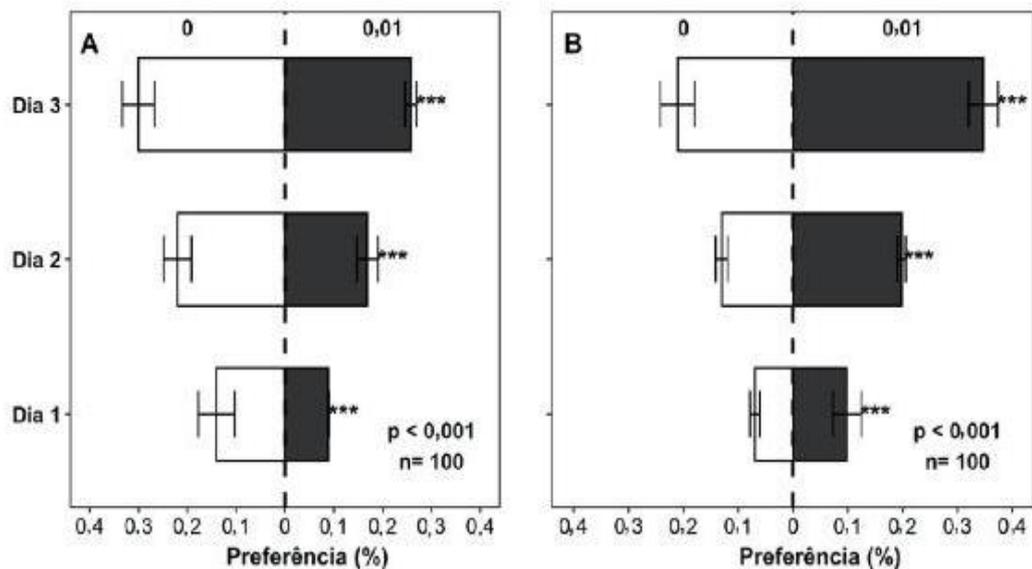
Após 48 horas de avaliação, os resultados com adultos de *M. domestica* demonstraram que os óleos essenciais foram tóxicos, e apresentaram CL₅₀ de 5,36 µl/ml para *C. cassia* e CL₅₀ de 31,06 µl/ml para *C. camphora* var. *linalooliferum* (Figura 3). Em ensaio de preferência dos óleos avaliados, foram encontrados maior número de adultos de *M. domestica* aprisionados no frasco que continha o OE de *C. camphora* var. *linalooliferum* ($\chi^2_{1,12}=0,188$, $p<0,001$). Entretanto, no frasco que continha o OE de *C. cassia* foi aprisionado menor número de adultos em comparação ao controle ($\chi^2_{1,12}= 0,067$; $p<0,05$) (Figura 4).

Figura 3 - Curvas de concentração-resposta dos OEs de *Cinnamomun cassia* e *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum* para adultos de *Musca domestica*.



Fonte: Da autora (2022).

Figura 4 - Preferência acumulada (%) do óleo essencial de *Cinnamomun cassia* (A) e de *Cinnamomun camphora* var. *linalooliferum* (B) para adultos de *Musca domestica* comparada com controle (0).

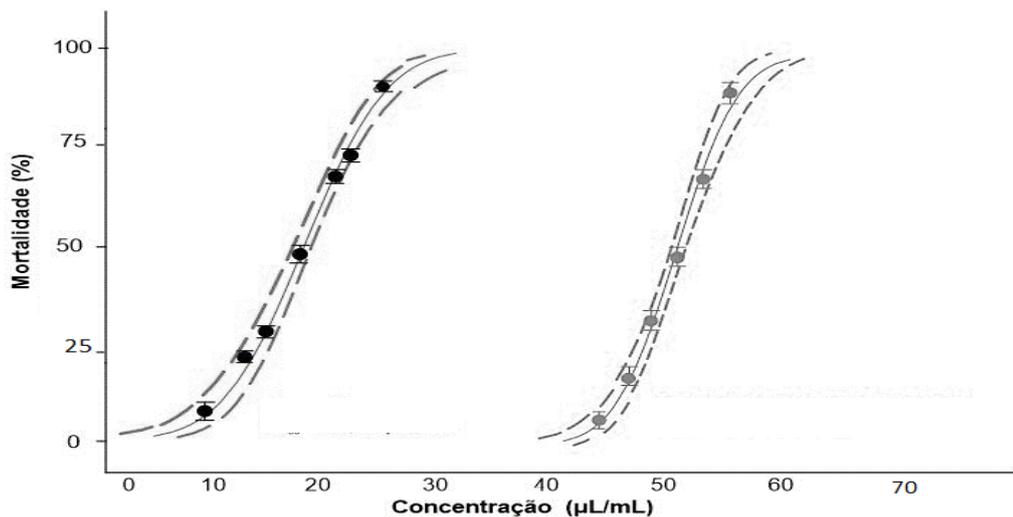


Fonte: Da autora (2022).

4.3 Efeitos dos óleos essenciais sobre larvas de *M. domestica*

A mortalidade de larvas de terceiro instar de *M. domestica* foi avaliada por meio de bioensaio de toxicidade de contato com os óleos de *C. cassia* e *C. camphora* var. *linalooliferum*. As avaliações da mortalidade ocorreram por 5 dias consecutivos. A mortalidade foi crescente com o aumento das doses, sendo que a dose letal 50 (DL₅₀) capaz de matar 50% dos insetos foi de 17,84 µl/ml para o óleo *C. cassia* e 53,05 µl/ml para *C. camphora* var. *linalooliferum*. O óleo de *C. cassia* foi o mais bioativo e apresentou dose letal 50 menor em comparação à de *C. camphora* var. *linalooliferum*. Entretanto, ambos os óleos mostraram toxicidade para larvas de *M. domestica* (Figura 5).

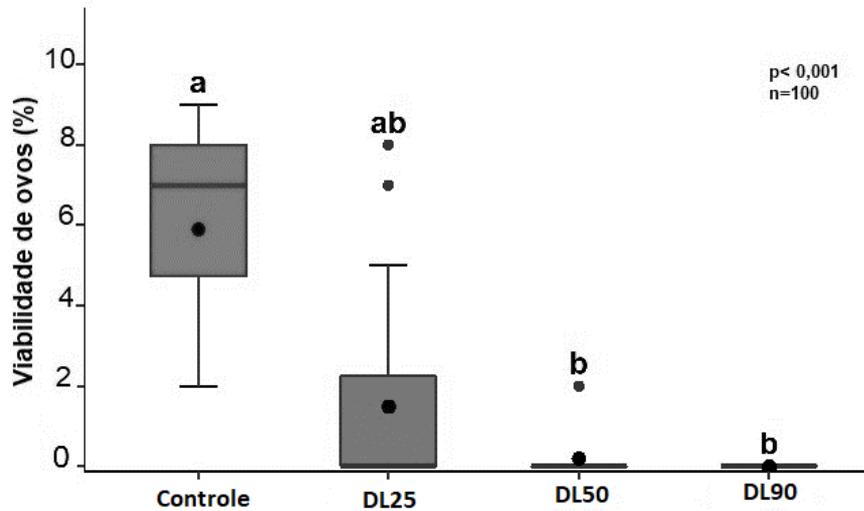
Figura 5 - Curvas de dose-resposta dos OEs de *Cinnamomun cassia* e *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum* para larvas de terceiro instar de *Musca domestica*.



Fonte: Da autora (2022).

Ovos de adultos oriundos de larvas de terceiro instar tratadas com óleo essencial de *C. cassia*, foram avaliados quanto à viabilidade. Os tratamentos DL₅₀ e DL₉₀ reduziram a quantidade de ovos viáveis para 0,2% e, 0,0% ($\chi^2_{3,8}=4,4903$; $p>0,05$). A porcentagem de viabilidade de ovos do tratamento controle foi 5,9%, Figura 6.

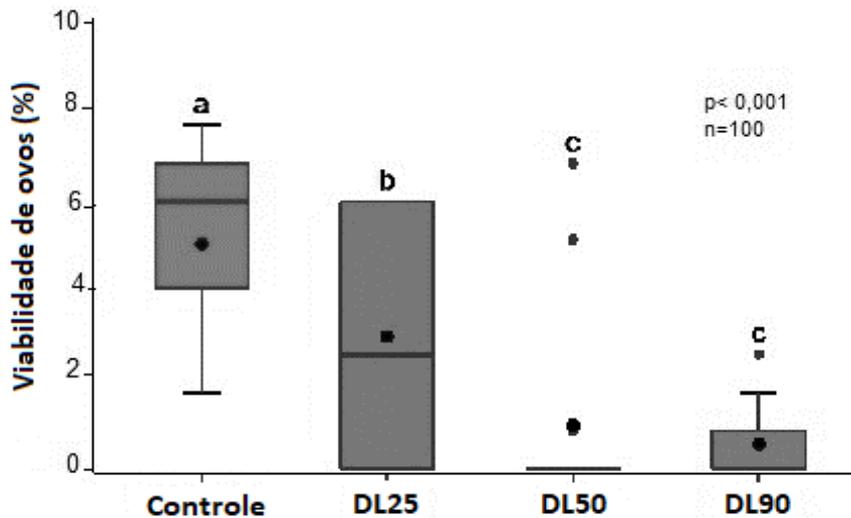
Figura 6 - Viabilidade de ovos de adultos de *Musca domestica* tratados na fase larval com até 5 dias de idade tratadas com OE *Cinnamomun cassia*.



Fonte: Da autora (2022).

Com relação à viabilidade de ovos de adultos provenientes de larvas de terceiro instar tratadas com óleo *C. camphora* var. *linalooliferum*, houve diferença entre os tratamentos ($\chi^2_{3,9}=12,433$; $p<0,001$). O menor número de ovos viáveis foi verificado nos tratamentos com DL₅₀ e DL₉₀ 0% (Figura 7).

Figura 7 - Viabilidade de ovos de adultos de *Musca domestica* tratados na fase larval com até 5 dias de idade tratadas com OE de *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum*.



Fonte: Da autora (2022).

Quanto ao período de pré-oviposição de fêmeas de *M. domestica* provenientes de larvas de terceiro instar tratadas com óleo essencial de *C. cassia*, os tratamentos DL₂₅, DL₅₀ e DL₉₀

causaram redução dessa característica biológica. Os tratamentos DL₂₅, DL₅₀ e DL₉₀ diminuiram o total de ovos e mostraram-se inócuos quanto à duração do período larval e razão sexual (Tabela 2).

Tabela 2 - Efeitos de OEs de plantas do gênero *Cinnamomun cassia* aplicados sobre larvas de terceiro instar de *Musca domestica* por tratamento e fases subsequentes de desenvolvimento.

