



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

CRISTHIAN ELISEO DURÁN AGUIRRE

**ÓLEOS ESSENCIAIS COMO MÉTODOS DE MANEJO PARA *Helicoverpa armigera*(Lepidoptera: Noctuidae)**

ALEGRE - ES

2017

CRISTHIAN ELISEO DURÁN AGUIRRE

**ÓLEOS ESSENCIAIS COMO MÉTODOS DE MANEJO PARA *Helicoverpa armigera*(Lepidoptera: Noctuidae)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Pratissoli

Coorientador: Dra. Débora Ferreira Melo  
Prof. Dr. Adilson Vidal Costa

ALEGRE - ES

2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)  
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

---

A284o Aguirre, Cristhian Eliseo Durán, 1984-  
Óleos essenciais como métodos de manejo para *Helicoverpa armigera*(Lepidoptera: Noctuidae)/ Cristhian Eliseo Durán Aguirre. – 2017.  
83f. : il.

Orientador: Dirceu Pratissoli.

Coorientadores: Débora Ferreira Melo Fragoso ; Adilson Vidal Costa.  
Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Toxicidade. 2. Pragas – Controle biológico. 3. Biopesticidas. 4. Óleos essenciais. 5. Lagarta – Reprodução. I. Pratissoli, Dirceu. II. Fragoso, Débora Ferreira Melo. III. Vidal, Adilson. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

CDU: 63

---

CRISTHIAN ELISEO DURÁN AGUIRRE

**ÓLEOS ESSENCIAIS COMO MÉTODOS DE MANEJO PARA *Helicoverpa armígera* (Lepidoptera: Noctuidae)**

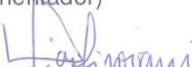
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

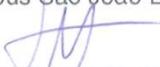
Orientador: Prof. Dr. Dirceu Pratissoli

Aprovada em: 17/02/2017

**COMISSÃO EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Dirceu Pratissoli  
Universidade Federal do Espírito Santo  
(Orientador)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Victor Dias Pirovani  
Instituto Federal de Minas Gerais  
Campus São João Evangelista

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Luciano Menini  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Campus Alegre

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Hugo Bolsoni Zago  
Universidade Federal do Espírito Santo

A meu Senhor e Pai Celestial Jesus Cristo,  
pela graça da vida;

Aos meus pais, que me deram a vida;

A minha mãe, pelo incentivo, carinho e apoio  
incondicional;

Ao meu filho, pela paciência neste tempo.

DEDICO

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pai Jesus Cristo pelo dom da vida, a fortaleza e sabedoria concedida;  
Aos meus pais Nubia Lizzeth Aguirre Villabolos e Eliseo Antonio Durán Santamaría pelo grato presente da vida; em especial a minha mãe pela confiança, incentivo, carinho e apoio desmedido neste processo de aprendizagem e crescimento profissional; ao meu filho Kevin Josué Durán pela paciência neste tempo;  
Aos meus avôs María Emilia Villalobos Corrales e Modesto Aguirre Sánchez pelo amor e carinho;

A Bruna Lima, Vanessa Gomes, Thiago Menezes, Marcelo Tomaz, Sandro Vaillant e Adamastor pela ajuda e apoio dedicado na minha chegada na cidade de Alegre;  
Aos professores Dirceu Pratisoli pela oportunidade de me orientar, Hugo Bolsoni Zago, Hugo Gonçalves, William Bucker, Patricia Fontes, Adilson Costa pela disponibilidade;

Aos companheiros e amigos Débora Melo, Victor Lima, Carlos Magno, Leonardo Mardgan, José Romario, Rafael Souza, Julielson Oliveira, Marcel Oliveira, Ingrid Schmidt, Priscila Stinguel, Lorena Contarini, Aixelhe Damascena, Camila Costabeber, Camila Costa, Ana Clara Thezolin, Luana Faria, Romário Vargas, Laura Vaillant, Samela Cansi, Chansislayne Gabriela, Maria Carlota, Paula Amorim pelo apoio e ajuda no laboratório;

A Ana Clara, Julielson, Luis, Victor, Débora, João Marcos pela ajuda e força nos experimentos;

Ao Carlos Magno, Regina, Rodolfo Mendonça, Leônidas Leoni pela ajuda e disponibilidade em diversas vezes em que precisei;

Ao José Romário pelos auxílios estatísticos e conselhos;

A meu professor e grande amigo Abelino Pitty por ser a pessoa influente na minha formação profissional;

Ao Dionicio Luis pela amizade e conselhos nestes dois anos de luta;

A Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e ao Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário de Pragas e Doenças (NUDEMAFI) pela oportunidade de poder fazer e desenvolver meu mestrado;

Ao Programa PAEC, em parceria com a Organização de Estados Americanos (OEA) e o Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras (GCUB) com apoio da (CAPES) fizeram possível meu mestrado.

*“No déjes apagar el entusiasmo, virtud tan  
valiosa como necesaria; trabaja, aspira,  
tiende siempre hacia la altura”.*

*Rubén Darío (1867 – 1916)*

Poeta Nicaragua

## BIOGRAFIA

Nascido e criado na cidade Chinandega, do estado de Chinandega, Nicarágua, iniciou estudos de ensino médio no Colégio Hogar Paulo VI, da mesma cidade, concluindo no ano de 2000. Aos 18 anos ingressou no curso técnico em computação na Universidad Cristiana Autónoma de Nicaragua, onde obteve o título em Operador em computação.

No ano de 2005, ingressou no Centro de Enseñanza Técnica Agropecuária, da cidade de Chinandega, onde obteve o título de Técnico médio Agropecuário, desenvolvendo trabalhos de extensão rural e efeitos de adubação escalonada em milho *Zea mays*. Iniciou estudos na Pan-American Agricultural School ZAMORANO, na cidade de Francisco Morazán, Tegucigalpa, Honduras, onde obteve o título de Engenheiro Agrônomo com atuação em Licenciatura Agropecuária, no ano de 2011.

No ano de 2012, iniciou estágio na Usina de açúcar Chabil Utzaj S. A. no município de Panzos, Alta Verapaz, Guatemala, onde após de três de meses de estágio conseguiu emprego como responsável do departamento de investigação e desenvolvimento agrícola. No Junho de 2013, iniciou trabalhos na transnacional Hortifruti S. A. de Walmart de México e Centro América como consultor técnico agropecuário e inspetor fitossanitário em Tegucigalpa, Honduras.

Em 2015, iniciou estudos de pós-graduação na Universidade Federal do Espírito Santo, no Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal, na linha de pesquisa Fitossanidade/Entomologia, sob orientado pelo Prof. Dr. Dirceu Pratissoli, na cidade de Alegre, Espírito Santo, Brasil.

AGUIRRE, C. E. D. M. Sc. Universidade Federal do Espírito Santo. Fevereiro, 2017.  
**Óleos essenciais como métodos de manejo para *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae).** Orientador: Prof. Dr. Dirceu Pratissoli.

## RESUMO

*Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) é um inseto-praga de múltiplas culturas de importância socioeconômica no mundo. Os prejuízos causados por esta praga vão desde desfolha até injúrias nos frutos. O principal método de controle de *H. armigera* é diante aplicações frequentes de agrotóxicos, causando efeitos adversos nos humanos, animais e meio ambiente, provocando a necessidade de buscar outros métodos de controle. Os óleos essenciais são constituintes orgânicos com características químicas complexas, derivados de metabólitos secundários das plantas. Portanto, objetivou-se avaliar o efeito e atividade dos óleos essenciais *Citrus aurantium* (Linnaeus)(Rutaceae), *Citrus sinensis* (Linnaeus)(Rutaceae) e componente majoritário o Limoneno; e, os óleos essenciais de *Piper* spp. (Linnaeus) (Piperaceae); *Syzygium aromaticum* (Merrill & Perry) (Myrtaceae); *Cinnamomum zeylanicum* (Presl) (Lauraceae); *Zingiber officinale* (Roscoe) (Zingiberaceae) e *Rosmarinus officinalis* (Linnaeus) (Lamiaceae) sobreprimeiro ínstar de *H. armigera*. Foram realizados bioensaios preliminares para selecionar os óleos essenciais que causaram mortalidade acima de 80%. Nos bioensaios subsequentes, foram estimadas as concentrações letais CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>, além das concentrações subletais CL<sub>10</sub>, CL<sub>20</sub> e CL<sub>40</sub> diante escala logarítmica para avaliar os parâmetros biológicos (período larval, peso larval, período pupal, peso pupal, razão sexual) e parâmetros reprodutivos (período pré-oviposição, oviposição, período pós-oviposição, viabilidade de ovos e longevidade de adultos) de *H. armigera*. Para os parâmetros biológicos e reprodutivos análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância. Nos resultados o *C. aurantium*, *C. sinensis* e o componente majoritário Limoneno apresentaram atividade inseticida e efeitos subletais na biologia e reprodução de *H. armigera*, apresentando dessa forma, uso promissor para serem incluídos em um programa de manejo integrado para *H. armigera*.

**Palavras-chaves:** Toxicidade. Biopesticidas. Lepidoptera. Biologia. Reprodução.

AGUIRRE, C. E. D. M. Sc. Federal University of Espírito Santo. February 2017.  
**Essential oils as management methods for *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae).** Advisor: Ph. D. Dirceu Pratissoli.

## ABSTRACT

*Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) is a pest insect of socioeconomic important crops of the world. The damages caused by this pest range from defoliation to fruit injuries, reducing the quality of the crops. The main method control of *H. armigera* is chemical, with frequent applications of pesticides, causing adverse effects on humans, animals and environment, causing the requirement to seek other methods of control. Essential oils are organic constituents with complex chemical characteristics, derived from secondary plant metabolites. Therefore, the objective was to evaluate the effect and activity of essential oils *Citrus aurantium* (Linnaeus) (Rutaceae), *Citrus sinensis* (Linnaeus) (Rutaceae) and the majority component Limonene; and essential oils *Piper* spp. (Linnaeus) (Piperaceae); *Syzygium aromaticum* (Merrill & Perry) (Myrtaceae); *Cinnamomum zeylanicum* (Presl) (Lauraceae); *Zingiber officinale* (Roscoe) (Zingiberaceae) and *Rosmarinus officinalis* (Linnaeus) (Lamiaceae) about first instar larvae of *H. armigera*. In the preliminary bioassays, essential oils were selected that caused  $\geq 80\%$  of mortality. In the following bioassays, the lethal concentrations  $LC_{50}$  and  $LC_{90}$ , as well as the  $LC_{10}$ ,  $LC_{20}$  and  $LC_{40}$  sublethal concentrations on a logarithmic scale were estimated to evaluate the biological parameters (larval period, larval weight, pupal period, pupal weight, ratio sexual) and reproductive parameters (pre-oviposition period, oviposition, post-oviposition period, egg viability and adult longevity) of *H. armigera*. For the biological and reproductive parameters analysis of variance and the means compared by the Scott-Knott test at the 5% level of significance. The results *C. aurantium*, *C. sinensis* and the majority component Limonene showed insecticidal activity and sublethal effects in the biology and reproduction of *H. armigera*, presenting thus promising use to be included in an integrated management program for *H. armigera*.

