



ANA FLAVIA FERNANDES

**TOXICIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS VIA INGESTÃO DE
PLANTAS DO GÊNERO *Cinnamomum* spp. PARA *Chrysodeixis
includens* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

LAVRAS-MG

2023

ANA FLAVIA FERNANDES

**TOXICIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS VIA INGETÃO DE
PLANTAS DO GÊNERO *Cinnamomum* spp. PARA *Chrysodeixis
includens* (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

Monografia apresentada ao
Departamento de Entomologia da
Universidade Federal de Lavras, como
parte das exigências do Curso de
Agronomia, para a obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Prof. Dr. Geraldo Andrade de Carvalho
Orientador

M.Sc. Karolina Gomes de Figueiredo
Coorientadora

LAVRAS – MG

2023

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida.

Aos meus pais Antônio e Aparecida, por não medirem esforços para que eu chegasse até aqui.

Aos meus irmãos Lucas e Ana Paula, pelo apoio e suporte nos momentos difíceis.

As minhas tias Maria, Luiza e Lúcia e amigos por acreditarem em mim.

Ao meu professor e orientador Geraldo Andrade de Carvalho por todo aprendizado e incentivo.

À minha coorientadora Karolina Gomes de Figueiredo pela paciência, ensinamentos e generosidade durante a condução desse trabalho.

Ao Laboratório de Ecotoxicologia e Manejo Integrado de Pragas (LEMIP) e toda equipe, pelo apoio e conhecimento compartilhado durante o período que estive lá.

Aos órgãos financiadores da pesquisa CAPES, CNPQ e FAPEMIG.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), por toda contribuição para o meu crescimento profissional e pessoal.

Obrigada!

Resumo

Chrysodeixis includens (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae), é um inseto polífago, presente em diversas culturas como soja, algodão e girassol, culturas de grande importância econômica para o Brasil. O uso frequente de inseticidas de mesmo mecanismo de ação pode selecionar populações resistentes desta praga, desse modo faz-se necessário o uso de alternativas de manejo para seu controle. A utilização de óleos essenciais (OEs) e origem vegetal é considerada uma alternativa eficaz para o controle da praga e segura para o ambiente, aplicadores e consumidores. O objetivo foi avaliar a toxicidade dos OEs de *C. cassia*, *C. camphora* e *C. camphora* var. *linalooliferum* por meio da determinação da CL_{50} e a TL_{50} via ingestão da dieta artificial tratada com esses OEs para *C. includens*. Para a determinação da CL_{50} e TL_{50} , os OEs foram solubilizados em solução aquosa de Tween 80 a 1% acrescida de 100 mL de dieta artificial para a obtenção de faixas de respostas. O delineamento foi inteiramente casualizado, com 50 repetições por tratamento, e cada repetição foi constituída por uma lagarta de segundo instar individualizada em tubo de ensaio, contendo um pedaço de dieta de tamanho padronizado. O tratamento controle foi composto por 50 lagartas de segundo instar com dieta artificial acrescida apenas da solução aquosa de Tween 80 a 1%. A sobrevivência dos insetos foi avaliada diariamente até o quinto dia após a aplicação dos tratamentos. Realizou-se uma análise de contraste visando à formação de grupos congêneres. O TL_{50} para cada grupo formado e a CL_{50} foram estimados utilizando-se o software R[®]. Determinaram-se as concentrações letais 25, 50 e 90 para todos os OEs avaliados, sendo a menor CL_{50} para o OE de *C. cassia*, seguido pelo *C. camphora* var. *linalooliferum*, e por último, *C. camphora* que apresentou uma CL_{50} quatro vezes maior que o OE de *C. cassia*. Portanto, a partir desses resultados nota-se a potencialidade desses OEs, com destaque para o OE de *C. cassia* para o manejo integrado de *C. includens*.

Palavras-chaves: falsa-medideira, bioinseticidas, toxicidade, ingestão, MIP.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	6
2.OBJETIVOS	9
2.1 Objetivo geral	9
2.2 Objetivos específicos	9
3. HIPÓTESES	10
3.1 Hipótese geral	10
3.2 Hipótese específica	10
4. REFERENCIAL TEÓRICO	11
4.1 A cultura da soja (<i>Glycine Max</i>)	11
4.2 Lagarta falsa medideira (<i>C. includens</i>)	11
4.3 Óleos essenciais	12
4.4 Espécies vegetais	13
5. MATERIAL E MÉTODOS	14
5.1 Criação de <i>C. includens</i>	14
5.2 Óleos essenciais	15
5.3 Determinação da CL₅₀ dos OEs via ingestão de dieta tratada	15
5.4 Análise estatística	16
6. RESULTADOS	17
7. DISCUSSÃO	20
8. CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS	25

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max*) é uma das culturas de grande importância no mundo, com uma produção mundial de estimada de 390,53 milhões de toneladas, para a safra 22/23 (CONAB 2023). Ela é utilizada na produção de diversos subprodutos, como farinha de proteína e óleo vegetal. A produção está concentrada em vários países, incluindo o Brasil, Estados Unidos, Argentina, China e Índia (LIN, et al., 2022).

A domesticação da soja ocorreu na China cerca de 5.000 anos atrás. É uma das leguminosas de grande importância econômica, fornecendo uma quantidade significativa de proteína para a alimentação animal e humana em todo o mundo. Essa cultura passou por avanços tecnológicos notáveis e um aumento na área plantada, impulsionado pelo crescimento populacional (LIU et al., 2020).

A soja é uma leguminosa cuja sua cultura tem relevância econômica global. Ademais, é um alimento com perfil nutricional diversificados com a presença de ácidos graxos insaturados, minerais, vitaminas, isoflavonas, dentre outros, o que justifica seu uso na produção de alimentos, rações e óleos vegetais (TETILA et al., 2020).

O Brasil se destaca como um dos maiores produtores de soja do mundo, e o cultivo intensivo dessa cultura tem propiciado surtos de pragas que impactam a produtividade e elevam os custos de produção devido ao uso extensivo de pesticidas. Uma dessas pragas recorrentes na cultura da soja é a *Chrysodeixis includens* (Walker, 1958) (Lepidoptera: Noctuidae), popularmente conhecida como lagarta-falsa-medideira. Trata-se de um inseto polífago que pode causar danos em mais de 174 plantas de 66 espécies pertencentes a 39 famílias diferentes (SANTOS et al 2023; SILVA et al., 2020).

A *C. includens* é uma lagarta, nativa das Américas que se destaca como uma praga chave das culturas de soja e algodão, principalmente por ter desenvolvimento rápido e alta fecundidade. Seu ciclo, desde o ovo até o estágio adulto, tem uma duração de aproximadamente 30 dias em regiões tropicais. Durante a fase jovem, as lagartas de *C. includens* alimentam-se das folhas desenvolvidas das culturas, resultando em uma diminuição da produtividade. A área consumida por uma única lagarta pode variar de 80 a 200 cm². Seu ataque provoca orifícios característicos no limbo foliar. No quarto instar, a lagarta consome grande parte da superfície foliar, deixando apenas as nervuras principais intactas, que confere um aspecto rendilhado, característica exclusiva dessa praga (MORANDO et al., 2017).

Até alguns anos atrás, *C. includens* era considerada uma praga secundária. No entanto, devido à expansão agrícola e ao uso inadequado de produtos para o controle de outros insetos, ela se tornou uma praga de grande importância (SILVA et al., 2020). No manejo de pragas na cultura da soja, observa-se o uso significativo de produtos químicos, e devido a essa utilização intensa e muitas vezes inadequada (BUENO et al., 2021), há relatos frequentes de populações de insetos resistentes a vários grupos químicos ativos como cipermetrina, deltametrina, permetrina, fenvalerato, metomil, paratiom metílico, tiodicarbe e flubendiamida (NUNES et al., 2019).

Neste contexto, os OEs surgem como uma alternativa para o controle de *C. includens* e outras pragas, uma vez que, de maneira geral, apresentam melhor atividade inseticida, diversidade de modos de ação e segurança para mamíferos e organismos não alvos, devido à sua menor toxicidade para esses organismos (FIERASCU et al., 2020; KUMAR et al., 2022).

