

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**LAÍS DA SILVA PORTO**

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

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**SANTA HELENA  
2021**

**LAÍS DA SILVA PORTO**

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

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Biólogo.

Orientadora: Profa. Dra. Dejjane Santos Alves

Coorientador: Prof. Daniel Henrique Mendes de Souza

**SANTA HELENA  
2021**

**LAÍS DA SILVA PORTO**

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

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título  
de Licenciado em Ciências Biológicas da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Data de aprovação: 20/agosto/2021

---

Dejane Santos Alves  
Titulação (Doutorado)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Daniel Debona  
Titulação (Doutorado)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Daian Guilherme Pinto de Oliveira  
Titulação (Doutorado)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**SANTA HELENA**

**2021**

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, por me ajudar a passar por todos os obstáculos ao longo do curso e a continuar firme na minha escolha.

À minha família, pela paciência, conforto, conselhos e incentivo prestado durante toda essa caminhada acadêmica e pela compreensão da minha ausência enquanto me dedicava ao curso;

Ao Marco Aurélio pelo apoio, ajuda, incentivo, conforto e companheirismo durante esses anos;

Aos meus amigos e colegas, que sempre me apoiaram e estiveram comigo durante todo esse processo;

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) por toda a oportunidade e estrutura oferecida ao longo do curso;

À professora Dra. Deiane Santos Alves, pela orientação, direcionamento, paciência e incentivo durante todo esse processo de pesquisa;

Ao professor Daniel Henrique Mendes de Souza, pela ajuda e paciência, durante esse processo de pesquisa;

Ao Grupo de Pesquisa em Entomologia Aplicada (GPEA), pelo apoio imensurável e pela colaboração nos trabalhos desenvolvidos durante as pesquisas.

## RESUMO

SILVA PORTO, Laís. **Bioatividade de óleos essenciais de lamiáceas para *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 2021. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas), Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Santa Helena, 2021.

A lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma praga polífaga, que causa danos em várias culturas de importância econômica. Os principais métodos de controle dessa praga são as plantas geneticamente modificadas que expressam a proteína Bt e os inseticidas químicos que não são métodos sustentáveis; porém a seleção de populações resistentes é relatada. Desse modo, nesse trabalho foram conduzidos três bioensaios com o objetivo de avaliar a bioatividade dos óleos essenciais (OEs) das espécies de plantas da família Lamiaceae: *Lanvandula angustifolia* Mill., *Pogostemon cablin* Benth., *Salvia sclarea* L. e *Thymus vulgaris* L. para *S. frugiperda*. Para todos os bioensaios, dietas acrescidas de água ou de solução aquosa de Tween 80 a 1%, foram empregadas como controle. No primeiro ensaio, os OEs foram adicionados em dieta artificial e oferecidos para lagartas de *S. frugiperda* em ensaio de ingestão, sem chance de escolha. Foi constatado que as lagartas alimentadas com a dieta artificial contendo o OE de *P. cablin* tiveram probabilidade de sobrevivência de 0,18, ou seja, taxa de mortalidade de 82%. No segundo bioensaio, diferentes concentrações do OE de *P. cablin* foram adicionadas à dieta artificial com o objetivo de determinar a relação tempo-concentração-mortalidade. Foi estimado que a concentração letal mediana (CL<sub>50</sub>) foi de 0,9270 ± 0,02858 mg de OE/mL de dieta. Ao passo que a CL<sub>90</sub> foi de 1,5632 ± 0,08160 mg de OE/mL de dieta. Além disso, foi constatada redução no peso das lagartas que foram alimentadas com o OE de *P. cablin*. Um terceiro ensaio foi conduzido com o objetivo de avaliar a preferência e o consumo alimentar de lagartas de *S. frugiperda*, quando foram oferecidas, com chance de escolha, dieta contendo os controles negativos e o OE de *P. cablin*. Porém não foi constatado diferença no número de lagartas que optaram pela dieta com o controle, solução aquosa de Tween 80 a 1 %, e o tratamento contendo o OE de *P. cablin*. Entretanto, houve redução no consumo alimentar, a média de consumo no controle solução aquosa de Tween 80 a 1% foi de 177,65 ± 9,6602, ao passo que para OE de *P. cablin* foi consumo foi de 122,22 ± 8,1486 mg. Dessa maneira, pode-se constatar nesse trabalho que o OE de *P. cablin* têm substâncias que são capazes de causar mortalidade, redução no peso e no consumo alimentar de lagartas de *S. frugiperda*.

**Palavras chave:** Inseticidas botânicos. Produtos naturais. Patchouli.

## ABSTRACT

SILVA PORTO, Laís. Bioactivity of lamiaceae essential oils for *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). 2021. 35 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Licenciatura em Ciências Biológicas), Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Santa Helena, 2021.

The fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) is a polyphagous pest that causes damage to several economically important crops. The main methods of controlling this pest are genetically modified plants that express the Bt protein and chemical insecticides, that are not sustainable methods; however, the selection of resistant populations is reported. Thus, in this work, three bioassays were conducted with the objective of evaluating the bioactivity of essential oils (EOs) of plant species of the Lamiaceae family: *Lanvandula angustifolia* Mill., *Pogostemon cablin* Benth., *Salvia sclarea* L. and *Thymus vulgaris* L. against *S. frugiperda*. For all bioassays, diets with added water or Tween 80 1% aqueous solution were used as control. In the first trial, the EOs were added to an artificial diet and offered to *S. frugiperda* caterpillars in an ingestion trial, with no choice. It was found that caterpillars fed the artificial diet containing the EO of *P. cablin* had a survival probability of 0.18, that is, mortality rate of 82%. In the second bioassay, different concentrations of *P. cablin* EO were added to the artificial diet in order to determine the time-concentration-mortality relationship. The median lethal concentration (LC<sub>50</sub>) was estimated in  $0,9270 \pm 0,02858$  mg of EO/mL of diet. While the LC<sub>90</sub> was  $1,5632 \pm 0,08160$  mg of EO/mL of diet. In addition, a reduction in the weight of caterpillars that were fed with the EO of *P. cablin* was observed. A third trial was carried out with the objective of evaluating the food preference and consumption of *S. frugiperda* caterpillars, when they were offered, with a free choice, a diet containing the negative controls and *P. cablin*. There was no difference in the number of caterpillars that opted for the diet with the control, aqueous solution of Tween 80 at 1%, and the treatment containing the EO of *P. cablin*; however, there was a reduction in food consumption, the average consumption in the control aqueous solution of Tween 80 1% was  $177.65 \pm 9.6602$ , whereas for *P. cablin* EO the consumption was  $122.22 \pm 8.1486$  mg. Thus, it can be seen in this work that the EO of *P. cablin* has substances that are capable of causing mortality, reduction in weight and food consumption of *S. frugiperda* caterpillars.

**Keywords:** Botanical insecticides. Natural products. Patchouli.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1- Análise de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* após ingestão de dieta artificial contendo óleos essenciais de plantas da família Lamiaceae. Sendo  $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)\alpha)$ , onde:  $\delta$  = parâmetro de forma;  $\alpha$  = parâmetro de escala. Grupo 1 = *Pogostemon cablin*; Grupo 2 = *Salvia sclarea*, *Thymus vulgaris* e *Lavandula angustifolia*; Grupo 3 = Água e solução aquosa de Tween 80 a 1 %..... 12
- Figura 2- Análise de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* após ingestão de dieta artificial contendo diferentes concentrações do óleo essencial de = *Pogostemon cablin*. Sendo  $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)\alpha)$ , onde:  $\delta$  = parâmetro de forma;  $\alpha$  = parâmetro de escala. Grupo 1 = *P. cablin* (2 mg de OE/ml de dieta); Grupo 2 = *P. cablin* (1,5 mg de OE/ml de dieta); Grupo 3 = *P. cablin* (1 mg de OE/ml de dieta) ; Grupo 4 = *P. cablin* (0,5 e 0,7 mg de OE/ml de dieta); Grupo 6 = água e solução aquosa de Tween 80 a 1%..... 14
- Figura 3- Peso lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com dieta artificial contendo diferentes concentrações do óleo essencial de *Pogostemon cablin*. \*Não foi possível avaliar esse parâmetro para os tratamentos em que foram empregadas as concentrações de 1,5 e 2 mg de OE/ml de dieta devido a alta taxa de mortalidade encontrada.....16
- Figura 4- Preferência alimentar de lagartas (número de lagartas) de *Spodoptera frugiperda* pelo óleo essencial de *Pogostomem cablin*, em ensaio com chance de escolha..... 17
- Figura 5- Preferência alimentar de lagartas (consumo alimentar - mg) de *Spodoptera frugiperda* pelo óleo essencial de *Pogostomem cablin*, em ensaio com chance de escolha.....18