**Key-words:** Toxicity. Biopesticides. Lepidoptera. Biology. Reproduction.

## LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 – Sobrevivência diária de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleo essencial *Citrus sinensis* nas concentrações de 10, 20 e 40% (T°: 25±1°C, UR: 65±10%, Fotoperíodo: 12h) (F=13,03; gl= 3; P<0,001) ..... 70
- Gráfico 2 – Sobrevivência diária de *Helicoverpa armigera* tratadas com o componente majoritário Limoneno nas concentrações de 10, 20 e 40% (T°: 25±1°C, UR: 65±10%, Fotoperíodo: 12h) (F= 18,34; gl= 3; P<0,001) ..... 70
- Gráfico 3 – Sobrevivência diária de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleo essencial *Citrus aurantium* nas concentrações de 10, 20 e 40% (T°: 25±1°C, UR: 65±10%, Fotoperíodo: 12h) (F= 18,11; gl= 3; P<0,001) ..... 71
- Gráfico 4 – Curva concentração – resposta dos óleos essenciais *C. aurantium*, Limoneno e *C. sinensis* sobreprimeiro ínstar de *Helicoverpa armigera* ..... 77
- Gráfico 5 – Período larval (dias) de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *C. sinensis*, Limoneno e *C. aurantium* nas concentrações subletais 10, 20 e 40% (F<sub>(9,90)</sub> = 6,73; P < 0,001) ..... 77
- Gráfico 6 – Peso larval (mg) de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *C. sinensis*, Limoneno e *C. aurantium* nas concentrações subletais 10, 20 e 40% (F<sub>(9,90)</sub> = 15,19; P = 0,001) ..... 78
- Gráfico 7 – Período pupal (dias) de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *C. sinensis*, Limoneno e *C. aurantium* nas concentrações subletais 10, 20 e 40% (F<sub>(9,90)</sub> = 12,00; P < 0,001) ..... 78
- Gráfico 8 – Peso pupal (mg) de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *C. sinensis*, Limoneno e *C. aurantium* nas concentrações subletais 10, 20 e 40% (F<sub>(9,40)</sub> = 32,65; P = 0,1889) ..... 79
- Gráfico 9 – Razão sexual de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *C. sinensis*, Limoneno e *C. aurantium* nas concentrações subletais 10, 20 e 40% (F<sub>(9,40)</sub> = 1,48; P = 0,1889), ns, não significativo ..... 79
- Gráfico 10 – Oviposição (un.) de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *C. sinensis*, Limoneno e *C. aurantium* nas concentrações subletais 10, 20 e 40% (F<sub>(9,40)</sub> = 144,62; P < 0,001) ..... 80
- Gráfico 11 – Viabilidade de ovos (%) de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *C. sinensis*, Limoneno e *C. aurantium* nas concentrações subletais 10, 20 e 40% (F<sub>(9,40)</sub> = 29,76; P < 0,001) ..... 80
- Gráfico 12 – Longevidade de adultos (Dias) de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *C. sinensis*, Limoneno e *C. aurantium* nas concentrações subletais 10, 20 e 40% (F<sub>(9,40)</sub> = 5,68; P < 0,001) ..... 81

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo de vida de <i>Helicoverpa armigera</i> em laboratório .....	21
Figura 2 –Avaliação de parâmetros biológicos (peso larval, períodolarval, peso pupal, período pupal, razão sexual) .....	82
Figura 3 – Avaliação de parâmetros biológicos em câmaras climatizadas BOD com Temperaturas: $25 \pm 1^\circ \text{C}$ , UR $65 \pm 10\%$ , e fotoperíodo de 12h .....	82
Figura 4 – Avaliação de parâmetros reprodutivos (pré-óviposição, oviposição, pós-oviposição, viabilidade de ovos, longevidade de adultos) .....	83
Figura 5 – Contagem de ovos de <i>Helicoverpa armigera</i> .....	83

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1– Mortalidade (%) corrigida dos óleos essenciais de *Citrus aurantium*, Limoneno, *Citrus sinensis*, *Rosmarinus officinalis*, *Cinnamomum zeylanicum*, *Syzygium aromaticum*, *Zingiber officinale* e *Piper* spp. sobreprimeiro ínstar de *Helicoverpa armigera* por pulverização .....47
- Tabela 1– Composição química dos óleos essenciais *Citrus aurantium*, *Citrus sinensis*, e as porcentagens relativas dos principais componentes .....61
- Tabela 2– Toxicidade dos óleos essenciais *Citrus aurantium*, *Citrus sinensis* e o componente majoritário Limoneno de *Citrus* spp. sobreprimeiro ínstar de *Helicoverpa armigera* .....64
- Tabela 3– Parâmetros biológicos de larvas de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *Citrus aurantium*, *Citrus sinensis* e o componente majoritário Limoneno de *Citrus* spp. nas concentrações subletais 10, 20 e 40% .....65
- Tabela 4– Parâmetros reprodutivos de larvas de *Helicoverpa armigera* tratadas com oleos essenciais *Citrus aurantium*, *Citrus sinensis* e o componente majoritário Limoneno de *Citrus* spp. nas concentrações subletais 10, 20 e 40% .....68

## SUMÁRIO

RESUMO.....	IX
ABSTRACT .....	X
<b>CAPÍTULO I</b> .....	16
1. INTRODUÇÃO .....	16
1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	17
1.2.1. Distribuição e importância socioeconômica de <i>Helicoverpa armigera</i> .....	17
1.2.2. Aspectos biológicos e morfológicos .....	17
1.2.2.1. Período embrionário.....	18
1.2.2.2. Ínstares larvais.....	19
1.2.2.3. Pupa .....	20
1.2.2.4. Adulto .....	20
1.2.3. Métodos de manejo de <i>Helicoverpa armigera</i> .....	21
1.2.3.1. Monitoramento de <i>Helicoverpa armigera</i> .....	22
1.2.3.2. Controle cultural.....	22
1.2.3.3. Controle biológico .....	23
1.2.3.4. Parasitoides .....	23
1.2.3.5. Predadores .....	25
1.2.3.6. Entomopatógenos.....	25
1.2.3.7. Controle químico.....	26
1.2.3.8. Óleos essenciais.....	27
1.3. REFERÊNCIAS.....	31
<b>CAPÍTULO II</b> .....	40
<b>ATIVIDADE INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE <i>Helicoverpa armigera</i></b> <b>(Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)</b> .....	40
RESUMO.....	40
ABSTRACT .....	42
1. INTRODUÇÃO .....	43
1.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	44
1.2.1. Multiplicação e criação de <i>Helicoverpa armigera</i> .....	44
1.2.2. Óleos essenciais.....	45
1.2.3. Biensaios .....	46
1.2.4. Análise estatística .....	46
1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
1.4. CONCLUSÃO.....	50

1.5. REFERÊNCIAS.....	50
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>54</b>
<b>EFEITOS SUBLETAS DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE <i>Citrus aurantium</i>, <i>Citrus sinensis</i> E O COMPONENTE MAJORITÁRIO Limoneno DE <i>Citrus</i> spp. (Rutaceae) SOBRE <i>Helicoverpa armigera</i>, (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) .....</b>	<b>54</b>
RESUMO.....	54
ABSTRACT .....	55
1. INTRODUÇÃO .....	56
1.2. MATERIAL E MÉTODOS .....	57
1.2.1. Multiplicação de <i>Helicoverpa armigera</i> .....	57
1.2.2. Óleos essenciais.....	58
1.2.3. Cromatografia gasosa com Espectrometria em massas (GC-MS) .....	58
1.3 BIOENSAIOS .....	59
1.3.1. Efeitos letais .....	59
1.3.2. Efeitos subletais.....	59
1.3.3. Análise estatística .....	60
1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	60
1.4.1. Cromatografia gasosa com Espectrometria em massas (GC-MS) .....	60
1.4.2. Efeitos letais .....	62
1.4.3. Efeitos subletais.....	64
1.4.3.1. Parâmetros biológicos.....	64
1.4.3.2. Parâmetros reprodutivos.....	67
1.4.4. Sobrevivência de adultos de <i>Helicoverpa armigera</i> .....	69
1.5. CONCLUSÃO.....	72
1.6. REFERÊNCIAS .....	72
APÊNDICE A – GRÁFICOS .....	77
APÊNDICE B – FIGURAS.....	82

## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUÇÃO

*Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) é uma espécie polífaga, com uma ampla capacidade de adaptação a diferentes cultivos e plantas hospedeiras para se alimentar, com 180 espécies de plantas em mais de 45 famílias incluindo Asteraceae, Fabaceae, Malvaceae, Poaceae e Solanaceae (REED; POWAR, 1982; PAWAR *et al.*, 1986; FITT, 1989; POGUE, 2004).

As lagartas desta espécie alimentam-se de talos, folhas, estruturas de flores e frutos. Porém, no tomate a larva possui preferência por se alimentar da inflorescência e dos frutos causando danos na fase vegetativa e reprodutiva (REED, 1965; WANG; LI, 1984; VENETTE *et al.*, 2003; PRATISSOLI *et al.*, 2015).

A diversidade na preferência alimentar de *H. armigera* pode ser atribuída às características ecológicas, elevado comportamento de migração, adaptabilidade a diversas condições climáticas e o desenvolvimento de mecanismos de resistência aos agrotóxicos (POGUE, 2004; NASERI *et al.*, 2010).

O principal método de manejo no campo dessa praga, está baseado na implementação e o uso frequente de substâncias químicas (agrotóxicos), o que possibilita a pressão de seleção de insetos resistentes, provocando um efeito negativo no equilíbrio biológico entre insetos-praga e inimigos naturais, além de ocasionar danos irreversíveis no solo, água e natureza (CHOUGULE *et al.*, 2005; GIOLO *et al.*, 2006; BASKAR; IGNACIMUTHUA, 2012). Desta forma, a procura de novas moléculas naturais a partir de óleos essenciais das plantas é uma alternativa viável para o manejo de insetos-praga, com o intuito de reduzir o uso de agrotóxicos nas lavouras.

Os óleos essenciais são substâncias orgânicas complexas de metabolitos secundários das plantas. Geralmente são lipofílicas, odoríficas, líquidas e possuem propriedades físico-químicas com probabilidade de sofrer modificações entre os constituintes presentes nesses óleos (BANDONI; CZEPAK, 2008). Os compostos naturais podem ser usados para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas.

Além do efeito tóxico, os óleos essenciais podem causar repelência, esterilidade e reduzir a alimentação dos insetos (BELL *et al.*, 1990; CATEHOUSE *et al.*, 2002).

## 1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.2.1. Distribuição e importância socioeconômica de *Helicoverpa armigera*

*Helicoverpa armigera* apresenta uma ampla distribuição geográfica no mundo, sendo registrada em diversos países de Europa, Ásia, África e Oceania (ZALUCKI *et al.*, 1986; GUO, 1997; GUOQUING *et al.*, 2001). No continente americano, os primeiros registros da ocorrência desta praga exótica foram no Brasil em 2013 nos estados de Bahia, Mato Grosso e Goiás atacando principalmente as culturas de algodão, soja e milho, sendo também relatada a ocorrência em diversos cultivos como, tomate, feijão, trigo e crotalária (CZEPAK *et al.*, 2013).

Os danos causados por essa praga representam significativas perdas econômicas a nível mundial, chegando a atingir cifras de 5 bilhões de dólares anualmente (LAMMERS; MACLEOD, 2007; CZEPAK *et al.*, 2013; FIOMARI, 2013)). Também é importante mencionar que os custos de manejo na aplicação de agrotóxicos dessa praga são de 500 milhões de dólares (SHARMA *et al.*, 2008; FIOMARI, 2013; SPECHT *et al.*, 2013). Os fatores que contribuem para a importância desse inseto são as características próprias da praga comopolifagía, elevada taxa de fertilidade, mobilidade, migração, várias gerações por ano, diapausa pupal e capacidade de sobrevivência a condições extremas de temperatura (FITT, 1989; PAWAR *et al.*, 1986; POGUE, 2004). Além disso, a capacidade de desenvolver mecanismos de resistência a uma vasta gama de grupos de agrotóxicos que incluem aos piretróides e novos inseticidas como clorfenapir, fipronil, indoxacarbe e spinosad (AHMAD *et al.*, 2003; PATIL *et al.*, 2006; WU, 2007).