Óleos essenciais são produzidos a partir dos metabólitos secundários de diversas espécies vegetais e obtidos por destilação a vapor, prensagem de frutos ou hidrodestilação de vários órgãos das plantas aromáticas, incluindo folhas, caule, raízes, sementes, flores e frutos (LEE, et al., 2022). O gênero *Cinnamomum*, pertencente à família botânica Lauraceae, é uma fonte significativa de importantes OEs. Os OEs obtidos de plantas dessa família exibem diversas atividades biológicas, incluindo ação inseticida e repelência contra pragas de grãos armazenados. Uma espécie particularmente relevante é a *Cinnamomum cassia* (L.) J. Presl, cujo composto majoritário, o cinamaldeído, demonstrou ser altamente tóxico para os insetos *Tribolium castaneum* (Herbest, 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Liposcelis bostrychophil* (Badonnel, 1931) (Psocodea: Liposcelididae) conforme relatado por WANG et al. (2019).

Os OEs derivados das plantas provaram ser tóxicos para diferentes pragas, são formados por uma complexa mistura de compostos estruturalmente distintos que podem atuar sinergicamente aumentando seu potencial de ação e eficácia. A árvore de *Cinnamomum camphora* (L.) J. Presl, possui o composto majoritário 1,8-cineol (eucaliptol), apresenta diversas propriedades biológicas, como inseticida, anticancerígenas, antimicrobianas, antivirais, anticoccidianas, antinociceptivas e antitússicas, por causa destas aplicações o OE possui grande valor comercial para a indústria (FU, et al., 2015).

O OE de *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum* pode ser obtido das folhas e cascas dessa espécie. Esse OE é rico no monoterpene linalol (90 a 99%), sendo um dos

responsáveis pelas atividades inseticida, antioxidante e antimicrobiana desse OE. Ademais, esse composto também foi inseticida e repelente para *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) (Hemiptera: Alerodidae) (Westwood, 1856) (Hemiptera: Alerodidae) (CANSIAN et al., 2010; VICENÇO, 2021).

Contudo, o estudo dos OEs de plantas do gênero *Cinnamomum* são de extrema importância para a verificação de compostos bioativos para pragas chave da cultura da soja, como *C. includens*, visto que essas pesquisas podem auxiliar nos programas de manejo integrado dessa praga, afim de diminuir a população da praga na cultura.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a toxicidade dos OEs de *C. cassia*, *C. camphora* e *C. camphora* var. *linalooliferum* por meio da determinação da CL₅₀ e a TL₅₀ via ingestão da dieta artificial tratada com esses OEs para *C. includens*.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a mortalidade das lagartas de *C. includens* sob a ingestão de diferentes concentrações dos OEs *C. cassia*, *C. camphora* e *C. camphora* var. *linalooliferum*, diluídos em dieta artificial.
- Avaliar a sobrevivência das lagartas de *C. includens* sob a ingestão de diferentes concentrações dos OEs *C. cassia*, *C. camphora* e *C. camphora* var. *linalooliferum*, diluídos em dieta artificial.

3. HIPÓTESES

3.1 Hipótese geral

As dietas tratadas com diferentes concentrações dos OEs de *C. cassia*, *C. camphora* e *C. camphora* var. *linalooliferum* são tóxicas para *C. includens*.

3.2 Hipóteses específicas

- Variações nas concentrações dos OEs de *C. cassia*, *C. camphora* e *C. camphora* var. *linalooliferum* causam níveis diferenciados de mortalidade em *C. includens* ao ingerir dieta tratada com OE em menor tempo.
- Variações nas concentrações dos OEs de *C. cassia*, *C. camphora* e *C. camphora* var. *linalooliferum* causam níveis diferenciados de mortalidade em *C. includens* ao ingerir dieta tratada com OE em maior tempo.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Cultura da soja (*Glycine max* L.)

A soja, uma planta herbácea, desempenha um papel crucial na produção de grãos no Brasil. Pertencente à classe Rosidae, ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Papilionoideae, tribo Phaseoleae e gênero *Glycine*, essa cultura desfruta de significativa relevância na economia brasileira. Sua contribuição na produção de óleo vegetal, ração e produtos industrializados é essencial (JÚNIOR et al., 2022).

Inicialmente domesticada na China e em outras regiões da Ásia Oriental, como a Coreia e o Japão, a soja se disseminou globalmente. Suas características evoluíram para se adaptar a diferentes localidades, tornando-a uma das leguminosas mais importantes do mundo (TOGASHI; OIKAWA, 2021).

Diante da crescente demanda por alimentos devido ao aumento populacional global, a soja desempenha um papel crucial no fornecimento de compostos nutricionais, proteína, óleo e subprodutos industriais. Como o quarto produto agrícola mais produzido globalmente, o Brasil se destaca como um dos maiores produtores, alcançando uma produção de 162.420,9 milhões de toneladas na safra de 22/23, com um aumento de 23,2% em relação à safra anterior (CONAB, 2023; RASHEED et al., 2022). O Brasil também lidera as exportações dessa *commodity*.

A produção de soja se mostra vantajosa para os agricultores e para o governo brasileiro, pois apresenta competitividade em relação a outros países produtores. Isso se deve ao escoamento da safra brasileira ocorrer durante a entressafra nos Estados Unidos, momento em que a soja atinge maior valor de mercado. Diante dessa oportunidade, o país investiu em tecnologias para melhor adaptar a cultura às condições brasileiras (CAMPEÃO; SANCHES; MACIEL, 2020).

Apesar das altas produtividades, muitos são os fatores que contribuem para o decréscimo na produção, sejam eles plantas daninhas, doenças e insetos praga. Entre os insetos praga que afetam a cultura da soja, destaca-se a *C. includens*. Até a década de 90, era considerada uma praga secundária, exigindo poucas medidas de controle devido à baixa densidade populacional. No entanto, a partir de 2000, observou-se um aumento significativo desses insetos, elevando seu status para praga primária (SILVA, 2020).

4.2 *Chrysodeixis includens* (Lagarta-falsa-medideira)

A *C. includens*, conhecida como lagarta-falsa-medideira, é uma praga generalista que afeta diversas culturas, com destaque para a soja, algodão, feijão, girassol, batata, entre outras (SANTOS et al., 2023). Esta lagarta é nativa do hemisfério ocidental, encontrada no norte dos Estados Unidos, América Central e do Sul. Quando adultas, as mariposas migram para áreas com estações mais quentes e hospedeiros disponíveis (SOARES et al., 2021). Caracterizada por sua alta capacidade reprodutiva e fácil dispersão, a *C. includens* contribui para infestações significativas durante as safras (STACKE, 2020).

As lagartas de *C. includens* alimentam-se do limbo foliar até as nervuras, causando um aspecto rendilhado nas folhas. Além de reduzir a área foliar, esse consumo prejudica a capacidade fotossintética da planta, resultando em uma diminuição na produção. A praga também pode atacar as vagens, causando danos adicionais e prejuízos econômicos (BARBOSA et al., 2022). Dada a dificuldade de controle, o método químico é amplamente empregado para reduzir as populações de *C. includens*. No entanto, o uso de produtos sintéticos tem selecionado populações resistentes, diminuindo a eficácia desse método e aumentando os custos de produção (BUSS et al., 2022).

Em busca de alternativas sustentáveis e eficazes, a utilização de biopesticidas à base de OEs têm ganhado destaque. Esses compostos naturais aromáticos, pouco solúveis em água, são extraídos de diferentes órgãos de plantas para sua defesa. Pertencentes a famílias como Asteraceae, Apiaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Rutaceae e Verbenaceae, essas plantas aromáticas são valiosos recursos para a preparação de produtos sustentáveis (LÚCIA, GUZMÁN, 2021; SANTOS, 2023).

4.3 Óleos essenciais

Uma área de intensa pesquisa concentra-se nos inseticidas botânicos à base de OEs, cujos constituintes, mono e sesquiterpenoides, atuam rapidamente como neurotoxinas em insetos. Essas substâncias possivelmente interagem com vários tipos de receptores, resultando em efeitos comportamentais nos insetos-praga, como redução na alimentação, dispersão e repelência das fêmeas durante a oviposição (ISMAN, 2020).

