



**MARIANE FAGUNDES PEREIRA**

**BIOATIVIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Citrus aurantifolia* E *Cinnamomum camphora* PARA *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

**LAVRAS – MG**

**2021**

**MARIANE FAGUNDES PEREIRA**

**BIOATIVIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Citrus aurantifolia* E  
*Cinnamomum camphora* PARA *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797)  
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Geraldo Andrade Carvalho  
Orientador

M.<sup>a</sup> Brenda Carolina Freire  
Coorientadora

**LAVRAS – MG**

**2021**

*À Deus pelo dom da vida.  
Aos meus pais Lúcia e Vander, minhas irmãs, namorado, amigos e professores pelo  
apoio e incentivo em todas as etapas dessa minha caminhada.*

***Dedico***

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus pela oportunidade de estar vivendo este momento, pelas bênçãos recebidas a todo instante e principalmente por ter pessoas tão especiais ao meu lado.

Agradeço aos meus pais, Lúcia e Vander, por sempre me apoiarem em todas minhas decisões e estarem ao meu lado em todos os momentos me incentivando com tanto carinho e amor.

À minha irmã, Letícia, pelo incentivo, conselhos e ajuda que me ofereceu nessa minha jornada. Minha irmã, Vanessa, pela amizade, companheirismo e por sempre estar do meu lado me ouvindo.

Aos meus avós pelos exemplos recebidos e por estarem sempre intercedendo por mim em suas orações.

Agradeço ao meu namorado, João Henrique, por me encorajar em todos meus momentos de desânimo.

Agradeço a todos meus familiares e amigos por sempre torcerem pelo meu sucesso.

A todos professores que agregaram essa minha jornada, em especial ao meu orientador Geraldo Andrade Carvalho por todos ensinamentos que me foram passados.

Agradeço imensamente à minha coorientadora Brenda Carolina Freire, pelos ensinamentos, paciência e dedicação.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Laboratório de Ecotoxicologia e Manejo Integrado de Pragas, que mesmo por pouco tempo pude conhecer pessoas brilhantes.

**Muito obrigada!**

## RESUMO

O milho se destaca como uma importante *commoditie* mundial, entretanto, a produtividade pode ser afetada pelo ataque de inúmeros artrópodes-praga, com destaque para a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuide). A *S. frugiperda* é uma praga polífaga que pode acometer tanto a produção de milho quanto de outras culturas. Para o seu controle têm sido realizadas múltiplas aplicações de inseticidas sintéticos, porém, o uso indiscriminado pode causar contaminação ambiental e selecionar populações resistentes dessa praga. O uso de óleos essenciais oriundos de plantas pode ser uma alternativa segura para o controle da lagarta-do-cartucho, visto que apresentam baixo período residual na lavoura em comparação aos inseticidas convencionais, e podem atuar em diferentes mecanismos de ação, evitando-se a evolução da resistência. O objetivo deste trabalho foi avaliar a ação inseticida de óleos essenciais no controle de *S. frugiperda*. Os óleos essenciais utilizados foram de plantas de lima (*Citrus aurantifolia*) (Rutaceae) e de cânfora-branca (*Cinnamomum camphora*) (Lauraceae) nas concentrações de 1 e 5 mg/mL; acetona PA foi utilizada como controle negativo. Foram utilizadas lagartas de *S. frugiperda* com 72 horas de idade por tratamento, sendo considerada uma lagarta por repetição, totalizando 60 lagartas em delineamento inteiramente casualizado. Foi aplicado 1 µL da solução no dorso de cada lagarta e, em seguida, foram individualizadas em tubos de vidro contendo um pedaço de dieta artificial. Avaliou-se a mortalidade das lagartas durante a fase larval e a fecundidade das fêmeas. Concluiu-se que as maiores concentrações dos óleos essenciais de *C. aurantifolia* e *C. camphora* reduzem a sobrevivência e fecundidade de *S. frugiperda*.

**Palavras-chave:** *Zea mays*, Lagarta-do-cartucho do milho, óleos essenciais, manejo.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>HIPÓTESES</b> .....	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1</b>	<b>Cultura do milho</b> .....	<b>11</b>
<b>4.2</b>	<b><i>Spodoptera frugiperda</i></b> .....	<b>12</b>
<b>4.3</b>	<b>Óleos essenciais</b> .....	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>15</b>
<b>5.1</b>	<b>Insetos</b> .....	<b>15</b>
<b>5.2</b>	<b>Avaliação da toxicidade dos óleos para <i>S. frugiperda</i></b> .....	<b>15</b>
<b>5.3</b>	<b>Análises estatísticas</b> .....	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>RESULTADO E DISCUSSÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>22</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>23</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.), pertence à família Poaceae, apresenta ciclo anual e tem grande adaptação às variações ambientais (SILVA et al., 2020). O milho é uma das culturas mais importantes no Brasil, pois além de possuir alta relevância econômica, possui grande variação de utilização em função de suas características e composição nutricional, que inclui a presença de quantidades relevantes de amido, proteínas e gorduras. O milho pode ser usado para o consumo humano e animal, e como matéria-prima para produção de biocombustíveis (CORDEIRO et al., 2021; RIBEIRO et al.; 2021).