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>2</b>
2.1	Objetivo geral	2
2.2	Objetivos específicos	2
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>3</b>
3.1	<i>Spodoptera frugiperda</i>	3
3.2	Plantas selecionadas para esse estudo	4
3.2.1	<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	4
3.2.2	<i>Pogostemon cablin</i> (Blanco) Benth	5
3.2.3	<i>Salvia sclarea</i> L.	5
3.2.4	<i>Thymus vulgaris</i> L.	6
<b>4</b>	<b>PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>7</b>
4.1	Criação de <i>S. frugiperda</i>	7
4.2	Obtenção dos OEs	7
4.3	Screening da bioatividade de OEs em ensaio de ingestão	9
4.4	Determinação da relação tempo-concentração-mortalidade	9
<b>5</b>	<b>Resultados</b>	<b>11</b>
5.1	Screening da bioatividade de OEs em ensaio de ingestão	11
5.2	Determinação da relação tempo-concentração-mortalidade	13
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>21</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>21</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A lagarta-do-cartucho-do-milho *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma espécie nativa das regiões subtropicais e tropicais das Américas (POGUE, 2002), entretanto atualmente sua presença vem sendo constatada na Ásia (NAYYAR et al., 2021), Austrália (KERGOAT et al., 2021) e África (GOERGEN et al., 2016). Esta praga ataca lavouras de grande importância econômica, tais como milho (*Zea mays* L.) (MARUCCI et al., 2010), algodão (*Gossypium hirsutum* L.) (MIRANDA, 2010) e soja (*Glycine max* (L) Merrill) (RICARDO SOSA-GÓMEZ et al., 2014), causando grandes prejuízos econômicos.

Uma das principais técnicas para o controle de *S. frugiperda* é a utilização de plantas geneticamente modificadas, no entanto, já existem relatos de populações de insetos resistentes a essa tecnologia em condições de campo (LI et al., 2016; LIRA et al., 2013; MURÚA et al., 2019). Outra prática historicamente empregada para o manejo de *S. frugiperda* é a utilização de inseticidas químicos sintéticos, porém isso está ligado a modificações na suscetibilidade dessa praga a muitos inseticidas (BOAVENTURA et al., 2020a). No Brasil, foi registrada a ocorrência de *S. frugiperda* resistente a grupos novos de pesticidas químicos, como o clorantraniliprole e flubendiamida (BOAVENTURA et al., 2020b).

Diante disso, o uso de produtos derivados do metabolismo de plantas, tais como óleos essenciais (OEs) apresenta-se como uma alternativa promissora, os inseticidas botânicos podem ser empregados em sistemas de produção orgânica, ou ainda as substâncias podem ser usadas como molécula modelo para a síntese de novos compostos. Nesse contexto, são inúmeros os relatos da bioatividade de OEs essenciais para *S. frugiperda* (LIMA et al., 2009; DE MENEZES et al., 2020; PHAMBALA et al., 2020; RIOBA; STEVENSON, 2020; ZAVALA-SÁNCHEZ et al., 2020).

Entre as famílias botânicas relatadas por produzirem compostos com atividade inseticida, destaca-se a família Lamiaceae, em trabalho em que foram empregadas quatro espécies de Lamiaceae do gênero *Salvia*, foi observado que *Salvia connivens* Epling mostrou alta atividade inseticida para *S. frugiperda*, ao passo que *Salvia ballottiflora* Benth e *Salvia keerli* Benth apresentaram atividade moderada (ZAVALA-SÁNCHEZ et al., 2013).

Em outro estudo em que foram testados os OEs de *Ocimum selloi* Benth., *Hyptis suaveolens* (L.) e *Hyptis marrubioides* Epl. para lagartas de *S. frugiperda*, foi constatado que os óleos essenciais de *O. selloi* e *H. marrubioides* causaram 100% de mortalidade nesse inseto (DE MENEZES et al., 2020).

Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo estudar a bioatividade de OEs das seguintes espécies de plantas da família Lamiaceae: *Lavandula angustifolia* Mill., *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth., *Salvia sclarea* L. e *Thymus vulgaris* L. para *S. frugiperda*.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Determinar a bioatividade de OEs das plantas da família Lamiaceae: *L. angustifolia*, *P. cablin*, *S. sclarea* e *T. vulgaris* para *S. frugiperda*.

### 2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a toxicidade dos óleos essenciais provenientes de *L. angustifolia*, *P. cablin*, *S. sclarea* e *T. vulgaris* para *S. frugiperda*, em ensaio de ingestão, sem chance de escolha;
- Determinar a relação tempo-concentração-mortalidade do OE mais bioativo para *S. frugiperda*;
- Avaliar a preferência e consumo alimentar de lagartas *S. frugiperda* em ensaio, com chance de escolha.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 *Spodoptera frugiperda*

A lagarta-do-cartucho *S. frugiperda* é considerada uma das mais importantes pragas agrícolas. Trata-se de um inseto nativo das regiões tropicais e subtropicais das Américas (BUSATO et al., 2006), que atualmente também é encontrado Ásia (NAYYAR et al., 2021), Austrália (KERGOAT et al., 2021) e África (GOERGEN et al., 2016). Essa praga causa danos severos às plantas hospedeiras, tais como milho (*Zea mays* L.) (MARUCCI et al., 2010), algodão (*Gossypium hirsutum* L.) (MIRANDA, 2010) e soja (*Glycine max* (L) Merrill) (RICARDO SOSA-GÓMEZ et al., 2014).

A principal ferramenta para o controle de *S. frugiperda* é o uso de plantas geneticamente modificadas que expressam proteínas inseticidas de *Bacillus thuringiensis* (Bt) (MURÚA et al., 2019). Entretanto, existem relatos da resistência de populações de *S. frugiperda* em condições de campo em diferentes países, tais como Argentina, Porto Rico, Brasil, México e Estados Unidos da América (BOAVENTURA et al., 2020c; BOTHA et al., 2019; GUTIÉRREZ-MORENO et al., 2019; MURÚA et al., 2019).

A seleção de populações de insetos resistentes ameaça a viabilidade de culturas transgênicas. Os primeiros estudos foram conduzidos em Porto Rico, nos quais foi constatada a resistência de *S. frugiperda* a Cry1Fa (evento TC1507). Esses estudos indicaram que o fenótipo de resistência estava associado à expressão reduzida da fosfatase alcalina, ligada à uma mutação no gene da subfamília C2 (ABCC2), que funciona como um receptor Cry1Fa em insetos suscetíveis (BANERJEE et al., 2017).

De forma semelhante, pode-se relatar a seleção de populações de *S. frugiperda* a inseticidas químicos sintéticos. Até o momento o Arthropod Pesticide Resistance Database (APRD) relata 144 casos de resistência de *S. frugiperda* no mundo. Aproximadamente 45% dos casos de resistência são a proteínas produzidas por *Bacillus thuringiensis* (Bt), ao passo que 26% e 19% são a inseticidas que atuam nos canais de sódio e que atuam na acetilcolinesterase, respectivamente (BOAVENTURA et al., 2020c).

Dessa forma, é necessário o desenvolvimento de novas alternativas para o controle de *S. frugiperda*, tais como a busca por moléculas ativas derivadas de plantas. Entre as famílias botânicas que apresentam atividade para *S. frugiperda*, destaca-se a família Lamiaceae. Nesse sentido, os OEs provenientes das espécies *O. selloi* e *H. marrubioides* causaram 100% de mortalidade em lagartas de *S. frugiperda* em ensaio de ingestão (DE MENEZES et al., 2020). Outro trabalho mostrou atividade inseticida do óleo essencial de partes aéreas de *Salvia ballottiflora* L. para *S. frugiperda* (CÁRDENAS-ORTEGA et al., 2015).

## 3.2 Plantas selecionadas para esse estudo

### 3.2.1 *Lavandula angustifolia* Mill.

Uma das espécies selecionadas para esse estudo é *L. angustifolia*, conhecida popularmente como lavanda. Trata-se de uma erva nativa da costa do Mediterrâneo, cultivada em todo o mundo. Seu OE é extraído das inflorescências e folhas, e é bastante utilizado por sua atividade terapêutica (XIAOTIAN et al., 2019).

A atividade inseticida de *L. angustifolia* é relatada em literatura, o óleo essencial de *L. angustifolia* foi altamente tóxico, com DL<sub>50</sub> (dose letal mediana) menor ou igual a 0,05 µl/lagarta para *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833) (Lepidoptera: Noctuidae) (PAVELA, 2005).

Outra pesquisa avaliou a atividade, por contato, de *L. angustifolia* para o gorgulho *Sitophilus granarius* (L., 1785) (Coleoptera: Curculionidae), sendo constatada alta mortalidade para esse inseto (GERMINARA et al., 2017). De forma análoga, foi verificada a toxicidade de *L. angustifolia* para a mosca-da-fruta-mediterrânea *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae), em ensaio de aplicação tópica o óleo de *L. angustifolia* causou mortalidade superior a 70%, após 24 h (BENELLI et al., 2012).

