



GUILHERME DE SOUSA FERREIRA

BIOATIVIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS PARA CONTROLE DE *Spodoptera frugiperda* (J.E. SMITH, 1797) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

**LAVRAS – MG
2020**

GUILHERME DE SOUSA FERREIRA

BIOATIVIDADE DE ÓLEOS ESSENCIAIS PARA CONTROLE DE *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

MSc. Brenda Carolina Freire
Coorientadora

**LAVRAS – MG
2020**

Deus, minha fortaleza...

*Aos meus pais Ana e Carlos, minha família, amigos, professores e colegas que me
acompanharam em minha jornada de aprendizado.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por todas as oportunidades e bênçãos que tenho recebido e por ter colocado pessoas tão especiais em minha vida.

Agradeço aos meus pais, Ana e Carlos, por todo o apoio, incentivo e por serem meus maiores exemplos, a vocês toda minha admiração e amor.

À minha irmã, Aline, por ser minha melhor amiga e sempre estar ao meu lado, me ouvindo e aconselhando.

Aos meus avós por todos os ensinamentos e por sempre rezarem por mim.

Agradeço também a todos os meus familiares e amigos por toda a ajuda e por estarem presentes em todos os momentos de minha vida.

Aos meus professores que me ajudaram a chegar até aqui, por todo o conhecimento e incentivo, em especial ao meu orientador Geraldo Andrade de Carvalho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), em especial ao Laboratório de Ecotoxicologia e Manejo Integrado de Pragas (LEMIP), inserido no Departamento de Entomologia e aos seus colaboradores pelas oportunidades, por toda a amizade feita e pelos ensinamentos passados durante todo o tempo que estive lá.

À minha Coorientadora Brenda Carolina Freire, pela confiança, paciência, atenção e todos os ensinamentos passados durante a condução deste trabalho.

Um agradecimento especial para a República Kana Sutra por ter proporcionado vários momentos de amizade, companheirismo, novas experiências e convívio com várias pessoas espetaculares que levarei para toda minha vida.

Obrigado a todos!

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 7 |
| 2 OBJETIVO GERAL | 8 |
| 3 HIPÓTESES | 9 |
| 4 REFERENCIAL TEÓRICO | 9 |
| 4.1 Importância e características da <i>S. frugiperda</i> | 9 |
| 4.2 Desafios no controle da <i>S. frugiperda</i>..... | 11 |
| 4.3 Uso de óleos essenciais no controle de lagartas do gênero <i>Spodoptera</i> | 12 |
| 5 MATERIAL E MÉTODOS | 14 |
| 5.1 Insetos | 14 |
| 5.2 Avaliação da toxicidade dos óleos para <i>S. frugiperda</i> | 14 |
| 5.3 Análises estatísticas | 15 |
| 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 16 |
| 7 CONCLUSÃO..... | 18 |
| 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 18 |
| REFERÊNCIAS | 19 |

RESUMO

A cultura do milho é acometida por um grande número de artrópodes-praga. Dentre eles a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797), pertencente à ordem Lepidoptera, família Noctuidae, é uma das principais espécies que causam enormes perdas econômicas a esta *commodity*, pois apesar de ter preferência por se alimentar dos cartuchos de plantas de milho jovens, pode também atacar a cultura em qualquer fase de desenvolvimento. O uso de inseticidas sintéticos é o método mais utilizado para o controle da lagarta-do-cartucho; no entanto, devido ao uso inadequado desta tecnologia, populações resistentes a diversos grupos químicos vêm sendo registradas. Por isto, é importante a realização de pesquisas que busquem outras estratégias de controle menos impactante ao ambiente. Visto que vários estudos têm demonstrado o efeito de inseticidas botânicos no controle de artrópodes pragas. O objetivo do presente trabalho foi avaliar a bioatividade dos óleos essenciais de *Foeniculum vulgare* (Apiaceae), *Mentha spicata* (Lamiaceae), *Ocimum basilicum* (Lamiaceae), *Syzygium aromaticum*, (Myrtaceae) e *Cinnamomum cassia* (Lauraceae) para o controle da *S. frugiperda*. Os óleos essenciais foram avaliados na concentração de 100 µL/mL sendo que cada inseto recebeu 1µL da solução, utilizando-se de microseringa (Hamilton® 25 µL). Clorpirifós na DL90 foi utilizado como controle positivo e acetona P.A. como controle negativo. Para cada tratamento foram utilizadas 30 repetições, sendo considerada uma lagarta com 72 horas de idade por repetição. Foi observado que todos os óleos causaram mortalidade das lagartas, sendo observadas médias de 60 e 100% para os tratamentos à base do óleo de *S. aromaticum* e de *F. vulgare* respectivamente. Também ocorreu redução no ganho de peso das lagartas submetidas a todos os óleos, excetuando-se com óleo de *O. basilicum*. Desta forma novos experimentos devem ser realizados visando avaliar mais características biológicas desse noctuídeo, visto que os óleos mostraram-se promissores no controle desta praga.