Apesar da grande importância da cultura do milho, existem fatores bióticos e abióticos que afetam a sua produção. A espécie *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) pode ocorrer durante o ano todo e atacar plantas de milho desde o estágio vegetativo até a fase reprodutiva, diminuindo drasticamente a produtividade da cultura, sendo considerada uma praga-chave (BUSATO et al., 2005). É um inseto-praga migratório, polífono, com alta capacidade reprodutiva e é capaz de suportar condições ambientais extremas por longos períodos (HORIKOSHI et al., 2021).

Para o controle populacional dessa praga, o método mais utilizado é o controle químico, por meio de inseticidas sintéticos pertencentes aos grupos químicos organofosforados. Entretanto, o uso inadequado de produtos químicos pode favorecer a seleção de populações resistentes e diminuir populações de inimigos naturais, além de aumentar os riscos de contaminação ambiental. Com isso, a busca por novas moléculas, com maior eficiência e menor risco, está cada vez mais acentuada. Neste contexto, os óleos essenciais de plantas podem ser uma alternativa a ser estudada visando ao controle de artrópodes pragas (SOMBRA et al., 2020).

Os óleos essenciais são metabólitos secundários encontrados em plantas aromáticas, obtidos tanto por destilação a vapor como por hidrodestilação, e podem ser feitos a partir de folhas, flores, frutas, sementes e raízes. Eles são usados em diversas áreas como indústrias farmacêutica, agrônômica, alimentícia, sanitária e em perfumes e cosméticos (BAKKALI et al., 2008; LAMMARI et al., 2021). Esses óleos são uma ferramenta promissora no controle de insetos pragas, além de frequentemente serem menos tóxicos para os inimigos naturais, com isso, vem chamando atenção para sua atividade inseticida

As vantagens dos óleos essenciais na indústria agronômica para o controle de insetos pragas são: sua baixa permanência no solo, baixa toxicidade e possuem diferentes mecanismos de ação, diminuindo assim as chances de seleção de organismos resistentes (CHAUDHARI et al., 2021; SHENG et al., 2020).

Em função dos efeitos indesejáveis provocados por compostos sintéticos ao ambiente, pesquisas que busquem alternativas de controle de organismos pragas devem ser estimuladas. Desta forma, estudos com óleos essenciais de plantas devem ser realizados para determinação do potencial inseticida contra *S. frugiperda*. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o potencial dos óleos essenciais de lima (*Citrus aurantifolia*) (Rutaceae) e cânfora-branca (*Cinnamomum camphora*) (Lauraceae) no controle de *S. frugiperda*.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a toxicidade dos óleos essenciais de *C. aurantifolia* e *C. camphora* sobre a *S. frugiperda*.

### **2.1 Objetivos específicos**

- a) Avaliar a mortalidade das lagartas de *S. frugiperda* durante a fase larval após serem submetidas à aplicação tópica dos óleos essenciais de *C. aurantifolia* e *C. camphora*;
- b) Avaliar a fecundidade de *S. frugiperda* oriundas de lagartas submetidas à aplicação tópica dos óleos essenciais de *C. aurantifolia* e *C. camphora*.

### 3 HIPÓTESES

- a) Os óleos essenciais de *C. aurantifolia* e *C. camphora* reduzem a sobrevivência das lagartas de *S. frugiperda*;
- b) Os óleos essenciais de *C. aurantifolia* e *C. camphora* diminuem a fecundidade de *S. frugiperda*.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.), pertencente à família Poaceae se destaca pela extensa área de cultivo mundial, com uma produção anual de 1.122,2 bilhão de toneladas na safra 2018/2019 (USDA, 2019). O milho é uma das culturas mais importantes no Brasil, sendo a segunda maior produção agrícola do país, com uma estimativa de 100,6 milhões de toneladas na safra 2019/2020 e um área de plantio de 18,4 milhões de hectares (CORDEIRO et al., 2021). Apresenta ciclo anual e capacidade de adaptação a várias condições ambientais (SILVA et al., 2020).