Os OEs, considerados inseticidas botânicos, são produzidos pelo metabolismo secundário de plantas aromáticas. Em geral, esses compostos apresentam fácil degradação devido à alta volatilidade e menor probabilidade de desenvolver resistência em inseto-alvo devido sua complexidade química. (DE FREITAS et al, 2022). Portanto, os OEs

representam uma alternativa positiva aos pesticidas sintéticos, pois possuem amplo espectro biológico, e baixa toxicidade para organismos não-alvo. Além disso, podem ajudar a mitigar os efeitos nocivos associados aos pesticidas sintéticos (ASSADPOUR et al, 2023).

As plantas têm a capacidade natural de produzir uma variedade de moléculas, especialmente metabólitos secundários, que as protegem contra patógenos devido às suas propriedades biológicas. Existem mais de 3.000 OEs conhecidos, encontrados em substâncias naturais de origem vegetal, que desempenham papéis importantes como antibacterianos, inseticidas, fungicidas, herbicidas, nematicidas, antioxidantes e anti-inflamatórios. Essas características fazem deles uma opção viável no controle biológico de pragas agrícolas, proporcionando uma alternativa para reduzir o uso excessivo de pesticidas sintéticos (RAVEAU; FONTAINE; LOUNÈS-HADJ 2020; WERRIE et al. 2020).

4.4 Espécies vegetais

As plantas da família Lauraceae são amplamente distribuídas em áreas pantropicais, abrangendo Madagascar, sudeste da Ásia e América do Sul. Além de sua relevância econômica, essa família destaca-se pelo aroma de suas plantas e é conhecida pela produção de OE (BETIM et al., 2019; FARIAS et al., 2023). Os OEs provenientes de onze espécies distintas da família Lauraceae demonstraram eficácia inseticida no controle de populações de mosquitos, como *Aedes aegypti* (Linnaeus 1762), *Aedes albopictus* (Skuse, 1894), e *Culex quinquefasciatus* (Say, 1823) (CHAU et al., 2020). Além dessa atividade, também foi observada eficácia na mortalidade de larvas de lepidópteros, como *Trichoplusia ni* (Hübner, 1803) e *Chilo partellus* (Swinhoe, 1885), quando expostas aos OEs de *C. cassia* e *C. camphora* (DASSANAYAKE, 2021).

Os OEs do gênero *Cinnamomum* são extraídos de árvores perenes, geralmente de folhas, galhos, sementes e cascas. Esses OEs possuem baixo peso molecular, alta volatilidade e são compostos por diversas moléculas químicas, como linalool, eucaliptol, terpenoides, fenilpropanoides e glicosídeos (BENMOUSSA et al., 2023; ZHANG et al., 2019; ZHANG et al., 2022). Além disso, a complexa combinação de substâncias com diferentes mecanismos de ação e atividade sinérgica torna esses produtos eficazes na prevenção do surgimento de populações de insetos resistentes (IVĂNESCU, et al., 2021).

5. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Ecotoxicologia e Manejo Integrado de Pragas (LEMIP) do Departamento de Entomologia da Universidade Federal de Lavras, no período de dezembro de 2022 a março de 2023. Os bioensaios foram conduzidos à temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas.

5.1 Criação de *C. includens*

Para a execução dos experimentos, foram utilizadas lagartas de *C. includens* de segundo instar (72 horas de idade) alimentadas com dieta artificial e oriundas da segunda oviposição da criação do laboratório. A dieta artificial foi composta de feijão ‘Branco’ (37,5 g); germen de trigo (30,00 g); proteína de soja (15,00); caseína (15,00); levedura de cerveja (18,75 g); ácido sórbico (0,90 g); ácido ascórbico (1,80 g); nipagin (1,50 g); ágar (11,50 g); formaldeído 40% (1,8 mL); tetraciclina (56,50 mg) e água destilada (600 mL). Para a elaboração da dieta, o feijão foi cozinhado em panela de pressão com 1,5 L de água. Em seguida, todos os ingredientes exceto o ágar, foram batidos no liquidificador com 600 mL do caldo proveniente do cozimento do feijão. O ágar foi dissolvido em mais 600 mL de água destilada e adicionado à dieta. Em seguida, a dieta foi levada ao fogo por 30 minutos. Após o preparo da dieta, a mesma foi acondicionada em recipiente retangular (27 x 38 x 6 cm) para o resfriamento e solidificação em temperatura ambiente (25 ± 2 °C). A alimentação das mariposas foi feita com solução aquosa de mel (0,1 mL/mL) (PANIZZI; PARRA, 2009).

Os adultos foram alimentados com uma solução aquosa de mel 10% v/v e mantidos em gaiolas de tubo de PVC (20 cm x 20 cm), que tiveram suas paredes internas forradas com papel sulfite que serviu de substrato para oviposição. Na parte superior do tubo foi realizado a cobertura com o tecido tipo *voile*. Já a parte inferior foi colocada em um recipiente com coloração preta de 24 cm x 4 cm. Após 5 dias, o papel sulfite foi retirado para seccionar as partes contendo os ovos de *C. includens* e colocados placas de Petri de 15 cm. Quando as lagartas atingiram o segundo instar, essas foram separadas a cada duas em um pote de plástico de 100 mL com tampa contendo dieta artificial onde foram mantidas até a fase de pupa. Após, as pupas foram retiradas e colocadas em placas de Petri dentro da gaiola, a fim de começar um novo ciclo da criação.

5.2 Óleos essenciais

Os OEs de howood (*C. camphora* var. *linalooliferum*), cânfora-branca (*C. camphora*) e canela-cássia (*C. cassia*) foram extraídos por meio da destilação por arraste a vapor d'água, sendo howood e cânfora-branca extraídos somente da madeira, enquanto o OE de canela-cássia foi extraído das cascas, folhas e talos. Os OEs foram provenientes da China e distribuídos pela Ferquima Indústria e Comércio Ltda, Vargem Grande Paulista – São Paulo, Brasil. Todos os OEs comercializados por esta empresa foram caracterizados quando à composição química (Tabela 1).

Tabela 1. Nome científico, nome INCI, estrutura vegetal utilizada, método de extração e composto majoritário dos óleos essenciais avaliados para *Chrysodeixis includens*.

Nome científico	Nome INCI	Estrutura vegetal utilizada na extração do óleo essencial	Método de extração	Composto majoritário
<i>Cinnamomum camphora</i> var. <i>linalooliferum</i>	Óleo da madeira de Cinnamomum Camphora Linalooliferum	Madeira	Destilação a vapor da madeira	Linalool (98,75%)
<i>Cinnamomum camphora</i>	Óleo da casca de Cinnamomum camphora	Madeira	Destilação a vapor da madeira	1,8-cineol (66,74%)
<i>Cinnamomum cassia</i>	Óleo de Cinnamomum cassia	Cascas, caules e folhas	Destilação a vapor de folhas, cascas e caules	Cinamaldeído (84,21%)

*Informações fornecidas pelo fabricante Ferquima Indústria e Comércio LTDA (www.ferquima.com.br).

5.3 Determinação da CL₅₀ dos OEs via ingestão de dieta tratada

Para determinação das CL₅₀, diferentes concentrações dos OEs foram solubilizadas em solução aquosa de Tween 80 a 1% acrescida de 100 mL de dieta artificial para obtenção de faixas de respostas, ou seja, intervalos de concentração que ocasionassem mortalidade do inseto desde próximo de zero até cerca de 100% (FINNEY, 1971). Para o OE de *C. cassia*, as faixas de respostas foram de 1,0; 0,74; 0,56; 0,34; 0,18 e 0,10 mg.mL⁻¹, enquanto que para os OEs de *C. camphora* e *C. camphora* var. *linalooliferum* as faixas foram de 2,0; 1,12; 0,63; 0,36 e 0,20 mg.mL⁻¹. Os ensaios foram conduzidos em delineamento experimental inteiramente casualizado, com cinquenta repetições por

tratamento, sendo cada repetição constituída por uma lagarta, mantida de individualizada em tudo de vidro, contendo um pedaço de dieta. A testemunha negativa foi composta de cinquenta lagartas com dieta acrescida apenas da solução aquosa de Tween 80 a 1%. A sobrevivência dos insetos foi avaliada diariamente até o quinto dia após a aplicação dos tratamentos.