Palavras-chave: Lagarta-militar; milho; produtos naturais; manejo.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos principais cereais consumidos mundialmente; sua contribuição somada à da soja corresponde a cerca de 80% da produção de grãos, sendo, dessa forma considerada uma cultura de importância econômica e social (DUARTE et al., 2008). Em seu segundo levantamento para a safra mundial de grãos 2020/21 o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), prevê o Brasil ocupando o 3º lugar no ranking mundial de produção de milho, atrás de Estados Unidos e China e logo a frente da União Europeia (FIESP, 2020).

A produção de milho no Brasil ocorre em duas épocas distintas, de primeira época ou safra e milho de segunda época ou safrinha. O plantio da primeira safra ocorre no final de agosto na região Sul, e nos meses de outubro e novembro nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, e na região Nordeste quando se inicia o ano. A safra de segunda época refere-se ao milho de sequeiro que se cultiva em geral após a colheita das cultivares de soja precoce, entre janeiro a abril (DUARTE et al., 2008).

Diversos fatores podem afetar o desenvolvimento das plantas de milho, como temperatura, radiação solar e disponibilidade de água (fatores abióticos) e o ataque de insetos-praga (fatores bióticos). Devido à planta de milho ser cultivadas em todo o território brasileiro, inúmeras são as pragas que podem atacá-la desde o início ao final do ciclo, consumindo das raízes ao pendão. Por comprometer o rendimento e a qualidade da produção, com grande dano econômico, a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é considerada a praga mais importante para a cultura do milho. Na fase vegetativa as injúrias causadas pelo ataque dessas lagartas, ocasionam perda de área foliar, podendo comprometer a produção em até 40%, sem o devido controle, estas podem atacar até mesmo as espigas ao final do ciclo (CONTINI et al., 2019).

Dentre as possibilidades para reduzir as populações de *S. frugiperda*, o controle químico ainda é o mais utilizado, com amplo número de inseticidas registrados; todavia a utilização inadequada dessa tecnologia aumenta os riscos de contaminação ambiental, elevando os custos de produção, muitas vezes não apresentando controle satisfatório (BUSATO et al., 2005). Estudos indicam que o uso abusivo de pesticidas sintéticos favorece a seleção de populações resistentes dessa praga (DIEZ-RODRIGUEZ; OMOTO, 2001). 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 o interesse por produtos orgânicos, livres de agrotóxicos, bem como a conscientização de produtores e consumidores, o que levam uma busca por produtos que não agridam o ambiente (KRINSKI; MASSAROLI; MACHADO, 2014).

É notável o interesse da utilização de compostos derivados de plantas para o controle de insetos, destacando-se os óleos essenciais, visto que existe um grande número de espécies vegetais com potencial para sua extração e uso no controle de pragas. Os inseticidas botânicos, como são chamados os produtos comerciais com ingredientes ativos provindos de plantas, são apontados como uma alternativa aos inseticidas sintéticos, por supostamente representarem menor risco ao ambiente e para a saúde humana (AKHTAR et al., 2012). Porém, ainda são necessários estudos para identificar e recomendar corretamente a utilização de óleos essenciais para formulação e inseticidas botânicos, com finalidade de atuar no controle de pragas agrícolas.

Diante disto, é de grande importância à realização de pesquisas com óleos essenciais para identificação de compostos químicos com efeito inseticida sobre a *S. frugiperda*, de forma a buscar medidas de controle que sejam mais seguras, tanto ao homem quanto para o ambiente. O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos dos óleos essenciais de *Foeniculum vulgare* Miller, 1768 (Apiaceae), *Mentha spicata* L., 1753 (Lamiaceae), *Ocimum basilicum* (L.) Benth, 1830 (Lamiaceae), *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. e L.M.Perry, 1929 (Myrtaceae) e *Cinnamomum cassia* (L.) J. Presl, 1825 (Lauraceae) no controle de *S. frugiperda*.

2 OBJETIVO GERAL

Avaliar a bioatividade dos óleos essenciais de *F. vulgare*, *M. spicata*, *O. basilicum*, *S. aromaticum* e *C. cassia* para *S. frugiperda*.

2.1 Objetivos específicos

a) Avaliar a mortalidade de lagartas de *S. frugiperda* submetidas à exposição tóxica dos óleos essenciais de *F. vulgare*, *M. spicata*, *O. basilicum*, *S. aromaticum* e *C. cassia*.

b) Avaliar o peso das lagartas de *S. frugiperda* submetidas à exposição tópica dos óleos essenciais de *F. vulgare*, *M. spicata*, *O. basilicum*, *S. aromaticum* e *C. cassia*.