### 1.2.2. Aspectos biológicos e morfológicos

A atividade de vôo de *H. armigera* é predominantemente crepuscular, porém o acasalamento e a oviposição são realizados no período noturno, permanecendo em repouso durante o dia (HARDWICK, 1965; KING, 1994; VANKRETSCHMAR *et al.*, 2014). O número de gerações por ano e a fecundidade está influenciada pela

temperatura, umidade relativa, hospedeiro e a nutrição durante os estádios de lagartas e fase adulta (FITT, 1989; KING, 1994; VANKRETSCHMAR *et al.*, 2014).

A temperatura mínima para o desenvolvimento dos ovos é de 10 °C, e 11 °C para completar o ciclo de vida de larva até adulto (VANKRETSCHMAR *et al.*, 2014). A fertilidade, fecundidade e sobrevivência dos adultos são reduzidas devido às prolongadas exposições a temperaturas  $\geq 35$  °C. Em regiões frias ocorrem de 3 a 5 gerações por ano e em climas tropicais e subtropicais onde o clima e a vegetação permitem a reprodução contínua, uma geração completa-se em 28 a 30 dias (HARDWICK, 1965; FITT, 1989).

A temperatura ideal para o desenvolvimento da praga é de 25 °C, com intervalos extremos compreendidos entre 15 °C e 35 °C, umidade relativa de 90% e fotoperíodo de 16 horas. Em condições ambientais não favoráveis o inseto na fase de pupa, sofre dormência a qual pode estender-se até 8 meses. A diapausa no inverno é induzida por temperaturas de 19 a 23 °C, e fotoperíodos de 11,5 a 12,5 horas. No verão a diapausa é induzida com temperaturas acima de 35 °C (HARDWICK, 1965; KING, 1994; VANKRETSCHMAR *et al.*, 2014).

O desenvolvimento de *H. armigera* é holometábolo, ou seja, que apresenta metamorfose completa, passando por quatro estádios de desenvolvimento ovo, ínstars larvais, pupa e adulto.

#### **1.2.2.1. Período embrionário**

Os ovos de *H. armigera* apresentam um diâmetro de 0,5mm, são de forma oval, mais aguda na parte apical e um pouco achatada na base com diâmetro médio de 0,52mm e altura média de 0,47mm (CORTES, 1972). Possuem cor amarelo esverdeado e quando encubados a 25 °C tornam-se amarelos, logo aparece uma faixa de cor rosa de forma subequatorial 14 a 36 horas após a deposição. Durante as seguintes 30 a 36 horas, os ovos tornam-se de cor vermelha ou marrom avermelhado, e finalmente tornam-se de coloração cinza com o desenvolvimento da larva dentro do ovo, 48 a 60 horas após a deposição (HARDWICK, 1965; ALI; CHOUDHURY, 2009).

As primeiras posturas de ovos são normalmente inférteis, a partir do terceiro dia os ovos tornam-se viáveis. A qualidade do alimento dos adultos influencia a viabilidade dos ovos, sendo que, a quantidade de ovos/fêmea alimentadas com uma solução de 10% de mel é maior (795,02 ovos/fêmeas), que as fêmeas alimentadas apenas com água (248,55 ovos/fêmeas)(NARSREEM; MUSTAFA, 2000).

O período de pré-oviposição dura de 1 a 4 dias a 25 °C. Os primeiros ovos são ovipositados nas plantas hospedeiras 4 a 5 noites após a emergência dos adultos. Normalmente as fêmeas ovipositam os ovos sobre os pontos de crescimento das plantas, especificamente nos brotos de floração, frutificação e na parte adaxial das folhas (KING, 1994; HARDWICK, 1965; MENSAH, 1996; VANKRETSCHMAR *et al.*, 2014).

#### **1.2.2.2.Ínstares larvais**

O período larval é constituído por 5 a 6 ínstaes e pode durar de 2 a 3 semanas, dependendo das condições climáticas (temperatura, umidade relativa, fotoperíodo), e a nutrição (HARDWICK, 1965; CZEPAK *et al.*, 2013; VANKRETSCHMAR *et al.*, 2014). No estudo desenvolvido por Nasreem e Mustafa (2000), avaliando a biologia de *H. armigera* oferecendo dieta artificial, reportaram que o período larval foi completado com 6 ínstaes em 17,32 dias passando pelo estágio de pré-pupa em 2,1 dias, em condições controladas de temperatura de  $26 \pm 1$  °C, umidade relativa de 60-70% e 16 horas de fotoperíodo.

No mesmo estudo, o primeiro ínstar foi completado em 2,07 dias, apresentando uma cor uniforme nas larvas. As larvas de segundo ínstar foram muito similares ao primeiro com exceção de um ligeiro escurecimento na cor do corpo, completando o ínstar em 2,15 dias. O terceiro ínstar completou-se em 2,47 dias, onde a cápsula cefálica se tornou castanho a marrom cinzento. O quarto e quinto ínstar ocorreram com 3,12 e 3,55 dias respectivamente, sendo observada uma coloração escura no corpo das lagartas e a presença de segmentos abdominais. O sexto ínstar completou-se com 3,95 dias, com a cápsula cefálica de cor marrom escuro, protórax castanho claro, setas e espiráculos de cor escuro e o corpo das lagartas tornou-se de cor branco com faixas de cor amareladas (NARSREEM; MUSTAFA, 2000).

Uma característica própria de *H. armigera* é a textura do tegumento, que se apresenta de aspecto levemente coriáceo, diferindo das demais espécies de noctuídeos que ocorrem no Brasil, o que poderia ser a justificativa do desenvolvimento de resistência da *H. armigera* em uma grande lista de moléculas de agrotóxicos (CZEPAK *et al.*, 2013; VANKRETSCHMAR *et al.*, 2014).

### 1.2.2.3. Pupa

No final do último ínstar larval, a lagarta na fase de pré-pupa cessa a alimentação, e desloca-se para o solo a uma profundidade aproximada de 2,5 a 17,5cm a procurar condições adequadas de temperatura e umidade (KARIM, 2000). Posteriormente a lagarta tece uma teia solta de seda sobre o corpo como proteção até transformar-se em pupa.

O peso de pupas fêmeas é tipicamente maior quando comparado ao peso dos machos. As variações no tamanho das pupas estão correlacionadas com variações na qualidade do alimento. Normalmente as pupas são de cor castanho claro, marrom escuro ou avermelhado, de forma redondo em ambas as extremidades, de textura suave e apresentam uma cremáster posterior na ponta formando dois afinados espinhos paralelos (KING, 1994; VANKRETSCHMAR *et al.*, 2014).

Para o macho a duração do período de pupa é de 15,4 dias e para a fêmea 13,2 dias, observando-se uma diferença de 2 dias na emergência entre os sexos (NASREEM; MUSTAFA, 2000). Este período pode variar, em função da temperatura até 48,9 dias a 12,5 °C, 8,2 dias a 15 °C, 16 dias a 25° C e 2,4 dias a 35 °C (FERREIRA, 1989; FIGUEIREDO *et al.*, 2006).

### 1.2.2.4. Adulto

Os adultos desta espécie possuem dimorfismo sexual, podendo fêmeas e machos ser diferenciados pela cor e tamanho das asas. Os machos apresentam o primeiro par de asas de cor cinza esverdeado e uma envergadura de 35mm, enquanto as fêmeas apresentam uma cor castanha rosado e uma envergadura aproximada de 40mm (BRAMBILA, 2009a). Hardwick (1965) e Brambila (2009b) distinguiram

ogênero das *Helicoverpa* spp. e de *Heliothis*, baseados nas diferenças morfológicas da genitália dos machos e fêmeas, diante da dissecação e excisão do abdômen dos espécimes.

Estudos desenvolvidos em laboratório determinaram que a longevidade das fêmeas é de 15,7 dias com um período reprodutivo de 8 a 10 dias (HARDWICK, 1965; FITT, 1989). Esses dados não concordam com Ali e Choudhury (2009), que reportaram longevidade em fêmeas de 11,7 dias e os machos de 9,2 dias, podendo ter diferencial de temperatura em cada área da sala de criação e qualidade no alimento, como fatores predominantes na longevidade dos adultos. No estudo desenvolvido por Hardwick (1965), reportaram médias de 1.702 ovos por fêmea, com máxima de 4.394 ovos, confirmando o observado por Nasreem e Mustafa (2000) que a fecundidade das fêmeas de *H. armigera* está influenciada pela qualidade nutritiva da dieta.



Figura 1 –Ciclo de vida de *Helicoverpa armigera* em laboratório.

### 1.2.3. Métodos de manejo de *Helicoverpa armigera*

Existem diferentes estratégias de manejo para *H. armigera*. Porém, para obter sucesso de forma eficiente nos sistemas de produção, é necessário conhecer a dinâmica populacional do inseto e entender os principais fatores ambientais e/ou biológicos que interferem facilitando ou dificultando o desenvolvimento. Assim

mesmo, é importante o manejo da praga nos primeiros ínstares de desenvolvimento, bem como uma correta identificação da espécie para adotar medidas de manejo viáveis (ÁVILA *et al.*, 2013).

#### **1.2.3.1. Monitoramento de *Helicoverpa armigera***

O monitoramento efetivo das diferentes etapas de desenvolvimento (ovos, ínstares larvais, pupas e adultos) é uma ferramenta chave para a implementação das estratégias de manejo da referida praga; pelo que o conhecimento dos índices populacionais para tomada de decisões é fundamental para definir táticas de manejo a serem implementadas, como, por exemplo, uso de feromônios sexuais, armadilhas luminosas, iscas, microorganismos patogênicos, inimigos naturais, metabólitos secundários derivados de plantas, estratégias comportamentais de insetos e agrotóxicos (PRATISSOLI *et al.*, 2005; ÁVILA *et al.*, 2013; CZEPAK *et al.*, 2013).

#### **1.2.3.2. Controle cultural**

O controle cultural consiste na manipulação do ambiente da cultura e do solo, de maneira a criar condições desfavoráveis para a praga e favorável para os inimigos naturais. A *H. armigera* é uma espécie que apresenta elevada capacidade reprodutiva em diferentes hospedeiros, e a presença de pontos verdes durante o período da entressafra de culturas como o milho, algodão e a soja favorecem a sobrevivência das lagartas neste período e servem de focos de infestações para os cultivos implantados em sucessão (FATHIPOUR; SEDARATIAN, 2013).

Neste sentido, o planejamento nas entressafras sem a presença de hospedeiros de *H. armigera*, é uma estratégia conhecida como “vazio sanitário”, que poderia constituir uma importante alternativa complementar para o manejo da praga. Além da implementação de outras medidas de manejo como rotação de culturas, destruição dos restos culturais, utilização de cultivares que reduzem a população de praga, e implementação de áreas de refúgio no plantio (FATHIPOUR; SEDARATIAN, 2013; ÁVILA, 2013).

Outra estratégia de controle cultural que vêm tomando muita importância é a denominada “*Push and Pull*”, especificamente para o controle da *H. armigera* em culturas de algodão na Austrália. Esta estratégia de manejo consiste na manipulação comportamental da praga através da implementação de técnicas que repelem (*Push*) ou atraem (*Pull*). Essa manipulação é baseada em estímulos visuais e comportamentais dos insetos, diante compostos voláteis emitidos pelas plantas hospedeiras ou que são pulverizados com o objetivo de intensificar ou reduzir a oviposição e/ou alimentação do inseto nas plantas (MENSAH, 1996; FATHIPOUR; SEDARATIAN, 2013).