### 3.2.2 *Pogostemon cablin* (Blanco) Benth

*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth é uma planta nativa do sul da Ásia, essa espécie se tornou bastante importante na indústria de alimentos, por conta do seu OE, mostrando ser um comércio ótimo para a agricultura na Índia. O óleo de *patchouli*, como é chamado, é muito procurado por suas propriedades, usado em cosméticos, aromas, perfumarias, indústrias alimentícias e farmacêutica, entre outros, o que torna esse óleo muito importante para o mercado global (DAS, 2016). A Índia se destaca no mercado mundial de produção do OE de *patchouli*, pois tem programas que desenvolvem estratégias de cultivos e possui um clima diversificado e com uma grande área geográfica, com isso poderá se tornar o segundo maior produtor de óleo essencial de patchouli do mundo (DAS, 2016).

Apesar de não existirem relatos da toxicidade de *P. cablin* para *S. frugiperda*, existem registros da bioatividade dessa espécie para outras espécies do gênero *Spodoptera*. Em um estudo que avaliou a toxicidade de 13 OEs para lagartas de *Spodoptera exigua* (Hubner,1808) (Lepidoptera: Noctuidae) todos os óleos apresentaram toxicidade, o óleo de *P. cablin* foi um dos mais tóxicos, causando 95% de mortalidade (MURCIA-MESEGUER et al., 2018).

Outro estudo foi realizado com o composto majoritário do OE de *P. cablin*, a pogostona. A avaliação da atividade inseticida da pogostona para *Spodoptera litura* (Fabricius,1775) (Lepidoptera: Noctuidae) e *S. exigua* mostrou que o composto apresentou forte atividade larvicida e fagoderrente contra esses insetos (HUANG et al., 2014).

Em pesquisa semelhante conduzida com trinta e quatro OEs testados em ensaio de fumigação com lagartas de *Spodoptera littoralis* (Boisduval,1833) (Lepidoptera: Noctuidae), o óleo de *P. cablin* foi tóxico para essa espécie (PAVELA, 2005).

### 3.2.3 *Salvia sclarea* L.

Outra espécie selecionada para esse trabalho é *S. sclarea*, conhecida popularmente como sálvia. Trata-se de uma planta herbácea nativa da bacia do Mediterrâneo e do Irã. Os OEs de sálvia são bastante usados na indústria alimentícia, cosméticos, medicamentos, entre outros (GRIGORIADOU et al., 2020).

Em um estudo, avaliou-se o efeito de 13 OEs no desenvolvimento e fertilidade de lagartas de *S. littoralis*, quatro espécies de plantas, entre elas a *S. sclarea*, causaram mortalidade total superior a 70%, encontrando também uma significativa diferença no número de insetos que chegaram a fase adulta (PAVELA, 2012). Em outro trabalho, empregando trinta e quatro OEs, em ensaio de fumigação contra as lagartas de *S. littoralis* foi verificado que cinco OEs foram tóxicos, dentre eles *S. sclarea* (PAVELA, 2005).

A espécie *S. sclarea* também é reportada por apresentar toxicidade para larvas do mosquito *Culex pipiens* (L.1758) (Diptera: Culicidae) (ŞEREF GÜN et al., 2011). Outro exemplo é o trabalho em que foram empregadas diferentes concentrações do extrato aquoso de *S. sclarea*, sendo verificada toxicidade contra *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) (Hemiptera: Aleyrodidae) (ŠUĆUR et al., 2015).

#### 3.2.4 *Thymus vulgaris* L.

*Thymus vulgaris*, conhecida como tomilho-comum ou tomilho-do-jardim, é uma planta aromática da Família Lamiaceae, muito utilizada para usos medicinais, ornamentais e culinários, além disso, ela possui atividade anti-inflamatória e antioxidante (SALEHI et al., 2018).

A bioatividade de *T. vulgaris* para insetos do gênero *Spodoptera* é reportada em literatura, em estudo no qual foi avaliado o efeito de 13 OEs no desenvolvimento e fertilidade de *S. littoralis*, *T. vulgaris* causou mortalidade total superior à 70% em lagartas de *S. littoralis*, existindo uma significativa diferença no número de insetos que atingiram a fase adulta, mostrando que o óleo também foi tóxico no desenvolvimento do inseto (PAVELA, 2012).

Essa espécie é conhecida pela produção de monoterpenos, os quais são relatados como potentes inseticidas botânicos biodegradáveis e de baixo risco para os seres humanos. Um dos constituintes majoritários do OE de *T. vulgaris* é o timol. Essa substância já foi relatada por apresentar atividade inseticida para *S. frugiperda* (THARAMAK et al., 2020).

Os fenóis monoterpenoides, timol e carvacrol, os quais podem ser os constituintes majoritários do OE de *T. vulgaris*, provavelmente são os responsáveis pela atividade inseticida dessa espécie (ISMAN; WAN; PASSREITER, 2001). Em pesquisa realizada, foi constatado que o timol proveniente do OE de *T. vulgaris* foi

tóxico para lagartas de *S. litura*, em ensaio de aplicação tópica (HUMMELBRUNNER; ISMAN, 2001).

## 4 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS

### 4.1 Criação de *S. frugiperda*

Os insetos empregados nesse trabalho foram provenientes da Universidade Federal de Lavras (UFLA) (Lavras - Minas Gerais), e da empresa PROMIP Manejo Integrado de Pragas (Engenheiro Coelho - São Paulo). As lagartas foram alimentadas com dieta artificial, com modificações propostas por Parra (2001), e os adultos com solução aquosa de mel a 10%. Para as realizações dos bioensaios, foram empregadas lagartas com 48 h de idade provenientes da segunda postura dos adultos, e para o biensaio de preferência com chance de escolha, foram usadas lagartas de 7 dias. A criação e os bioensaios foram mantidos em sala climatizada com temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 12 horas.

### 4.2 Obtenção dos OEs

Para os bioensaios, foram empregados os óleos essenciais de *L. angustifolia*, *P. cablin*, *S. sclarea* e *T. vulgaris*, provenientes da empresa Ferquima Indústria e Comércio LTDA (Tabela 1).

Tabela 1. Nomes científico e comercial, método de extração e Nomenclatura Internacional de Ingredientes Cosméticos (INCI) pertencentes aos óleos essenciais empregados nesse estudo.

<b>Nome científico</b>	<b>Nome INCI</b>	<b>Método de extração</b>	<b>Nome comercial do produto</b>
<i>Lavandula angustifolia</i> L.	<i>Lavandula angustifolia</i> Oil	Destilação a vapor das flores	Óleo Essencial de Lavanda Russa
<i>Pogostemon cablin</i> (Blanco) Benth.	<i>Pogostemon cablin</i> Oil	Destilação a vapor das folhas	Óleo Essencial de Patchouli
<i>Salvia sclarea</i> L.	<i>Salvia sclarea</i> Oil	Destilação a vapor das flores e folhas	Óleo Essencial de <i>Salvia sclarea</i>
<i>Thymus vulgaris</i> L.	<i>Thymus vulgaris</i> Flower/Leaf Oil	Destilação a vapor das flores/folhas	Óleo Essencial de Tomilho Branco



### 4.3 Screening da bioatividade de OEs em ensaio de ingestão

Os óleos essenciais (200 mg) foram solubilizados em solução aquosa de Tween 80 a 1% (20 mL) e adicionados em dieta artificial de Parra (2001) (200 mL), na concentração de 1 mg/mL. A seguir, pedaços de dieta (1,5 diâmetro cm x 1,3 altura) foram transferidas para os tubos de vidro (2,5 cm de diâmetro x 8,0 cm de altura). Em cada tubo foi inoculada uma lagarta de segundo instar (48 h de idade, alimentadas previamente com dieta artificial) de *S. frugiperda*. Os tubos foram fechados com algodão hidrofílico.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 50 repetições para cada tratamento, composta por uma lagarta e mantida individualizada. Os controles foram dieta acrescida de água e de solução aquosa de Tween 80 a 1%, e o experimento foi mantido em câmara climática (BOD) a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $70 \pm 10\%$  UR e fotofosfase de 12 h.

A cada 24 h, durante um período de 168 h, foi avaliada a sobrevivência dos insetos, foi considerado morto o inseto que não respondeu ao toque de um pincel (001). As avaliações foram conduzidas empregando Microscópio Estereoscópio Binocular.