3 HIPÓTESES

a) Os óleos essenciais de *F. vulgare*, *M. spicata*, *O. basilicum*, *S. aromaticum* e *C. cassia* causam mortalidade de *S. frugiperda*.

b) Os óleos essenciais de *F. vulgare*, *M. spicata*, *O. basilicum*, *S. aromaticum* e *C. cassia* reduzem o ganho de peso de *S. frugiperda*.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Importância e características da *S. frugiperda*

Dentre as plantas domesticadas e cultivadas pelo homem, o milho (*Zea mays* L.) é a mais bem descrita por trabalhos feitos a partir de 1930 (GOODMAN, 1987), sendo considerada uma das espécies com o mais alto grau de domesticação, uma vez que não se desenvolve sem o manejo do ser humano (PATERNIANI; CAMPOS, 1999). É uma planta originária da América central, mais precisamente do México; sua ampla utilização faz com que possua elevada importância econômica (BARAVIERA et al., 2014). Possui ótima composição química e valor nutritivo, sendo utilizada na indústria alimentícia, farmacêutica, química, têxtil e de papeis (PAES, 2006). A maior parte da produção de milho é destinada à fabricação de rações para alimentação de aves, suínos e bovinos (CRUZ et al., 2011).

As plantas de milho são herbáceas, possuem metabolismo C4, ou seja, tem melhor eficiência fotossintética em relação às outras espécies de plantas cultivadas; ciclo anual e pertencem à família Poaceae (EHLERINGER; CERLING; HELLIKER 1997). Possui caule tipo colmo, raiz principal fasciculada, com raízes adventícias. São plantas classificadas como monoicas, onde as flores masculinas ou pendão estão no topo dos colmos, e as flores femininas inseridas em inflorescência do tipo espiga (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Dentre os grãos produzidos no Brasil, o milho perde somente para o complexo da soja em termos de área cultivada, mas ocupa o primeiro lugar em termos de volume produzido, sendo muito importante para a agricultura e pecuária devido à sua grande relevância mundial (MÔRO; FRITSCHE-NETO, 2017). Segundo a Conab (2020), na safra 2018/2019 foram produzidos cerca de 100 milhões de toneladas de milho no país que ocuparam uma área de aproximadamente 17,5 milhões de hectares.

Mesmo com sua grande relevância e produção no Brasil, o milho ainda possui um grande potencial produtivo para ser explorado, tendo em vista que a atual produtividade média é aproximadamente 5,5t ha⁻¹, valor este abaixo do potencial alcançado em campos experimentais em que a produtividade é superior a 16t ha⁻¹. Dentre as diversas barreiras responsáveis pelo baixo potencial produtivo, existem os fatores abióticos (disponibilidade de água e nutrientes) e bióticos (pragas, doenças e plantas daninhas), sendo as pragas um dos fatores bióticos de maior relevância. Assim, o controle de pragas torna-se de extrema importância, influenciando diretamente nos custos de produção (CAMPELO et al., 2019; IBGE, 2020).

O milho é atacado por inúmeras pragas durante todo o seu ciclo de desenvolvimento. Dentre elas, destaca-se a *S. frugiperda*, considerada a praga de maior importância para a cultura (WAQUIL; VIANA; CRUZ, 2002). Os gastos mundiais para o controle da *S. frugiperda* é de aproximadamente 600 milhões de dólares por ano, e mesmo utilizando-se diversas medidas de controle, ainda ocorrem perdas de produtividade em torno de 10%, o que resulta em uma perda monetária anual de 274,4 milhões de dólares a 1,5 bilhão de dólares (FERREIRA FILHO et al., 2010).

A lagarta-do-cartucho do milho foi primeiramente descrita por Smith (1797), como pertencente ao Reino Animal, Filo Arthropoda, Classe Insecta, Ordem Lepidoptera, família Noctuidae, gênero *Spodoptera* e espécie *Spodoptera frugiperda*. É amplamente distribuída pelo mundo, sendo bastante encontrada nas Américas, Ilhas a Oeste da Índia e classificada como praga nos Estados Unidos desde sua identificação (POGUE, 2002). No Brasil a *S. frugiperda* também conhecida como lagarta-militar possui ampla distribuição geográfica devido ao seu hábito alimentar polífago e em função das condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento (CRUZ, 1995). Portanto, é uma praga de grande importância econômica, causando prejuízos expressivos, sendo necessárias pesquisas visando seu controle.

4.2 Desafios no controle da *S. frugiperda*

Diversos insetos-praga atacam o milho, dentre eles a *S. frugiperda* é considerada a mais voraz, uma vez que atinge o nível de dano econômico com frequência, atacando as plantas tanto na fase vegetativa quanto reprodutiva (AFONSO-ROSA; BARCELOS, 2012). A importância da lagarta-do-cartucho do milho não está limitada a somente aos danos causados por ela, mas especialmente à dificuldade de seu controle, que tem sido realizado na maioria das vezes com inseticidas químicos e que geralmente não apresenta seletividade aos inimigos naturais; em alguns casos são feitas 10 a 14 aplicações numa única safra da cultura do milho no Brasil sem obter controle satisfatório (VALICENTE ; TUELHER, 2009).

Alguns fatores dificultam o controle deste inseto, entre eles: (1) presença da cultura durante grande parte do ano agrícola, em diferentes estádios de desenvolvimento fenológico, formando uma ponte verde devido à abundância de alimento; (2) possuir hábito de alimentar-se dentro do cartucho do milho ou na espiga, onde fica protegida; (3) grande capacidade de colonizar novas áreas, em função da elevada capacidade de dispersão dos adultos, facilitando sua disseminação para outras áreas; (4) Alto potencial de selecionar populações resistentes (CRUZ, 2002; CONTINI et al., 2019).