#### **1.2.3.3. Controle biológico**

O controle biológico consiste na regulação do número de insetos-praga através de inimigos naturais, constituindo-se em agentes de mortalidade biótica (PARRA *et al.*, 2002). A existência de parasitoides, predadores e patógenos associados às formas imaturas da *H. armigera*, a constatado níveis de controle biológico desses inimigos naturais variando de 5% a 76%, dependendo da cultura e do período de desenvolvimento da praga (PARRA *et al.*, 2002; FATHIPOUR; SEDARATIAN, 2013).

O controle biológico de *H. armigera*, utilizando-se estratégias de conservação e de incremento dos inimigos naturais no agroecossistema, bem como pela implementação do controle biológico clássico ou aplicado é uma realidade que necessita ser investigada em condições locais (ÁVILA *et al.*, 2013).

#### **1.2.3.4. Parasitoides**

Os parasitoides são agentes de controle biológico, geralmente matam a presa e exigem somente um indivíduo para completar o desenvolvimento (PARRA, *et al.*, 2002). O uso de parasitoides associada a outro tipo de manejo é uma alternativa viável para o controle de *H. armigera*. Existem parasitoides que são específicos para cada período de desenvolvimento de uma praga. Os parasitoides do gênero *Trichogramma* como *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Trichogramma galloi* Zucchi (Hymenoptera:

Trichogrammatidae) apresentam um eficiente controle nos ovos de espécies da subfamília Heliothinae, a qual abrange *H. armigera* (ÁVILA *et al.*, 2013).

Para o controle de *H. armigera* em algodão, 180 a 210 mil vespas devem ser liberadas por hectare, em intervalos de liberação de 50 a 60 dias, o que possibilita parasitismo de 37 a 40% e redução na população da lagarta em até 60% (LUO; NARANJO; WU, 2014). Na Turquia, após a liberação inundativa de *Trichogramma evanescens* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em algodão para o controle de *H. armigera*, foi observado 52,5% de parasitismo, quando liberados 120 mil parasitoides por hectare (OZTEMIZ, 2008).

O sucesso no programa de manejo de *H. armigera* através do uso de inimigos naturais deve levar em consideração as características da espécie hospedeira, como tamanho, idade e densidade do ovo; além de fatores abióticos, como temperatura, umidade relativa e fotoperíodo (DAVIES *et al.*, 2011a).

A taxa de parasitismo de *T. pretiosum* sobre ovos de *Anticarsia gemmatalis* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) não apresentava variações nas temperaturas entre 18 a 30 °C (FOERSTER *et al.*, 2014). No entanto, em outros hospedeiros noctuídeos, como *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), *Chrysodeixis includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Heliiothis virescens* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) o desempenho de *T. pretiosum* sofreu alterações entre as temperaturas de 18 e 32 °C (BUENO *et al.*, 2010; 2011).

Por outro lado, o desenvolvimento embrionário do hospedeiro é importante fator no desempenho dos parasitoides de ovos, o avanço na idade dos ovos altera o valor nutricional e, também, a espessura do córion interferindo negativamente na taxa de parasitismo (PRATISSOLI *et al.*, 2007; POLTRONIERI *et al.*, 2008). Em um estudo desenvolvido por Polanczyk *et al.*, (2007) obtiveram maiores taxas de parasitismo por *Trichogramma exiguum* (Pinto & Platner) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) em ovos de *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) com 72 horas de desenvolvimento embrionário.

Outro parasitoide oófago é o *Telenomus podisi* (Ashmead) (Hymenoptera: Scelionidae) que atua colocando posturas no interior dos ovos do hospedeiro. Uma desvantagem deste gênero de parasitoide é que geralmente são solitários, o seja

apenas um indivíduo emerge por hospedeiro, enquanto parasitoides do gênero *Trichogramma* pode garantir uma elevada taxa de parasitismo emergindo mais de um indivíduo por hospedeiro. Os parasitoides oófagos tem grande importância como agentes biológicos evitando a eclosão das larvas nos primeiros períodos de desenvolvimento, pelo que pode ser uma ferramenta chave para o manejo de *H. armigera* em cultivos brasileiros (EMBRAPA, 2013).

#### 1.2.3.5. Predadores

Os predadores são organismos de vida livre, tendem a matar a presa e usualmente requerem mais de um indivíduo para completar o desenvolvimento (PARRA *et al.*, 2002). No entanto, entre os principais predadores de insetos-praga registrados no Brasil destacam-se *Chrysoperla carnea* (Stephans) (Neuroptera: Chrysopidae); *Orius laevigatus* (Fieber) (Hemiptera: Anthocoridae); *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae); *Nabis sp.* (Hemiptera: Nabidae); *Cyclonnda sanguinea* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae); *Geocoris sp.* (Fallén) (Hemiptera: Geocoridae); *Corydalus cornutus* (Linnaeus) (Megaloptera: Corydalidae) cuja importância poderia ser ainda maior em função da potencialidade que desempenham como organismos de controle biológico (MEDEIROS *et al.*, 1997). Dessa forma, estudos devem ser desenvolvidos para estabelecer inimigos predadores que possam ser integrados dentro de um programa de manejo sustentável para *H. armigera*.

#### 1.2.3.6. Entomopatógenos

Outro método de manejo é o controle biológico com microorganismos entomopatogênicos como fungos, bactérias, nematóides e vírus. O uso de entomopatógenos para o controle biológico de pragas iniciou-se no século XIX, com observações da epizootia de *Beauveria bassiana* (Balsamo) (Hypocreales: Cordycipitaceae) em bicho da seda, *Bombyx mori* (Linnaeus) (Lepidoptera: Bombycidae) (VALICANTE, 2009; SCHRANK; VAINSTEIN, 2010).

Dentre os fungos entomopatógenos, as espécies *Metarhizium anisopliae* (Metchinikoff) (Hypocreales: Clavicipitaceae) e *B. bassiana* se destacam no controle de *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae); *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae); além de apresentar efeitos subletais na biologia de *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) e *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) (HAJEK *et al.*, 1994; KUMAR; CHAPMAN; 2006).

*Bacillus thuringiensis* é uma bactéria formadora de esporos gram-positiva aeróbica pertencente à família Bacillaceae, destaca-se no controle de lepidopteros desfolhadores em grandes culturas como milho, soja e algodão. Outros agentes microbianos são os nematóides entomopatógenos para o controle principalmente de pragas lepidopteras pertencentes à família dos noctuídeos (SZEWCZYK *et al.*, 2006; ALMEIDA *et al.*, 2007; MARTINS *et al.*, 2007).

Os entomopatógenos para o controle de pragas são vantajosos pela facilidade de multiplicação e reprodução em massas, ampla especificidade e seletividade, podem ser empregados juntamente com outro tipo de manejo integrado como os inseticidas seletivos por apresentar poucos efeitos negativos aos organismos não-alvos e ao meio ambiente (ANDALÓ *et al.*, 2008).

#### **1.2.3.7. Controle químico**

O controle de *H. armigera* com o uso de agrotóxicos, tornou-se uma alternativa de manejo rápida e confiável, na perspectiva do agricultor. Na Índia e China, cerca de 50% dos inseticidas utilizados na agricultura são direcionados para o controle de *H. armigera* (BUILDING; ARHABHATA, 2007).

No Brasil, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) aprovou em caráter de emergência o registro temporário de algumas substâncias para serem utilizadas no controle de *H. argimera*, como Flubendiamida, Lambda-cialotrina + Clorantraniliprole, Clorfenapir, Zeta-cipermetrina + Bifentrina, Abamectina, Zetacipermetrina, Bifentrina + Carbosulfano, Metoxifenoazida, Bifentrina, Spinosad, Endosulfan e clorpirifós (MAHDAVI *et al.*, 2011; ÁVILA, *et al.*, 2013).

Além do uso de agrotóxicos, se recomendam alternativas complementares de manejo dentro dos sistemas de produção, utilizando inseticidas em tratamentos de sementes visando o controle de pragas de solo e reduzindo o número de pulverizações foliares nos períodos iniciais das lavouras. Outra estratégia de manejo é a possibilidade de retardar ao máximo a primeira aplicação de inseticidas, além disso, recomenda-se o uso de produtos seletivos pelo menos até os 70 dias após a emergência, de modo que permita o estabelecimento dos inimigos naturais (parasitoides e predadores) e evitar o uso de inseticidas dos grupos organofosforados, carbamatos e piretroides (ÁVILA *et al.*, 2013; MAPA, 2014).

#### **1.2.3.8. Óleos essenciais**

As plantas possuem substâncias conhecidas como semioquímicos, que são responsáveis pela comunicação entre diferentes espécies de plantas. Podem ser reconhecidas também como aleloquímicos, quando produzidos pelas plantas com a finalidade de se defender contra insetos-praga, fungos, vírus e bactérias. Além disso, atuam como inibidores de germinação de plantas competidoras (Alelopatia), como atrativos para animais dispersores de sementes, proteção contra raios ultravioletas e atrativos para polinizadores (SANTOS, 2002).

Entre os aleloquímicos mais importantes, encontram-se os óleos essenciais, compostos voláteis que são produzidos no metabolismo secundário das plantas, variando com a intensidade e composição de acordo a espécie, época de coleta e condições climáticas como luz, temperatura, umidade relativa, chuva e solo (SAITO; SCRAMIM, 2000; SIMÕES; SPITZER, 2002). Os óleos essenciais são misturas complexas de compostos voláteis com baixo peso molecular, constituídos na maioria das vezes por terpenos, fenóis e sesquiterpenos (CARDOSO *et al.*, 2001; SANTOS, 2002)

Esses óleos essenciais constituídos por estruturas de compostos químicos têm sido utilizados como fragrâncias para fabricação de perfumes e na indústria de processamento de alimentos. Além disso, vem sendo amplamente utilizados na aroma terapia e na elaboração de medicinas naturais (CABANI *et al.*, 2002; BUCKLE, 2003).

Antigamente, por volta de 2.000 a.C., em países como a Índia e Egito, já faziam uso de inseticidas provenientes de plantas no controle de insetos-praga. Na região do Mediterrâneo e no sul de Ásia compostos químicos derivados de plantas já eram utilizados na proteção de pragas de grãos armazenados (CASIDA; QUISTAD, 1998; THACKER, 2002).

Nas últimas décadas com o aumento da resistência dos insetos, ressurgência de pragas, e o uso indiscriminado de agrotóxicos sobre organismos não-alvos, inimigos naturais, homem e meio ambiente, tem surgido um interesse pelo desenvolvimento de novas moléculas com ação inseticidas a partir de plantas (ISMAN, 2000; 2002).

Os efeitos inseticidas dos óleos essenciais sobre os insetos são variáveis, podendo ser tóxico ou apresentar repelência, inibição da oviposição, alimentação e o crescimento, alterações do sistema hormonal, deformações morfológicas, esterilização dos adultos e comportamento sexual. A ação rápida contra alguns insetos-praga é um indicativo do modo de ação dos neurotóxicos (ENAN, 2001; KOSTYUKOVSKY *et al.*, 2002). Isso fica evidenciado pela interferência do neuro modulador “octopamina” por alguns óleos essenciais com canais de cloro-GABA (PRIESTLEY *et al.*, 2003).

Os óleos essenciais degradam-se rapidamente, sobretudo em condições de alta luminosidade, umidade e chuva, apresentando pouca persistência no ambiente permitindo menos contaminações e tempo de exposição para os inimigos naturais, menor pressão de seleção e resistência dos insetos-praga; a maioria é de ação rápida, ou seja, matam, paralisam ou reduzem sua alimentação quase imediatamente após sua aplicação; são de baixa toxicidade e fitotoxicidade (ISMAN, 2002; CLOYD, 2004).