O aumento da produção brasileira de milho possibilitou que o país se tornasse exportador a partir da safra 2000/2001, contribuindo com a economia do país. Entretanto, o aumento da produtividade, aliado ao cultivo sucessivo da cultura, favoreceu o aumento de problemas relacionados ao ataque de pragas (BOGORNÍ et al., 2005). Verifica-se que a cultura do milho pode acondicionar diversas espécies de artrópodes-pragas, os quais podem ocasionar diversos danos às plantas, como ferimentos, transmissão de doenças e a redução da produção. Dentre esses insetos, destacam-se a cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*); o pulgão-da-folha do milho (*Rhopalosiphum maidis*); a lagarta-da-espiga do milho (*Helicoverpa zea*) e a lagarta-do-cartucho *S. frugiperda* (RIBEIRO et al., 2021).

A *S. frugiperda* é considerada praga-chave do milho e apresenta vasta distribuição geográfica. No Brasil, ocorre durante todo o ano, causando danos nos estádios de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do milho. Dentre os métodos para reduzir as populações de *S. frugiperda*, o controle químico ainda é o mais utilizado, com amplo número de inseticidas registrados; entretanto, a utilização inadequada dessa tecnologia aumenta os riscos de contaminação ambiental, elevando os custos de produção e muitas vezes não apresenta controle satisfatório (BUSATO et al., 2005).

Desta forma, vem crescendo o interesse no desenvolvimento de outras tecnologias de controle para a *S. frugiperda*, que ocasionem menor impacto ao ambiente, visto o crescente interesse por produtos orgânicos, livres de produtos químicos e que venham contribuir com a agricultura regenerativa (KRINSKI et al., 2014). Uma alternativa que desperta o interesse dos pesquisadores é o estudo com óleos essenciais de plantas, visto que podem ser mais seguros para o homem e para o meio

ambiente, além de serem mais seletivos aos inimigos naturais e possuírem diferentes mecanismos de ação (CHAUDHARI et al., 2021; SHENG et al., 2020).

#### 4.2 *Spodoptera frugiperda*

A *S. frugiperda* é um artrópode originário do hemisfério ocidental, se apresenta como uma ameaça à cultura do milho, mas também pode prejudicar a produção de outras culturas economicamente importantes, como sorgo (*Sorghum bicolor*), arroz (*Oryza sativa*), algodão (*Gossypium hirsutum*), alfafa (*Medicago sativa*) e gramíneas forrageiras (Poaceae) (CLARK et al., 2007).

A lagarta-do-cartucho é considerada umas das principais pragas do milho, de forma que a cultura pode ser afetada desde as mudas até a formação das espigas devido à alta adaptabilidade do inseto (SANTOS et al., 2016). O ataque das lagartas de *S. frugiperda* nas folhas de milho pode resultar em completa desfolha. Quando atacam a espiga, podem facilitar a entrada de outras pragas e patógenos que podem intensificar os danos aos grãos (BERNARDI et al., 2016).

Para controle da *S. frugiperda*, estudos têm sido realizados buscando as melhores medidas para uso em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP), tais como monitoramento, identificação correta da espécie em campo, utilização de controle biológico, método comportamental, resistência de plantas e produtos químicos menos impactantes ao ambiente. Entretanto, atualmente o método químico ainda é o mais usado, podendo causar efeitos indesejáveis ao ambiente e ao próprio homem, além da seleção de populações resistentes e eliminação de inimigos naturais em agroecossistemas (SHU et al., 2021).

Para evitar a seleção de populações resistentes é necessário realizar rotação de produtos químicos com diferentes modos de ação, além do uso de inseticidas específicos para cada um dos estádios de desenvolvimento da praga; entretanto, isto não tem sido realizado e como resultado, há ineficiência de controle de *S. frugiperda* (SILVA et al., 2017). Além disso, têm sido relatados outros efeitos adversos com o uso de inseticidas sintéticos, como mudanças de comportamento das pragas e redução das populações de insetos que atuam como agentes de controle biológico. Assim, a utilização de programas de MIP com a utilização de inseticidas seletivos torna-se necessária para uma agricultura produtiva e sustentável (LIMA et al., 2020).

Visando contornar esses problemas, alternativas ao uso de inseticidas sintéticos para o controle de *S. frugiperda* devem ser avaliadas. Neste contexto, produtos oriundos de plantas têm sido estudados quanto à sua ação bioinseticida, visto que podem produzir grande variedade de metabólitos secundários capazes de atuar como mecanismo de defesa contra insetos e patógenos em seus ambientes naturais (VILLAFANE et al., 2011). Dentre esses metabólitos estão os óleos essenciais, que apresentam toxicidade a inúmeras pragas, podendo também ter ação repelente, potencial de reduzir a oviposição e a alimentação de insetos, além da possibilidade em ser mais seletivos a inimigos naturais quando comparados aos inseticidas sintéticos (LIMA et al., 2020; LIMA et al., 2009).