É comum a ocorrência de populações resistentes de *S. frugiperda* devido ao grande número de aplicações de inseticidas químicos, o que aumenta ainda mais os danos causados por essa praga. O uso em excesso dessas aplicações, favorece a seleção de populações resistentes, além de reduzir a diversidade e abundância de agentes de controle biológico nas lavouras de milho. A redução populacional desses agentes de controle biológico, como os inimigos naturais, eleva os danos causados pela lagarta-do-cartucho (CRUZ, 2002; FIGUEIREDO; MARTINS-DIAS; CRUZ., 2006).

O uso de táticas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) é de grande importância na tentativa de impedir a seleção acelerada de populações resistentes de *S. frugiperda* devido ao uso inadequado de inseticidas químicos (CRUZ, 2002). Diversos métodos podem ser utilizados de forma conjunta em programas de MIP, tais como biológico, cultural, comportamental, cultivares resistentes e outros (WAQUIL; BOREGAS; MENDES, 2008).

O uso de inseticidas botânicos vem sendo avaliado para o controle de pragas agrícolas. O interesse em pesquisas com derivados de plantas tem aumentado, como

exemplo, os óleos essenciais. A utilização de óleos essenciais tem crescido bastante e muitas vezes já estão presentes em formulações comerciais de inseticidas botânicos, sendo capazes de matar e/ou repelir insetos (ISMAN, 2000); oferecem ampla variedade de compostos químicos com diversidade nas suas estruturas e atividades biológicas (REIGOSA; PEDROL, 2002). Outra questão a ser considerada para o crescente interesse em fitotoxinas é a extensa gama de novos sítios de ação nos organismos-alvo. Neste sentido, mesmo que ainda não estejam disponíveis para a comercialização, podem indicar possibilidades para a síntese de novos produtos que possam vir a ser comercializados (OLIVEIRA et al., 2007).

Algumas substâncias extraídas de plantas apresentam ação inseticida, que muitas vezes possuem vantagens em relação a inseticidas sintéticos, por uma série de fatores, como degradação com maior facilidade, menor risco de contaminação ambiental, maior segurança para os operadores e possuem menor custo (BATISH et al., 2008). São crescentes os números de estudos com essas substâncias químicas naturais para utilização no controle de insetos pragas, tais como a lagarta-do-cartucho do milho.

4.3 Uso de óleos essenciais no controle de lagartas do gênero *Spodoptera*

Metabólitos secundários são comumente encontrados em plantas medicinais e aromáticas, dentre eles destaca-se os óleos essenciais. Óleos essenciais podem ser descritos como frações altamente voláteis naturais de composição complexa, lipofílicas, normalmente odoríferas, límpidas, lipossolúveis e solúveis em solventes orgânicos, geralmente possuem menor densidade que a água, dificilmente apresentam cores e são constituídas majoritariamente de terpenos (terpenoides) e fenilpropanoides. Esses compostos químicos majoritários desempenham o papel de proteger as plantas contra insetos-herbívoros e este fato tem despertado o interesse de inúmeros estudos para a sua utilização como bioinseticidas (SIMÕES et al., 2007).

A composição dos óleos essenciais é bastante variada, são considerados misturas naturais que contem aproximadamente 20-60 componentes em concentrações diferentes, caracterizando-se por apresentarem 2 ou 3 constituintes majoritários que compõem 20-70% do total, sendo o constituinte majoritário, em geral, o responsável pela atividade do óleo. Quimicamente são compostos de hidrocarbonetos terpênicos, álcoois simples, terpenos, aldeídos, cetonas, fenóis, ésteres, óxidos, peróxidos, furanos, ácidos

orgânicos, lactonas, cumarinas e compostos contendo enxofre em diferentes concentrações (BAKKALI et al., 2008; SIMÕES et al., 2007). Geralmente a constituição química dos óleos essenciais pode variar em quantidade e qualidade em função de diversos fatores, dentre eles: a composição do solo, órgão da planta, idade e fase do ciclo vegetativo (BAKKALI et al., 2008; GOBBO-NETO; LOPES, 2007).

Nas plantas, os óleos essenciais não são armazenados de forma homogênea, podem ser encontrados em órgãos anatômicos específicos como folhas (eucalipto, capim-limão), cascas de caule (canela), rizomas (gengibre), dentre outros. Nestes órgãos anatômicos específicos encontram-se algumas estruturas especializadas como células parenquimáticas diferenciadas (Lauraceae, Piperaceae e Poaceae), bolsas lisígenas ou esquizolisígenas (Pinaceae e Rutaceae), canais oleíferos (Apiaceae), células epidérmicas ou tricomas glandulares (Lamiaceae) (SIMÕES et al., 2007).