5.4 Análises estatísticas

Para a determinação das concentrações letais medianas (CL_{50}), os dados foram submetidos à análise de Logit e depois foram submetidos à análise de sobrevivência empregando-se a distribuição de Weibull. O ajuste dos dados a distribuição de Weibull foi verificada através do teste de aderência de Kolmogorov–Smirnov (R Core Team, 2023). Após a seleção do modelo matemático mais adequado por meio da análise de resíduos, foi realizada a análise de contraste para verificar a semelhança entre os tratamentos empregados com objetivo de formação de grupos congêneres. Também foi calculado o tempo letal mediano (TL_{50}) para cada grupo formado.

6. RESULTADOS

O OE de *C. cassia* apresentou uma CL_{50} 3 vezes menor que a CL_{50} do OE de *C. camphora* e 2 vezes menor que a CL_{50} do OE de *C. camphora* var. *linalooliferum*. Ademais, o OE *C. cassia* foi que apresentou os menores valores de CL 25, 50 e 90 em comparação com os demais (Tabela 2).

Tabela 2. Concentrações letais 25, 50 e 90 dos OEs essenciais de *Cinnamomum cassia*, *Cinnamomum camphora* e *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum* para *Chrysodeixis includens*.

Tratamento	N	χ^2	P	*b	*e	CL_{25} (mg. mL ⁻¹)	CL_{50} (mg. mL ⁻¹)	CL_{90} (mg. mL ⁻¹)
<i>C. cassia</i>	50	5,07	0,80	-1,55	25,84	0,13±0,02	0,26±0,03	1,06±0,22
<i>C. camphora</i>	50	6,33	0,60	-2,21	89,79	0,54±0,05	0,90±0,07	2,43±0,37
<i>C. camphora</i> var. <i>linalooliferum</i>	50	4,41	0,75	-1,58	67,89	0,34±0,04	0,68±0,06	2,72±0,58

A análise de sobrevivência após a aplicação do OE de *C. cassia* permitiu a formação de cinco grupos congêneres ($\chi^2 = 218,38$; g.l. = 4; $p < 0,05$). O grupo 1 consistiu do tratamento controle com solução aquosa de Tween 80 a 1%, com TL_{50} superior a 120 h. O grupo 2 foi formado pela concentração de 0,10 mg.mL⁻¹ do OE de *C. cassia* com TL_{50} superior a 120 h, enquanto o grupo 3 foi formado pelas concentrações de 0,18 e 0,34 mg.mL⁻¹ no qual apresentou TL_{50} igual a 115 horas. Com TL_{50} igual a 57 horas, o grupo 4 foi formado pela concentração de 0,56 mg. mL⁻¹ e o grupo 5 obteve uma TL_{50} de 34 horas e foi formado pelas concentrações de 0,74 e 1,0 mg.mL⁻¹ (Figura 1).

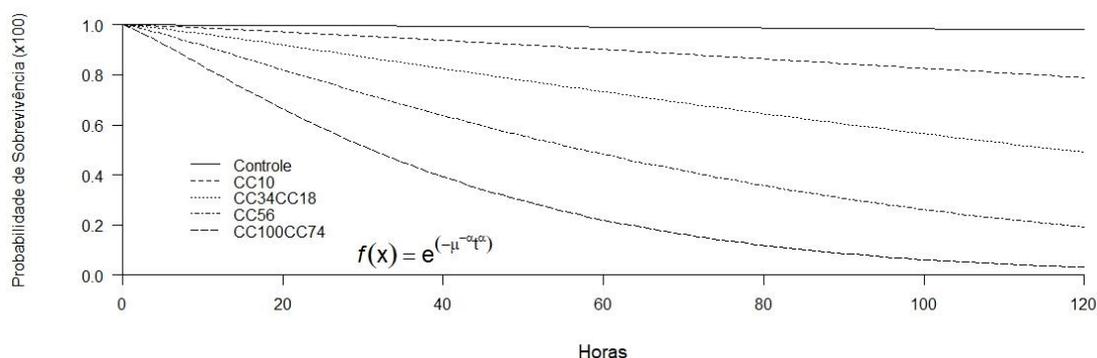


Figura 1. Curvas de sobrevivência de lagartas de segundo instar de *Chrysodeixis includens* alimentadas com dieta artificial contendo diferentes concentrações do OE de *Cinnamomum cassia*. Grupo 1 = controle $f(x) = \exp(-(-3171,62)^{-1,1895} * x^{1,1895})$ ($TL_{50} > 120$ h), Grupo 2 = 0,10 mg.mL⁻¹ $f(x) = \exp(-(-402,86)^{-1,1895} * x^{1,1895})$ ($TL_{50} > 120$ h), Grupo 3 = 0,18 e 0,34 mg.mL⁻¹ $f(x) = \exp(-(-160,02)^{-1,1895} * x^{1,1895})$ ($TL_{50} = 115$ h), Grupo 4 = 0,56 mg.mL⁻¹ $f(x) = \exp(-(-78,30)^{-1,1895} * x^{1,1895})$ ($TL_{50} = 57$ h) e Grupo 5 = 0,74 e 1,0 mg.mL⁻¹ $f(x) = \exp(-(-42,35)^{-1,1895} * x^{1,1895})$ ($TL_{50} = 31$ h).

Para o OE de *C. camphora*, a análise de sobrevivência permitiu a formação de cinco grupos congêneres ($\chi^2 = 159,5$; g.l. = 4; $p < 0,05$). O grupo 1 consistiu do tratamento controle com solução aquosa de Tween 80 a 1%, com TL_{50} superior a 120 h. O grupo 2 foi formado pelas concentrações de 0,20 e 0,36 $mg \cdot mL^{-1}$ do OE de *C. camphora* com TL_{50} superior a 120 h, igualmente o grupo 3 que foi formado apenas pela concentração de 0,63 $mg \cdot mL^{-1}$. Com TL_{50} igual a 87 horas, o grupo 4 foi formado pela concentração de 1,12 $mg \cdot mL^{-1}$ e o grupo 5 obteve uma TL_{50} de 38 horas e foi formado pela concentração de 2,0 $mg \cdot mL^{-1}$ (Figura 2).

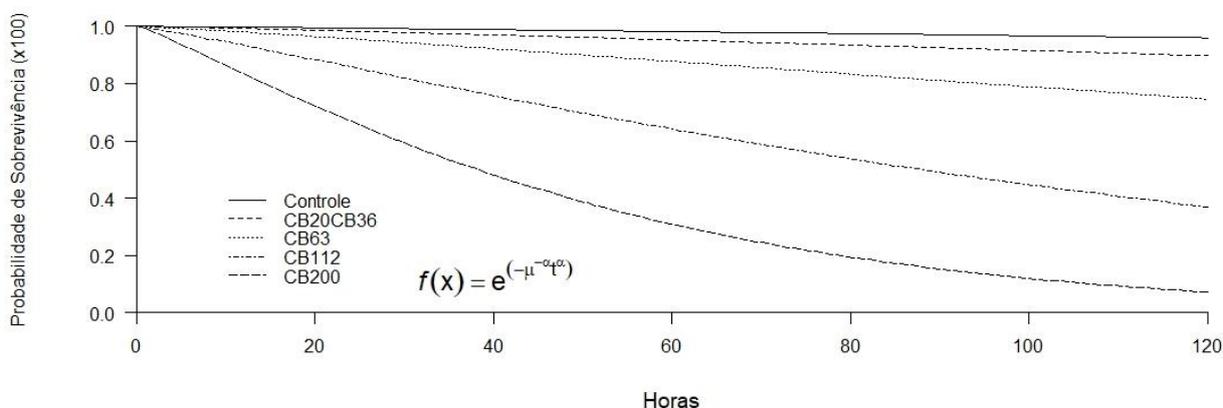


Figura 2. Curvas de sobrevivência de lagartas de segundo instar de *Chrysodeixis includens* alimentadas com dieta artificial contendo diferentes concentrações do OE de *Cinnamomum camphora*. Grupo 1 = controle $f(x) = \exp(-1859,86)^{-1,1628} * x^{1,1628}$ ($TL_{50} > 120$ h), Grupo 2 = 0,20 e 0,36 $mg \cdot mL^{-1}$ $f(x) = \exp(-809,41)^{-1,1628} * x^{1,1628}$ ($TL_{50} > 120$ h), Grupo 3 = 0,63 $mg \cdot mL^{-1}$ $f(x) = \exp(-345,09)^{-1,1628} * x^{1,1628}$ ($TL_{50} > 120$ h), Grupo 4 = 1,12 $mg \cdot mL^{-1}$ $f(x) = \exp(-120,57)^{-1,1628} * x^{1,1628}$ ($TL_{50} = 87$ h) e Grupo 5 = 2,0 $mg \cdot mL^{-1}$ $f(x) = \exp(-52,35)^{-1,1628} * x^{1,1628}$ ($TL_{50} = 38$ h).