O ensaio foi repetido duas vezes em dias diferentes. Para a análise conjunta dos dados, os mesmos foram previamente submetidos ao teste de Bartlett. Para a análise estatística, os dados de sobrevivência dos insetos ao longo do tempo foram submetidos à análise de sobrevivência empregando a distribuição de Weibull. Os ajustes dos dados a distribuição foram observados através do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov. Foi feita análise de contraste, visando a formação de grupos de efeitos semelhantes. Foi estimado o tempo letal mediano ( $TL_{50}$ ) para cada grupo formado. As análises foram conduzidas empregando o software R<sup>®</sup> (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2021).

### 4.4 Determinação relação tempo-concentração-mortalidade

O OE de *P. cablin* foi o único que causou mortalidade significativa em *S. frugiperda* no ensaio anterior (subitem 4.3), assim foi selecionado para as etapas posteriores do trabalho. Desse modo, diferentes concentrações do OE de *P. cablin*

foram solubilizadas em solução aquosa de Tween 80 a 1% e incorporado à dieta artificial (subitem 4.3). As concentrações de 2 mg, 1,5 mg, 1 mg, 0,5 e 0,7 mg/mL de dieta do OE de *P. cablin* foram determinadas por meio de progressão aritmética e de ensaios prévios, de modo a ser obtidas faixas de respostas, ou seja, intervalos de concentrações em que a mortalidade do inseto varia entre 20 a até 80%.

Diariamente, a cada 24 h, durante 168 h foi avaliada a sobrevivência dos insetos. Após 168 h da exposição dos insetos à dieta contendo os tratamentos as lagartas tiveram o peso mensurado individualmente em balança analítica. O delineamento foi inteiramente casualizado com cinquenta repetições por tratamento, e a cada parcela experimental foi constituída por uma lagarta, mantida individualizada. Os controles consistiam de dieta acrescida de água e de solução aquosa de Tween 80 a 1%. O experimento foi mantido em sala climatizada a  $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ ,  $70\pm 10\%$  UR e fotofase de 12 h.

O ensaio foi repetido duas vezes em dias diferentes, e os dados referentes à sobrevivência dos insetos após 24 h do oferecimento da dieta, foram empregados para a determinação da relação concentração-mortalidade, por meio de análise de Logit. A relação tempo-mortalidade foi determinado através da distribuição de Weibull, conforme descrito em 4.3. Os dados referentes ao peso das lagartas não atenderam os pressupostos de normalidade e homocedasticidade e foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. As análises foram conduzidas empregando o software R (R Development Core Team, 2021).

#### **4.5 Ensaio de preferência alimentar com chance de escolha**

O OE *P. cablin* causou redução no peso das lagartas de *S. frugiperda* (item 4.3) e foi selecionado para esse ensaio. Com isso, o OE (100 mg) foi solubilizado em solução aquosa de Tween 80 a 1% (10 mL) e incorporado à dieta artificial (100 mL). Em seguida, pedaços de dieta (1,5 cm de diâmetro x 1,3 cm de altura), previamente pesados, foram dispostos equidistantemente em arena constituída de placa de Petri (15 cm de diâmetro x 1,9 cm de altura). Em cada arena, foram colocados dois pedaços de dieta, um contendo o tratamento com o OE e outro com a dieta contendo solução aquosa de Tween 80 a 1%. Na arena dos tratamentos controles, foi empregado um pedaço de dieta na qual foi acrescida água destilada e outro em que foi adicionada solução aquosa de Tween 80 a 1%. No centro de cada arena, foram liberadas cinco

lagartas de *S. frugiperda*, com sete dias de idade, que foram mantidas previamente sem alimento, durante 2 h antes da liberação no centro de cada arena. Foram usadas alíquotas (1,5 cm de diâmetro x 1,3 cm de altura) da dieta para a determinação do peso seco inicial da dieta.

O bioensaio foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quinze repetições por tratamento, cada uma constituída por uma placa de Petri. A avaliação da não preferência das lagartas pela dieta foi calculada em função do número de lagartas presentes em cada tratamento, após 24, 48 e 72 h da liberação dos insetos. Foram contabilizadas apenas aquelas lagartas que se encontraram sobre a dieta no momento da avaliação. Após 72 h da liberação das lagartas nas arenas, a dieta não consumida foi submetida à secagem em estufa a 45°C por 24 h para determinação do peso seco de dieta consumida. O consumo alimentar dos insetos foi determinado pela seguinte fórmula: consumo alimentar (g) = peso seco inicial da dieta – peso seco final da dieta.

## 5 Resultados

### 5.1 Screening da bioatividade de OEs em ensaio de ingestão

Verificou-se diferença significativa entre os OEs, o único OE que causou redução na sobrevivência de lagartas de *S. frugiperda* foi o óleo de *P. cablin*. Houve ajuste dos dados a distribuição de Weibull ( $D = 0,046472$ ,  $p = 0,5571$ ) e foi constatada diferença significativa entre os tratamentos ( $\chi^2 = 166,87$ ;  $gl = 5$ ;  $p < 0,01$ ). Os tratamentos foram agrupados em três grupos de efeito semelhante. O grupo 1 com  $TL_{50}$  de 59 h e probabilidade de sobrevivência ao término do experimento de 0,18 foi formado pelo OE de *P. cablin*. Os grupos 2 e 3 apresentaram  $TL_{50}$  maior que 168 h. O grupo 2 foi formado pelos OEs de *S. sclarea*, *T. vulgaris* e *L. angustifolia* teve uma probabilidade de sobrevivência de 0,82. Os controles, água e solução aquosa de Tween 80 a 1%, formaram o terceiro grupo com probabilidade de sobrevivência de 0,90 (Figura 1).

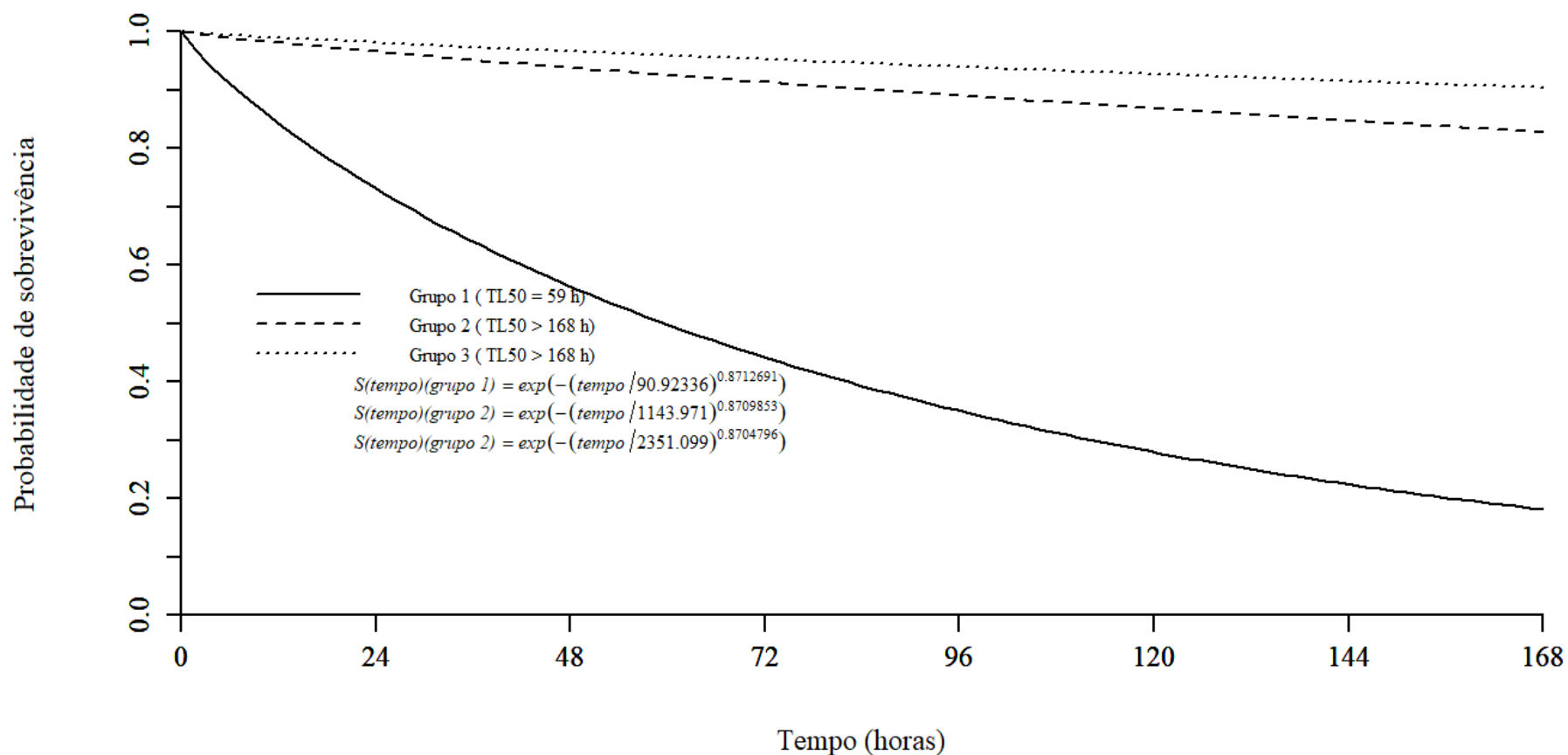


Figura 1. Análise de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* após ingestão de dieta artificial contendo óleos essenciais de plantas da família Lamiaceae. Sendo  $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)\alpha)$ , onde:  $\delta$  = parâmetro de forma;  $\alpha$  = parâmetro de escala. Grupo 1 = *Pogostemon cablin*; Grupo 2 = *Salvia sclarea*, *Thymus vulgaris* e *Lavandula angustifolia*; Grupo 3 = Água e solução aquosa de Tween 80 a 1 %.