Há diversas famílias de plantas que produzem metabólitos secundários e óleos essenciais, entretanto algumas se destacam. Segundo Vendramin (1997) na família das Meliaceae várias espécies botânicas se destacam por apresentarem ingredientes ativos com atividade inseticida, proporcionando eficiência de seus extratos. Nessa estão incluídas *Azadirachta indica* A. Juss. (nim) e *Melia azedarach* L. (cinamomo ou santa bárbara), e ainda *Trichilia pallida* Sw. que tem apresentado potencial inseticida (RODRÍGUEZ; VENDRAMIM, 1995; ROEL et al., 2000). Segundo Bhavya, Chandu e Devi (2018) a família botânica das *Lamiaceae* destaca-se na produção de metabólitos tóxicos para insetos. O uso de óleos essenciais como tentativa de controle para a *S. frugiperda* já vem sendo avaliado. O óleo essencial de citronela (*Cymbopogon winterianus* J.), rico em citronelal e citronelol foi avaliado para controle desta praga, e segundo Labinas e Crocomo (2002) esse óleo demonstrou ação inseticida.

Oliveira et al. (2018) realizaram trabalhos utilizando a espécie *Cymbopogon flexuosus* a fim de testar a toxicidade do óleo e seu componente majoritário, citral, sobre a *S. frugiperda*. Constataram que o óleo essencial de *C. flexuosus* apresentou alta mortalidade para a lagarta-do-cartucho e o citral foi afirmado como o responsável pela atividade inseticida. Tendo em vista o grande potencial dos óleos essenciais para a utilização no controle de pragas agrícolas, dentre elas a lagarta-do-cartucho do milho, o presente trabalho objetivou avaliar o potencial dos óleos essenciais de *Foeniculum vulgare*, *Mentha spicata*, *Ocimum basilicum*, *Syzygium aromaticum* e *Cinnamomum cassia* em aplicação tópica no controle de *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 e provenientes da segunda oviposição de fêmeas criadas em laboratório. A dieta artificial foi constituída de feijão ‘Carioca’ (166,66 g); gérmen de trigo (79,20 g); levedo de cerveja (50,70 g); ácido sórbico (1,65 g); ácido ascórbico (5,10 g); 4-hidroxibenzoato de metila (3,15 g); ágar (27,0 g); formaldeído (4,15 mL); solução inibidora de crescimento microbiano (4,15 mL) preparada a partir de ácido propanoico (18,0 mL), ácido fosfórico (43,0 mL) e água (540,0 mL). Para o preparo da dieta, o feijão foi levado ao fogo em panela de pressão com 1,5 L de água. Posteriormente, todos os ingredientes exceto o ágar, foram batidos em liquidificador com 750 mL do caldo proveniente do cozimento do feijão. O ágar foi dissolvido em mais 750 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). Os adultos foram alimentados com solução aquosa de mel (0,1 mL/mL). Todos os insetos foram mantidos em sala climatizada a 25 ± 2 °C, 70 \pm 10% UR e fotofase de 12 horas.

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

Os óleos essenciais de *F. vulgare* (funcho), *M. spicata* (hortelã verde), *O. basilicum* (manjeriço), *S. aromaticum* (cravo da Índia) e *C. cassia* (canela) foram fornecidos pelo Departamento de Química da Universidade Federal de Lavras – UFLA. Os óleos foram diluídos em acetona P.A. na concentração de 100 μ L/mL (10%). Os tratamentos controle negativo e positivo foram Acetona P.A. e o ingrediente ativo clorpirifós na Concentração Letal 90 (CL₉₀) obtida em testes laboratoriais (0,33 μ g/ μ L). Cada tratamento consistiu de 30 repetições, sendo cada repetição formada de uma

lagarta com 72 horas de idade. Foi aplicado 1 μ L da solução 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[®].

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado e foram mantidos em condições laboratoriais (temperatura de 25 \pm 2°C, UR 60 \pm 10% e fotofase de 12h). No sétimo dia após a exposição, foi avaliada a mortalidade e o peso das lagartas sobreviventes.

5.3 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos a testes de normalidade (Shapiro-Wilk) e homocedasticidade (Bartlett) e não atenderam a estes pressupostos. Logo, foram ajustados a um modelo linear generalizado (GLM- Família quasibinomial ou quasipoisson), e as médias foram comparadas por análise de contraste ($p < 0,05$). Todas as análises foram feitas no programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Tabela 1 que houve mortalidade significativa das lagartas de *S. frugiperda* submetidas a todos os óleos essenciais, com exceção de *C. cassia*. Dentre os óleos essenciais o mais tóxico foi o óleo de *F. vulgare* causando mortalidade de 100% às lagartas e desta forma impossibilitando avaliar o peso das lagartas.