TRATAMENTO	DURAÇÃO PERÍODO LARVAL	PERÍODO PRÉ-OVIPOSIÇÃO (DIAS)	TOTAL OVIPOSIÇÃO	RAZÃO SEXUAL
Controle	4,84 ±0,60 ^{ns}	10,7±0,19a	128±4,61a	0,44±0,70 ^{ns}
DL ₂₅	4,74±0,11	2,75±0,97b	20,5±7,52b	0,56±0,12
DL ₅₀	4,56±0,14	0,90±0,62b	6,85±4,90b	0,71±0,18
DL ₉₀	4,80±0,76	1,40±0,77b	8,65±4,76b	0,44±0,17

As linhas nas mesmas colunas com mesmas letras indicam valores semelhantes no nível de significância de 5% (teste pós-hoc de Tukey ou por comparações de pares Wilcoxon). NS indica que o valor médio para o parâmetro não foi significativo a 5% (teste pós-hoc de Tukey ou por comparações de pares Wilcoxon).

Fonte: Da autora (2022).

Todas as doses letais avaliadas para larvas de terceiro instar (DL₂₅, DL₅₀ e DL₉₀) do óleo *C. camphora* var. *linalooliferum* reduziram o período de pré-oviposição ($\chi^2=16,905$; $p<0,001$), o número total de ovos colocados ($\chi^2_{3,28}=371,39$; $p<0,001$) e o período larval ($\chi^2_{12,129}$; $p<0,001$). O menor período de pré- oviposição foi verificado com a DL₂₅ (7,86 dias) e o menor número total de ovos colocados foi observado com a DL₉₀ (57,7) (Tabela 3).

Tabela 3 - Efeitos de OEs de plantas do gênero *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum* na reprodução e na razão sexual por tratamento de *Musca domestica* provenientes de larvas de terceiro instar tratadas.

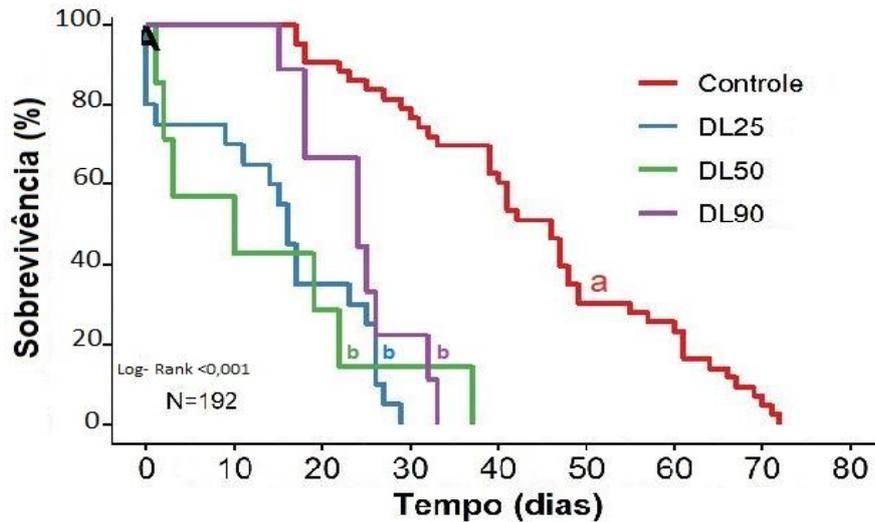
TRATAMENTO	DURAÇÃO PERÍODO LARVAL	PERÍODO PRÉ-OVIPOSIÇÃO (DIAS)	TOTAL OVIPOSIÇÃO	RAZÃO SEXUAL
Controle	5,70±0,13a	10,70±0,19a	128,0±4,61a	0,52±0,08 ^{ns}
DL ₂₅	4,20±0,22b	7,86±1,34b	58,6±11,8b	0,48±0,08
DL ₅₀	3,90±0,27b	9,00±0,00b	68,5±18,5b	0,50±0,09
DL ₉₀	4,77±0,14ab	9,33±0,33b	57,7±4,63b	0,55±0,07

As linhas nas mesmas colunas com mesmas letras indicam valores semelhantes no nível de significância de 5% (teste pós-hoc de Tukey ou por comparações de pares Wilcoxon). Ns indica que o valor médio para o parâmetro não foi significativo a 5% (teste pós-hoc de Tukey ou por comparações de pares Wilcoxon).

Fonte: Da autora (2022).

A exposição de larvas de terceiro instar de *M. domestica* ao óleo essencial *C. cassia* (DL₂₅, DL₅₀ e DL₉₀) reduziu a sobrevivência dos adultos formados (Figura 8), sendo que o tratamento DL₂₅ apresentou a menor média de longevidade.

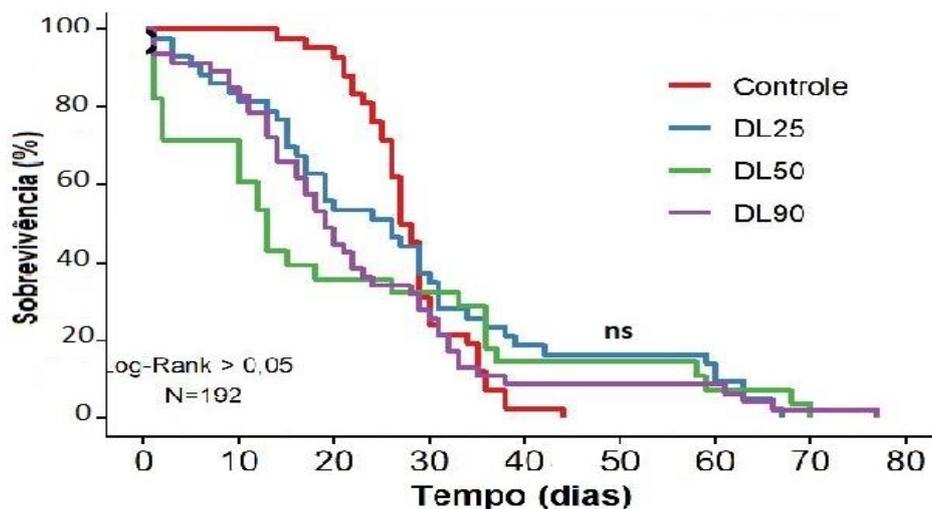
Figura 8 - Sobrevivência de adultos provenientes de larvas de *Musca domestica* de terceiro instar tratadas com OE de *Cinnamomun cassia*.



Fonte: Da autora (2022).

O essencial de *C. camphora* var. *linalooliferum* não causou efeito negativo para a sobrevivência de adultos oriundos de larvas de *M. domestica* tratadas (Figura 9).

Figura 9 - Sobrevivência de adultos provenientes de larvas de *Musca domestica* tratadas com OE de *Cinnamomun camphora* var. *linalooliferum*.



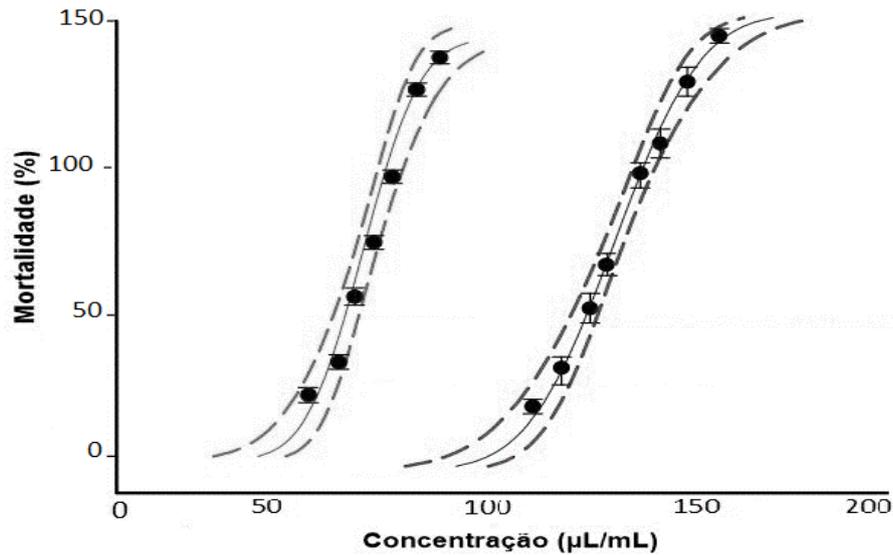
Onde ns indica que a média para o parâmetro não foi significativo a 5% (teste pós-hoc de Tukey ou por comparações de pares Wilcoxon).

Fonte: Da autora (2022).

4.4 Efeitos dos óleos essenciais sobre pupas de *M. domestica*

As pupas foram mais suscetíveis ao óleo essencial de *Cinnamomum cassia* quando comparado ao óleo *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum*. A dose letal mediana DL₅₀ para o óleo *Cinnamomum cassia* foi 90 µl/ml enquanto que para o óleo de *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum* foi de 118 µl/ml (Figura 10).

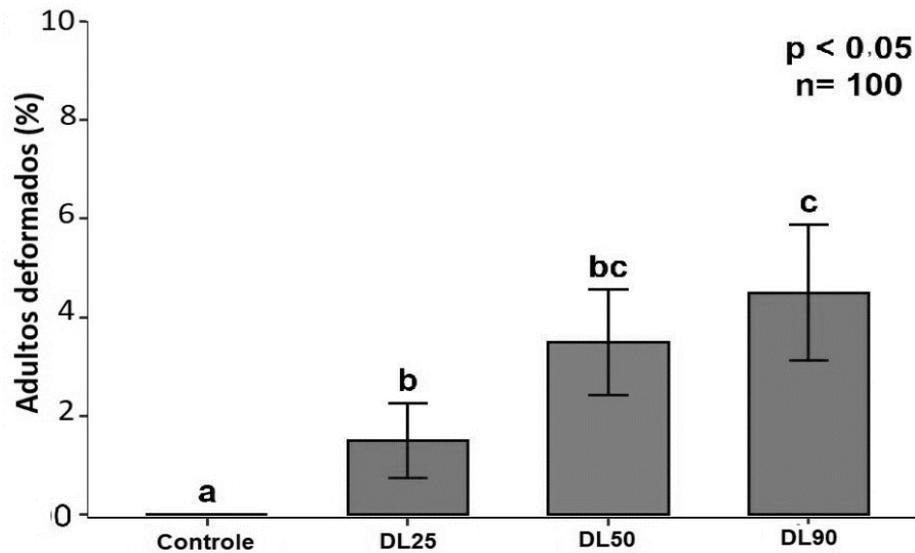
Figura 10 - Curvas de dose-resposta dos OEs de *Cinnamomum cassia* e *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum* para pupas de *Musca domestica*.



Fonte: Da autora (2022).

A exposição de pupas ao óleo essencial de *Cinnamomum cassia* resultou em porcentagem significativa de adultos deformados nos tratamentos DL₂₅, DL₅₀ e DL₉₀ ($\chi^2=10,745$; $p<0,05$). A maior porcentagem de adultos deformados foi obtida no tratamento DL₉₀ com 9% (Figura 11).