Nos Estados Unidos e vários países de América Latina como o Brasil, Chile, Colômbia e Cuba, o desenvolvimento de inseticidas, fungicidas e herbicidas a partir de óleos essenciais de plantas, tem gerado grande interesse para o controle de pragas de importância econômica (QUARLES, 1996; ISMAN, 2000; 2002).

Dentre desses óleos essenciais o *Citrus aurantium* (Linnaeus)(Rutaceae), *Citrus sinensis* (Linnaeus)(Rutaceae) e o componente majoritário o Limoneno; e, os óleos essenciais *Piper* spp. (Linnaeus) (Piperaceae); *Syzygium aromaticum* (Merrill

&Perry) (Myrteraceae); *Cinnamomum zeylanicum* (Presl) (Lauraceae); *Zingiber officinale* (Roscoe) (Zingiberaceae) e *Rosmarinus officinalis* (Linnaeus) (Lamiaceae) tem sido relatado causando mortalidade e afetando a biologia em insetos-praga (ISMAN, 1999; 2000).

Os principais compostos majoritários de óleos essenciais derivados dos *Citrus* spp. são o limoneno, com aproximadamente 90% de composição e o linalol em menor quantidade. Além de outros compostos presentes como aldeídos, cetonas, ésteres e alcoóis. O modo de ação do limoneno ainda é pouco entendido, mas possivelmente atua aumentando a atividade dos nervos sensoriais, afetando a enzima acetilcolina resultando na perda de coordenação e posteriormente gerando convulsão (MOREIRA *et al.*, 2006)

Além de possuir ação supressora de apetite e inibir o crescimento dos insetos, os óleos essenciais de citros podem ser aplicados via contato ou por fumigação, para o controle de pulgões, cochonilhas, pulgas, piolhos, carrapatos e ácaros. O limoneno e o linalol são compostos que volatilizam rapidamente sem deixar resíduos podendo causar fitotoxicidade (HARE *et al.*, 1997; JÚNIOR, 2003). Os óleos essenciais derivados de *Citrus* spp. são usado para o controle de mosca branca *Bemecia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) na cultura de tomate em estufas (OJEU, 2009).

O óleo de pimenta do gênero *Piper* spp. (Piperaceae) apresenta uma série de amidas, sendo a piperina o maior constituinte. A piperina age como neurotoxinas afetando as funções do sistema nervoso central causando rápida paralisia do inseto. Outro composto químico da pimenta é N-alquilamida que age nos canais de sódio, além de ser inibidores do citocromo P450 como sinergistas (SCOTT *et al.*, 2002; 2003).

A piperina apresenta rápida degradação no ambiente e baixa toxicidade a mamíferos. São poucos os produtos comerciais a base de piperina. Boff e Almeida (1995) verificaram que extratos acetônicos e metanólicos de *Piper nigrum* (Linnaeus) (Piperaceae) em concentrações acima de 20 mg/mL causaram 90% de mortalidade a lagartas da traça de cereais *Sitotroga cerealella* (Oliver) (Lepidoptera: Gelechiidae).

A piperina apresenta alto efeito inseticida a *Ascia monusteorseis* (Godart) (Lepidoptera: Pieridae) que constitui importante praga de brássicas no Brasil, além de possuir efeito inseticida sobre o pulgão das brássicas *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) (Hemiptera: Aphididae) e o cupim *Cornitermes cumulans* (Kollar) (Isoptera: Termitidae) (PAULA *et al.*, 2000; 2001).

Os óleos essenciais de *S. aromaticum* e *C. zeylanicum* conhecidos como cravo-da-índia e canela respectivamente, apresentam o eugenol,  $\beta$ -cariofileno e acetato de eugenol como componentes majoritários (CHERICONI *et al.*, 2005; SANTIN; *et al.*, 2011). Estudos demonstram que o eugenol apresenta atividade antifúngica contra *Fusarium proliferatum* (Matsush), além disso, inibem o crescimento de *Botrytis cinerea* (Whetzel) (Helotiales: Sclerotiniaceae) (RANASINGHE *et al.*, 2002). O óleo essencial *S. aromaticum*, demonstrou ação acaricida em contato direto e vapor contra *Dermatophagoides sp.* (Trouessart)(Astigmata: Pyroglyphidae) e *Psoroptes sp.* (Gervais)(Sarcoptiformes: Psoroptidae). Recentemente, demonstrou-se que o eugenol é tóxico para a formiga-de-fogo vermelha *Solenopsis invicta* (Buren) (Hymenoptera: Formicidae) (BAGAVAN *et al.*, 2011; KAFLE; SHIH, 2013).

O *C. zeylanicum* apresenta o aldeídocinâmico como o componente majoritário; além de ter propriedades biológicas com poder antiséptico e inseticida. Estudos demonstram que os extratos e os componentes de *C. zeylanicum* possuem propriedades fúngicas contra *Cladosporium musae* (Mason) (*Capnodiales: Mycosphaerellaceae*), *Lasiodiplodia theobromae* (Patouillard) (Botryosphaeriales: Botryosphaeriaceae) e atividade ectoparasita contra o piolho do corpo *Pediculus humanus capitis* (De Geer) (Anoplura; Pediculidae) (YANG *et al.*, 2005; TRAJANO *et al.*, 2010).

O óleo essencial de gengibre *Z. officinale*, apresenta como constituintes majoritários os gingeróis mostrando atividade biológica como inibidores de enzimas e efeitos antibacterianos contra *Staphylococcus aureus* (Rosenbach) (Bacillales: Staphylococcaceae), *Pseudomonas aeruginosa* (Schroeter) (Pseudomonadales: Pseudomonadaceae), *Proteus vulgaris* (Hauser) (Enterobacteriales: Enterobacteriaceae) e *Klebsiella pneumoniae* (Trevisan) (Enterobacteriales: Enterobacteriaceae) (TJENDRAPUTRA *et al.*, 2001; SINGH *et al.*, 2008).

Em um estudo desenvolvido por Pushpanathan *et al.*, (2008) observou que o óleo essencial de *Z. officinalis* apresentou atividade larvicida sobre larvas de terceiro ínstar de *Culex quinquefasciatus* (Say) (Diptera: Culicidae). A mortalidade larval foi observada 24 horas após de tratadas, com uma concentração letal CL<sub>50</sub> de 50,78 ppm.

O óleo essencial *R. officinalis* conhecido como alecrim, é uma planta nativa da região do mediterrâneo, utilizado na culinária e na medicina tradicional. O óleo essencial de *R. officinalis* está constituído pelos componentes voláteis cineol,  $\alpha$ -pineno e cânofora, e pelos não voláteis o ácido caféico, diterpenos, flavonóides e triterpenóides (LORENZI, 2008). Estes constituintes do óleo de alecrim são reconhecidos por apresentarem ação inseticida, antioxidante e antimicrobiana (CLEFF *et al.*, 2012).

O estudo realizado por Born *et al.*, (2009) reporta que o óleo das folhas de *R. officinalis* apresentou ação acaricida e redução na fecundidade contra o ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae). As concentrações letais CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub> do óleo essencial do *R. officinalis* foram 0,77 e 1,77  $\mu$ L/L respectivamente. A mortalidade dos ácaros foi obtida em concentrações variando de 0,2 e 1,6  $\mu$ L/L.

O uso de óleos essenciais como uma estratégia de manejo associada a outros métodos de controle comoparasitoides, predadores e microorganismos entomopatogênicos poderiam ser implementados dentro de um programa de manejo fitossanitário para *H. armigera*, com o intuito de diminuir o uso de agrotóxicos, reduzir os custos de produção, além de minimizar o impacto ambiental e recuperar o equilíbrio biológico da natureza.

### 1.3. REFERÊNCIAS

AHMAD, M.; ARIF M. I.; ZAHOR A. Susceptibility of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) to new chemistries in Pakistan. **Crop Protection**, v. 22, p. 539-544, 2003.

ALI, A.; CHOUDHURY, R. A. Some biological characteristics of *Helicoverpa armigera* on chickpea. **Túnisian Journal of Plant Protection**, v. 4, n. 1, p. 99-106, 2009.

ALMEIDA J. E. M.; FILHO, A. B.; OLIVEIRA, F. C.; RAGA, A. Pathogenicity of the entomopathogenic fungi and nematode on medfly *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae). **Bio-Assay**, Piracicaba, v. 2, n. 7, p. 1-7, 2007.

ANDALÓ, V.; SANTOS, V.; MOREIRA GRAZIELLE, F.; MOREIRA, C. C.; MOINO JUNIOR, A. Seleção de nematóides entomopatogênicos (Rhabditida: Heterorhabditidae, Steinernematidae) visando o controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). In: **Congresso Brasileiro de Entomologia**, Uberlândia, 22. 2008.

ÁVILA, C. J.; VIVAN, L. M.; VITAL TOMQUELSKI, G. Ocorrência, aspectos biológicos, danos e estratégias de manejo de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) nos sistemas de produção agrícolas. **Circular técnica Nº 23**, Embrapa, ISSN 1679-0464. 12 pp. 2013.

BAGAVAN, A.; RAHUMAN, A. A.; KAMARAJ, CH.; ELANGO, G.; ZAHIR, A. A.; JAYASEELAN, CH.; SANTHOSHKUMAR, T.; MARIMUTHU, S. Contact and fumigant toxicity of hexane flower bud extract of *Syzygium aromaticum* and its compounds against *Pediculus humanus capitis* (De Geer) (Phthiraptera: Pediculidae). **Research Parasitology**, v. 109, p. 1329-1340, 2011.

BANDONI, A. L.; CZEPAK, M. P. **Os recursos vegetais aromáticos no Brasil: seu aproveitamento industrial para a produção de aromas e sabores**. Vitória: **EDUFES**, 623 p. 2008.

BASKAR, K.; IGNACIMUTHUA, S. Antifeedant, larvicidal and growth inhibitory effects of ononitol monohydrate isolated from *Cassia tora* L. against *Helicoverpa armigera* (Hub.) and *Spodoptera litura* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae). **Chemosphere**, Los Angeles, v. 88, n. 4, p. 384-388, 2012.

BELL, A.; FELLOWS, L. E.; SIMMONDS, M. S. J. Natural products from plants for the control of insect pests. In: HODGSON, E.; KUHR, R.J. **Safer insecticide development and use**. New York and Basel, Marcel Dekker, p. 337-383, 1990.

BRAMBILA, J. *Helicoverpa armigera*, Old World Bollworm diagnostic aid and screening aid. **USDA Cooperative Agricultural Pest Survey (CAPS) 2009a**.

BRAMBILA, J. Instructions for dissecting male genitalia of *Helicoverpa* (Lepidoptera: Noctuidae) to separate *H. zea* from *H. armigera*. **USDA-APHIS-PPQ**, 2009b.

BUCKLE, J. *Clinical Aromatherapy: Essential Oils in Practice*. Edinburgh: **Churchill Livingstone**, 416 pp. 2003.

BUENO, R. C. O. F.; PARRA, J. R. P.; BUENO, A. F. *Trichogramma pretiosum* parasitism of *Pseudoplusia includes* and *Anticarsia gemmatalis* eggs at different temperatures. **Biological Control**, v. 60, p. 154-162, 2012.

BUILDING, B. M; ARHABHATA, S. Status of insecticide resistance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner). **Journal of European Agriculture**, Zagreb, v. 8, n. 2, p. 171-182, 2007.

BOFF, M. I. C.; ALMEIDA, A. A. Efeito residual de extratos de *Piper nigrum* (L.) sobre larvas neonatas de *Sitotroga cerealella* (Oliv.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, p. 115-121, 1995.