Tabela 1: Mortalidade das lagartas após sete dias da aplicação tópica dos produtos:

| Códigos | Mortalidade (%) |
|----------------------------------|------------------------|
| <i>Foeniculum vulgare</i> | 100,0 ± 0,0 a |
| Clorpirifós (Controle positivo) | 90,0 ± 0,1 b |
| <i>Syzygium aromaticum</i> | 60,0 ± 0,1 c |
| <i>Mentha spicata</i> | 43,3 ± 0,1 d |
| <i>Ocimum basilicum</i> | 23,3 ± 0,1 d |
| <i>Cinnamomum cassia</i> | 3,3 ± 3,3 e |
| Acetona P.A. (Controle negativo) | 3,3 ± 3,3 e |
| <i>P</i> | < 0,05 |
| <i>F</i> | 13,521 |
| <i>d.f.</i> | 6 |

* Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem entre si de acordo com o Teste *F* ($p > 0.05$) (GLM- Família quasibinomial).

Na Tabela 2 pode-se verificar que ocorreu redução no ganho de peso das lagartas de *S. frugiperda* em exposição tópica para todos os óleos essenciais, com exceção de *O. basilicum*.

Tabela 2: Peso das lagartas após sete dias da aplicação tópica dos produtos:

| Códigos | Peso (g) |
|-----------------------------------|-----------------|
| Acetona | 0,15 ± 0,01 a |
| <i>Ocimum basilicum</i> | 0,13 ± 0,01 a |
| <i>Cinnamomum cassia</i> | 0,09 ± 0,00 b |
| <i>Mentha spicata</i> | 0,10 ± 0,01 b |
| <i>Syzygium aromaticum</i> | 0,12 ± 0,01 b |
| <i>Foeniculum vulgare</i> ** | - |
| Clorpirifós (Controle positivo)** | - |
| <i>P</i> | < 0,05 |
| <i>F</i> | 11,302 |
| <i>d.f.</i> | 4 |

* Médias (± EP) seguidas pela mesma letra não diferem entre si de acordo com o Teste *F* ($p > 0.05$) (GLM- Família quasipoisson).

** Não houve número de repetições suficientes para analisar o peso das lagartas.

Niculau et al. (2013) avaliaram o efeito inseticida dos óleos essenciais de *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown e *Pelargonium graveolens* L'Herit e de seus compostos terpênicos majoritários para a lagarta-do-cartucho em ensaio de aplicação tópica. Foram preparadas soluções dos óleos essenciais em acetona em quatro diferentes concentrações (24, 48, 96 e 192 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$) e as estimativas de DL_{50} e DL_{90} foram ajustadas de acordo com a concentração da solução utilizada e o peso médio das lagartas expostas em cada concentração. Após realizados os bioensaios, constatou-se que os óleos essenciais de *P. graveolens* e *L. alba* apresentaram toxicidade aguda para *S. frugiperda* de terceiro instar e que estes não diferiram entre si em relação a nenhuma dose estimada; aparentemente ambos os óleos tiveram ação semelhante sobre a lagarta-do-cartucho.

A eficiência dos óleos essenciais de *Corymbia citriodora* e *Myrciaria dubia* (Myrtaceae), *Lippia microphylla* (Verbenaceae) e *Piper umbellatum* (Piperaceae) no controle de *S. frugiperda* foi avaliada por Negrini et al. (2019). Os óleos essenciais foram extraídos e aplicados topicamente em 30 lagartas de segundo instar. Dentre os tratamentos utilizados, *C. citriodora* e *L. microphylla* foram promissores para o controle de *S. frugiperda*, destacando-se o óleo de *C. citriodora*, que mesmo em menores volumes ($10 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) resultou em altas taxas de mortalidade.

Lima et al. (2009) utilizaram óleo essencial extraído de folhas de pimenta-longa *Piper hispidinervum* para avaliar o seu potencial no controle da lagarta-do-cartucho. Realizaram aplicações tópicas em lagartas de 3º instar com o óleo diluído em acetona nas concentrações de 625, 500, 375, 250, 125, 50 e 25 mg/mL e utilizaram testemunha com acetona. Foi aplicado 1,0 μL de cada tratamento na parte protorácica do inseto, e cada tratamento possuía 30 lagartas. Constatou-se que este óleo apresentou toxicidade aguda sobre a *S. frugiperda*. Logo após a aplicação, as lagartas ficaram agitadas e confusas e, em seguida, o efeito *knock-down* foi observado, em que as lagartas ficaram imóveis por aproximadamente oito horas e, em seguida, voltaram a apresentar atividade normal, indicando uma possível ação neurotóxica.

Jairoce et al. (2016) avaliaram diferentes concentrações (35, 17,9, 8,9, 3,6, 1,8, 0,4 e 0,2 $\mu\text{L g}^{-1}$) de óleo essencial de cravo-da-índia, *Syzygium aromaticum* (L.), extraído dos botões florais para controle do gorgulho do feijão, *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera: Chrysomelidae) e para o gorgulho do

milho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Curculionidae). O óleo foi diluído em Tween[®] (Polissorbato 20, tensoativo hidrofílico) a 0,2% por 2 min. Os resultados indicaram que o óleo essencial causou 100% de mortalidade para as duas espécies 48 h após o tratamento, sendo o eugenol o responsável pela ação inseticida. No presente trabalho, a utilização de óleo essencial extraído do talo de *S. aromaticum* apresentou controle relevante para a lagarta-do-cartucho.