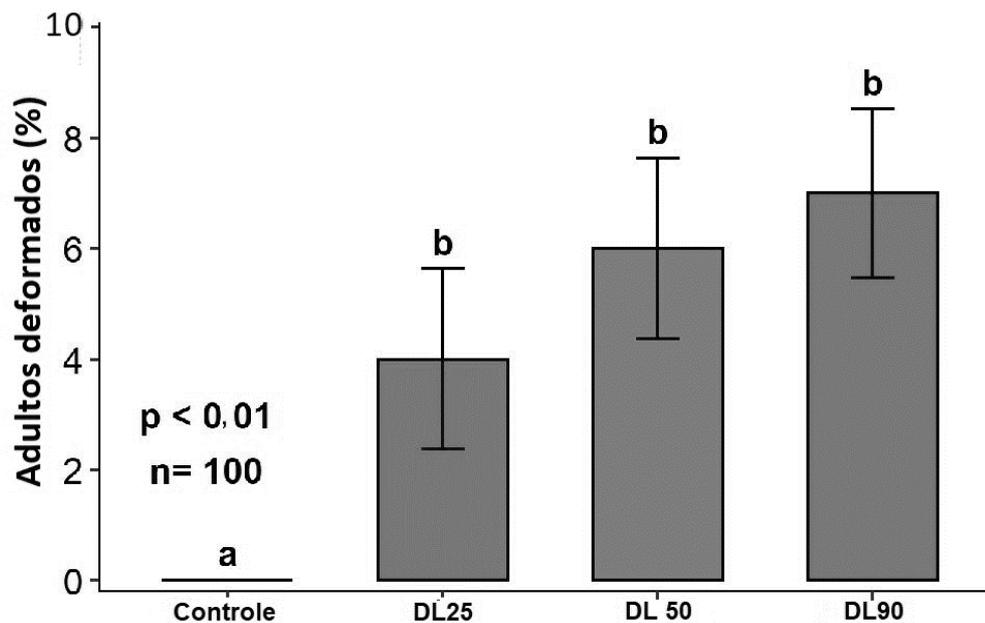
Figura 11 - Número de adultos deformados (%) provenientes de pupas de *Musca domestica* tratadas com óleo essencial de *Cinnamomum cassia*.



Fonte: Da autora (2022).

A exposição de pupas ao óleo essencial *C. camphora* var. *linalooliferum* provocou significativa porcentagem de adultos deformados nos tratamentos DL₂₅ (4%), DL₅₀ (6%) e DL₉₀ (7%) ($\chi^2=10,745$; $p<0,05$) (Figura 12).

Figura 12 - Número de adultos de *Musca domestica* deformados (%) provenientes de pupas tratadas com óleo essencial de *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum*.



Fonte: Da autora (2022).

Figura 13 - Adultos de *Musca domestica* deformados provenientes de pupas tratadas com óleo essencial de *Cinnamomum cassia* (A) *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum* (B).



Fonte: Da autora (2022).

O período de pré-oviposição de adultos provenientes de pupas tratadas com DL₂₅, DL₅₀ e DL₉₀ do óleo essencial *C. cassia* reduzido ($\chi^2=9,239$; $p<0,05$). Os tratamentos DL₅₀ e DL₉₀ diminuíram o tempo da primeira oviposição das moscas. Houve diferença significativa entre os tratamentos para o período pupal ($\chi^2=9,1324$; $p>0,05$), sendo que DL₅₀ foi o tratamento que apresentou a maior média, com média de 7,94 dias. Os tratamentos não afetaram o total de oviposição ($\chi^2=6,326$; $p>0,05$) e nem razão sexual ($\chi^2_{3,36}=1,384$; $p>0,05$) de adultos oriundos de pupas tratadas com óleo de *C. cassia* (Tabela 4).

Tabela 4 - Efeito do óleo essencial de *Cinnamomun cassia* na duração da fase pupal, na reprodução e na razão sexual por tratamento de insetos oriundos de pupas de *Musca domestica* tratadas.

TRATAMENTO	DURAÇÃO ESTÁGIO PUPA	PERÍODO PRÉ-OVIPOSIÇÃO (DIAS)	TOTAL OVIPOSIÇÃO	RAZÃO SEXUAL
Controle	7,30±0,09a	10,2±0,19a	80,8±9,87a	0,84±0,06 ^{ns}
DL ₂₅	7,00±0,14ab	8,86±0,82ab	55,7±11,9b	0,69±0,11
DL ₅₀	7,94±0,17b	7,64±0,92b	54,3±10,5b	1,00±0,20
DL ₉₀	7,44±0,09a	6,04±1,01b	62,5±15,5ab	0,63±0,10

As linhas nas mesmas colunas com mesmas letras indicam valores semelhantes no nível de significância de 5% (teste pós-hoc de Tukey ou por comparações de pares Wilcoxon). Ns indica que o valor médio para o parâmetro não foi significativo a 5% (teste pós-hoc de Tukey ou por comparações de pares Wilcoxon).

Fonte: Da autora (2022).

Houve diferença quanto à duração do período pupal de pupas tratadas com *C. camphora* var. *linalooliferum*, em que a DL₅₀ foi o tratamento que apresentou a maior média ($\chi^2=13,615$; $p<0,001$). Para o período de pré-oviposição, o tratamento com a DL₉₀ causou menor tempo para primeira oviposição (5,8 dias), seguido das DL₂₅ e DL₅₀ ($\chi^2=8,519$; $p<0,05$). As DL₂₅, DL₅₀ e

DL₉₀ desse óleo não reduziram o total de oviposição ($\chi^2=4,285$; $p>0,05$) e nem a razão sexual ($\chi^2_{3,36}=0,4378$; $p>0,05$) (Tabela 5).

Tabela 5 - Efeito do óleo essencial de *Cinnamomun camphora* var. *linalooliferum* na duração da fase pupal, reprodução e razão dos insetos oriundos de pupas por tratamento de *Musca domestica* tratadas.

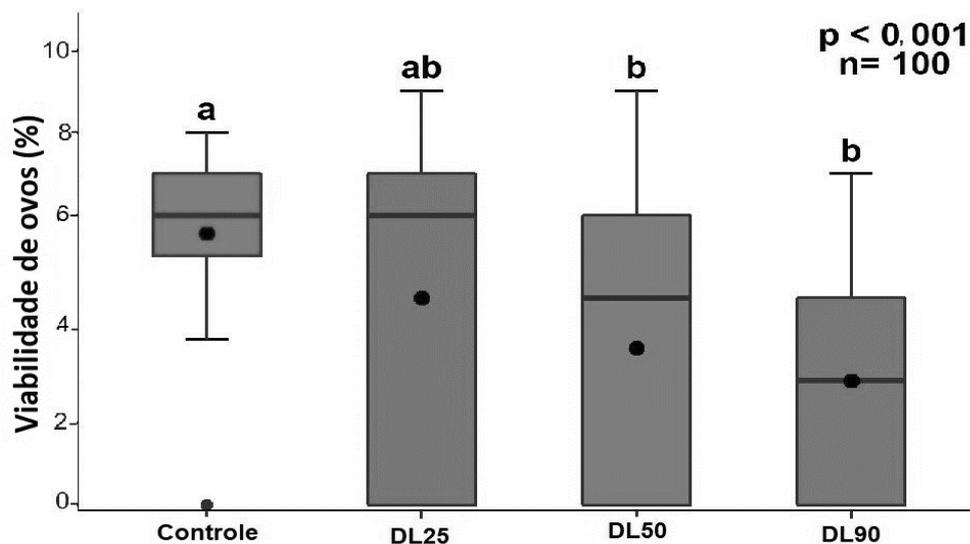
TRATAMENTO	DURAÇÃO ESTÁGIO DE PUPA (DIAS)	PERÍODO DE PRÉ-OVIPOSIÇÃO (DIAS)	TOTAL OVIPOSIÇÃO	RAZÃO SEXUAL
Controle	7,30±0,09a	10,2±0,19a	79,2±10,3ab	0,84±0,06 ^{ns}
DL ₂₅	7,70±0,13ab	6,05±1,10b	56,1±14,3b	1,69±0,28
DL ₅₀	8,00±0,15b	6,80±1,04b	58,6±15,2b	0,72±0,12
DL ₉₀	7,60±0,15ab	5,80±1,05b	95,2±23,5a	0,84±0,18

As linhas nas mesmas colunas com mesmas letras indicam valores semelhantes no nível de significância de 5% (teste pós-hoc de Tukey ou por comparações de pares Wilcoxon). Ns indica que a média para o parâmetro não foi significativo a 5% (teste pós-hoc de Tukey ou por comparações de pares Wilcoxon).

Fonte: Da autora (2022).

O óleo essencial de *C. cassia* reduziu a viabilidade dos ovos de fêmeas oriundas de pupas de *M. domestica* tratadas ($\chi^2_{3,8}=10,874$; $p<0,05$) (Figura 14).

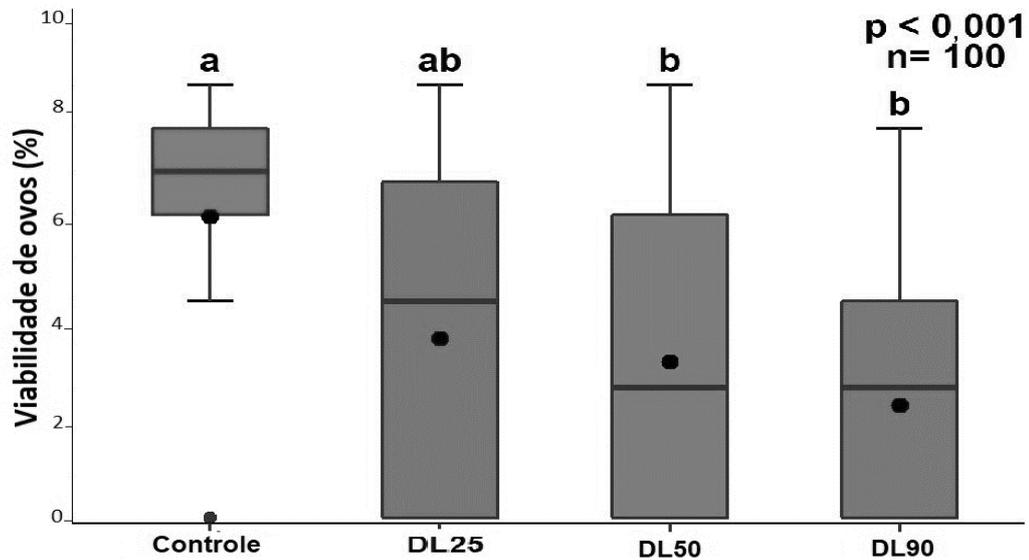
Figura 14 - Viabilidade de ovos fêmeas de *Musca domestica* provenientes de pupas tratadas com o óleo essencial de *Cinnamomun cassia*.