### 4.3 Óleos essenciais

Os óleos essenciais são metabólitos secundários comumente encontrados em plantas aromáticas. Podem ser descritos como frações altamente voláteis, lipofílicas, normalmente odoríferas, límpidas, lipossolúveis e solúveis em solventes orgânicos. Com relação à composição, os óleos essenciais se caracterizam por ser uma mistura complexa, contendo cerca de 20 a 60 compostos em concentrações distintas, sendo que dois ou três desses compostos se encontram em maior concentração (BAKKALI et al., 2008; LAMMARI et al., 2021).

A obtenção desses óleos pode ocorrer por diferentes métodos, via destilação a vapor ou de hidrodestilação a partir de diversas partes das plantas, como folhas, flores, frutas, sementes e raízes. Os óleos são conhecidos há bastante tempo e empregados desde a idade média pelos árabes como antibacterianos e fragrâncias. Atualmente, cerca de 3000 óleos essenciais são conhecidos, dos quais, 300 apresentam importância comercial em diversas áreas, com destaque para as indústrias farmacêutica, agrônômica, alimentícia, sanitária, de perfumaria e cosmética (BAKKALI et al., 2008; LAMMARI et al., 2021). Isso se deve ao seu amplo espectro de ação em função de sua natureza complexa, o que faz com que apresentem atividades antibacterianas, antiviral, antifúngica e, também, ação inseticida (FERNANDES et al., 2020).

Na indústria agrônômica, os óleos essenciais podem ser uma alternativa mais segura, visto que a sua persistência no ambiente é extremamente baixa frente aos inseticidas sintéticos e pode apresentar baixa toxicidade ao ambiente. Além disso, os óleos essenciais apresentam diferentes mecanismos de ação, podem ser produzidos em

larga escala e apresentarem origem renovável por serem obtidos de plantas. Outra grande vantagem da aplicação dos óleos essenciais como inseticidas é o fato de apresentarem baixa capacidade de seleção de populações de insetos resistentes por serem uma mistura de inúmeros compostos. Essa mistura é a responsável por causar a toxicidade aos insetos, podendo atuar na fisiologia e em processos bioquímicos (CHAUDHARI et al., 2021; SHENG et al., 2020).

Por serem lipofílicos, os óleos essenciais podem atravessar facilmente pela membrana celular, atuando nas funções bioquímicas, fisiológicas e comportamentais dos organismos, atuando em diferentes sistemas corporais dos insetos. Assim, pode atuar em sistemas nervoso e digestivo, no desenvolvimento, na oviposição, nos canais iônicos e em algumas enzimas importantes (SARMA et al, 2019).

Dentre as plantas das quais pode-se obter os óleos essenciais, as do gênero *Citrus* e pertencentes à família Rutaceae se destacam por apresentarem inúmeras glândulas onde são produzidos os óleos essenciais. Os óleos essenciais se caracterizam como uma mistura de diversos componentes, como hidrocarbonetos terpênicos, compostos oxigenados e resíduos não voláteis. Esses compostos atuam como componentes ativos, possibilitando que atuem de diversas formas. Diante disso, muitas plantas desse gênero são exploradas comercialmente para obtenção dos óleos essenciais que podem apresentar diversas aplicações, dentre as quais, aplicações como inseticidas. Assim, pode-se mencionar o uso dos óleos essenciais obtidos de *Citrus aurantifolia*, popularmente conhecida como lima, para essas aplicações (LIN et al., 2019; SARMA et al., 2019).

A partir das plantas do gênero *Cinnamomum* também é possível obter óleos essenciais que possuem atividade biológica. Essas plantas pertencem à família Lauraceae, que contém cerca de 350 espécies. *Cinnamomum camphora*, popularmente conhecida como cânfora-branca, produz óleos essenciais que apresentam atividades antimicrobiana, antioxidante e inseticida (XU et al., 2020). Referente à sua composição, o linalol é o composto predominante no óleo essencial da cânfora, o qual é um monoterpene oxigenado conhecido por apresentar efeito repelente para insetos e atividade inseticida. Nesse sentido, esse óleo essencial pode apresentar grande potencial para o controle de *S. frugiperda* (VICENÇO et al., 2021).

Diante do exposto, buscando alternativas aos inseticidas sintéticos, o uso de óleos essenciais de *C. aurantifolia* e de *C. camphora* deve ser explorando para controle efetivo da *S. frugiperda*.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Insetos

Para a realização dos experimentos foram utilizadas lagartas de *S. frugiperda* com 72 horas de idade alimentadas com dieta artificial proposta por Greene et al. (1976), e provenientes da segunda oviposição de espécimes criadas na Laboratório de Ecotoxicologia e Manejo Integrado de Pragas (LEMIP), sob condições ambientais controladas ( $25 \pm 2$  °C,  $70 \pm 10\%$  UR e fotofase de 12 horas). Os adultos foram alimentados com solução aquosa de mel (0,1 mL/mL).