Silva et al. (2017) testaram o óleo essencial do quimiotipo *O. basilicum* isolado e combinado a deltametrina com o objetivo de avaliar a sua utilização no manejo de *S. frugiperda*. As várias concentrações do óleo foram obtidas por diluição em acetona e foram aplicadas de forma tópica em lagarta-do-cartucho, constatando-se que nas maiores concentrações (588 e 756 µg a.i. por larva) ocorreram grandes agitações e hiperatividade das lagartas, seguida pela perda da coordenação motora, redução na alimentação e morte. Comportamento semelhante também observado em aplicação de deltametrina. O presente estudo confirma os resultados encontrados por estes autores, onde o mesmo óleo apresentou mortalidade de 23,3 % para a *S. frugiperda* na concentração de 100 µL/mL (10%).

7 CONCLUSÃO

Os óleos essenciais de *F. vulgare*, *M. spicata*, *O. basilicum* e *S. aromaticum* quando aplicados topicamente sobre a *S. frugiperda* causam mortalidade a praga. Todos os óleos causam redução no ganho de peso com exceção do *O. basilicum*.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi visto os óleos essenciais testados podem causar mortalidade e redução no ganho de peso das lagartas *S. frugiperda*, mas ainda são necessários mais estudos para esclarecer quais substâncias destes possuem efeito sobre esta praga e quais são os seus mecanismos de ação.

REFERÊNCIAS

- AFONSO-ROSA, A. P. S.; BARCELOS, H. T. Bioecologia e controle de *Spodoptera frugiperda* em milho. **Embrapa Clima Temperado**, 2012. 30p. (Embrapa Clima Temperado. Documentos, 344).
- AKHTAR, Y. L. et al. Effect of chemical complexity of essential oils on feeding deterrence in larvae of the cabbage looper. **Physiological Entomology, Hoboken**, v. 37, n. 1, p. 81-91, Mar. 2012.
- BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils: a review. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 46, n. 2, p. 446-475, 2008.
- BARAVIERA, C. M. C. et al. Avaliação de propriedades físicas de grãos de híbridos de milho. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.10, n.19, p. 291-297, 2014.
- BATISH, D. R. et al. Eucalyptus essential oil as a natural pesticide. **Forest Ecology and Management**, India, v. 256, p. 2166-2174, 2008.
- BHAVYA, M.L., CHANDU, A.G.S., DEVI, S.S., 2018. *Ocimum tenuiflorum* oil, a potential insecticide against rice weevil with antiacetylcholinesterase activity. **Industrial Crops e Products** 126, 434–439.
- BUSATO, G. R. et al. Biologia comparada de populações de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em folhas de milho e arroz. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 34, n. 5, p. 743-750, set./out. 2005.
- CAMPELO, D. H. et al. Growth, production and water and nitrogen use efficiency of maize under water depths and nitrogen fertilization. **Revista brasileira de engenharia agrícola ambiental**, Campina Grande, v. 23, n. 10, p. 747-753, Oct. 2019.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO(CONAB). **Série histórica das safras**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras> Acesso em: 13 jul. 2020.
- CONTINI, E. et al. Milho: caracterização e desafios tecnológicos. [Brasília, DF: Embrapa; Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo], **Nota técnica**, 2019. 45 p. (Desafios do Agronegócio Brasileiro, 2).
- CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. **Circular Técnica** 21, p. 45, 1995.
- CRUZ, I. Manejo da resistência de insetos pragas a inseticidas com ênfase em *Spodoptera frugiperda* (Smith). Sete Lagoas, **Embrapa Milho e Sorgo**, 2002. 15 p. (Circular Técnico, 21)
- CRUZ, J. C. et al. Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: **Embrapa Informação Tecnológica**, 2011. 338 p.

DIEZ-RODRIGUEZ, G. I.; OMOTO, C. Herança da resistência de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (*Lepidoptera: Noctuidae*) a lambda-cialotrina. **Neotropical Entomologia**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 311-316, June 2001.

DUARTE, J. O. et al. Economia da produção. In: **Embrapa milho e sorgo**, Set 2008. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490995/4/Economiaproducao.pdf>>. Acesso em 22 jul. 2020.

EHLERINGER, J. R.; CERLING, E.T.; HELLIKER, B. R. C4 photosynthesis, atmospheric CO₂, and climate. **Oecologia**, Berlin, v.12, 112, p.285-299,1997.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Ecofisiologia e fenologia. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. **Guaíba: Agropecuária**, 2000. p. 21-54

FERREIRA FILHO, J.B.S. et al. Dimensionamento do custo econômico representado por *Spodoptera frugiperda* na cultura do milho no Brasil. In: **48º Congresso da sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural**, Campo Grande, 25 a 28 de julho de 2010. Anais...

FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Safra Mundial de Milho 2020/21 - 2º Levantamento do USDA**. In: **Boletim Informativo FIESP**. Junho, 2020. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>. Acesso em: 11 ago. 2020.