Quanto ao OE de *C. camphora* var. *linalooliferum*, a análise de sobrevivência permitiu a formação de cinco grupos congêneres ($\chi^2 = 152,26$; g.l. = 4; $p < 0,05$). O grupo 1 consistiu do tratamento controle com solução aquosa de Tween 80 a 1%, com TL_{50} superior a 120 h. O grupo 2 foi formado pela concentração de 0,20 $mg \cdot mL^{-1}$ do OE de *C. camphora* var. *linalooliferum* com TL_{50} superior a 120 h, igualmente ao grupo 3 que foi formado apenas pela concentração de 0,63 $mg \cdot mL^{-1}$. O grupo 4 foi formado pelas concentrações de 0,63 e 1,12 $mg \cdot mL^{-1}$, o qual apresentou TL_{50} igual a 95 horas e o grupo 5 obteve uma TL_{50} de 26 horas e foi formado pela concentração de 2,0 $mg \cdot mL^{-1}$ (Figura 3).

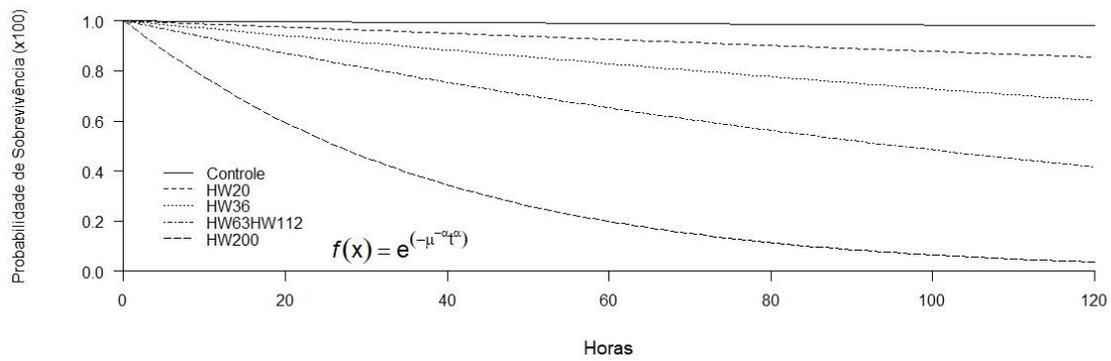


Figura 3. Curvas de sobrevivência de lagartas de segundo instar de *Chrysodeixis includens* alimentadas com dieta artificial contendo diferentes concentrações do OE de *Cinnamomum camphora* var. *linalooliferum*. Grupo 1 = controle $f(x) = \exp(-(5278)^{-1,031} * x^{1,031})$ ($TL_{50} > 120$ h), Grupo 2 = $0,20 \text{ mg.mL}^{-1}$ $f(x) = \exp(-(722,56)^{-1,031} * x^{1,031})$ ($TL_{50} > 120$ h), Grupo 3 = $0,36 \text{ mg.mL}^{-1}$ $f(x) = \exp(-(303,72)^{-1,031} * x^{1,031})$ ($TL_{50} > 120$ h), Grupo 4 = $0,63$ e $1,12 \text{ mg.mL}^{-1}$ $f(x) = \exp(-(136,76)^{-1,031} * x^{1,031})$ ($TL_{50} = 95$ h) e Grupo 5 = $2,0 \text{ mg.mL}^{-1}$ $f(x) = \exp(-(37,7)^{-1,031} * x^{1,031})$ ($TL_{50} = 26$ h).

7. DISCUSSÃO

Desde que se tornou uma praga de importância agrícola, uma das principais formas de controle de *C. includens* são as aplicações com produtos químicos sintéticos, realizando-se até seis aplicações por ciclo da cultura (CONTINI, 2022). Essa espécie tem o hábito de permanecer no terço médio inferior da copa das plantas para se alimentar, favorecendo sua sobrevivência e reprodução. Essas características têm contribuído para o surgimento de populações de *C. includens* resistentes aos principais ingredientes ativos dos grupos químicos dos inibidores da síntese de quitina e piretroides, conforme relatado por STACKE et al. (2020).

Como resultado desses eventos, novas pesquisas estão sendo realizadas para encontrar medidas de controle alternativas para *C. includens*. Nesse contexto, o presente trabalho, até onde se pode buscar, apresenta resultados pioneiros na determinação da CL₅₀ de OEs de *C. cassia*, *C. camphora* var. *linalooliferum* e *C. camphora* por ingestão de dieta tratada para *C. includens*.

A Família Lauraceae tem diferentes espécies produtoras de OEs e esses apresentam compostos responsáveis pela atividade inseticida (LI; KONG; WU, 2013). Os OEs dessa família podem ser obtidos de diferentes partes da planta, OE como casca, folhas, galhos, caules e sementes, indicando maior abundância para a produção de diversos subprodutos (CHEN et al., 2021).

Óleos essenciais de várias plantas conquistaram boa reputação como compostos bioativos contra várias pragas de insetos, destacando-se como uma alternativa segura para o ambiente e a saúde humana. Entre esses OEs eficazes, destacam-se os do gênero *Cinnamomum*, que apresentam ação neurotóxica e fumigante. Quanto à atividade inseticida de contato e de seus metabólitos, estes podem atuar sobre vários alvos moleculares, como a inibição da acetilcolinesterase ou a perturbação das funções do GABA (VITERI et al., 2018).

Na presente pesquisa, foi constatada a menor CL₅₀ para o OE de *C. cassia*. Em estudos anteriores sobre a atividade inseticida de *C. cassia*, observou-se um desempenho positivo, resultando em uma mortalidade de 85,41% para *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Chrysomelidae), considerado uma praga de grãos armazenados (SASIKALA et al., 2019). O cinamaldeído, componente majoritário do OE de *C. cassia*, atua formando bases de Schiff com proteínas presentes na membrana celular, por meio da reação com os grupos carbonílicos livres. Essas bases de Schiff causam danos

às membranas celulares, bloqueando o transporte de substâncias através da membrana plasmática. Além disso, interferem no processo respiratório, levando ao estado de inanição e resultando na morte do inseto (GONZÁLEZ-AGUILAR et al., 2011; JEON et al., 2017).

A variação nas curvas de sobrevivência das lagartas nos diferentes tratamentos evidencia a variação na velocidade de ação dos OEs sobre os insetos. HADDI et al. (2015), em seu trabalho, avaliou o efeito dos OEs de *Cinnamomum verum* J.Presl em cinco concentrações diferentes para *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1885) (Coleoptera: Curculionidae), e constatou que o tempo letal mediano de sobrevivência (TL₅₀) diminuiu drasticamente à medida que a concentração do OE aumentava. Esses resultados corroboram com os do presente trabalho, onde, para as maiores concentrações do OE de *C. cassia*, os TL₅₀ foram inferiores a 48 h.

Para o OE de *C. cassia*, foi observada uma TL₅₀ de 57h na concentração de 0,56 mg.mL⁻¹. Em um estudo realizado por SOUZA et al. (2020), foi constatado que o tempo necessário para eliminar 50% das lagartas de *C. includens* foi de 51h com a concentração de 1.000 mg.L⁻¹ em extrato hexânico de *C. cassia*, evidenciando a diversidade de formas nas quais os OEs podem apresentar potencial inseticida, sendo utilizados como uma alternativa de controle para as pragas da ordem lepidópteros.