### 5.2 Avaliação da toxicidade dos óleos para *S. frugiperda*

Os óleos essenciais de lima (*C. aurantifolia*) e cânfora-branca (*C. camphora*) foram obtidos na empresa Ferquima Indústria e Comércio LTDA. Os óleos foram diluídos em acetona P.A. na concentração de 1 e 5 mg/mL. O controle negativo foi somente com acetona. Cada tratamento consistiu em 60 repetições, sendo cada uma formada de uma lagarta com 72 horas de idade. Foi aplicado 1 $\mu$ L da solução do respectivo tratamento no dorso de cada lagarta e, em seguida, foram acondicionadas individualmente em um tubo de vidro (8 cm x 1,5 cm) contendo um pedaço de dieta artificial. A aplicação dos tratamentos foi realizada com o uso de microseringa Hamilton<sup>®</sup>.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado e mantido em condições laboratoriais controladas (temperatura de  $25 \pm 2$ °C, UR  $60 \pm 10\%$  e fotofase de 12h). Foram avaliados a mortalidade das lagartas durante a fase larval e a fecundidade das fêmeas. Para avaliar a fecundidade, após a emergência dos adultos foram formados 10 casais por tratamento, acomodados em gaiolas de PVC (10 cm x 10 cm) tampadas com tecido *voile*, onde foram alimentados com uma solução de água e mel (10%). Diariamente foi contabilizado o número de ovos depositados por cada casal durante 6 dias.

### 5.3 Análises estatísticas

Os dados obtidos pelo experimento foram ajustados a um modelo linear generalizado (GLM- Família quasibinomial ou poisson), e as médias foram comparadas

por análise de contraste ( $p < 0,05$ ). Todas as análises foram feitas por meio do programa estatístico R (R CORE TEAM, 2015).

## 6 RESULTADO E DISCUSSÃO

As maiores concentrações dos óleos essenciais de *C. aurantifolia* e *C. camphora* causaram 48,3 e 40% de mortalidade de lagartas de *S. frugiperda*, enquanto os demais tratamentos não causaram letalidade (Tabela 1).

**Tabela 1** – Mortalidade das lagartas de *Spodoptera frugiperda* durante a fase larval após aplicação tópica dos compostos.

Tratamento	Mortalidade larval (%)
Acetona	0,0 ± 0,0 b
<i>Citrus aurantifolia</i> 1 mg/ml	0,0 ± 0,0 b
<i>Citrus aurantifolia</i> 5 mg/ml	48,3 ± 0,6 a
<i>Cinnamomum camphora</i> 1mg/ml	0,0 ± 0,0 b
<i>Cinnamomum camphora</i> 5 mg/ml	40 ± 0,6 a
<i>p</i>	<0,05
<i>F</i>	71,235
<i>D.F.</i>	4

\* Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey ( $p>0,05$ ) (GLM- Família quasipoisson).

A fecundidade dos insetos foi afetada negativamente por ambas concentrações (1 e 5 mg/ml) dos óleos de *C. aurantifolia* e *C. camphora*, sendo que a menor fecundidade foi observada no tratamento à base de óleo de *C. camphora* a 1% (Tabela 2).

**Tabela 2** – Fecundidade média das fêmeas de *Spodoptera frugiperda* oriundas de lagartas que foram tratadas via aplicação tópica dos compostos.

Tratamento	Fecundidade média
Acetona	267,2 ± 65,7 a
<i>Citrus aurantifolia</i> 1 mg/ml	170,8 ± 35,1 c
<i>Citrus aurantifolia</i> 5 mg/ml	166,1 ± 19,1 d
<i>Cinnamomum camphora</i> 1mg/ml	140,0 ± 32,1 e
<i>Cinnamomum camphora</i> 5 mg/ml	173,0 ± 0,6 b
<i>p</i>	<0,05
<i>F</i>	3214
<i>D.F.</i>	4

\* Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem entre si de acordo com o teste de Tukey ( $p<0,05$ ) (GLM- Família poisson).