BORN, F. S.; RIBEIRO, N. C.; DE ARAÚJO, M. J. C.; BOTELHO, P. S.; DE MORAES, M. M.; NEVES, I. A.; DA CÂMARA, C. A. G. Atividade acaricida do óleo essencial de folhas de *Rosmarinus officinalis* L. sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) resumo. 2009 Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/R0787-1.pdf> acessado: 01-Jan.

CABANI, P.; CABRAS, M.; ANGIONI, A.; RUSSO, M.; CABRAS, P.; Persistence of azadirachtin residues on olives after field treatment. **Journal of Agricultural Food and Chemistry**, v. 50, p. 3491-94, 2002.

CASIDA, J.E.; QUISTAD, G.B. Golden age of insecticide research: past, present, or future? **Annual Review of Entomology**, v. 43, p. 1-16, 1998.

CARDOSO, M. G.; SHAN, A. Y. K. V.; PINTO, J. E. B. P.; DELÚ-FILHO, N.; BERTOLUCCI, S. K. V. **Metabólitos secundários vegetais: visão geral, química e medicinal. (Textos Acadêmicos)**. Lavras: UFLA, 81 p. 2001.

CATEHOUSE, J.A. Plant resistance toward insect herbivores: a dynamic interaction. **New Phytologist**, v. 156, p. 145-169, 2002.

CHERICONI, S.; PRIETO, J. M.; IACOPINI, P.; CIONI, P.; MORELLI, I. In Vitro Activity of the Essential Oil of *Cinnamomum zeylanicum* and Eugenol in Peroxynitrite Induced Oxidative Processes. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 4762-4765, 2005.

CLEFF, M. B.; MEINERZ, A. R. M.; MADRID, I; FONSECA, A. O; ALVES, G. H.; MEIRELES, M. C. A.; RODRIGUES, M. R. A. Perfil de suscetibilidade de leveduras do gênero *Candida* isoladas de animais ao óleo essencial de *Rosmarinus officinalis* L. **Revista Brasileira de Plantas. Mediciniais**, Botucatu, v. 14, n. 1, p. 43-49, 2012.

CHOUGULE, N. P.; GIRI, A. P.; SAINANI, M. N.; GUPTA, V. S. Gene expression. Patterns of *Helicoverpa armigera* gut proteases. **Insect Biochemistry and Molecular Biology**, v. 35, p. 355-367, 2005.

CLOYD, R. Natural indeed: Are natural insecticide safer and better then conventional insecticide, **Illinois Pesticide Review**, v. 17, p. 1-3, 2004.

CORTES, A. J. Relatório da atividade do aluno estagiário do curso de Eng. Agrônomo, ISA/UTL, Lisboa, 1972.

CZEPAK, C.; CORDEIRO ALBERNAZ, K.; VIVAN, L. M.; GUIMARAES, H. O.; CARVALHAIS, T. Primeiro registro de ocorrência de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 110-113, 2013.

DAVIES, A. P.; CARR, C. M.; SCHOLZ, B. C. G.; ZALUCKI, M. P. Using *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) for insect pest biological control in cotton crops: an Australian perspective. **Australian Journal Entomology**, v. 50, p. 424-440, 2011a.

EMBRAPA. Ações emergenciais propostas pela Embrapa para o manejo integrado de *Helicoverpa* spp. em áreas agrícolas. 19 p. 2013. Disponível em: Acesso em: 02 Oct. 2016.

ENAN, E. Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 130C, p. 325-37, 2001.

FATHIPOUR, Y.; SEDARATIAN, A. Integrated management of *Helicoverpa armigera* in soybean cropping systems. In: EL-SHEMY, H. A. (Ed.). Soybean – **Pest resistance**. Cairo: InTe OPP, p. 231-280, 2013.

FERREIRA, M. R. *Cinética do desenvolvimento de *Heliiothis armigera**. **Trabalho Fim de curso de Eng. Agrícola**, Universidade de Évora, Évora, 75 p. 1989.

FIGUEIREDO, E; AMARO, F.; GONÇALVES, C.; GODINHO, M.; SALVADO, E. V. A.; ALBANO, S. Lagarta do tomate *in* AMARO, F.; MEXIA, A. *Proteção integrada em tomate de indústria*. Projeto Pro Agro 189, **Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas**, 114 p. 2006.

FIOMARI, B. R. *Helicoverpa armigera*, mais de um bilhão de reais de prejuízos. **Revista Campo & Negócios**, XI, n. 123, ISSN 2176-1183, p. 38 – 43, 2013.

FITT, G. P. The ecology of *Heliiothis* species in relation to agro ecosystems. **Annual Review of Entomology**, v. 34, p. 17-52. Forbes, W. T. M. 1954. Lepidoptera of New York and neighboring states. Noctuidae. Part III. Cornell University Agricultural Experiment Station, Ithaca, NY. 1989.

FOERSTER, M. R.; MARCHIORO, C. A.; FOERSTER, L. A. Temperature-dependent parasitism, survival, and longevity of five species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae) associated with *Anticarsia gemmatalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). **Neotropical Entomology**, v. 43, p. 176-182, 2014.

GIOLO, F. P.; BUSATO, G. R.; GARCIA, M. S.; MANZONI, C. G.; BERNARDI, O.; ZART, M. Biology of *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) in two artificial diets. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 167-171, 2006.

GUO, Y. Y. Progress in the researches on migration regularity of *Helicoverpa armigera* and relationships between the pest and its host plants. **Acta Entomologica Sinica**, Beijing, v. 40, n. 1, p. 1-6, 1997.

GUOQUING, L.; ZHAOJUN, H.; LILI, M.; XIAORAN, Q.; CHANGKUN, C.; YINCHANG, W. Natural oviposition-deterrent chemicals in female cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner). **Journal of Insect Pathology**, New York, v. 47, n. 9, p. 951, 2001.

HAJEK, A. E.; St. LEGER, R. J. Interactions between fungal pathogens and insect hosts. **Annual Review of Entomology**, v. 39, p. 293-322, 1994.

HARDWICK, D. The corn earworm complex. **Memories Entomology Society**, v. 40, p. 246, 1965.

HARE, J. D.; MORSE, J. G. Toxicity, persistence, and potency of sabadillaalkaloid formulations to citrus thrips (Thysanoptera: Thripidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 90, p. 326-332, 1997.

ISMAN, M. B. Insect antifeedants. **Pesticide Outlook**, v. 13, p. 152-57. 2002.

ISMAN, M. B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection**, v. 9, p. 603-8, 2000.

ISMAN, M. B. Pesticides based on plant essential oils. **Pesticide Outlook**, v. 10, p. 68-72, 1999.

JÚNIOR, C. V. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**, v. 26, n.3, p. 390-400, 2003.

KAFLE, L.; SHIH, CH. J. Toxicity and Repellency of Compounds from Clove (*Syzygium aromaticum*) to Red Imported Fire Ants *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). **Bio One Research Evolved**, v. 106, n. 1, p. 131-135, 2013.

KARIM, S. Management of *Helicoverpa armigera*: a review and prospectus for Pakistan. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Murree, v. 3, n. 8, p. 1213-1222, 2000.

KING, A. B. S. *Heliothis/Helicoverpa* (Lepidoptera: Noctuidae). p. 39-106 In MATHEWS, G. A.; TURNSTALL, J. P. (eds.). Insect Pests of Cotton. **CAB International**, Wallingford, UK. 1994.

KOSTYUKOVSKY, M.; RAFAELI, A.; GILEADI, C.; DEMCHENKO, N.; SHAYYA, E. Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of action against insect pests. **Pest Management Science**, v. 58, p. 1101-1106, 2002.

KUMAR, K.; CHAPMAN, R. B. Sublethal effects of insecticides on the diamondback moth *Plutella xylostella* (L.). **Pesticide Science**, v. 15, p. 344-352, 2006.

LAMMERS, J. W.; MACLEOD, A. Report of a pest risk analysis: *Helicoverpa armigera* (Hübne). 2007. Disponível em: <<http://www.fera.defra.gov.uk/plants/plantHealth/pestsDiseases/documents/helicoverpa.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2015.

LORENZI, H. Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. 2. Ed. Nova Odessa, SP: **Instituto Plantarum**, 544 p. 2008.

LUO, S.; NARANJO, S. E.; WU, K. Biological control of cotton pests in China. **Biological Control**, Maryland Heights, v. 68, p. 6-14, 2014.

(MAPA) DA AGRICULTURA, PECUÁRIA e ABASTECIMENTO. Combate a praga *Helicoverpa armigera*. **MAPA**, Brasília, Brazil. 2014.

MARTINS, E. S.; PRAÇA, L. B.; DUMAS, V. F.; SILVA-WERNECK, J. O.; SONE, E. H.; WAGA, I. C.; BERRY, C.; MONNERAT, R. G. Characterization of *Bacillus thuringiensis* isolates toxic to cotton boll weevil (*Anthonomus grandis*). **Biological Control**, v. 40, n. 1, p. 65-6, 2007.

MCCAFFREY, A. R. Resistance to insecticides in Heliothine Lepidoptera: A global view. *Phil. Trans. Royal Society of London Biological*, v. 353, p. 1735-1750, 1998.

MEDEIROS, M. A.; SCHIMIDT, F. V. G.; LOIÁCONO, M. S.; CARVALHO, V. F.; BORGES, M. Parasitismo e predação em ovos de *Euschistus heros* (Fab.) (Heteroptera: Pentatomidae no Distrito Federal, Brasil. **Annual Society Entomology**, v. 26, p. 397-401, 1997.

MENSAH, R. K. Suppression of *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) oviposition by use of the natural enemy food supplement Envirofeast. **Australian Journal of Entomology**, Canberra, v. 35, n. 4, p. 323-329, 1996.

NASERI, B.; FATHIPOUR, Y.; MOHARRAMIPOUR, S.; HOSSEININAVEH, V.; GATEHOUSE, A. M. Digestive proteolytic and amylolytic activities of *Helicoverpa armigera* in response to feeding on different soybean cultivars. **Pest Management Science**, Weinheim, v. 66, n. 12, p. 1316-1323, 2010.

NASREEN, A.; MUSTAFA, G. Biology of *Helicoverpa armigera* (Hbn) reared in laboratory on natural diet. **Pakistan Journal of Biological Science**, v. 3, n. 10, p. 1668-1669, 2000.

OFF., J. EUR. Union. (OJEU). Commission Decision of 8 June 2009 recognising in principle the completeness of the dossier submitted for detailed examination in view of the possible inclusion of orange oil in Annex I to Council Directive 91/414/EEC (**notified under document number**, v. 52, p. 145-147, 2009).

OZTEMIZ, S. Natural parasitism rate of *Trichogramma evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and its release efficacy against the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) in the Cukurova region, Turkey. **Entomological News**, Philadelphia, v. 119, n. 1, p. 19-33, 2008.

PARRA, J. R. P.; BOTHELO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. **Controle biológico no Brasil: parasitoides e predadores**. São Paulo: Manole. 2002.

PATIL, S.; BASHASAB, F.; VIJAYKUMAR; BASAVANAGOUD; KURUVINASHETTI, M. S.; PATIL, B. V. Genetic relatedness among *Helicoverpa armigera* (Hübner) occurring on different host plants as revealed by random amplified polymorphic DNA markers. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 9, p. 227-233, 2006.

PAULA, V. F.; BARBOSA, L. C. A.; PICANÇO, M. C.; PILÓVELOSO, D. Toxicidade de amidas derivadas da piperina para larvas de *Ascia monusteorseis* (Godart) (Lepidoptera, Pieridae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 45, p. 10-15, 2001.