O OE de *C. camphora* var. *linalooliferum* tem como composto majoritário o linalool. Corroborando com o presente trabalho, em estudos de VICENÇO et al. (2021), este composto apresentou atividade de repelência e inseticida por meio da ingestão de dieta tratada para *Anticarsia gemmatalis* (Hübner, 1818) (Lepidoptera: Noctuidae). O OE e o composto foram adicionados em diferentes concentrações na dieta artificial, e após 72 horas de exposição, foi determinada a CL₅₀ de 0,632% v/v para o OE e 0,183% v/v para o linalool isolado.

A sobrevivência de *C. includens* após a aplicação do OE de *C. camphora* var. *linalooliferum* na concentração de 2,0 mg.mL⁻¹ apresentou uma TL₅₀ de 26h. Os monoterpenoides, constituintes dos OEs, são metabólitos secundários das plantas e exibem atividade inseticida com propriedades anticolinesterásicas, ou seja, impedem a transmissão dos impulsos nervosos de célula a célula pela acetilcolina (LÓPEZ; PASCUAL-VILLALOBOS, 2010).

As propriedades inseticidas do OE de *Piper aduncum* (L.) (Piperaceae) foram demonstradas em estudos realizados sobre *C. includens*. O trabalho observou o efeito pela ingestão e contato direto sobre as lagartas de terceiro instar. O composto majoritário do OE

de *P. aduncum*, o fenilpropanoide dilapiol (53,6%), apresentou atividade inseticida, resultando em mortalidade de 93% das lagartas de terceiro instar de *C. includens* no tratamento por ingestão, comparado a 73% no tratamento de contato, nas maiores concentrações de 8% e 4%, respectivamente (SANINI et al., 2017).

Na literatura, diversos estudos descreveram o impacto do linalool em relação às pragas de grãos armazenados. Kheloul et al. (2020) observaram que larvas de *Tribolium confusum* (Jaquelin du Val, 1863) (Coleoptera: Tenebrionidae) expostas a esse composto apresentaram baixa taxa de sobrevivência e emergência reduzida de insetos adultos. Kamanula et al. (2017) demonstraram a toxicidade de contato do linalool no gorgulho-do-milho (*Sitophilus zeamais*) (Motschulsky, 1895) (Coleoptera: Curculionidae), resultando em 100% de mortalidade 48 horas após o tratamento dos insetos adultos. Rozman et al. (2007) avaliaram a toxicidade de compostos naturais de Lamiaceae e Lauraceae para insetos de produtos de grãos armazenados, destacando a alta eficácia do linalool sobre *Rhyzopertha dominica* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Bostrichidae), com mortalidade de 100% após 24 horas de exposição ao OE.

No presente trabalho foi constatado um TL_{50} de 57 horas para os insetos alimentados com dieta tratada com o OE de *C. cassia* na concentração de 0,56 mg. mL⁻¹. O estudo de SOUZA (2020) relatou um tempo semelhante de 51 horas para eliminar 50% das lagartas de *C. includens*, realizado por ingestão com a concentração de 1.000 mg.L⁻¹ de extrato etanólico de *Annona mucosa* Jacq. (Annonaceae). Isso evidencia a diversidade de formas em que os produtos botânicos podem apresentar potencial inseticida como alternativa de controle para as pragas da ordem lepidópteros.

No presente estudo, constatou-se que a ingestão de dieta tratada com a concentração de 2,0 mg.mL⁻¹ por lagartas de *C. includens* resultou em uma TL_{50} de 38 horas. ISMAN (2015) constatou em seu trabalho o efeito tóxico do OE de *C. Camphora* sobre pragas agrícolas. Em estudos de SOBHI (2020) observou-se a mortalidade das lagartas de *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833) (Lepidoptera: Noctuidae) após consumirem dieta tratada com o OE de *C. camphora* em diferentes concentrações, indicando alta atividade inseticida e baixo índice antialimentar, além de alterações nos aspectos das lagartas, levando à mortalidade.

O OE de *Ocimum basilicum* (L.) (Lamiaceae), que possui o 1,8-cineol como um de seus constituintes majoritários, demonstrou alta toxicidade para lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) com DL_{50} de 38,21 µg. larva⁻¹, como

observado por BIBIANO et al. (2022). O 1,8-cineol, também encontrado no OE de *C. camphora*, mostrou-se altamente tóxico para pragas de grãos armazenados, conforme relatado por FERROZ (2020) em um estudo sobre *Trogoderma granarium* (Everts, 1898), com concentrações variando de 80 a 480 µg/mL. Esses resultados indicam que esses OEs têm potencial como bioinseticidas para vários insetos-praga.

Cada OE estudado em relação à praga demonstrou diferentes CL₅₀, o que reflete a diversidade na toxicidade dos compostos majoritários e as variáveis associadas à composição química, como método de extração, órgão utilizado, método de cultivo, genótipo, distribuição geográfica, condições climáticas, tipo de solo e níveis de estresse que afetam a fisiologia da planta (GUO et al., 2016). Os compostos químicos presentes nesses bioinseticidas podem causar efeitos negativos na fisiologia do inseto, como repulsão alimentar, bloqueio da síntese de quitina, inibição do crescimento, interferência nos transmissores envolvidos na regulação da ecdise, biossíntese, diminuição da capacidade reprodutiva e redução do peso (SOUZA, VENDRAMIM, 2001; TORRES, BARROS, OLIVEIRA, 2001).

Visto isso, o presente trabalho tende a contribuir com as pesquisas voltadas para a procura de produtos naturais que possam auxiliar no controle de *C. includens*, a fim de se obter bioinseticidas mais tóxicos a praga e menos tóxicos ao meio ambiente, aos seres humanos e aos organismos benéficos, além de futuramente, poderem apresentar um baixo custo para sua produção e para aquisição pelo pequeno e grande produtor.

8. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo indicam uma relação significativa entre as concentrações elevadas de OEs essenciais em dieta artificial e as taxas de mortalidade mais elevadas em *C. includens*. Esses achados indicam claramente o potencial promissor dos OEs como uma ferramenta eficaz no manejo integrado dessa praga. No entanto, é importante ressaltar a necessidade contínua de pesquisas adicionais para otimizar as concentrações ideais de OEs, considerando também os potenciais impactos ambientais e a aplicabilidade em larga escala.

9. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSADPOUR, E.; CAN KARAÇA, A.; FASAMANESH, M.; MAHDAVI, S. A.; SHARIAT-ALAVI, M.; FENG, J., JAFARI, S. M. Application of essential oils as natural biopesticides; recent advances. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1-21, 2023.

BARBOSA, M. S.; GUERRA, M. S.; PEREIRA, F. F.; SILVA, O. H. M. D.; SILVA, I. F. D. Parasitism of *Tetrastichus howardi* (Olliff, 1893) (Hymenoptera: Eulophidae) on *Chrysodeixis includens* (Walker, 1858) (Lepidoptera: Noctuidae) pupae at different ages. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, 2022.

BENMOUSSA, H.; BÉCHOHRA, I.; HE, S.; ELFALLEH, W.; CHAWECH, R. Optimization of sonohydrodistillation and microwave assisted hydrodistillation by response surface methodology for extraction of essential oils from *Cinnamomum cassia* barks. **Industrial Crops and Products**, v. 192, p. 115995, 2023.

BETIM, F. C. M.; OLIVEIRA, C. F. D.; SOUZA, A. M. D.; SZABO, E. M.; ZANIN, S. M. W.; MIGUEL, O. G.; DIAS, J. D. F. G. *Ocotea nutans* (Nees) Mez (Lauraceae): chemical composition, antioxidant capacity and biological properties of essential oil. **Brazilian Journal of Pharmaceutical sciences**, v. 55, p. e18284, 2019.

BIBIANO, C. S.; ALVES, D. S.; FREIRE, B. C.; BERTOLUCCI, S. K. V.; CARVALHO, G. A. Toxicity of essential oils and pure compounds of Lamiaceae species against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and their safety for the nontarget organism *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Crop Protection**, v. 158, p. 106011, 2022.