Fonte: Da autora (2022).

O óleo essencial de *C. camphora* var. *linalooliferum* provocou diminuição da viabilidade dos ovos de fêmeas provenientes de pupas de *M. domestica* tratadas ($\chi^2_{3,9}=12,433$; $p<0001$) (Figura 15).

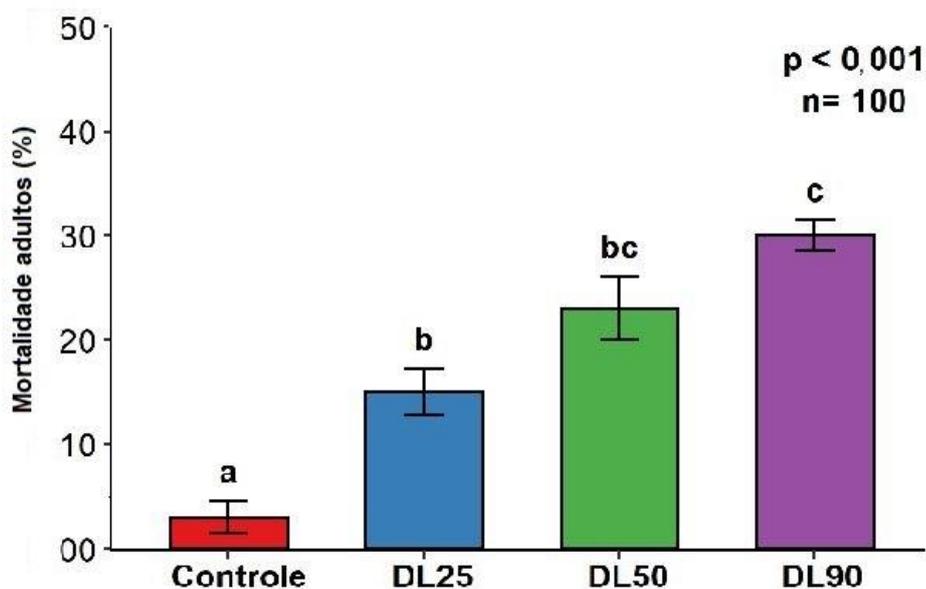
Figura 15 - Viabilidade de ovos provenientes de pupas de *Musca domestica* provenientes de pupas tratadas com o óleo essencial de *Cinnamomun camphora* var. *linalooliferum*.



Fonte: Da autora (2022).

O óleo essencial *C. cassia* nas DL₂₅, DL₅₀ e DL₉₀ causou mortalidade significativa de pupas ($\chi^2_{3,36}=3,254$; $p<0,001$), sendo que a DL₉₀ apresentou a maior média de mortalidade (Figura 16).

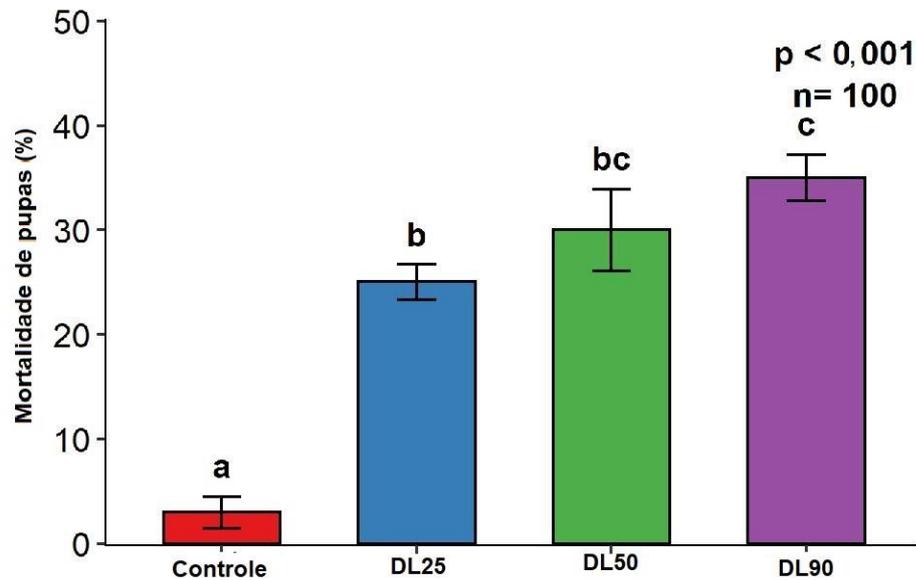
Figura 16 - Mortalidade de pupas (%) de *Musca domestica* tratadas com óleo essencial de *Cinnamomun cassia*.



Fonte: Da autora (2022).

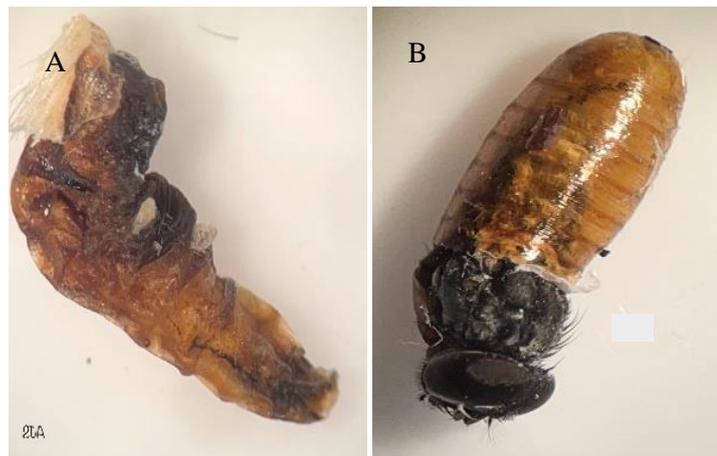
A maior mortalidade de pupas tratadas com *C. camphora* var. *linalooliferum* foi verificada no tratamento com DL₉₀, com média de 35%, seguida da DL₅₀ (30%) e DL₂₅ (25%) (Figura 17).

Figura 17 - Mortalidade de pupas (%) de *Musca domestica* tratadas com o óleo essencial de *Cinnamomun camphora* var. *linalooliferum*.



Fonte: Da autora (2022).

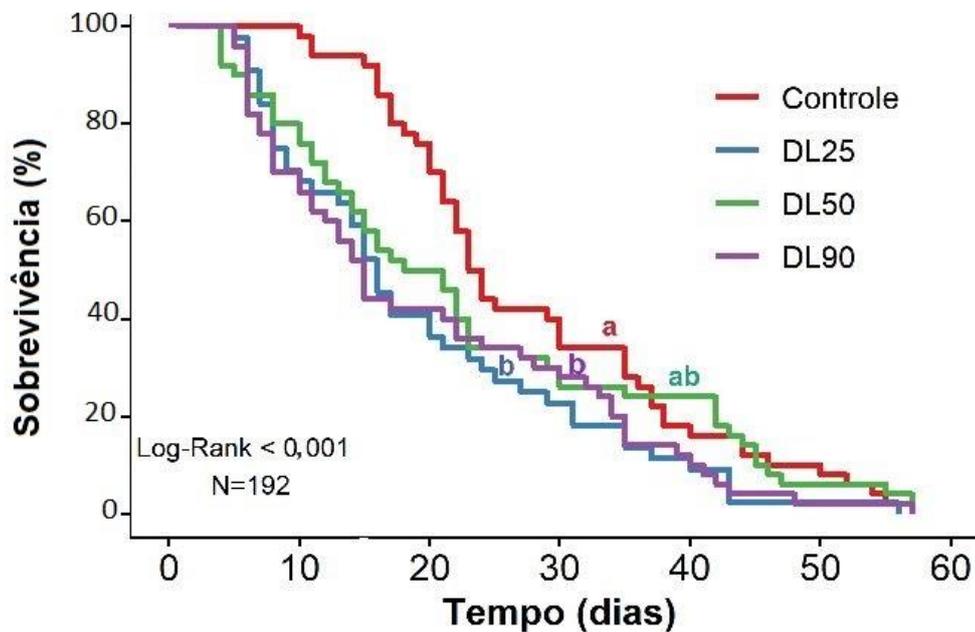
Figura 18 - Pupas de *Musca domestica* mortas tratadas com o óleo essencial de *Cinnamomun cassia* (A) e *Cinnamomun camphora* var. *linalooliferum* (B).



Fonte: Da autora (2022).

Ocorreu diferença entre os tratamentos para sobrevivência dos adultos oriundos de pupas de *M. domestica* tratadas com óleo o essencial de *C. cassia*. A menor média foi observada no tratamento com a DL₂₅ (Figura 19).

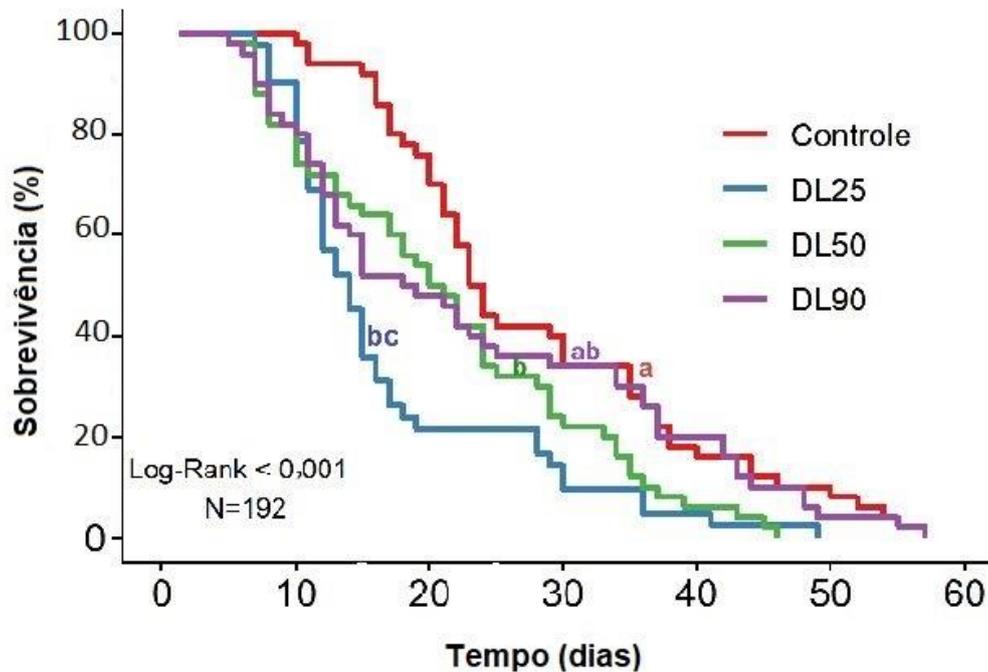
Figura 19 - Sobrevivência de adultos provenientes de pupas de *Musca domestica* tratadas com óleo essencial de *Cinnamomun cassia*.