Vários trabalhos demonstraram o potencial de óleos essenciais no controle de artrópodes. Por exemplo, Nascimento (2016) avaliou a atividade biológica de *Citrus*

*aurantium* (Rutaceae) var. *amara* e var. *dulcis*, *Citrus limon*, *Citrus aurantifolia* e *Citrus reticulata*, além dos enantiômeros R e S-limoneno, em relação ao inseticida botânico Azamax e o inseticida sintético Decis 25 EC, que foram usados como controles positivos, para controle de *S. frugiperda*. O autor observou que em teste de contato residual, o único tratamento em que a concentração letal se igualou à toxicidade do inseticida Azamax foi o *C. aurantifolia*. O composto R-limoneno, mesmo na maior concentração testada (125 µg /mL) não causou mortalidade de lagartas. Enquanto, o composto S-limoneno, no teste de contato tópico, foi o único que nas primeiras 48 horas conseguiu alcançar o mesmo nível de toxicidade do inseticida Azamax. Os constituintes R e S-limoneno, e os óleos essenciais de *C. aurantium* var. *amara* e *C. reticulata*, após 72 horas da aplicação, obtiveram toxicidade semelhante à apresentada pelo inseticida botânico. Analisando os óleos e constituintes em relação à atividade ovicida, com exceção dos óleos *C. aurantium* var. *dulcis*, todos tiveram o mesmo nível de toxicidade do inseticida Azamax. A diferença apresentada na toxicidade de cada óleo é possível que esteja relacionada com a proporção entre R e S-limoneno e a interação desses compostos com os demais constituintes presentes em cada um dos óleos essenciais. Podemos sugerir que o óleo essencial de *C. aurantifolia* pode conter esses compostos mencionados no trabalho de Nascimento et al. (2016) por pertencerem à mesma família botânica. Logo, estes compostos podem ter causado a mortalidade das lagartas.

Sarma et al. (2019) estudaram a eficácia do óleo essencial da casca e das folhas de *C. aurantifolia* contra o mosquito *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). Os óleos oriundos das cascas (LC<sub>50</sub> = 17,71 ppm) e das folhas (LC<sub>50</sub> = 5,26 ppm) da planta possuíram maior atividade para ovos do que para larvas. O óleo essencial da casca apresentou rápido efeito nas larvas enquanto o óleo das folhas apresentou efeito lento. Quanto aos adultos, ambos os óleos não apresentaram atividade significativa. O principal composto constituinte citral foi testado e se mostrou mais eficiente para ovos, em seguida para larvas e por último nos adultos. Concluíram que os óleos da casca e das folhas de *C. aurantifolia* e o seu principal constituinte, citral, podem ser usados em programas de controle de *A. aegypti*. A toxicidade que foi observada pode ser devido ao encapsulamento dos ovos do mosquito, o que causa o estresse; já nas larvas ou outros estágios, eles podem esquivar através da dispersão ou migração. Como o composto citral está presente na espécie *C. aurantifolia* e possui atividade inseticida, como relatada anteriormente, os resultados desse trabalho podem estar associados a ação desse composto nas lagartas e adultos de *S. frugiperda*.

Vicenço et al. (2021) avaliaram o efeito inseticida do óleo essencial de *Cinnamomum camphora* (Lauraceae) var. *linalooliferum*, e seu compostos majoritários, o linalol, sobre *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae). Foram usadas concentrações de 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0% v/v sobre ovos, ninfas e adultos do inseto. Verificaram que o óleo essencial de *C. camphora* na concentração 2,0% v/v causou mortalidade de ovos de 49,7%, sendo que essa mesma concentração causou a maior porcentagem (88,5%) de mortalidade de ninfas. Quanto aos adultos, a concentração de 2,0% v/v causou o maior índice de mortalidade com 40,0% após 48 horas. O óleo essencial e o linalol tiveram desempenho semelhante com relação as ninfas, com exceção das concentrações de 0,5 e 1,0% v/v. Concluíram que o óleo essencial de *C. camphora* pode ser usado como uma alternativa no controle de *T. vaporariorum*. A toxicidade dos óleos essenciais pode ser explicada devido aos compostos terpênicos presentes nesses óleos, e a rápida ação desses produtos naturais pode ser indicativo de ação neurotóxica, pois os terpenos podem causar interferência com neuromodulares. Os resultados obtidos no presente estudo assemelham-se aos resultados encontrados por estes Vicenço e colaboradores (2021), uma vez que o mesmo óleo essencial causou mortalidade de 40% para lagartas de *S. frugiperda* na concentração de 5 mg/mL.

Lima et al. (2009) utilizaram como teste o óleo essencial das folhas de pimenta longa (*Piper hispidinervum*) (Piperaceae) para avaliação do seu efeito no comportamento e mortalidade de *S. frugiperda*. Foi realizado teste de ingestão e de contato tópico em lagartas de 1º e 3º instares. Constatou-se que a pimenta longa causou redução alimentar e mortalidade das lagartas. Foi verificado mortalidade e redução alimentar no teste de ingestão. No teste de contato tópico, após o intervalo de 96 horas, houve alta toxicidade e foram observados sintomas de neurotoxicidade.