PAULA, V. F.; BARBOSA, L. C. A.; DEMUNER, A. J.; PILÓVELOSO, D.; PICANÇO, M. C. Synthesis and insecticidal activity of new amide derivatives of piperines. **Pest Management Science**, v. 56, p. 168-174, 2000.

PAWAR, C. S.; BHATNAGAR, V. S.; JADVAH, D. R. *Heliothis* species and their natural enemies, with their potential for biological control. **Proceedings Indian Academy of Sciences**, v. 95, p. 695-703, 1986.

MOREIRA, M. D.; PICANÇO, M. C.; SILVA, M. E.; MORENO, S. C.; MARTINS, J. C.; VENZON, M. Uso de inseticidas botânicos no controle de pragas. Controle alternativo de pragas e doenças. Viçosa: EPAMIG/CTZM, p. 89-120, 2006.

POGUE, M. G. A new synonym of *Helicoverpa zea* (Boddie) and differentiation of adult males of *H. zea* and *H. armigera* (Hübner) Lepidoptera: Noctuidae: Heliothinae. **Annals of the Entomological Society of America**, v. 97, n. 6, p. 1222-1226, 2004.

PRATISSOLI D.; LIMA V. L. S.; PIROVANI V. D. ; LIMA W. L. Occurrence of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on tomato in the Espírito Santo state. **Horticultura Brasileira**, v. 33, p. 101-105, 2015.

PRATISSOLI, D.; POLANCZYK, R. A.; PEREIRA, C. L. T.; FURTADO, I. S. A.; COCHETO, J. G. Influência da fase embrionária dos ovos da traça-das-crucíferas sobre fêmeas de *Trichogramma pretiosum* com diferentes idades. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 286-290, 2007.

PRIESTLEY, C. M.; WILLIAMSON, E., M.; WAFFORD, K., A.; SATTELLE, D. B. Thymol, a constituent of thyme essential oil, is a positive allosteric modulator of human GABA receptor and a homo-oligomeric GABA receptor from *Drosophila melanogaster*. **British Journal of Pharmacology**, v. 140, p. 1363-72, 2003.

PUSHPANATHAN, T.; JEBANESAN, A.; GOVINDARAJAN, M. The essential oil of *Zingiber officinalis* Linn (Zingiberaceae) as a mosquito larvicidal and repellent agent against the filarial vector *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). **Parasitology Research**, v. 102, p. 1289-1291, 2008.

QUARLES, W. EPA exempts least-toxic pesticides. **Integrated Pest Management Practices**, v. 18, p. 16-17, 1996.

RANASINGHE, L.; JAYAWARDENA, B.; ABEYWICKRAMA, K. Fungicidal activity of essential oils of *Cinnamomum zeylanicum* (L.) and *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. L. M. Perry against crown rot and anthracnose pathogens isolated from banana. **Letters in Applied Microbiology**, v. 35, p. 208-211, 2002.

REED, W.; PAWAR, C. S. *Heliothis*: a global problem. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON HELIOTHIS MANAGEMENT, 1982. Patancheru. Proceedings. Patancheru: **ICRISAT**, 1982.

REED, W. *Heliothis armigera* (Hb.) (Noctuidae) in western Tanganyika: II. Ecology and natural and chemical control. **Bulletin of Entomological Research**, London, v. 56, n. 1, p. 127-140, 1965.

SAITO, M. L.; SCRAMIN, S. **Plantas aromáticas e seu uso na agricultura**. Jaguariúna, SP: **EMBRAPA**, Meio Ambiente/Ministério da Agricultura, Pecurária e do Abastecimento, 45 p. 2000.

SANTIN, J. R.; LEMOS, M.; KLEIN, L. C.; MACHADO, I. D.; COSTA, P.; OLIVEIRA, A. P.; TILIA, C.; SOUZA, J. P.; BARRETO, J. P.; BASTOS, J. K.; FALONI, S. Gastroprotective activity of essential oil of the *Syzygium aromaticum* and its major component eugenol in different animal models. **Naunyn Schmiedeberg's Archives Pharmacology**, v. 383, p. 149-158, 2011.

SANTOS, R. I. Metabolismo Básico e Origem dos Metabólitos Secundários. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 4. ed. Porto Alegre, RS: Ed. da UFSC, 833 p. 2002.

SCHRANK, A.; VAINSTEIN, M. H. *Metarhizium anisopliae* enzymes and toxins. **Toxicon**, v. 56, n. 7, p. 1267-1274, 2010.

SCOTT, I. M.; JENSEN, H.; SCOTT, J. G.; ISMAN, M. B.; ARNASON, J. T.; PHILOGÈNE, B. J. R. Botanical insecticides for controlling agricultural pests: piperamides and the Colorado potato beetle *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). **Archives of Biochemistry and Physiology**, v. 54, p. 212-225, 2003.

SCOTT, I. M.; PUNIANI, E.; DURST, T.; PHELPS, D.; MERALI, S.; ASSABGUI, R. A.; SÁNCHEZ-VINDAS, P.; POVEDA, L.; PHILOGÈNE, B. J. R.; ARNASON, J. T. Insecticidal activity of *Piper tuberculatum* Jacq. Extracts: synergistic interaction of piperamides. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 4, p. 137-144, 2002.

SHARMA, H. C.; DHILLON, M. K.; ARORA, R. Effects of *Bacillus thuringiensis*  $\alpha$ -endotoxin-fed *Helicoverpa armigera* on the survival and development of the parasitoid *Campoletis chlorideae*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 126, n. 1, p. 1-8, jan. 2008.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos Voláteis. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 4. ed. Porto Alegre, RS: Ed. da UFSC, 833 p. 2002.

SINGH, G.; KAPOOR, I. P. S.; SINGH, P.; HELUANI, C. S.; LAMPASONA, M. P.; CATALAN, C. A. N. Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of *Zingiber officinale*. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 46, n. 10, p. 3295-3302, 2008.

SPECHT, A.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PAULA-MORAES, S. V. de; YANO, S. A. C. Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera:

Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 6, p. 689-692, 2013.

SZEWCZYK, B.; HOYOS-CARVAJAL, L.; PALUSZEK, M.; SKRZECZ, I.; DE LOBO SOUZA, M. Baculoviruses– re-emerging biopesticides. **Biotechnology Advances**, v. 24, p. 143-160, 2006.

THACKER, J. R. M. **An Introduction to arthropod pest control**. Cambridge, Cambridge University, 360 p. 2002.

TJENDRAPUTRA, E.; TRAN, V. H.; LIU-BRENNAN, D.; ROUFOGALIS, B. D.; DUKE, C. C. Effect of ginger constituents and synthetic analogues on cyclooxygenase-2 enzyme in intact cells. **Bioorganic Chemistry**, New York, v. 29, n. 3, p. 156-163, 2001.

TRAJANO, V. N.; LIMA, E. O.; TRAVASSOS, A. E.; SOUZA, E. L. Inhibitory effect of the essential oil from *Cinnamomum zeylanicum* (Blume) leaves on some food-related bacteria. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 771-775, 2010.

VALICANTE, F. H. Controle biológico de pragas com entomopatógenos. **Informe Agropecuário**, v. 30, n. 251, p. 48-55, 2009.

VANKRETSCHMAR, J. B.; HARDIN, J. A.; MAGUYLO, K. New Pest Reponse Guidelines: *Helicoverpa armigera* (Hübner) Old World Bollworm. **United States Department of Agriculture USDA, Animal and Plant Health Inspection Service, Plant Protection and Quarantine**. Washington, D.C. 2014.

VENETTE, R. C.; DAVIS, E. E.; ZASPEL, J.; HEISLER, H.; LARSON, M. **Mini Risk Assessment Old World bollworm, *Helicoverpa armigera* Hübner** (Lepidoptera: Noctuidae), 2003.

WANG, N. C.; LI, Z. H. Studies on the biology of cotton bollworm *Heliothis armigera* (Hübner) and tobacco budworm *Heliothis assulta* (Quenee). **Journal of the Shandong Agricultural University**, Taian, v. 1-2, n. 1, p. 13-25, 1984.

WU, K. M. Regional management strategy for cotton bollworm *Helicoverpa armigera* in China. **Control of Insect Pests**, v. 7, p. 559-565, 2007.

YANG, Y. C.; LEE, H. S.; LEE, S. H.; CLARK, J. M.; AHN, Y. J. Ovicidal and adulticidal activities of *Cinnamomum zeylanicum* bark essential oil compounds and related compounds against *Pediculus humanus capitis* (De Geer)(Anoplura: Pediculidae). **International Journal for Parasitology**, v. 35, p. 1595-1600, 2005.

ZALUCKI, M. P.; DAGLISH, G.; FIREMPONG, S.; TWINE, P. H. The biology and ecology of *Heliothis armigera* (Hubner) and *H. punctigera* (Wallengren) (Lepidoptera: Noctuidae) in Australia: what do we know? **Australian Journal of Zoology**, Victoria, v. 34, n. 6, p. 779-814, 1986.

## CAPÍTULO II

### ATIVIDADE INSETICIDA DE ÓLEOS ESSENCIAIS SOBRE *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)

#### RESUMO

Atualmente, tem-se observado uma crescente busca de métodos alternativos de manejo a partir de produtos naturais para serem utilizados na agricultura. Entre os produtos de origem vegetal, os óleos essenciais são compostos orgânicos pertencentes à classe dos metabolitos secundários que vêm se destacando no controle de diferentes espécies de insetos-praga de grande importância econômica. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a atividade inseticida dos óleos essenciais *Citrus aurantium* (Linnaeus)(Rutaceae), *Citrus sinensis* (Linnaeus)(Rutaceae) e o componente majoritário Limoneno; e, os óleos essenciais *Piper* spp. (Linnaeus) (Piperaceae); *Syzygium aromaticum* (Merrill & Perry) (Myrteraceae); *Cinnamomum zeylanicum* (Presl) (Lauraceae); *Zingiber officinale* (Roscoe) (Zingiberaceae) e *Rosmarinus officinalis* (Linnaeus)(Lamiaceae) sobre *H. armigera*. A obtenção dos óleos essenciais foi realizada pela técnica de hidrodestilação utilizando o aparelho de Clevenger modificado. Foram aplicados 2mL da solução de cada óleo essencial na concentração de 2% (v.v<sup>-1</sup>) sobre primeiro ínstar de *H. armigera*, usando um aerógrafo com pressão de 15 lb/pol<sup>2</sup>. Foram realizadas 10 repetições para cada tratamento, com 10 lagartas por repetição. Avaliou-se a toxicidade aguda dos óleos essenciais, pela contagem de lagartas mortas após 48 horas de tratadas. Os óleos essenciais *C. aurantium*, o componente majoritário o limoneno, *C. sinensis*, *R. officinalis*, *C. zeylanicum*, *S. aromaticum*, *Z. officinale* e *Piper* spp. apresentaram mortalidade de 97, 94, 87, 9, 8, 3, 2 e 0% respectivamente. Os óleos essenciais do gênero de *Citrus* spp. destacaram por apresentar as maiores porcentagens de mortalidade, sendo uma alternativa para o desenvolvimento de novas moléculas ativas a partir de compostos orgânicos, que possam ser incorporadas dentro de um programa de controle biológico para *H. armigera*.