Fonte: Da autora (2022).

A exposição de pupas ao óleo essencial de *C. camphora* var. *linalooliferum* causou menor sobrevivência dos adultos formados nos tratamentos DL₂₅ e DL₉₀ (Figura 20).

Figura 20 - Sobrevivência de adultos provenientes de pupas de *Musca domestica* tratadas com o óleo essencial de *Cinnamomun camphora* var. *linalooliferum*.



Fonte: Da autora (2022).

5 DISCUSSÃO

O uso de inseticidas à base de óleos essenciais tem aumentado nos últimos anos em decorrência da eficácia comprovada de diferentes compostos botânicos no controle de pragas. Sabe-se que os óleos essenciais têm amplo espectro de ação, podendo ser usados como repelentes, inseticidas, fungicidas, nematicidas e bactericidas (ISMAN, 2020).

No presente estudo, constatou-se que o óleo essencial de *C. cassia* é composto por várias substâncias, sendo o cinamaldeído o predominante. O mecanismo de ação do cinamaldeído está associado com a formação de bases de Schiff com proteínas de membrana por meio de reações com grupos carbonilas livres. As bases de Schiff são capazes de destruir membranas celulares e impedir o transporte de substâncias através da membrana plasmática e, além disso, pode ocasionar a interrupção da respiração e alimentação causando a morte do inseto (GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2011; JEON et al., 2017).

PORTO (2016) avaliou os compostos presentes em *Cinnamomum zelayum* e verificou que o cinamaldeído foi o composto majoritário dessa planta, embora a autora verificou uma porcentagem menor (41,27 %), em relação ao presente estudo, onde foi observado 84,21% desse composto. Destaca-se que a atividade inseticida do (E)-cinamaldeído presente em óleo essencial de plantas já é conhecida e relatada por outros autores (ISLAM et al., 2009; JUMBO et al., 2014).

O óleo de *C. camphora* var. *linalooliferum* apresenta linalol como composto majoritário, sendo considerado um monoterpene que atua na inibição competitiva da enzima acetilcolinesterase (LÓPEZ; PASCUAL-VILLALOBOS, 2010). Desta forma, esse composto evita a degradação do neurotransmissor acetilcolina junto às sinapses e como consequência leva o inseto a uma hiperexcitação dos movimentos devido aos impulsos nervosos excessivos, resultando em dificuldade para respirar e se alimenta (LÓPEZ; PASCUAL-VILLALOBOS, 2015). Alguns desses efeitos são condizentes com o que foi observado no presente estudo, no qual as larvas de terceiro ínstar, pupas e adultos de *M. domestica* foram suscetíveis aos óleos de *C. cassia* e *C. camphora* var. *linalooliferum*.

No que diz respeito a toxicidade do *C. camphora* var. *linalooliferum* para as larvas verificada no presente estudo ($DL_{50} = 17,84 \mu\text{l/ml}$), está bem próxima à encontrada por SENTHOORAJA et al. (2021), no qual verificaram uma DL_{50} de $13,57 \text{ mg/dm}^3$ para larvas de *M. domestica*, utilizando o linalol (*C. camphora* var. *linalooliferum*). Já para as moscas adultas, estes autores constataram DL_{50} de $43,12 \mu\text{g/ml}$, sendo superior à encontrada neste estudo ($DL_{50} = 31,06 \mu\text{l/ml}$).

Referente ao óleo essencial de *C. cassia* (E-cinamaldeído), Silva et al., (2020) observaram DL₅₀ e DL₉₀ de 18,08 e 78,83 mg/ml, respectivamente para pupas. Estes valores condizem ao observado com os testes deste estudo, que verificaram DL₅₀ e DL₉₀ de 90 µl/ml e 291 µl/ml, respectivamente.

Foi observado que os óleos aplicados topicamente na presente pesquisa causaram mortalidade maior em larvas de terceiro instar do que para pupas de *M. domestica*. O potencial larvicida do óleo essencial de *C. cassia* foi avaliado por KHAN (2021), onde obteve DL₅₀ de 326,78 ppm para larvas e DL₅₀ de 298,39 ppm para pupas.

No presente estudo, o óleo de *C. cassia* apresentou CL₅₀ menor que a do óleo de *C. camphora* var. *linalooliferum* para adultos de *M. domestica*. Em testes de toxicidade de contato para adultos de *M. domestica* realizado por BENELLI et al. (2018) foi observado que óleo essencial de *C. verum* foi mais tóxico (DL₅₀ de 42 µg adulto⁻¹) em comparação a outros óleos testados.

Em bioensaio de contato usando placas de Petri forradas com papel filtro tratado com óleo de *C. cassia*, constatou-se efeito tóxico para adultos de *Sitophilus zeamais* Motsch (Coleoptera: Curculionidae), com DL₅₀= 102,03 µg/cm² (KANG; LEE, 2018) e para adultos de *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) com DL₅₀ de 1,84 µg/ macho e 2,24 µg/ fêmea. Segundo os autores, essa toxicidade pode variar em função de condições experimentais e do sexo dos insetos (KIM et al., 2016).

Os efeitos tóxicos dos óleos essenciais de *C. cassia* e *C. camphora* var. *linalooliferum* sobre pupas, larvas e adultos da *M. domestica* foram relatados por diversos autores (SINTHUSIRI; SOONWERA, 2014; BENELLI et al., 2018a; DA SILVA et al., 2019; SENTHOORAJA et al., 2021), os óleos essenciais podem causar mortalidade de pragas nas diferentes fases de seu desenvolvimento, retardar o crescimento, aumentar o tempo de desenvolvimento, inibir alimentação, repelir e causar efeitos inibitórios de oviposição.

No estudo de DA SILVA et al. (2020), a atividade larvicida de *M. domestica* foi demonstrada a partir da concentração de 2,5 mg/ml do (E)-cinamaldeído, com eficácia de 100% na concentração de 5 mg/ml. Esse composto na concentração de 10 mg/ml causou mortalidade significativa de pupas e má formação em adultos. A maior mortalidade de pupas (67,2%) ocorreu na concentração de 30 mg/ml.

Os dados encontrados no presente estudo sobre a viabilidade dos ovos, período pré-oviposição e o número total de ovos colocados por fêmeas provenientes de larvas de terceiro instar de *M. domestica* tratadas com os dois óleos essenciais corroboram com os resultados de

que adultos de *M. domestica* expostos ao óleo de *C. verum* na dose $DL_{20} = 10 \mu\text{g adulto}^{-1}$ tiveram sua fecundidade e viabilidade de ovos afetados negativamente (BENELLI et al., 2018). Esse efeito também foi verificado por NAKASEN et al. (2021) do qual verificaram inibição de 100% de eclosão de larvas de *C. quinquefasciatus* nas concentrações de 12,5; 25 e 50 ppm do óleo essencial de *C. verum* após 72 horas da exposição de seus ovos.

Nesse sentido, salienta-se que estudos que envolvam o controle da *M. domestica* nas fases de larva e pupa são de grande importância para o controle desse inseto (KUMAR et al., 2012).

Por outro lado, as larvas e pupas desse díptero têm baixa mobilidade portanto permanecem nas proximidades dos locais em que o adulto colocou seus ovos, o que viabiliza aplicações de forma mais ecológica, ou seja, a aplicação pode ser realizada em locais específicos, utilizando assim, uma menor quantidade de inseticidas (DA SILVA et al., 2019).

Vale ressaltar que neste estudo foi utilizado o DMSO como solvente dos óleos testados. Os estudos de Silva et al. (2020) em que avaliaram-se os efeitos do composto cinamaldeído sobre *M. domestica* nas fases de larva e pupa, e de SENTHOORAJA et al., (2021) que analisaram a toxicidade de linalol para ovos e adultos dessa mosca, foram realizados com acetona como solvente dos óleos. O DMSO é recomendado como diluente para preparações tópicas, visto que é um excelente transportador de compostos pelo tegumento e sua estabilidade já foi comprovada (BRAYTON, 1986).

Os óleos de *C. cassia* e de *C. camphora* var. *linalooliferum* não causaram mortalidade significativa de adultos provenientes de pupas tratadas. De acordo com WALIWITIYA et al. (2012) a resistência dos insetos aos xenobióticos e fitoquímicos deve-se à desintoxicação metabólica mediada pela ação de enzimas como glutathione S-transferase (GST) e esterase. A GST está envolvida no metabolismo de compostos endógenos e age por conjugação para torná-los solúveis em água e menos tóxicos (YU, 2004). Esterases atuam por vinculação, sequestro e desintoxicação de produtos químicos tóxicos (HEGETO et al., 2015).

Por outro lado, em um estudo realizado por SCALERANDI et al. (2018) com *M. domestica* foi sugerido que esse inseto possui um processo de desintoxicação muito eficiente, principalmente para o composto linalol. Esse composto possui grupos funcionais facilmente oxidados e por isto são desativados no organismo do inseto, tornando-os atóxicos, e isto foi verificado no presente estudo.

A exposição de pupas de *M. domestica* aos óleos de *C. cassia* e *C. camphora* var. *linalooliferum* resultou em porcentagem significativa de adultos deformados (asas e pernas

atrofiadas) para todas as doses letais testadas. Esse resultado está de acordo com os de SILVA et al., (2020), os quais trataram pupas da mosca com (E) -cinamaldeído e verificaram má formação em adultos a partir de 10 mg/ml, chegando a 67,2% de anormalidades na concentração de 30 mg/ml, o que indica que óleos essenciais além de apresentarem letalidade, podem causar anormalidades morfológicas em *M. domestica* o que limita sua sobrevivência.

Dentre as anormalidades morfológicas mais comuns verificadas em adultos de *M. domestica* tratada com cinamaldeído estão asas completamente atrofiadas ou não distendidas, tamanho do corpo e deformação do abdômen e, em alguns espécimes ocorre retração do ptilino após esclerotização do corpo (SILVA et al., 2020).

Os impactos secundários do tratamento com substâncias de origem vegetal observados nesse e em outros estudos demonstram seu potencial no controle de populações de mosca doméstica, uma vez que insetos com malformação geralmente não completam seu desenvolvimento, sendo que adultos malformados têm dificuldade de sobreviver e de se reproduzir no ambiente (SILVA et al., 2020).