## 5.2 Determinação da relação tempo-concentração-mortalidade

Para a relação concentração-mortalidade foi constada que a concentração do OE de *P. cablin* necessária para causar mortalidade em 50% da população (CL<sub>50</sub>) de *S. frugiperda* foi de  $0,9270 \pm 0,02858$  mg de OE/ml de dieta, ao passo que a CL<sub>90</sub> foi estimada em  $1,5632 \pm 0,08160$  mg de OE/ml de dieta ( $\chi^2 = 476,88$ ; gl = 454; p = 0,221).

Para a relação tempo-concentração-mortalidade houve ajuste dos dados à distribuição de Weibull (D = 0,054173, p = 0,2688), com diferença significativa entre os tratamentos ( $\chi^2 = 667,64$ ; gl = 6, p < 0,01). Cinco grupos de efeito semelhantes foram formados. As concentrações de 2 e 1,5 mg de OE/ml de dieta causaram 100% de mortalidade nos insetos, o TL<sub>50</sub> foi de 19,5 e 28 h, respectivamente. O grupo 3, formado pela concentração de 1 mg de OE/ml de dieta, teve TL<sub>50</sub> de 82 h e a probabilidade de sobrevivência ao término do ensaio foi de 0,23. As menores concentrações, 0,5 e 0,7 mg de OE/ml de dieta, formaram o quarto grupo com TL<sub>50</sub> maior que 168 h e probabilidade de sobrevivência ao término do ensaio de 0,74. Os controles, água e solução aquosa de Tween 80 a 1%, corresponderam ao grupo com probabilidade de sobrevivência de 0,95 e TL<sub>50</sub> maior do que 168 h (Figura 2).

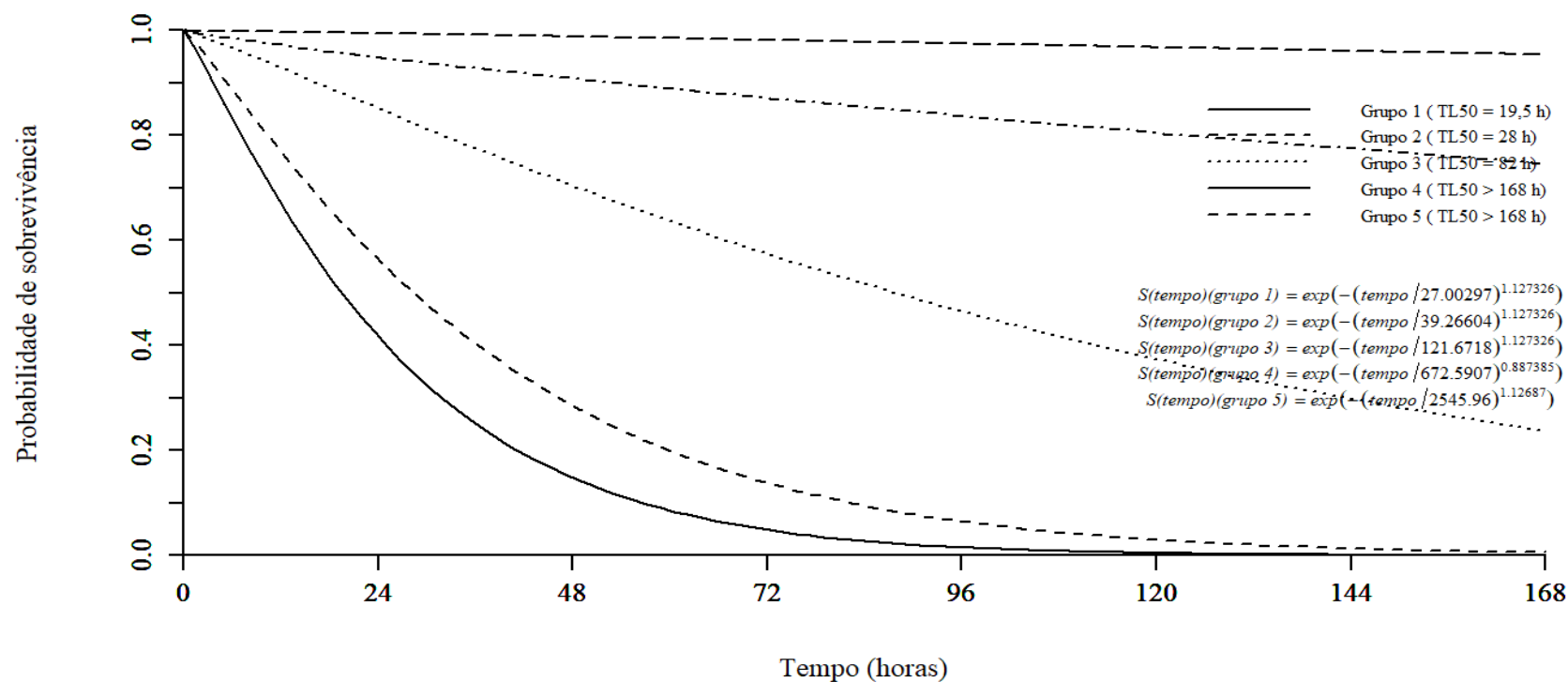


Figura 2. Análise de sobrevivência de lagartas de *Spodoptera frugiperda* após ingestão de dieta artificial contendo diferentes concentrações do óleo essencial de *Pogostemon cablin*. Sendo  $S(t) = \exp(-(\text{tempo}/\delta)\alpha)$ , onde:  $\delta$  = parâmetro de forma;  $\alpha$  = parâmetro de escala. Grupo 1 = *P. cablin* (2 mg de OE/ml de dieta); Grupo 2 = *P. cablin* (1,5 mg de OE/ml de dieta); Grupo 3 = *P. cablin* (1 mg de OE/ml de dieta); Grupo 4 = *P. cablin* (0,5 e 0,7 mg de OE/ml de dieta); Grupo 6 = água e solução aquosa de Tween 80 a 1%.

Para os dados referentes ao peso de lagartas de *S. frugiperda*, foi constatada diferença significativa entre os tratamentos ( $X^2 = 32,95$ , gl = 4,  $p < 0,01$ ). As lagartas alimentadas com os controles, água e solução aquosa de Tween 80 a 1%, apresentaram peso médio ( $\pm$  EP) de  $0,0448 \pm 0,0027$  e  $0,0419 \pm 0,0029$  g. Quando as lagartas foram alimentadas com o OE de *P. cablin* nas concentrações de 0,5 e 0,7 mg de OE/ml de dieta, o peso das lagartas foi menor do que o constatado para os controles, com médias de:  $0,0322 \pm 0,0024$  e  $0,0326 \pm 0,0030$  g, constatando diferença significativas em relação aos tratamentos com os controles negativos. Para as lagartas alimentadas com a dieta com o OE de *P. cablin* na concentração de 1 mg de OE/ml de dieta, o peso médio foi de  $0,0204 \pm 0,0029$  g (Figura 3).