Lima et al. (2020) realizaram um estudo testando o efeito do óleo essencial de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides*) (Verbenaceae) e do seu principal composto timol sobre a lagarta-do-cartucho, bem como a seletividade e os efeitos comportamentais desses compostos sobre o inimigo natural *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). Os autores verificaram mortalidade de *S. frugiperda* e constataram que o óleo essencial apresentou tempo letal médio de 119 h e o timol de 93 h para o predador. Ao serem expostas ao timol, as ninfas do percevejo apresentaram mudanças comportamentais. Concluíram que o óleo essencial e o timol têm potencial sobre o controle de *S. frugiperda* e seletividade para *P. nigrispinus*.

Bibiano (2020) estudou espécies da família Lamiaceae e avaliou a composição química e a bioatividade de seus óleos essenciais contra a *S. frugiperda* e os efeitos sobre o desenvolvimento de *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Observou que *Ocimum basilicum* e *Hyptis marrubioides* apresentaram teores de rendimento de óleo essencial. Para o óleo de *O. basilicum* na dosagem de 70 µg/µL foi verificado um  $TL_{50} = 24$  h e sobrevivência acumulada de 0,54%. Linalol (39,49%) e 1,8-cineol (15,04%) foram identificados como compostos majoritários desse óleo. O óleo de *H. marrubioides* na dosagem de 70 µg/µL apresentou  $TL_{50} = 20,5$  h e sobrevivência acumulada de 0 %; sendo β-tujona (41,49%) e α-tujona (15,81 %) identificados como substâncias majoritárias para esse óleo. Nos testes tópicos constataram atividade inseticida contra *S. frugiperda*. Concluíram que os óleos de ambas as espécies apresentaram baixa toxicidade para o parasitoide *T. pretiosum*. Esse trabalho demonstra que óleos essenciais podem ser tóxicos para as pragas e ao mesmo tempo serem seletivos para inimigos naturais e, por isto, podem ser ferramentas muito importantes no desenvolvimento de programas de manejo integrado de pragas.

## 7 CONCLUSÃO

As maiores concentrações dos óleos essenciais de *C. aurantifolia* e *C. camphora* quando aplicados de forma tópica causam mortalidade de lagartas de *S. frugiperda*. Todos os óleos essenciais testados diminuem a fecundidade de fêmeas de *S. frugiperda*.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi visto nesse trabalho, os óleos essenciais testados afetam a sobrevivência e a fecundidade das lagartas de *S. frugiperda*, entretanto, novas pesquisas devem ser feitas com o objetivo de identificar as moléculas inseticidas presentes nos óleos essenciais e seus efeitos sobre os inimigos naturais para uso em programas de manejo integrado desse lepidóptero-praga.

## REFERÊNCIAS

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**, 46, n. 2, p. 446-475, 2008.

BERNARDI, D.; BERNARDI, O.; HORIKOSHI, R. J.; SALMERON, E. et al. Biological activity of Bt proteins expressed in different structures of transgenic corn against *Spodoptera frugiperda*. **Ciência Rural**, 46, n. 6, p. 1019-1024, 2016.

BIBIANO, C. S. **Composição química e bioatividade de óleos essenciais de lamiáceas para *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) e seletividade para *Trichogramma pretiosum* (Riley, 1879) (Hymenoptera: Trichogrammatidae)**. 2020. 67 p., Universidade Federal de Lavras, <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/39292>.

BOGORNI, P. C.; VENDRAMIM, J. D. Efeito subletal de extratos aquosos de *Trichilia* spp. sobre o desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. **Neotropical Entomology**, 34, p. 311-317, 2005.

CHAUDHARI, A. K.; SINGH, V. K.; KEDIA, A.; DAS, S. et al. Essential oils and their bioactive compounds as eco-friendly novel green pesticides for management of storage insect pests: prospects and retrospects. **Environmental Science and Pollution Research**, 28, n. 15, p. 18918-18940, 2021.

CLARK, P. L.; MOLINA-OCHOA, J.; MARTINELLI, S.; SKODA, S. R. et al. Population variation of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, in the Western Hemisphere. **Journal of Insect Science**, 7, n. 1, 2007.

CORDEIRO, M. W. S.; RIBEIRO, D.; FERRARI, R. A.; DALCHIAVON, F. C. Corn grain quality at different harvesting times. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 25, n. 10, p. 703-709, 2021.

SANTOS, A. C. V. DOS; FERNANDES, C. C.; LOPES, L. M.; DE SOUSA, A. H. Insecticidal oils from Amazon plants in control of fall armyworm. **Revista Caatinga**, 29, n. 3, p. 642-647, 2016.