Na presente pesquisa, em teste de preferência, o óleo de *C. cassia* apresentou maior repelência para adultos de *M. domestica* quando comparado ao óleo de *C. camphora* var. *linalooliferum*. KHAN (2021) constatou que o óleo de *C. cassia* apresentou 49,9% de repelência para adultos de *M. domestica*. (MOREY; KHANDAGLE (2012) verificaram que o óleo de *C. verum* a 1% causou 96,8% de repelência. PEACH et al., (2019) avaliaram o efeito de repelência do óleo essencial de *C. verum* para *Aedes aegypti* (Diptera:Culicidae) e constataram que a DL₅₀ foi de 75,92 mg/ml, demonstrando sua grande capacidade em repelir esse inseto. Já SENTHOORAJA et al., (2021) trataram moscas com linalol 0,25% e verificaram repelência para oviposição.

Sendo assim, os compostos repelentes impedem a orientação de moscas em superfícies tratadas e, portanto, podem reduzir a propagação de doenças em locais onde há grande incidência de moscas (HASELTON et al., 2015). Por isso, identificar substâncias repelentes para *M. domestica* é de suma importância devido aos seus impactos negativos na agricultura e na saúde humana (MALIK; SINGH; SATYA, 2007).

Os resultados encontrados na presente pesquisa demonstram que os óleos essenciais de plantas da família Lauráceas apresentam grande potencial para o controle de *M. domestica* em suas diferentes fases de desenvolvimento.

6 CONCLUSÃO

Os óleos essenciais de *C. cassia* e *C. camphora* var. *linalooliferum* são tóxicos para larvas, pupas e adultos de *M. domestica*, o que os torna promissores para o desenvolvimento de formulações inseticidas visando ao controle dessa praga.

Levando-se em consideração os efeitos dos óleos essenciais de *C. cassia* e *C. camphora* var. *linalooliferum* sobre várias características biológicas de *M. domestica*, é importante que sejam realizados outros testes com esses óleos em nanoformulações visando aumentar sua estabilidade no ambiente e conseqüentemente tornar viável sua aplicação em condições de campo. Recomenda-se que outros testes sejam realizados para verificar os efeitos desses óleos sobre inimigos naturais, visando a compatibilização do uso de botânicos com agentes biológico de controle e *M. domestica* em galpões de aviários e outros ambientes favoráveis à proliferação da *M. domestica*.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/ mass spectroscopy**. 4th ed. Illinois, USA: Allured Publishing Corporation, 2007.
- AMICHOT, M.; JOLY, P.; MARTIN-LAURENT, F.; SIAUSSAT, D.; LAVOIR, A. V. Biocontrol, new questions for Ecotoxicology? **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 34, p. 33895–33900, 2018. doi: 10.1007/s11356-018-3356-5.
- ASSI, R. A.; DARWIS, Y.; ABDULBAQI, I. M.; KHAN, A. A.; VUANGHAO, L.; LAGHARI, M. H. *Morinda citrifolia* (Noni): A comprehensive review on its industrial uses, pharmacological activities, and clinical trials. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 10, n. 5, p. 691–707, 2017. doi: 10.1016/j.arabjc.2015.06.018.
- AWACHE, I.; FAROUK, A. A. Bacteria and fungi associated with houseflies collected from cafeteria and food centers in Sokoto. **Few Trends in science & technology journal**, v. 1, n. 1, p. 123–125, 2016.
- BARRAGAN-FONSECA, K. B.; DICKE, M.; VAN LOON, J. A. Influence of larval density and dietary nutrient concentration on performance, body protein, and fat contents of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 166, n. 9, p. 761–770, 2018. doi: 10.1111/eea.12716.
- BENELLI, G. Plant-borne ovicides in the fight against mosquito vectors of medical and veterinary importance: a systematic review. **Parasitology Research**, v. 114, n. 9, p. 3201–3212, 2015. doi: 10.1007/s00436-015-4656-z.
- BENELLI, G.; PAVELA, R.; GIORDANI, C.; CASETTARI, L.; CURZI, G.; CAPPELLACCI, L.; PETRELLI, R.; MAGGI, F. Acute and sub-lethal toxicity of eight essential oils of commercial interest against the filariasis mosquito *Culex quinquefasciatus* and the housefly *Musca domestica*. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 668–680, 2018a. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.12.062.
- BENELLI, G.; PAVELA, R.; GIORDANI, C.; CASETTARI, L.; CURZI, G.; CAPPELLACCI, L.; PETRELLI, R.; MAGGI, F. Acute and sub-lethal toxicity of eight essential oils of commercial interest against the filariasis mosquito *Culex quinquefasciatus* and the housefly *Musca domestica*. **Industrial Crops and Products**, v. 112, p. 668–680, 2018b. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.12.062.
- BIALE, H.; GEDEN, C. J.; CHIEL, E. Effects of pyriproxyfen on wild populations of the housefly, *Musca domestica*, and compatibility with its principal parasitoids. **Pest Management Science**, v. 73, n. 12, p. 2456–2464, 2017. doi: 10.1002/ps.4638.
- BISSELEUA, H.; GBEWONYO, S.; OBENG-OFORI, D. Toxicity, growth regulatory and repellent activities of medicinal plant extracts on *Musca domestica* L. (Díptera: Muscidae). **African Journals Online**, v. 7, p. 4635–4642, 2008.
- BRITO, L. G.; OLIVEIRA, M. C.; GIGLIOTI, R.; JUNIOR, F. S.; NETTO, F. G.; CHAGAS, A. C.; CELESTINO, O. O. Manual de identificação, importância e manutenção de colônias

estoque de dípteras de interesse veterinário em laboratório. In: 1. ed. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2008. p. 25. 2008.

BORDIN, C.; ALVES, D. S.; ALVES, L. F. A.; OLIVEIRA, M. S. de; ASCARI, J.; SCHARF, D. R. Fumigant activity of essential oils from *Cinnamomum* and *Citrus* spp. and pure compounds against *Dermanyssus gallinae* (De Geer) (Acari: Dermanyssidae) and toxicity toward the nontarget organism *Beauveria bassiana* (Vuill.). **Veterinary Parasitology**, v. 290, p. 109341, 2021. doi: 10.1016/j.vetpar.2021.109341.

BURRUS, R. G. *Musca domestica* L. (Díptera: Muscidae) dispersal from and *Escherichia coli* O157:H7 prevalence on dairy farms in north-central Florida. **PhD dissertation, University of Florida, Gainesville, FL, United States of America**, 2010.

CABALLERO, B.; FINGLAS, P.; TOLDRÁ, F. Encyclopedia of food and health. In: **Encyclopedia of Food and Health**. 6. ed. [s.l.] Academic Press, 2015. p. 1–5. 2015.

CAMARA, M. C.; CAMPOS, E. V. R.; MONTEIRO, R. A.; DO ESPIRITO SANTO PEREIRA, A.; DE FREITAS PROENÇA, P. L.; FRACETO, L. F. Development of stimuli-responsive Nano-based pesticides: emerging opportunities for agriculture. **Journal of Nanobiotechnology**, v. 17, n. 1, p. 100, 2019. doi: 10.1186/s12951-019-0533-8.

CAMPBELL, M. M. A test for repellency to non-biting flies and a comparison of repellents using *Musca domestica* L. **Pesticide Science**, v. 14, n. 2, p. 199–212, 1983. doi: 10.1002/ps.2780140215.

CAMPOS, E. V. R.; PROENÇA, P. L. F.; OLIVEIRA, J. L.; BAKSHI, M.; ABHILASH, P. C.; FRACETO, L. F. Use of botanical insecticides for sustainable agriculture: Future perspectives. **Ecological Indicators**, v. 105, p. 483–495, 2019. doi: 10.1016/j.ecolind.2018.04.038.

CARVALHO, C. J. B. de; MELLO-PATIU, C. A. de. Key to the adults of the most common forensic species of Diptera in South America. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 52, n. 3, p. 390–406, 2008. doi: 10.1590/S0085-56262008000300012.

CHANTAWEE, A.; SOONWEREA, M. Larvicidal, pupicidal and oviposition deterrent activities of essential oils from Umbelliferae plants against house fly *Musca domestica*. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 11, n. 11, p. 621, 2018. doi: 10.4103/1995-7645.246338.

IRAC. COMITÊ DE AÇÃO DE RESISTÊNCIA A INSETICIDAS, 2011. Método de teste de suscetibilidade IRAC 026. Disponível em: <<https://irac-online.org/methods/musca-domestica-adults/>>. Acesso em: 02 de fev. de 2022.

COUSINS, M.; SARGEANT, J. M.; FISMAN, D.; GREER, A. L. Modelling the transmission dynamics of *Campylobacter* in Ontario, Canada, assuming house flies, *Musca domestica*, are a mechanical vector of disease transmission. **Royal Society Open Science**, v. 6, n. 2, p. 181394, 2019. doi: 10.1098/rsos.181394.

- DA SILVA, B. C.; MELO, D. R.; FRANCO, C. T.; MATURANO, R.; FABRI, R. L.; DAEMON, E. Evaluation of Eugenol and (E)-Cinnamaldehyde Insecticidal Activity Against Larvae and Pupae of *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). **Journal of Medical Entomology**, 2019. doi: 10.1093/jme/tjz121.
- DAI, D. N.; CHUNG, N. T.; HUONG, L. T.; HUNG, N. H.; CHAU, D. T. M.; YEN, N. T.; SETZER, W. N. Chemical Compositions, Mosquito Larvicidal and Antimicrobial Activities of Essential Oils from Five Species of Cinnamomum Growing Wild in North Central Vietnam. **Molecules**, v. 25, n. 6, p. 1303, 2020. doi: 10.3390/molecules25061303.
- DE OLIVEIRA, J. L.; CAMPOS, E. V. R.; GERMANO-COSTA, T.; LIMA, R.; DELLA VECHIA, J. F.; SOARES, S. T.; DE ANDRADE, D. J.; GONÇALVES, K. C.; DO NASCIMENTO, J.; POLANCZYK, R. A.; FRACETO, L. F. Association of zein nanoparticles with botanical compounds for effective pest control systems. **Pest Management Science**, v. 75, n. 7, p. 1855–1865, 2019. doi: 10.1002/ps.5338.
- DEACUTIS, J.; LEICHTER, C.; GERRY, A.; RUTZ, D.; WATSON, W.; GEDEN, C.; SCOTT, J. Susceptibility of field-collected houseflies to spinosad before and after a season of use. **Journal of Agricultural and Urban Entomology**, v. 23, p. 105–110, 2007.
- EL-SHERBINI, G. T.; EL-SHERBINI, E. T. The role of cockroaches and flies in mechanical transmission of medical important parasites. **Journal of Entomology and Nematology Vol.**, v. 3, n. 7, p. 98–104, 2011.
- FIRMINO, D. F.; CAVALCANTE, T. T. A.; GOMES, G. A.; FIRMINO, N. C. S.; ROSA, L. D.; DE CARVALHO, M. G.; CATUNDA JR, F. E. A. Antibacterial and Antibiofilm Activities of Cinnamomum Sp. Essential Oil and Cinnamaldehyde: Antimicrobial Activities. **The Scientific World Journal**, v. 2018, p. 1–9, 2018. doi: 10.1155/2018/7405736.
- FOIL, L. D.; GORHAM, J. R. Mechanical transmission of disease agents by arthropods. In: **Medical Entomology**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2000. p. 461–514. 2000.
- FRACETO, L. F.; GRILLO, R.; DE MEDEIROS, G. A.; SCOGNAMIGLIO, V.; REA, G.; BARTOLUCCI, C. Nanotechnology in Agriculture: Which Innovation Potential Does It Have? **Frontiers in Environmental Science**, v.4, 2016. doi: 10.3389/fenvs.2016.00020.
- GALLI, G. M.; ROZA, L. F.; SANTOS, R. C. V.; QUATRIN, P. M.; OURIQUE, A. F.; KLEIN, B.; WAGNER, R.; BALDISSERA, M. D.; VOLPATO, A.; CAMPIGOTTO, G.; GLOMBOWSKY, P.; SOLDÁ, N. M.; BARETTA, D.; TONIN, A. A.; STEFANI, L. M.; DA SILVA, A. S. Low Dose of Nano capsules Containing Eucalyptus Oil Has Beneficial Repellent Effect Against *Horn Fly* (Diptera: Muscidae). **Journal of Economic Entomology**, 2018. doi: 10.1093/jee/toy267.
- GERRY, A. C.; ZHANG, D. Behavioral resistance of houseflies, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) to imidacloprid. **U.S. Army Medical Department journal**, 2009.
- GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; AYALA-ZAVALA, J. F.; ALVAREZ-PARRILLA, E.; DE LA ROSA, L.; OLIVAS, G. I.; HEREDIA, B.; MUY-RANGEL, M. Natural antimicrobial compounds to preserve quality and assure safety of fresh horticultural produce. In: **Natural antimicrobials in food safety and quality**. Wallingford: CABI, 2011. p. 277–291. 2011.