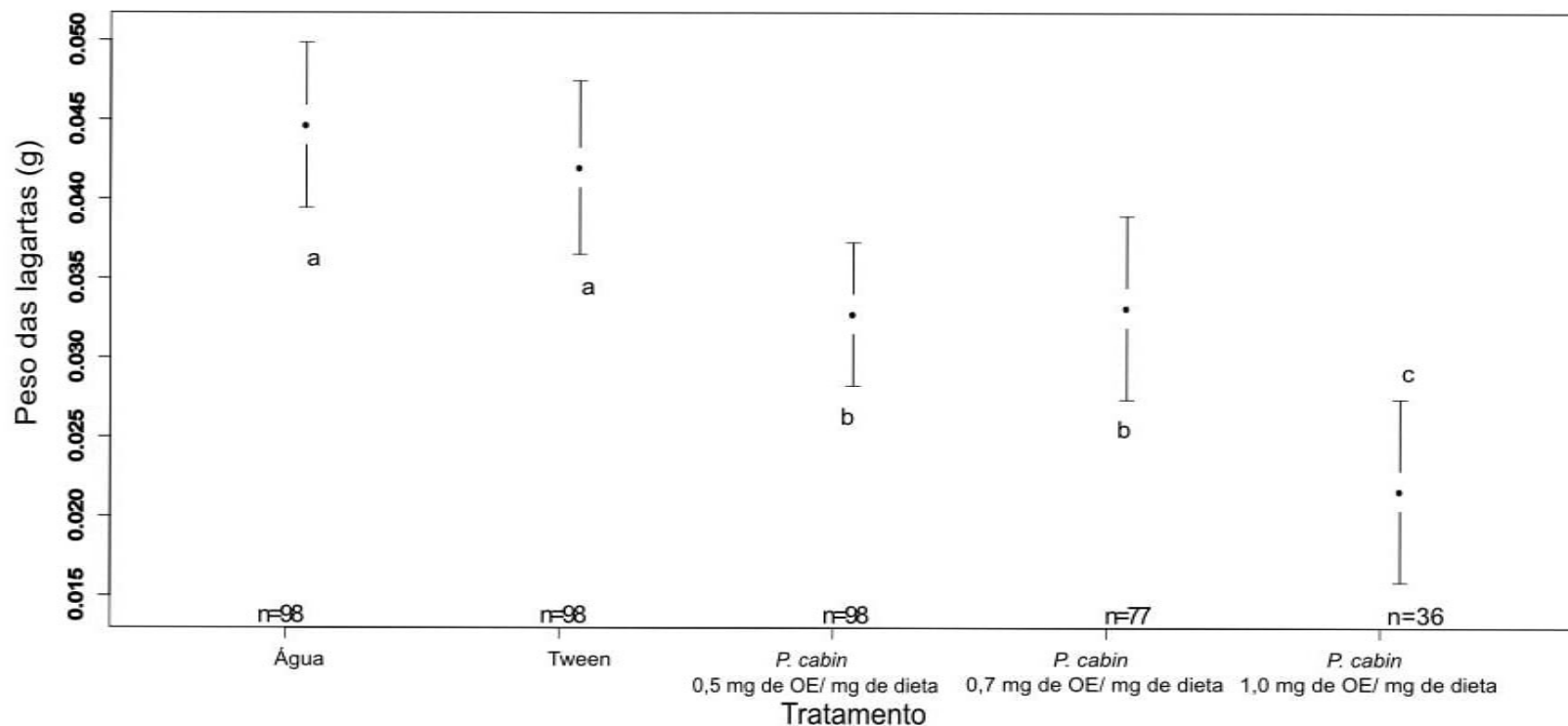


Figura 3. Peso médio ( $\pm$ EP) de lagartas de *Spodoptera frugiperda* alimentadas com dieta artificial contendo diferentes concentrações do óleo essencial de *Pogostemon cablin*. \*Não foi possível avaliar esse parâmetro para os tratamentos em que foram empregadas as concentrações de 1,5 e 2 mg de OE/ml de dieta devido à alta taxa de mortalidade encontrada. \*\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis.



### 5.3 Ensaio de preferência alimentar com chance de escolha

Os insetos, aos quais foram oferecidas dietas contendo os controles, água e solução aquosa de Tween 80 a 1%, com chance de escolha, não apresentaram maior preferência por nenhum dos tratamentos (Figura 4), entretanto foi constatada diferença estatística significativa entre o consumo alimentar. As médias de consumo alimentar para os controles: dieta contendo água e solução aquosa de Tween 80 a 1% ( $\pm$  EP), foram de  $184,75 \pm 9,7918$  e  $169,21 \pm 9,6858$  mg (Figura 5). Quando os insetos tiveram chance de escolha entre a dieta contendo o controle, solução aquosa de Tween 80 a 1%, e o OE de *P. cablin*, não foi verificada diferença entre o número de lagartas em cada tratamento (Figura 4). Todavia, foi constatada diferença significativa entre os tratamentos quando foi avaliado o consumo alimentar das lagartas, com médias ( $\pm$  EP) de  $177,65 \pm 9,6602$  e  $122,22 \pm 8,1486$  mg, respectivamente, para o controle solução aquosa de Tween 80 a 1% e o OE de *P. cablin* (Figura 5).

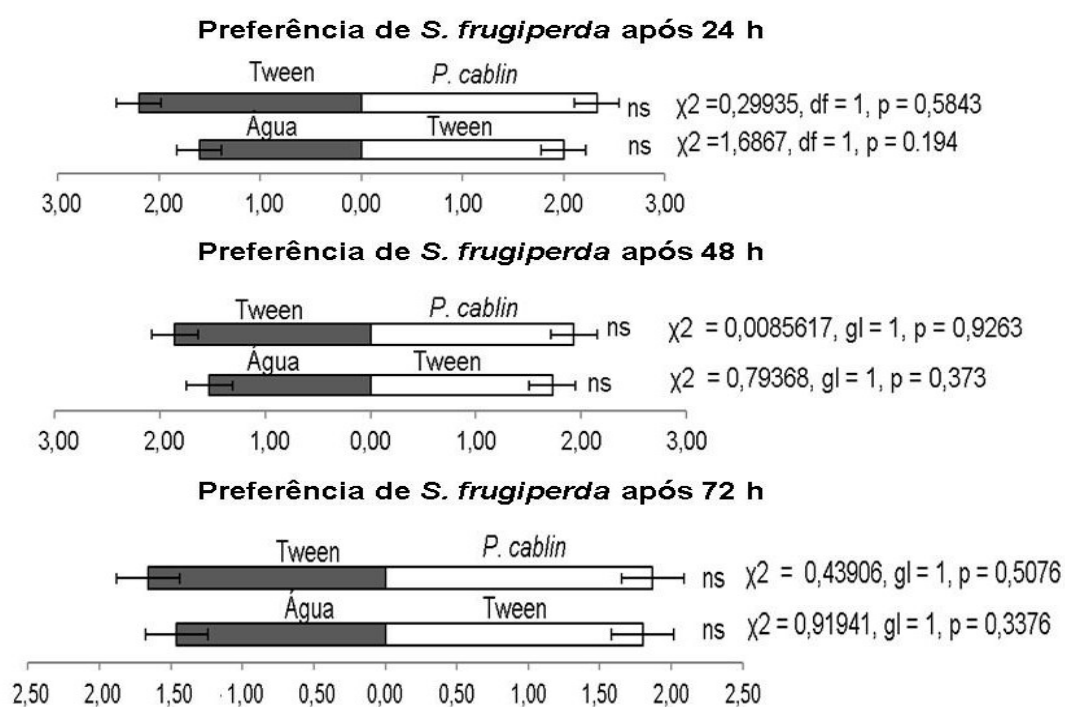


Figura 4. Preferência alimentar de lagartas (número de lagartas) de *Spodoptera frugiperda* pelo óleo essencial de *Pogostomem cablin*, em ensaio com chance de escolha. \*ns = não significativo pelo teste de qui-quadrado a 5% de significância.

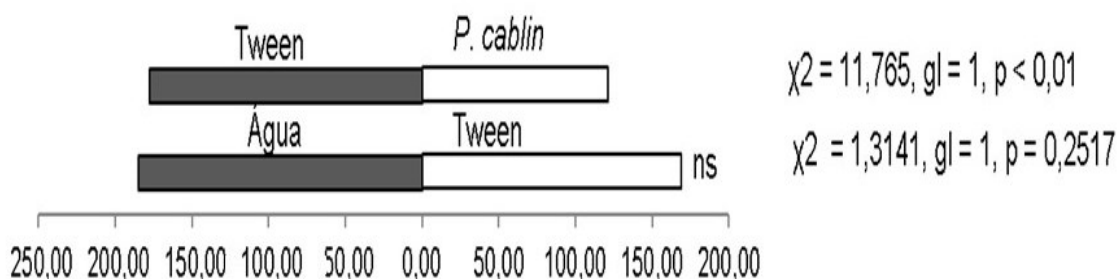


Figura 5. Preferência alimentar de lagartas (consumo alimentar - mg) de *Spodoptera frugiperda* pelo óleo essencial de *Pogostomem cablin*, em ensaio com chance de escolha. \*ns = não significativo pelo teste de qui-quadrado a 5% de significância.