BUENO, A. D. F.; PANIZZI, A. R.; HUNT, T. E.; DOURADO, P. M.; PITTA, R. M., GONÇALVES, J. Challenges for adoption of integrated pest management (IPM): the soybean example. **Neotropical Entomology**, v. 50, p. 5-20, 2021.

BUSS, N.; RESTELATTO, S. S.; CONTINI, R. E.; BUENO, A. D. F.; BERNARDI, O.; BOFF, M. I. C.; FRANCO, C. R. Comparative susceptibility of *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Erebididae) and *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) to insecticides. **Ciência Rural**, v. 52, p. e20210047, 2022.

CAMPEÃO, P.; SANCHES, A. C.; MACIEL, W. R. E. Mercado Internacional de Commodities: uma análise da participação do Brasil no mercado mundial de soja entre 2008 e 2019. **Desenvolvimento em Questão**, v. 18, n. 51, p. 76-92, 2020.

CANSIAN, R. L.; MOSSI, A. J.; OLIVEIRA, D. D.; TONIAZZO, G.; TREICHEL, H.; PAROUL, N.; SERAFINI, L. A. Antimicrobial and antioxidant activities of ho-sho (*Cinnamomum camphora* var. *Linaloolifera fujita*) essential oil. **Food Science and Technology**, v. 30, p. 378-384, 2010.

CHAU, D. T. M.; CHUNG, N. T.; HUONG, L. T.; HUNG, N. H.; OGUNWANDE, I. A.; DAI, D. N.; SETZER, W. N. Chemical compositions, mosquito larvicidal and

antimicrobial activities of leaf essential oils of eleven species of Lauraceae from Vietnam. **Plants**, v. 9, n. 5, p. 606, 2020.

CHEN, G.; SUN, F.; WANG, S.; WANG, W.; DONG, J.; GAO, F. Enhanced extraction of essential oil from *Cinnamomum cassia* bark by ultrasound assisted hydrodistillation. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, v. 36, p. 38-46, 2021.

CONAB. Acompanhamento da Safra Brasileira. **Boletim da Safra 2023**, Segundo levantamento, p. 70, 2023.

CONTINI, R. E.; FRANCO, C. R.; WILLE, C. L.; LIMA, E. N. Characterization of the resistance of *Chrysodeixis includens* to diamides. **Revista Caatinga**, v. 35, p. 288-298, 2022.

DASSANAYAKE, M. K.; CHONG, C. H.; KHOO, T. J.; FIGIEL, A.; SZUMNY, A.; CHOO, C. M. Synergistic field crop pest management properties of plant-derived essential oils in combination with synthetic pesticides and bioactive molecules: A review. **Foods**, v. 10, n. 9, p. 2016, 2021.

DE FREITAS, S. T. F.; RODRIGUES, A. R. D. S.; ATAÍDES, A. C. C.; DE OLIVEIRA MENINO, G. C.; DE FARIA, G. S.; VITORINO, L. C.; DYSZY, F. H. Inhibitory effects of *Serjania erecta* on the development of *Chrysodeixis includens*. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 14702, 2022.

FARIAS, K. S.; ALVES, F. M.; SANTOS-ZANUNCIO, V. S.; DE SOUSA JR, P. T.; SILVA, D. B.; CAROLLO, C. A. Global distribution of the chemical constituents and antibacterial activity of essential oils in Lauraceae family: A review. **South African Journal of Botany**, v. 155, p. 214-222, 2023.

FEROZ, A. Efficacy and cytotoxic potential of deltamethrin, essential oils of *Cymbopogon citratus* and *Cinnamomum camphora* and their synergistic combinations against stored product pest, *Trogoderma granarium* (Everts). **Journal of Stored Products research**, v. 87, p. 101614, 2020.

FIERASCU, R. C.; FIERASCU, I. C.; DINU-PIRVU, C. E.; FIERASCU, I.; PAUNESCU, A. The application of essential oils as a next-generation of pesticides: Recent developments and future perspectives. **Zeitschrift für Naturforschung C**, v. 75, n. 7-8, p. 183-204, 2020.

FINNEY, D. J. Probit analysis. **Cambridge University Press**. Cambridge, UK, 1971

FU, J. T.; TANG, L.; LI, W. S.; WANG, K.; CHENG, D. M.; ZHANG, Z. X. Fumigant toxicity and repellence activity of camphor essential oil from *Cinnamomum camphora* Siebold against *Solenopsis invicta* workers (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Insect Science**, v. 15, n. 1, p. 129, 2015.

GONZALEZ-AGUILAR, G. A.; AYALA-ZAVALA, J. F.; ALVAREZ-PARRILLA, E.; ROSA, L.; OLIVAS, G. I.; HEREDIA, B.; MUY-RANGEL, M. Natural antimicrobial

compounds to preserve quality and assure safety of fresh horticultural produce. **Natural Antimicrobials in Food Safety and Quality**, p. 277-291, 2011.

GUO, S.; GENG, Z.; ZHANG, W.; LIANG, J.; WANG, C.; DENG, Z.; DU, S. The chemical composition of essential oils from *Cinnamomum camphora* and their insecticidal activity against the stored product pests. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 17, n. 11, p. 1836, 2016.

HADDI, K.; OLIVEIRA, E. E.; FARONI, L. R.; GUEDES, D. C.; MIRANDA, N. Sublethal exposure to clove and cinnamon essential oils induces hormetic-like responses and disturbs behavioral and respiratory responses in *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 6, p. 2815-2822, 2015.

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

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

IVĂNESCU, B.; BURLEC, A. F.; CRIVOI, F.; ROȘU, C.; CORCIOVĂ, A. Secondary metabolites from *Artemisia* genus as biopesticides and innovative nano-based application strategies. **Molecules**, v. 26, n. 10, p. 3061, 2021.

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.

JÚNIOR, J. J. A.; DA CUNHA, T. B.; DE ALMEIDA, E. V.; CARNEIRO, A. O. T.; FERREIRA, M. C.; SANTOS, L. J. S. Use of photosynthesis inducer in soybean culture (*Glycine max* L) implemented in the southwest of Goiás. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 4, p. 30040-30050, 2022.

KAMANULA, J. F.; BELMAIN, S. R.; HALL, D. R.; FARMAN, D. I.; GOYDER, D. J.; MVUMI, B. M.; STEVENSON, P. C. Chemical variation and insecticidal activity of *Lippia javanica* (Burm. f.) Spreng essential oil against *Sitophilus zeamais* Motschulsky. **Industrial Crops and Products**, v. 110, p. 75-82, 2017.

KHELOUL, L.; ANTON, S.; GADENNE, C.; KELLOUCHE, A. Fumigant toxicity of *Lavandula spica* essential oil and linalool on different life stages of *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 23, n. 2, p. 320-326, 2020.

KUMAR, S.; MAHAPATRO, G. K.; YADAV, D. K.; TRIPATHI, K.; KOLI, P.; KAUSHIK, P.; NEBAPURE, S. Essential oils as green pesticides: An overview. **Indian J. Agric. Sci**, v. 92, n. 11, p. 1298-1305, 2022.

LEE, S. H.; KIM, D. S.; PARK, S. H.; PARK, H. Phytochemistry and applications of *Cinnamomum camphora* essential oils. **Molecules**, v. 27, n. 9, p. 2695, 2022.

LIN, F.; CHHAPEKAR, S. S.; VIEIRA, C. C.; DA SILVA, M. P.; ROJAS, A.; LEE, D.; NGUYEN, H. T. Breeding for disease resistance in soybean: a global perspective. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 135, n. 11, p. 3773-3872, 2022.

LI, Y. Q.; KONG, D. X.; WU, H. Analysis and evaluation of essential oil components of cinnamon barks using GC–MS and FTIR spectroscopy. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 269-278, 2013.

LIU, S.; ZHANG, M.; FENG, F.; TIAN, Z. Toward a “green revolution” for soybean. **Molecular Plant**, v. 13, n. 5, p. 688-697, 2020.

LUCIA, A.; GUZMÁN, E. Emulsions containing essential oils, their components or volatile semiochemicals as promising tools for insect pest and pathogen management. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 287, p. 102330, 2021.

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.