GRELLA, M. D. **Chave taxonômica interativa para espécie de dípteros califorídeos (Infraodem: Muscomorpha) do Brasil**. Campinas, SP. 64p. 2011.

GUCWA, K.; MILEWSKI, S.; DYMERSKI, T.; SZWGREDA, P. Investigation of the Antifungal Activity and Mode of Action of *Thymus vulgaris*, *Citrus limonum*, *Pelargonium graveolens*, *Cinnamomum cassia*, *Ocimum basilicum*, and *Eugenia caryophyllus* Essential Oils. **Molecules**, v. 23, n. 5, p. 1116, 2018. doi: 10.3390/molecules23051116.

GUO, H.; WHITE, J. C.; WANG, Z.; XING, B. Nano-enabled fertilizers to control the release and use efficiency of nutrients. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 6, p. 77–83, 2018. doi: 10.1016/j.coesh.2018.07.009.

HASELTON, A. T.; ACEVEDO, A.; KURUVILLA, J.; WERNER, E.; KIERNAN, J.; DHAR, P. Repellency of α -pinene against the house fly, *Musca domestica*. **Phytochemistry**, v. 117, p. 469–475, 2015. doi: 10.1016/j.phytochem.2015.07.004.

HEGETO, L. A.; RONQUI, L.; LAPENTA, A. S.; ALBUQUERQUE, F. A. Identification and functional characterization of esterases in *Euschistus heros* (Hemiptera, Pentatomidae) and their relationship with thiamethoxam and lambda-cyhalothrin. **Genetics and Molecular Research**, v. 14, n. 3, p. 11079–11088, 2015. doi: 10.4238/2015.September.22.1.

HOTHORN, T.; BRETZ, F.; WESTFALL, P. Simultaneous inference in general parametric models. **Biometrical Journal**, v. 50, n. 3, p. 346–363, 2008. doi: 10.1002/bimj.200810425.

HUSSEIN, S. A.; JOHN, L. C. Housefly, *Musca domestica* Linnaeus (Insecta: Diptera: Muscidae). **Institute of Food Technologists**, v. 47, p. 1–7, 2014.

IKBAL, C.; PAVELA, R. Essential oils as active ingredients of botanical insecticides against aphids. **Journal of Pest Science**, v. 92, n. 3, p. 971–986, 2019. doi: 10.1007/s10340-019-01089-6.

IQBAL, W.; MALIK, M.; SARWAR, M.; IRAM, I.; RASHDA, A. Role of housefly (*Musca domestica*, Diptera; Muscidae) as a disease vector; a review. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 2, n. 2, p. 159–163, 2014.

ISLAM, R.; KHAN, R. I.; AL-REZA, S. M.; JEONG, Y. T.; SONG, C. H.; KHALEQUZZAMAN, M. Chemical composition and insecticidal properties of *Cinnamomum aromaticum* (Nees) essential oil against the stored product beetle *Callosobruchus maculatus* (F.). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 7, p. 1241–1246, 2009. doi: 10.1002/jsfa.3582.

ISMAN, M. B. Botanical Insecticides in the Twenty-First Century—Fulfilling Their Promise? **Annual Review of Entomology**, v. 65, n. 1, p. 233–249, 2020. doi: 10.1146/annurev-ento-011019-025010.

ISSA, R. *Musca domestica* acts as transport vector hosts. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 43, n. 1, p. 73, 2019. doi: 10.1186/s42269-019-0111-0.

- JEON, Y.J.; LEE, S.G.; YANG, Y.C.; LEE, H.S. Insecticidal activities of their components derived from the essential oils of *Cinnamomum* sp. barks and against *Ricania* sp. (Homoptera: Ricaniidae), a newly recorded pest. **Pest Management Science**, v. 73, n. 10, p. 2000–2004, 2017. doi: 10.1002/ps.4627.
- JUMBO, L. O. V.; FARONI, L. R. A.; OLIVEIRA, E. E.; PIMENTEL, M. A.; SILVA, G. N. Potential use of clove and cinnamon essential oils to control the bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* Say, in small storage units. **Industrial Crops and Products**, v. 56, p. 27–34, 2014. doi: 10.1016/j.indcrop.2014.02.038.
- KAH, M.; TUFENKJI, N.; WHITE, J. C. Nano-enabled strategies to enhance crop nutrition and protection. **Nature Nanotechnology**, v. 14, n. 6, p. 532–540, 2019. doi: 10.1038/s41565-019-0439-5.
- KANG, M.-S.; LEE, H.-S. Acaricidal and insecticidal responses of *Cinnamomum cassia* oils and main constituents. **Applied Biological Chemistry**, v. 61, n. 6, p. 653–659, 2018. doi: 10.1007/s13765-018-0402-4.
- KAVETSOU, E.; KOUTSOUKOS, S.; DAFERERA, D.; POLISSIOU, M. G.; KARAGIANNIS, D.; PERDIKIS, D. C.; DETSI, A. Encapsulation of *Mentha pulegium* Essential Oil in Yeast Cell Micro carriers: An Approach to Environmentally Friendly Pesticides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 67, n. 17, p. 4746–4753, 2019. doi: 10.1021/acs.jafc.8b05149.
- KHAMESIPOUR, F.; LANKARANI, K. B.; HONARVAR, B.; KWENTI, T. E. A systematic review of human pathogens carried by the housefly (*Musca domestica* L.). **BMC Public Health**, v. 18, n. 1, p. 1049, 2018. doi: 10.1186/s12889-018-5934-3.
- KHAN, H. A. A. Spinosad resistance affects biological parameters of *Musca domestica* Linnaeus. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 14031, 2018. doi: 10.1038/s41598-018-32445-8.
- KHAN, H. A. A. Realized heritability of resistance to deltamethrin in a field strain of *Musca domestica* Linnaeus (Diptera: Muscidae). **Chemosphere**, v. 215, p. 678–680, 2019. doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.09.131.
- KHAN, H. A. A. Side effects of insecticidal usage in rice farming system on the non-target house fly *Musca domestica* in Punjab, Pakistan. **Chemosphere**, v. 241, p. 125056, 2020. doi: 10.1016/j.chemosphere.2019.125056.
- KHAN, H. A. A. Toxicity, repellent and oviposition deterrent effects of select essential oils against the house fly *Musca domestica*. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 24, n. 1, p. 15–20, 2021. doi: 10.1016/j.aspen.2020.10.002.
- KHAN, H. A. A.; AKRAM, W.; ARSHAD, M.; HAFEEZ, F. Toxicity and resistance of field collected *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) against insect growth regulator insecticides. **Parasitology Research**, v. 115, n. 4, p. 1385–1390, 2016. doi: 10.1007/s00436-015-4872-6.
- KHAN, H. A. A.; AKRAM, W.; HAIDER, M. S. Genetics and mechanism of resistance to deltamethrin in the house fly, *Musca domestica* L., from Pakistan. **Ecotoxicology**, v. 24, n. 6, p. 1213–1220, 2015. doi: 10.1007/s10646-015-1482-0.

KHAN, H. A. A.; AKRAM, W.; SHAD, S. A. Resistance to conventional insecticides in Pakistani populations of *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae): a potential ectoparasite of dairy animals. **Ecotoxicology**, v. 22, n. 3, p. 522–527, 2013. doi: 10.1007/s10646-013-1044-2.

KHAN, H. A. A.; KHAN, M. U.; NASIBA, A.; RIAZ, S.; ALTAF, M. Geographical variations in life histories of House flies, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae), in Punjab, Pakistan. **Journal of Medical Entomology**, v. 56, n.5, p. 1225–1230, 2019. doi: 10.1093/jme/tjz069.

KIM, J.; JANG, M.; SHIN, E.; KIM, J.; LEE, S. H.; PARK, C. G. Fumigant and contact toxicity of 22 wooden essential oils and their major components against *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 133, p. 35–43, 2016. doi: 10.1016/j.pestbp.2016.03.007.

KÖKDENER, M ; KIPER, F. The of diet protein and carbohydrate on select life-history traits of the housefly *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera: Muscidae). **Munis Entomology & Zoology**, v. 15, n. 1, p. 171–179, 2020.

KUMAR, A.; SINGH, P.; GUPTA, V.; PRAKASH, B. Application of nanotechnology to boost the functional and preservative properties of essential oils. In: **Functional and Preservative Properties of Phytochemicals**. [s.l.] Elsevier, 2020. p. 241–267. 2020.

KUMAR, P.; MISHRA, S.; MALIK, A.; SATYA, S. Compositional analysis and insecticidal activity of *Eucalyptus globulus* (family: Myrtaceae) essential oil against housefly (*Musca domestica*). **Acta Tropica**, v. 122, n. 2, p. 212–218, 2012. doi: 10.1016/j.actatropica.2012.01.015.