## 6 DISCUSSÃO

Entre os OEs avaliados no presente trabalho, o óleo de *P. cablin* foi o mais tóxico para *S. frugiperda* em ensaio de ingestão. Além disso, foi constatado que esse OE causou redução no consumo alimentar de *S. frugiperda*. Todavia, a atividade de *P. cablin* para *S. frugiperda* não pode ser atribuída a redução no consumo alimentar. Isso porque o OE de *P. cablin* causou redução no consumo alimentar de *S. frugiperda* de apenas 31%, evidenciando que o inseto se alimentou desse tratamento. Ademais o OE de *P. cablin* causou alta mortalidade em *S. frugiperda* em um curto espaço de tempo, indicando que esse EO apresenta substâncias que promovem danos fisiológicos no inseto. É sabido que insetos da ordem Lepidoptera podem ser privados de alimento por muitas horas, sem que haja mortalidade, como, por exemplo, no trabalho que foi feito um teste comportamental, em que lagartas de 2º e 3º instar de *S. littoralis*, foram deixadas 20 h sem alimento antes do experimento (RHARRABE; JACQUIN-JOLY; MARION-POLL, 2014).

Esse é o primeiro relato de atividade inseticida de *P. cablin* para *S. frugiperda*. Entretanto, a atividade inseticida de *P. cablin* já foi constatada para outras espécies do gênero *Spodoptera*. Em pesquisa conduzida com *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) (Lepidoptera: Noctuidae) em ensaio de aplicação tópica, *P. cablin* foi um dos óleos mais nocivos testado no estudo, causando mortalidade superior a 90% em lagartas e adultos de *S. exigua*. A atividade inseticida de *P. cablin* foi atribuída pelos

autores ao composto álcool patchouli que foi relatado como o principal componente de *P. cablin* (40% do OE) (MURCIA-MESEGUER et al., 2018).

A atividade inseticida do *P. cablin* também foi constatada para *S. littoralis*, sendo o OE tóxico para lagartas de *S. littoralis* em ensaio de fumigação. Entretanto, os autores não estudaram o mecanismo de ação e nem inferiram sobre os compostos responsáveis pela atividade fumigante (PAVELA, 2005). Não obstante, a atividade inseticida de *P. cablin* também já foi constatada para insetos pertencentes a outras ordens, podendo-se destacar a atividade inseticida para *Atta opaciceps* (Borgmeier, 1939) (Hymenoptera: Formicidae), *Atta sexdens* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Formicidae), *Atta sexdens rubropilosa* (Forel, 1908) (Hymenoptera: Formicidae), *Musca domestica* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Muscidae) (PAVELA, 2008; ROCHA et al., 2018).

Apesar do fato do OE de *T. vulgaris* não ter apresentado efeito tóxico para *S. frugiperda* no presente trabalho, a atividade tóxica dessa planta para *S. litura* foi constatada (ISMAN; WAN; PASSREITER, 2001; HUMMELBRUNNER; ISMAN, 2001). Mostrando também que *T. vulgaris* e *S. sclarea* foram capazes de causarem alterações no desenvolvimento e fertilidade de *Spodoptera littoralis* (PAVELA, 2012). *T. vulgaris* também foi relatado, em literatura, como tendo atividade inseticida para insetos de outras ordens, tais como *C. pipiens*. O bioensaio mostrou que esse óleo poderia causar 100% de mortalidade nas larvas de *C. pipiens* na concentração de 200 ppm (BOUGUERRA; TINE-DJEBBAR; SOLTANI, 2018). Outro estudo cujo objetivo foi avaliar a atividade larvicida de *T. vulgaris* contra o mosquito da dengue *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae) mostrou que o OE de *T. vulgaris* repeliu e foi tóxico para o mosquito, mostrando que possui potencial para atuar como inseticida contra *A. aegypti* (DE OLIVEIRA et al., 2021).

Nesse trabalho, a espécie *S. sclarea* não apresentou atividade inseticida para *S. frugiperda*. Entretanto existem relatos da sua bioatividade para outras espécies do gênero *Spodoptera* e para insetos de outras ordens. Como por exemplo no estudo no qual foi analisado a atividade inseticida de *S. sclarea* para lagartas de *S. littoralis*, provando ser altamente tóxica para a espécie (PAVELA, 2005). Outro estudo aponta que *S. sclarea* causou mortalidade superior a 70%, em ensaio tóxico em lagartas de *S. littoralis*, demonstrando que *S. sclarea*, pode ser usada para o desenvolvimento de inseticidas botânicos contra essa praga (PAVELA, 2012). Em relação a insetos de outras ordens, *S. sclarea* apresentou atividade inseticida para *Aedes albopictus*

(Diptera: Culicidae) (NAJAR et al., 2020). Outro exemplo, é o trabalho em que foram usadas várias concentrações do extrato aquoso de *S. sclarea* contra *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) (Hemiptera: Aleyrodidae), constatando toxicidade de contato (ŠUČUR et al., 2015).

No mesmo sentido a espécie *L. angustifolia* não apresentou toxicidade para *S. frugiperda* no presente estudo, entretanto apresenta toxicidade para *S. littoralis* (DL<sub>50</sub> menor ou igual à 0,05 µl/larva) (PAVELA, 2005). Em estudo sobre a repelência de OEs foi constatado que o OE de *L. angustifolia* exibiu propriedade repelente contra *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (1863) (MARTYNOV et al., 2019). Também pode-se mencionar que o OE de *L. angustifolia* causou mortalidade superior a 70%, após 24 h, para a mosca-da-fruta-mediterrânea *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera: Tephritidae) (BENELLI et al., 2012).

As diferenças encontradas entre os resultados desse trabalho e outros descritos em literatura podem ser explicados devido vários motivos, entre eles de que a atividade inseticida pode ser espécie-específica. Além disso, as plantas apresentam variação na composição química de metabólitos secundários devido vários fatores, tais como época de coleta, tipo de solo, ataque por herbívoros e patógenos, entre outros. O OE de *P. cablin* apresentou toxicidade para *S. frugiperda*, assim mais estudos serão conduzidos com vista a caracterização química e efeito sobre organismos não-alvo, tais como inimigos naturais.

## 7 CONCLUSÕES

O OE de *P. cablin* foi o mais tóxico para *S. frugiperda*, causando mortalidade nas lagartas em um curto espaço de tempo. Além disso, quando foi conduzido ensaio com chance de escolha, o OE de *P. cablin* causou redução no peso das lagartas. Em ensaio com chance de escolha, embora não tenha sido detectada não preferência pelo OE de *P. cablin* houve redução no consumo alimentar das lagartas. Dessa forma, o OE de *P. cablin* apresenta potencial para ser empregados em novos estudos com o objetivo do desenvolvimento de um inseticida botânico. Apesar dos OEs provenientes de *L. angustifolia*, *S. sclarea* e *T. vulgaris* não terem apresentado atividade em ensaio

de ingestão, é possível que usando outras vias de aplicação, por exemplo, aplicação tópica seja detectada atividade inseticida.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso indiscriminado das técnicas para o controle de *S. frugiperda*, tais como plantas geneticamente modificadas e inseticidas químicos sintéticos, têm levado à seleção de populações de insetos resistentes. Diante disso, o uso de produtos derivados do metabolismo de plantas, tais como OEs, apresenta-se como uma alternativa promissora. Dentre essas plantas, as espécies da família Lamiaceae tem seu potencial reconhecido para o controle de lepidópteros.

Neste trabalho, foi constatado, pela primeira vez, que o OE de *P. cablin* é muito promissor no controle de *S. frugiperda*, pois apresentou toxicidade a essa praga. Ainda é possível mencionar que o OE de *P. cablin*, provavelmente possui substâncias que causou a morte do inseto, visto que as lagartas que ingeriram a dieta contendo o OE morreram rapidamente. Esse trabalho permitiu determinar as espécies de lamiáceas com potenciais para o controle de *S. frugiperda*, abrindo perspectivas para a realização de novos trabalhos.

## REFERÊNCIAS

BANERJEE, R. et al. Mechanism and DNA-based detection of field-evolved resistance to transgenic Bt corn in fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*). **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1–10, 2017.

BENELLI, G. et al. Toxicity of some essential oil formulations against the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera Tephritidae). **Crop Protection**, v. 42, p. 223–229, 2012.

BOAVENTURA, D. et al. Molecular characterization of Cry1F resistance in fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* from Brazil. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 116, 2020. a.

BOAVENTURA, D. et al. Detection of a ryanodine receptor target-site mutation in diamide insecticide resistant fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Pest**

**Management Science**, v. 76, n. 1, p. 47–54, 2020. b.

BOAVENTURA, D. et al. Monitoring of Target-Site Mutations Conferring Insecticide Resistance in *Spodoptera frugiperda*. **Insects**, v. 11, n. 8, p. 545, 2020. c.

BOTHA, A. S et al. Efficacy of Bt Maize for Control of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in South Africa. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 3, p. 1260–1266, 2019.

BOUGUERRA, N.; TINE-DJEBBAR, F.; SOLTANI, N. Effect of *Thymus vulgaris* L. (Lamiales: Lamiaceae) Essential Oil on Energy Reserves and Biomarkers in *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae) from Tebessa (Algeria). **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 21, n. 4, p. 1082–1095, 2018.