FIGUEIREDO, M. L. C.; MARTINS-DIAS, A. M. P.; CRUZ, I. Relação entre a lagarta-do-cartucho e seus agentes de controle biológico natural na produção de milho. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 12, p. 1693-1698, Dec. 2006.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Medicinal plants: factors of influence on the content of secondary metabolites. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374- 381, 2007.

GOBBO-NETO, Leonardo; LOPES, Norberto P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-381, abr. 2007.

Goodman, M. M. **História e origem do milho**. In: Paterniani, E.; Viégas, G. P. (coord.) Melhoramento e produção de milho no Brasil. Campinas: **Fundação Cargill**, 1987. 2 ed. p. 3-38.

IBGE. Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Julho. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=resultados>>. Acesso em: 10 Jul 2020.

Isman, M.B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection**, 19, 603–608, 2000.

JAIROCE, C. F. et al. Insecticide activity of clove essential oil on bean weevil and maize weevil. **Revista brasileira engenharia agrícola ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 1, p. 72-77, jan. 2016.

KRINSKI, D.; MASSAROLI, A; MACHADO, M.; Potencial inseticida de plantas da família Annonaceae. **Revista Brasileira Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. spe1, pág. 225-242, 2014.

LABINAS, M.A.; CROCOMO, W.B. Effect of java grass (*Cymbopogon winterianus*) essential oil on fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1979) (Lepidoptera, Noctuidae). **Acta Scientiarum**, Maringá, v.24, n.5, p.1401-1405, sept. /oct, 2002.

LIMA, R. K. 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 Amazonia**, Manaus, v. 39, n. 2, p. 377-382, 2009.

MATOS NETO, F. C. et al. Parasitism by *Campoletis flavicineta* on *Spodoptera frugiperda* in corn. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1077-1081, nov. 2004.

MÔRO, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. Importância e usos do milho no Brasil. In: BOREM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. (ed.). **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa: Editora UFV, 2017. p. 9-24.

NEGRINI, M. et al. Insecticidal activity of essential oils in controlling fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Arquivos Instituto Biológico**, São Paulo, v. 86, e1112018, 2019.

NICULAU, E. S. et al. Atividade inseticida de óleos essenciais de *Pelargonium graveolens* L'Herit e *Lippia alba* (Mill) N.E. Brown sobre *Spodoptera frugiperda* (Smith). **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 9, p. 1391-1394, 2013.

OLIVEIRA, E. R. de et al. Toxicity of *Cymbopogon flexuosus* essential oil and citral for *Spodoptera frugiperda*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 42, n. 4, p. 408-419, Aug. 2018.

OLIVEIRA, M. S. S. et al. Eficiência de produtos vegetais no controle da lagarta-do-cartucho-domilho *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.2, p.326-331, 2007.

OLIVEIRA, M. S. S. et al. Eficiência de produtos vegetais no controle da lagarta-do-cartucho-do-milho *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 326-331, Apr. 2007.

PAES, M. C. D. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. Circular técnica 75. **Embrapa**. Sete Lagoas, MG. 2006.

- PATERNIANI, E.; CAMPOS, M.S. Melhoramento do milho. In BORÉM, A. (Organizador). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa. Editora UFV, 1999. p. 429-485.
- POGUE, M. G. A world revision of the genus *Spodoptera* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae). **Memoirs of the American Entomological Society**, v. 43, p. 1 - 202, 2002.
- REIGOSA, M. J.; PEDROL, N.; Allelopathy: From molecules to ecosystems, **Science Publishers Inc.**: Plymouth, 2002.
- RODRÍGUEZ, H. C.; VENDRAMIM, J. D. Toxicidad de extractos acuosos de meliáceas en larvas de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797). **Avances en La Investigacion**, [S.l.], v. 1, p. 61-63, 1995.
- ROEL, A. R. et al. Efeito do extrato acetato de etila de *Trichilia pallida* Swartz (Meliaceae) no desenvolvimento e sobrevivência da lagarta-do-cartucho. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 53-58, 2000.
- SILVA, S. M. et al. Óleo essencial de *Ocimum basilicum* combinado com deltametrina para melhorar o manejo de *Spodoptera frugiperda*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 41, n. 6, pág. 665-675, dezembro de 2017.
- SIMÕES, C. M. O. et al. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6. ed. Florianópolis: UFSC, 2007. 1102 p.
- VALICENTE, F. H.; TUELHER, E. de S. Controle biológico da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com baculovírus. Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**, 2009. 14 p. (Circular Técnica)
- VENDRAMIN, J.D. Plantas inseticidas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16., 1997, Salvador, BA. **Resumos**. Salvador: 1997. v.1, n.1, p.10.
- WAQUIL, J. M.; BOREGAS, K. G. B.; MENDES, S. M. Viabilidade do uso de hospedeiros alternativos como área de refúgio para o manejo da resistência da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no cultivo do milho-Bt. Sete Lagoas, **Embrapa Milho e Sorgo**, 2008. p. 1-10. (Comunicado Técnico, 160).
- WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A.; CRUZ, I. Cultivo do milho: manejo integrado de pragas (MIP). Sete Lagoas: **Embrapa Milho e Sorgo**. Comunicado técnico 50, 16 p., 2002.