FERNANDES, M. J. G.; PEREIRA, R. B.; PEREIRA, D. M.; FORTES, A. G. et al. New eugenol derivatives with enhanced insecticidal activity. **International Journal of Molecular Sciences**, 21, n. 23, p. 9257, 2020.

GREENE, G.L., LEPPLA, N.C., DICKERSON, W.A. Velvetbean caterpillar: A rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, 69, n. 4, p. 487-488, 1976.

HORIKOSHI, R.J.; VERTUAN, H.; DE CASTRO, A.A.; MORRELL, K et al. A new generation of Bt maize for control of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*). **Pest Management Science**, 77, n. 8, p. 3727-3736, 2021.

LAMMARI, N.; LOUAER, O.; MENIAI, A. H.; FESSI, H.; ELAISSARI, A. Plant oils: From chemical composition to encapsulated form use. **International Journal of Pharmaceutics**, 601, 120538, 2021.

LIMA, A. P. S.; SANTANA, E. D. R.; SANTOS, A. C. C.; SILVA, J. E. et al. Insecticide activity of botanical compounds against *Spodoptera frugiperda* and selectivity to the predatory bug *Podisus nigrispinus*. **Crop Protection**, 136, p. 105230, 2020.

LIMA, R. K.; CARDOSO, M. G.; MORAES, J. C.; MELO, B. A. et al. Atividade inseticida do óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) sobre lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Acta Amazonica**, 39, n. 2, p. 377-382, 2009.

LIN, L.-Y.; CHUANG, C.-H.; CHEN, H.-C.; YANG, K.-M. Lime (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle) essential oils: Volatile compounds, antioxidant capacity, and hypolipidemic effect. **Foods**, 8, n. 9, p. 398, 2019.

NASCIMENTO, A. F. D. **Atividade de óleos essenciais e compostos majoritários de plantas das famílias Piperaceae, Myrtaceae e Rutaceae sobre *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2016. Universidade Federal Rural de Pernambuco Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/7758>.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.rproject.org/>. 2015.

RIBEIRO, G. C. D.; MARTINS, I. C. F.; CAMPOS, L. D.; MELLO, M. N. et al. Spatial and temporal distribution of leafhoppers (Hemiptera: Cicadellidae) in a corn field. **Neotropical Entomology**, 50, n. 4, p. 630-642, 2021.

SARMA, R.; ADHIKARI, K.; MAHANTA, S.; KHANIKOR, B. Insecticidal activities of *Citrus aurantifolia* essential oil against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **Toxicology Reports**, 6, p. 1091-1096, 2019.

SHENG, Z.; JIAN, R.; XIE, F.; CHEN, B. et al. Screening of larvicidal activity of 53 essential oils and their synergistic effect for the improvement of deltamethrin efficacy against *Aedes albopictus*. **Industrial Crops and Products**, 145, p. 112131, 2020.

SHU, B.; ZOU, Y.; YU, H.; ZHANG, W. et al. Growth inhibition of *Spodoptera frugiperda* larvae by camptothecin correlates with alteration of the structures and gene expression profiles of the midgut. **BMC Genomics**, 22, n. 1, p. 391, 2021.

SILVA, R.; CAMPOS, H.; RIBEIRO, L. M.; BRAZ, G. et al. Danos na cultura do milho em função da redução de área foliar por desfolha artificial e por doenças. **Summa Phytopathologica**, 46, p. 313-319, 2020.

SILVA, S. M.; CUNHA, J. P. A. R. D.; CARVALHO, S. M. D.; ZANDONADI, C. H. S. et al. *Ocimum basilicum* essential oil combined with deltamethrin to improve the management of *Spodoptera frugiperda*. **Ciência e Agrotecnologia**, 41, p. 665-675, 2017.

SOMBRA, K. E. S.; DE AGUIAR, C. V. S.; DE OLIVEIRA, S. J.; BARBOSA, M. G. et al. Potential pesticide of three essential oils against *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Chilean journal of agricultural research**, 80, p. 617-628, 2020.

USDA. **Grain: World Markets and Trade**. 2019.

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**, 2021.

VILLAFANE, E.; TOLOSA, D.; BARDÓN, A.; NESKE, A. Toxic Effects of *Citrus aurantium* and *C. limon* Essential oils on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Natural Product Communications**, 6, n. 9, p. 1389-1392, 2011.

XU, Y.; QIN, J.; WANG, P.; LI, Q. et al. Chemical composition and larvicidal activities of essential oil of *Cinnamomum camphora* (L.) leaf against *Anopheles stephensi*. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, 53, 2020.