LÓPEZ, M. D.; PASCUAL-VILLALOBOS, M. J. Mode of inhibition of acetylcholinesterase by monoterpenoids and implications for pest control. **Industrial Crops and Products**, v. 31, n. 2, p. 284–288, 2010. doi: 10.1016/j.indcrop.2009.11.005.

LÓPEZ, M. D.; PASCUAL-VILLALOBOS, M. J. Are monoterpenoids and phenylpropanoids efficient inhibitors of acetylcholinesterase from stored product insect strains? **Flavour and Fragrance Journal**, v. 30, n. 1, p. 108–112, 2015. doi: 10.1002/ffj.3220.

LUBBE, A.; VERPOORTE, R. Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. **Industrial Crops and Products**, v. 34, n. 1, p. 785–801, 2011. doi: 10.1016/j.indcrop.2011.01.019.

MALIK, A.; MOR, V. S.; TOKAS, J.; PUNIA, H.; MALIK, S.; MALIK, K.; SANGWAN, S.; TOMAR, S.; SINGH, P.; SINGH, N.; HIMANGINI; VIKRAM; NIDHI; SINGH, G.; VIKRAM; KUMAR, V.; SANDHYA; KARWASRA, A. Biostimulant-Treated Seedlings under Sustainable Agriculture: A Global Perspective Facing Climate Change. **Agronomy**, v. 11, n. 1, p. 14, 2020. doi: 10.3390/agronomy11010014.

MALIK, A.; SINGH, N.; SATYA, S. House fly (*Musca domestica*): A review of control strategies for a challenging pest. **Journal of Environmental Science and Health, Part B**, v. 42, n. 4, p. 453–469, 2007. doi: 10.1080/03601230701316481.

- MELO, D. R. Atividade do óleo essencial de *Lippia sidoides* (Verbenacea) e dos monoterpenos timol e carvacrol sobre larvas e pupas de *Musca domestica* LINNAEUS, 1758 (Diptera: Muscidae). 2014.
- MENDES, L. A.; MARTINS, G. F.; VALBON, W. R.; DA SILVA DE SOUZA, T.; MENINI, L.; FERREIRA, A.; DA SILVA FERREIRA, M. F. Larvicidal effect of essential oils from Brazilian cultivars of guava on *Aedes aegypti* L. **Industrial Crops and Products**, v. 108, p. 684–689, 2017. doi: 10.1016/j.indcrop.2017.07.034.
- MOHAFRASH, S.; FALLATAH, A.; FARAG, S.; MOSSA, A. *Mentha spicata* essential oil nanoformulation and its larvicidal application against *Culex pipiens* and *Musca domestica*. **Industrial Crops and Products**, p. 112944, 2020.
- MOREY, R. A.; KHANDAGLE, A. J. Bio efficacy of essential oils of medicinal plants against housefly, *Musca domestica* L. **Parasitology Research**, v. 111, n. 4, p. 1799–1805, 2012. doi: 10.1007/s00436-012-3027-2.
- NAKASEN, K.; WONGSRILA, A.; PRATHUMTET, J.; SRIRAJ, P.; BOONMARS, T.; PROMSRISUK, T.; LAIKAEW, N.; AUKKANIMART, R. Bio efficacy of Cinnamaldehyde from *Cinnamomum verum* essential oil against *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). **Journal of Entomological and Acarological Research**, v. 53, n. 1, 2021. doi: 10.4081/jear.2021.9400.
- NEUPANE, S.; NAYDUCH, D.; ZURE, L. House Flies (*Musca domestica*) pose a risk of carriage and transmission of bacterial pathogens associated with bovine respiratory disease (BRD). **Insects**, v. 10, n. 10, p. 358, 2019. doi: 10.3390/insects10100358.
- NOLLET, L. M.; RATHORE, H. S. Cinnamon oil. In: **Green pesticides handbook: Essential oils for pest control**. CRC Press, 2017.
- OMMI, D.; HASHEMIAN, S. TAJBAKSH, E.; KHAMESIPOUR, F. Molecular detection and antimicrobial resistance of *Aeromonas* from houseflies (*Musca domestica*) in Iran. **Revista MVZ Córdoba**, v. 20, p. 4929–4936, 2015.
- ONYENWE, E.; OKORE, O. O.; UBIARU, P. C.; ABEL, C. Housefly-borne helminth parasites of mouau and its public health implication for the university community. **Animal Research International**, v. 13, n. 1, p. 2352 – 2358, 2016.
- PARK, R.; DZIALO, M. C.; SPAEPEN, S.; NSABIMANA, D.; GIELENS, K.; DEVRIESE, H.; CRAUWELS, S.; TITO, R. Y.; RAES, J.; LIEVENS, B.; VERSTREPEN, K. J. Microbial communities of the house fly *Musca domestica* vary with geographical location and habitat. **Microbiome**, v. 7, n. 1, p. 147, 2019. doi: 10.1186/s40168-019-0748-9.
- PAVELA, R. History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects – a review. **Plant Protection Science**, v. 52, n. No. 4, p. 229–241, 2016. doi: 10.17221/31/2016-PPS.

PAVELA, R.; BENELLI, G. Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 12, p. 1000–1007, 2016. doi: 10.1016/j.tplants.2016.10.005.

PAVELA, R.; KAFFKOVÁ, K.; KUMŠTA, M. Chemical composition and larvicidal activity of essential oils from different *Mentha* L. and *Pulegium* Species against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). **Plant Protect Science**, v. 50, n. 1, p. 36–42, 2014.

PEACH, D. A. H.; ALMOND, M.; GRIES, R.; GRIES, G. Lemongrass and Cinnamon Bark: Plant Essential Oil Blend as a Spatial Repellent for Mosquitoes in a Field Setting. **Journal of Medical Entomology**, v. 56, n. 5, p. 1346–1352, 3 set. 2019. doi: 10.1093/jme/tjz078.

PRAKASH, B.; KEDIA, A.; MISHRA, P. K.; DUBEY, N. K. Plant essential oils as food preservatives to control moulds, mycotoxin contamination and oxidative deterioration of agri-food commodities – Potentials and challenges. **Food Control**, v. 47, p. 381–391, 2015. doi: 10.1016/j.foodcont.2014.07.023.

RIBEIRO-SANTOS, R.; ANDRADE, M.; MELO, N. R. de; SANCHES-SILVA, A. Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends. **Trends in Food Science & Technology**, v. 61, p. 132–140, 2017. doi: 10.1016/j.tifs.2016.11.021.

ROBERTSON, J. L., JONES, M. M., OLGUIN, E., ALBERTS, B. (2016). Bioassays with Arthropods (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315373775>.

SAS Institute. SAS/STAT User's Guide (2008).

SCALERANDI, E.; FLORES, G. A.; PALACIO, M.; DEFAGÓ, M. T.; CARPINELLA, M. C.; VALLADARES, G.; BERTONI, A.; PALACIOS, S. M. Understanding Synergistic Toxicity of Terpenes as Insecticides: Contribution of Metabolic Detoxification in *Musca domestica*. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, 2018. doi: 10.3389/fpls.2018.01579.

SENTHOORRAJA, R.; SUBAHARAN, K.; MANJUNATH, S.; PRAGADHEESH, V. S.; BAKTHAVATSALAM, N.; MOHAN, M. G.; SENTHIL-NATHAN, S.; BASAVARAJAPPA, S. Electrophysiological, behavioral and biochemical effect of *Ocimum basilicum* oil and its constituents methyl chavicol and linalool on *Musca domestica* L. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 36, p. 50565–50578, 2021. doi: 10.1007/s11356-021-14282-x.

SERRA-FREIRE, N. N. M.; MELLO, R. P. **Entomologia e acarologia na medicina veterinária**. [s.l.] v. 1, L.F. LIVROS, 2006.

SHAKIBA, S.; ASTETE, C. E.; PAUDEL, S.; SABLIOV, C. M.; RODRIGUES, D. F.; LOUIE, S. M. Emerging investigator series: polymeric Nano carriers for agricultural applications: synthesis, characterization, and environmental and biological interactions. **Environmental Science: Nano**, v. 7, n. 1, p. 37–67, 2020. doi: 10.1039/C9EN01127G.

SILVESTRE, W. P.; LIVINALLI, N. F.; BALDASSO, C.; TESSARO, I. C. Pervaporation in the separation of essential oil components: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, p. 42–52, 2019. doi: 10.1016/j.tifs.2019.09.003.

SINTHUSIRI, J.; SOONWERA, M. Efficacy of herbal essential oils as insecticides against the housefly, *Musca domestica* L. **The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health**, v. 44, n. 2, p. 188–96, mar. 2013.

SINTHUSIRI, J.; SOONWERA, M. Oviposition deterrent and ovicidal activities of seven herbal essential oils against female adults of housefly, *Musca domestica* L. **Parasitology Research**, v. 113, n. 8, p. 3015–3022, 2014. doi: 10.1007/s00436-014-3964-z.

SMALLEGANGE, R. C.; DEN OTTER, C. J. Houseflies, annoying and dangerous. **Wageningen Academic Publishers**, v. 1, p. 281–292, 2007.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE of Overview of U.S. Livestock, Poultry, and Aquaculture Production in 2017. p. 27, 2017.

WALIWITIYA, R.; NICHOLSON, R. A.; KENNEDY, C. J.; LOWENBERGER, C. A. The Synergistic Effects of Insecticidal Essential Oils and Piperonyl Butoxide on Biotransformational Enzyme Activities in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Journal of Medical Entomology**, v. 49, n. 3, p. 614–623, 2012. doi: 10.1603/ME10272.

YANG, Y.; ISMAN, M. B.; TAK, J.H. Insecticidal Activity of 28 Essential Oils and a Commercial Product Containing *Cinnamomum cassia* Bark Essential Oil against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Insects**, v. 11, n. 8, p. 474, 2020. doi: 10.3390/insects11080474.

YU, S. J. Induction of detoxification enzymes by triazine herbicides in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 80, n. 2, p. 113–122, 2004. doi: 10.1016/j.pestbp.2004.06.005.

ZEILEIS, A.; KLEIBER, C.; JACKMAN, S. Regression models for count data in R. **Journal of Statistical Software**, v. 27, n. 8, p. 1–25, 2008. doi: 10.18637/jss.v027.i08.

ZHANG, Y.; GUO, M.; MA, Z.; YOU, C.; GAO, X.; SHI, X. Esterase-mediated spinosad resistance in house flies *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). **Ecotoxicology**, v. 29, n. 1, p. 35–44, 2020. doi: 10.1007/s10646-019-02125-y.

ZHAO, L.; LU, L.; WANG, A.; ZHANG, H.; HUANG, M.; WU, H.; XING, B.; WANG, Z.; JI, R. Nano-Biotechnology in Agriculture: Use of Nanomaterials to Promote Plant Growth and Stress Tolerance. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 68, n. 7, p. 1935–1947, 2020. doi: 10.1021/acs.jafc.9b06615.