MORANDO, R.; BALDIN, E. L. L.; CRUZ, P. L.; LOURENÇÃO, A. L. Assessing common bean cultivars for resistance to the soybean looper *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v. 46, p. 561-570, 2017.

NUNES, N. R.; FERREIRA, F.; THIESEN, L. V.; CORASSA, J. N.; PITTA, R. Linha básica de suscetibilidade de *Chrysodeixis includens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae) a benzoato de emamectina. **Entomological Communications**, v. 1, p. ec01015, 2019.

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P.; PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. Bioecology and insect nutrition as a basis for integrated pest management. **Insect Bioecology and Nutrition: Basis for Integrated Pest Management**. Londrina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, p. 1107-39, 2009.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: **R Foundation for Statistical Computing**, 2023. Disponível em:< <http://www.r-project.org/>>.

RASHEED, A.; RAZA, A.; JIE, H.; MAHMOOD, A.; MA, Y.; ZHAO, L.; JIE, Y. Molecular tools and their applications in developing salt-tolerant soybean (*Glycine max* L.) cultivars. **Bioengineering**, v. 9, n. 10, p. 495, 2022.

RAVEAU, R.; FONTAINE, J.; LOUNÈS-HADJ SAHRAOUI, A. Essential oils as potential alternative biocontrol products against plant pathogens and weeds: A review. **Foods**, v. 9, n. 3, p. 365, 2020.

SANINI, C.; MASSAROLLI, A.; KRINSKI, D.; BUTNARIU, A. R. Essential oil of spiked pepper, *Piper aduncum* L. (Piperaceae), for the control of caterpillar soybean looper, *Chrysodeixis includens* Walker (Lepidoptera: Noctuidae). **Brazilian Journal of Botany**, v. 40, p. 399-404, 2017.

SANTOS, A. C.; ARAÚJO, A. P. A.; DANTAS, J. O.; SILVA, J. E.; PINHEIRO, A. M.; ANDRADE, V. S.; BACCI, L. Alternative hosts can affect the development, reproduction, and demographic parameters of *Chrysodeixis includens*. **Arthropod-Plant Interactions**, p. 1-11, 2023.

SANTOS, N. C.; SILVA, J. E. D.; SANTOS, A. C. C.; DANTAS, J. D. O.; TAVARES, S. R. S. A.; ANDRADE, V. S.; BACCI, L. Bioactivity of essential oils from *Croton grewioi* des and its major compounds: toxicity to soybean looper *Chrysodeixis includens* and selectivity to the predatory stink bug *Podisus nigrispinus*. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 7, p. 18798-18809, 2023.

SASIKALA, J.; NARENDIRAN, N. J.; PACKIAM, S. M.; ELUMALAI, K. Insecticidal activity of syzygium aromaticum and cinnamomum cassia plant volatile oil against the pulse beetle, *callosobruchus maculatus* [Fabricius] [Coleoptera: Chrysomelidae]. **Uttar Pradesh Journal of Zoology**, v. 39, n. 3, p. 96-105, 2019.

SILVA, C. S. Historical and contemporary population dynamics of *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. 2020. Tese de Doutorado. Ph. D. Dissertation, **Universidade De São Paulo, Escola Superior De Agricultura “luiz De Queiroz” (ESALQ-USP)**.

SILVA, C. S.; CORDEIRO, E. M.; DE PAIVA, J. B.; DOURADO, P. M.; CARVALHO, R. A.; HEAD, G.; CORREA, A. S. Population expansion and genomic adaptation to agricultural environments of the soybean looper, *Chrysodeixis includens*. **Evolutionary Applications**, v. 13, n. 8, p. 2071-2085, 2020.

SOARES, J. R. S.; DA SILVA, R. S.; RAMOS, R. S.; PICANÇO, M. C. Distribution and invasion risk assessments of *Chrysodeixis includens* (Walker, [1858]) (Lepidoptera: Noctuidae) using CLIMEX. **International Journal of Biometeorology**, v. 65, p. 1137-1149, 2021

SOBHI, A. S. Some Toxicological and Physiological Aspects Induced by Camphor oil, *Cinnamomum camphora* on the Cotton Leafworm, *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). **Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, F. Toxicology and Pest Control**, v. 12, n. 2, p. 63-73, 2020.

SOUZA, A. P. D.; VENDRAMIM, J. D. Atividade inseticida de extratos aquosos de meliáceas sobre a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Genn.) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 133-137, 2001.

SOUZA, C. M. D. Bioatividade do extrato etanólico de sementes de *Annona mucosa* Jacq. sobre *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Erebidae), 2020.

STACKE, R. F.; GODOY, D. N.; HALBERSTADT, S. A.; BRONZATTO, E. S.; GIACOMELLI, T.; HETTWER, B. L.; BERNARDI, O. Inheritance of lambda-cyhalothrin resistance, fitness costs and cross-resistance to other pyrethroids in soybean looper, *Chrysodeixis includens* (Lepidoptera: Noctuidae). **Crop Protection**, v. 131, p. 105096, 2020.

ROZMAN, V.; KALINOVIC, I.; KORUNIC, Z. Toxicity of naturally occurring compounds of Lamiaceae and Lauraceae to three stored-product insects. **Journal of Stored Products Research**, v. 43, n. 4, p. 349-355, 2007.

TETILA, E. C.; MACHADO, B. B.; ASTOLFI, G.; DE SOUZA BELETE, N. A.; AMORIM, W. P.; ROEL, A. R.; PISTORI, H. Detection and classification of soybean pests using deep learning with UAV images. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 179, p. 105836, 2020.

TORRES, A. L.; BARROS, R.; OLIVEIRA, J. V. D. Effects of plant aqueous extracts on the development of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 151-156, 2001.

TOGASHI, A.; OIKAWA, S. Shimpei. Leaf productivity and persistence have been improved during soybean (*Glycine max*) domestication and evolution. **Journal of Plant Research**, v. 134, p. 223-233, 2021.

VITERI JUMBO, L. O.; HADDI, K.; FARONI, L. R. D.; HELENO, F. F.; PINTO, F. G., OLIVEIRA, E. E. Toxicity to, oviposition and population growth impairments of *Callosobruchus maculatus* exposed to clove and cinnamon essential oils. **PloS One**, v. 13, n. 11, p. e0207618, 2018.

VICENÇO, C. B.; SILVESTRE, W. P.; LIMA, T. S.; PAULETTI, G. F. Insecticidal activity of *Cinnamomum camphora* Ness and Eberm var. *linaloolifera* Fujita leaf essential oil and linalool against *Anticarsia gemmatalis*. **Journal of Essential Oil Research**, v. 33, n. 6, p. 601-609, 2021.

VICENÇO, C. B.; SILVESTRE, W. P.; PAULETTI, G. F.; DE BARROS, N. M.; SCHWAMBACH, J. *Cinnamomum camphora* var. *linaloolifera* essential oil on pest control: Its effect on *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e45710716216-e45710716216, 2021.

WANG, Y.; ZHANG, L. T.; FENG, Y. X.; ZHANG, D.; GUO, S. S.; PANG, X.; DU, S. S. Comparative evaluation of the chemical composition and bioactivities of essential oils from four spice plants (Lauraceae) against stored-product insects. **Industrial Crops and Products**, v. 140, p. 111640, 2019.

WERRIE, P. Y.; DURENNE, B.; DELAPLACE, P.; FAUCONNIER, M. L. Phytotoxicity of essential oils: Opportunities and constraints for the development of biopesticides. A review. **Foods**, v. 9, n. 9, p. 1291, 2020.

ZHANG, C.; FAN, L.; FAN, S.; WANG, J.; LUO, T.; TANG, Y.; YU, L. *Cinnamomum cassia* Presl: A review of its traditional uses, phytochemistry, pharmacology and toxicology. **Molecules**, v. 24, n. 19, p. 3473, 2019.

ZHANG, H.; HUANG, T.; LIAO, X.; ZHOU, Y.; CHEN, S.; CHEN, J.; XIONG, W. Extraction of Camphor Tree Essential Oil by Steam Distillation and Supercritical CO₂ Extraction. **Molecules**, v. 27, n. 17, p. 5385, 2022.