BUSATO, G. R. et al. Adequação de uma dieta artificial para os biótipos “milho” e “arroz” de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Bragantia**, v. 65, n. 2, p. 317–323, 2006.

CÁRDENAS-ORTEGA, N. C. et al. Composition of the essential oil of *Salvia ballotiflora* (Lamiaceae) and its insecticidal activity. **Molecules**, v. 20, n. 5, p. 8048–8059, 2015.

DAS, K. Chapter 72 - Patchouli (*Pogostemon Cablin Benth*) Oils, Editor(s): Victor R. Preedy, *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*, Academic Press, p 633-639, 2016.

DE MENEZES, C. W. G. et al. Biocontrol potential of methyl chavicol for managing *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), an important corn pest. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 5, p. 5030–5041, 2020.

DE OLIVEIRA, A. A. et al. Larvicidal, adulticidal and repellent activities against *Aedes aegypti* L. of two commonly used spices, *Origanum vulgare* L. and *Thymus vulgaris* L. **South African Journal of Botany**, v. 140, p. 17-24, 2021.

GERMINARA, G. S. et al. Bioactivities of *Lavandula angustifolia* essential oil against the stored grain pest *Sitophilus granarius*. **Bulletin of Insectology**, v. 70, n. 1, p. 129–138, 2017.

GOERGEN, Georg. et al. First Report of Outbreaks of the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), **a New Alien Invasive Pest in West and Central Africa**, 2016.

GRIGORIADOU, K et al. Micropropagation and cultivation of *Salvia sclarea* for essential oil and sclareol production in northern Greece. **In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant**, v. 56, n. 1, p. 51–59, 2020.

GUTIÉRREZ-MORENO, R. et al. Field-Evolved Resistance of the Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to Synthetic Insecticides in Puerto Rico and Mexico. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 2, p. 792–802, 2019.

HUANG, Si-Han et al. Insecticidal activity of pogostone against *Spodoptera litura* and

*Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest Management Science**, v. 70, n. 3, p. 510–516, 2014.

HUMMELBRUNNER, L. A.; ISMAN, M. B. Acute, sublethal, antifeedant, and synergistic effects of monoterpene essential oil compounds on the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 49, n. 2, p. 715–720, 2001.

ISMAN, M. B.; WAN, A. J.; PASSREITER, C. M. Insecticidal activity of essential oils to the tobacco cutworm, *Spodoptera litura*. **Fitoterapia**, v. 72, n. 1, p. 65–68, 2001.

KERGOAT, Gael J. et al. A novel reference dated phylogeny for the genus *Spodoptera* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae: Noctuinae): new insights into the evolution of a pest-rich genus. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 161, p. 107161, 2021..

LI, G. et al. Frequency of Cry1F Non-Recessive Resistance Alleles in North Carolina Field Populations of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **PLOS ONE**, v. 11, n. 4, p. e0154492, 2016.

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 Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 377–382, 2009.

LIRA, J. et al. Insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* Cry1Bh1 against *Ostrinia nubilalis* (Hübner) (Lepidoptera: Crambidae) and other lepidopteran pests. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 79, n. 24, p. 7590–7597, 2013.

MARTYNOV, V. O. et al. Influence of essential oils of plants on the migration activity of *Tribolium confusum* (Coleoptera, Tenebrionidae). **Biosystems Diversity**, v. 27, n. 2, p. 177–185, 2019.

MARUCCI, R. C. et al. Levantamento dos Danos Causados pela Infestação de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) em Lavouras Comerciais de Milho Bt na Região Central de Minas Gerais. 9AD. **Embrapa**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1344498/2767891/levantamento-dos-danos-causados-pela-infestacao-de-spodoptera-frugiperda-em-lavouras-comerciais-de-milho-bt-na-regiao-central-de-mg.pdf/a3430103-a3dc-44f2-93bf-ca04e92080f4>. Acesso em: 27 jul. 2021.

MIRANDA, J. Manejo integrado de pragas do algodoeiro no cerrado brasileiros. **Embrapa**. 10AD. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1344498/2767789/manejo-integradode-pragas-do-algodoeirono-Cerrado-brasileiro.pdf/a9c122a3-6d07-44b4-a281-6c50682c31bd>. Acesso em: 27 jul. 2021.

MURCIA-MESEGUER, A. et al. Insecticidal toxicity of thirteen commercial plant essential oils against *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). **Phytoparasitica**, v. 46, n. 2, p. 233–245, 2018.

MURÚA, M. G. et al. Performance of Field-Collected *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Strains Exposed to Different Transgenic and Refuge Maize Hybrids in Argentina. **Journal of Insect Science**, v. 19, n. 6, 2019.

NAJAR, B. et al. Essential Oils against the Arboviruses Vector *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae): **Bioactivity, Composition, and Sensorial Profile-Stage 1**, 2020.

NAYYAR, N. et al. Population structure and genetic diversity of invasive Fall Armyworm after 2 years of introduction in India. **Scientific Reports**, v. 11, p. 7760, 123. 2021.

NIZ, J. M. et al. Genetic variants in Argentinean isolates of *Spodoptera frugiperda* Multiple Nucleopolyhedrovirus. **Virus Genes**, v. 56, n. 3, p. 401–405, 2020.

PARRA, J. R. P. **Técnicas de criação de insetos para programas de controle biológico**, 3. ed. Piracicaba: FEALQ, 2001.

PAVELA, R. Insecticidal activity of some essential oils against larvae of *Spodoptera littoralis*. **Fitoterapia**, v. 76, n. 7–8, p. 691–696, 2005.

PAVELA, R. Insecticidal properties of several essential oils on the house fly (*Musca domestica* L.). **Phytotherapy Research**, v. 22, n. 2, p. 274–278, 2008.

PAVELA, R. Sublethal effects of some essential oils on the cotton leafworm *Spodoptera littoralis* (boisduval). **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 15, n. 1, p. 144–156, 2012.

PHAMBALA, K. et al. Bioactivity of Common Pesticidal Plants on Fall Armyworm Larvae (*Spodoptera frugiperda*). **Plants**, v. 9, n. 1, p. 112, 2020.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: The R Project for Statistical Computing**, 2018.

RHARRABE, K.; JACQUIN-JOLY, E.; MARION-POLL, F. Electrophysiological and behavioral responses of *Spodoptera littoralis* caterpillars to attractive and repellent plant volatiles. **Frontiers in Ecology and Evolution**, v. 0, n. MAR, p. 5, 2014.

RICARDO SOSA-GÓMEZ, D. et al. Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja 3ª edição. **Embrapa Soja**. 2014. Disponível em: [www.embrapa.br/soja](http://www.embrapa.br/soja). Acesso em: 27 jul. 2021.

RIOBA, N. B.; STEVENSON, P. C. Opportunities and Scope for Botanical Extracts and Products for the Management of Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda*) for Smallholders in Africa. **Plants**, v. 9, n. 2, p. 207, 2020.

ROCHA, A. G. et al. Lethal Effect and Behavioral Responses of Leaf-Cutting Ants to Essential Oil of *Pogostemon cablin* (Lamiaceae) and Its Nanoformulation. **Neotropical Entomology**, v. 47, n. 6, p. 769–779, 2018.

SALEHI, B. et al. Thymol, thyme, and other plant sources: Health and potential uses.



**Phytotherapy Research**, 2018. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/ptr.6109>. Acesso em: 18 out. 2020.

SANTOS, C. A. M. et al. Compatibility of Bt biopesticides and adjuvants for *Spodoptera frugiperda* control. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1–8, 2021.

ŞEREF GÜN, S. et al. Larvicidal activity of some *Salvia* L. (Labiatae) plant extracts against the mosquito *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae). **Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, v. 17, n. SUPPL. A, 2011.

ŠUĆUR, J. et al. Allelopathic effects and insecticidal activity of *Salvia sclarea* L. **Studia Universitatis Babeş-Bolyai Chemia**, v. 60, n. 1, p. 253–264, 2015.

THARAMAK, S. et al. Synthesis of thymyl esters and their insecticidal activity against *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest Management Science**, v. 76, n. 3, p. 928–935, 2020.

XIAOTIAN, C. et al. Chemical compositions of essential oil extracted from *Lavandula angustifolia* and its prevention of TPA-induced inflammation. **Microchemical Journal**, 2019.

ZAVALA-SÁNCHEZ, M. A. et al. Activity of Four *Salvia* Species Against *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Southwestern Entomologist**, v. 38, n. 1, p. 67–73, 2013.

ZAVALA-SÁNCHEZ, M. Á. et al. Bioactivity of 1-octacosanol from *Senna crotalarioides* (Fabaceae: Caesalpinioideae) to Control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Florida Entomologist**, v. 102, n. 4, p. 731, 2020.