**Palavras-chaves:** Metabolitos secundários. Aleloquímicos. Inseticidas botânicos. Noctuidae.

**INSECTICIDE ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS ON *Helicoverpa armigera*  
(Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)**

**ABSTRACT**

Currently, there is seen a growing demand for alternative management methods from natural products for use in agriculture. Among the products of plant origin, essential oils are organic compounds belonging to the class of secondary metabolites that been prominent in the control of different species of insect pests of great economic importance. In this context, the objective was to evaluate the insecticidal activity of essential oils *Citrus aurantium* (Linnaeus)(Rutaceae), *Citrus sinensis* (Linnaeus)(Rutaceae) and the majoritary component Limonene; and essential oils *Piper* spp. (Linnaeus) (Piperaceae); *Syzygium aromaticum* (Merrill & Perry) (Myrteraceae); *Cinnamomum zeylanicum* (Presl) (Lauraceae); *Zingiber officinale* (Roscoe) (Zingiberaceae) and *Rosmarinus officinalis* (Linnaeus) (Lamiaceae) about first instar larvae of *H. armigera*. The extraction of essential oils was performed by hydrodistillation technique using the Clevenger modified. Provided 2mL of the solution of each essential oil at 2%(v.v<sup>-1</sup>) concentration on first instar larvae of *H. armigera*, using an airbrush with pressure 15 lb/in<sup>2</sup>. Ten replicates were performed for each treatment, with 10 caterpillars per replicate. It was evaluated the acute toxicity of essential oils by dead caterpillars count after 48 hours treated. Essential oils *C.aurantium*, the majoritary component Limonene, *C. sinensis*, *R. officinalis*, *C. zeylanicum*, *S. aromaticum*, *Z. officinale* and *Piper* spp. showed mortality of 97, 94,87, 9, 8, 3, 2 and 0% respectively. Essential oils of *Citrus* spp.genus were emphasized showing the highest percentage of mortality, being an alternative for the development of new active molecules form organic compounds, which can be incorporated into a biological control program for *H. armigera*.

**Key-words:** Secondary metabolites. Allelochemicals. Botanical insecticides. Noctuidae.

## 1. INTRODUÇÃO

As plantas, como organismos que coevoluem com os insetos e diversos microorganismos conseguem desenvolver mecanismos de comunicação, devido à constante pressão ambiental e como defesa contra o ataque de insetos, fungos, bactérias, vírus e entomopatógenos diante a produção e liberação de substâncias orgânicas denominadas de óleos essenciais (SANTOS, 2002; BAKKALI *et al.*, 2008).

Esses óleos essenciais são uma mistura complexa de várias substâncias químicas aromáticas, com densidade mais baixa que a água, solúveis em lipídeos e em solventes orgânicos. Geralmente, são produzidos a partir do metabolismo secundário das plantas, variando na concentração e composição de acordo com a espécie, órgão e modo de extração, época de coleta, condições climáticas e de solo (SAITO; SCRAMIM, 2000; SIMÕES; SPITZER, 2002).

Na agricultura, destaca-se a aplicabilidade desses compostos no controle de insetos praga, apresentando distintos mecanismos de ação que afetam múltiplos alvos, alterando de maneira eficaz a atividade celular e os processos biológicos dos insetos (PEREIRA, 2006; SIMÕES *et al.*, 2007; BIZZO *et al.*, 2009).

Muitos óleos essenciais têm propriedades toxicológicas contra diferentes artrópodes da ordem coleóptera, lepidoptera, hemíptera, díptera, orthoptera phthiraptera e isoptera, devido ao fato de que apresentam múltiplos modos de ação, incluindo atividade repelente e antialimentar, inibição da respiração, redução do crescimento e fecundidade, destruição da cutícula e atividade octopamínica no sistema nervoso central (ISMAN, 2000; AKHTAR; ISMAN, 2004).

Os inseticidas botânicos têm a vantagem de reduzir o risco de resistência cruzada pela complexa estrutura química dos constituintes, diminuindo assim a pressão de seleção de insetos resistentes aos agrotóxicos. Além disso, degradam-se rapidamente causando menos danos a saúde humana e ao meio ambiente; muitos óleos essenciais são específicos causando menos prejuízos a organismos não-alvos e inimigos naturais quando comparados aos inseticidas sintéticos (ISMAN, 2006; ROZMAN *et al.*, 2007).

*Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) é um inseto, responsável por ocasionar sérios prejuízos em diversas culturas de grande importância econômica. O principal método de manejo desta praga é diante o controle químico com frequentes pulverizações de agrotóxicos no ciclo das lavouras, desencadeando efeitos negativos a saúde das pessoas e ao meio ambiente, além de desenvolver resistência nos insetos e incrementar os custos de produção (FITT, 1989; MORAL-GARCIA, 2006; CZEPACK *et al.*, 2013).

Desta maneira, objetivou-se avaliar a atividade inseticida de óleos essenciais *Citrus aurantium* (Linnaeus)(Rutaceae), *Citrus sinensis* (Linnaeus)(Rutaceae) e o componente majoritário Limoneno; e, os óleos essenciais *Piper* spp. (Linnaeus) (Piperaceae); *Syzygium aromaticum* (Merrill & Perry) (Myrteraceae); *Cinnamomum zeylanicum* (Presl) (Lauraceae); *Zingiber officinale* (Roscoe) (Zingiberaceae) e *Rosmarinus officinalis* (Linnaeus) (Lamiaceae) sobre larvas de *H. armigera*, com o intuito de procurar métodos alternativos de manejo de possam serem incorporados dentro de um programa de manejo integrado.

## 1.2.MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Laboratório do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário de Pragas e Doenças (NUDEMAFI) setor Entomologia, Departamento de Produção Vegetal e o Laboratório de Química, Departamento de Química e Física no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE/UFES).

### 1.2.1. Multiplicação e criação de *Helicoverpa armigera*

As lagartas de *H. armigera* utilizadas no experimento foram provenientes da criação estoque do laboratório de Entomologia do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo de Pragas e Doenças (NUDEMAFI), onde os adultos foram coletados e inseridos em tubos de PVC (20cm de diâmetro x 25cm de altura) revestidos internamente com papel branco, a extremidade superior fechada com papel toalha e tecido do tipo “voile” e a extremidade inferior apoiada em base de isopor quadrado revestida com papel branco (25cm de lado x 3cm de espessura).

Para alimentação dos adultos foi oferecida uma solução de mel a 10% (m v<sup>-1</sup>), por meio de algodão embebido na solução em um frasco de vidro de 5mL.

Os ovos de *H. armigera* depositados nas paredes internas dos tubos e no papel toalha foram coletados e acondicionados em recipientes plásticos (14cm diâmetro x 15cm altura). Após a eclosão, as lagartas eram individualizadas em tubos de vidro (8,5cm diâmetro x 2,5cm altura) preenchidos com até 1/3 de seu volume com dieta artificial feita a base de feijão, germe de trigo, farelo de soja e levedura de cerveja (GRENNE *et al.*, 1976).

As lagartas foram mantidas nesses recipientes até o período de pupa. Logo, retiradas as pupas, tratadas com solução de hipoclorito de sódio a 10% e lavadas com água deionizada. Todos os estádios de desenvolvimento da praga foram mantidos em sala climatizada com temperatura de 25 ± 1°C, umidade relativa de 65 ± 10% e fotoperíodo de 12 horas).

### 1.2.2. Óleos essenciais

Os óleos essenciais comerciais de laranja amarga (*C. aurantium*), laranja doce (*C. sinensis*), foram adquiridos na empresa Ferquima Indústria e Comércio LTDA e o componente majoritário D-Limoneno da Empresa Sigma Aldrich.

Os materiais, folhas, frutos, rizomas, e botões florais para a extração dos óleos essenciais de pimenta (*Piper* spp.); cravo-da-índia (*S. aromaticum*); canela (*C. zeylanicum*); gengibre (*Z. officinale*) e alecrim (*R. officinalis*) foram adquiridos no comércio na cidade de Alegre, Espírito Santo. Estes foram cortados em pequenas porções de aproximadamente 300g, e submetidos a hidrodestilação em triplicata. Cada material foi colocado em um balão de 5L e adicionada água destilada até metade do balão que foi acoplado ao Clevenger e submetido a aquecimento. Dessa forma foi realizada a hidrodestilação da atmosfera, por três horas consecutivas (PINHEIRO *et al.*, 2013).

Após a hidrodestilação, o hidrolato obtido foi submetido à extração líquido - líquido com pentano (3 x 20mL). Para remoção da água remanescente adicionou-se Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (sulfato de sódio) anidro na fase orgânica e em seguida realizou-se filtração. O material obtido foi concentrado em evaporador rotativo sob pressão reduzida, a

massa do óleo foi aferida para o cálculo do rendimento. Os óleos essenciais extraídos foram acondicionados em frascos de vidro âmbar e armazenados em freezer até ser analisados (PINHEIRO *et al.*, 2013).

### 1.2.3. Biensaio

Nos bioensaio, larvas de primeiro ínstar de *H. armigera*, foram pulverizadas com 2mL da solução de cada óleo essencial *Citrus aurantium*, Limoneno, *Citrus sinensis*, *Rosmarinus officinalis*, *Cinnamomum zeylanicum*, *Syzygium aromaticum*, *Zingiber officinale* e *Piper spp.* em uma concentração de 2%(v.v<sup>-1</sup>) usando um aerógrafo com pressão de 15 lb/pol<sup>2</sup>. As lagartas foram separadas em grupos de 10 indivíduos em placas de Petri® (9cm diâmetro x 1,5cm altura) contendo a mesma dieta artificial utilizada na criação de manutenção. Foram realizadas 10 repetições para cada tratamento, com 10 larvas por repetição. Avaliou-se a toxicidade aguda dos óleos essenciais, pela contagem de lagartas mortas após 48 horas de tratadas.

### 1.2.4. Análise estatística

Os dados de mortalidade de *H. armigera* foram registrados 48 horas após do início do experimento, e corrigidos pela fórmula de Abbott e submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância pelo programa SAS (SAS Institute, 2002).

## 1.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os óleos essenciais de laranja amarga (*C. aurantium*); o componente majoritárilimoneno e laranja doce (*C. sinensis*) se destacam, pois apresentaram mortalidade de 97, 94 e 87% respectivamente, diferindo-se estatisticamente dos óleos alecrim (*R. officinalis*); canela (*C. zeylanicum*); cravo-da-india (*S. aromaticum*); gengibre (*Z. officinale*) e pimenta (*Piper spp.*) com 9, 8, 3, 2 e 0% de mortalidade respectivamente ( $F_{7,72}=390,27$ ;  $P<0,005$ ) (Tabela 1).

Tabela 1– Mortalidade (%) corrigida de larvas de primeiro ínstar de *Helicoverpa armigera* com óleos essenciais *Citrus aurantium*, Limoneno, *Citrus sinensis*, *Rosmarinus officinalis*, *Cinnamomum zeylanicum*, *Syzygium aromaticum*, *Zingiber officinale* e *Piper* spp. por pulverização.

Tratamento <sup>1</sup>	N <sup>2</sup>	(%)Mortalidade <sup>3</sup>
Laranja amarga ( <i>Citrus aurantium</i> )	100	97a
Limoneno	100	94a
Laranja doce ( <i>Citrus sinensis</i> )	100	87a
Alecrim ( <i>Rosmarinus officinalis</i> )	100	9b
Canela ( <i>Cinnamomum zeylanicum</i> )	100	8b
Cravo-da-india ( <i>Syzygium aromaticum</i> )	100	3b
Gengibre ( <i>Zingiber officinale</i> )	100	2b
Pimenta ( <i>Piper</i> spp.)	100	0b
CV(%)		19,58
P		<0,005

Temperatura: 25 ± 1 °C, UR: 65 ± 10% e fotoperíodo de 12h; <sup>1</sup>Médias seguidas com mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (P < 0,05); <sup>2</sup>N: número de indivíduos por tratamento; <sup>3</sup>(%) Mortalidade corrigida pela fórmula de Abbott.

A composição, concentração e a interação dos compostos orgânicos dos óleos essenciais dependem da espécie, órgão e modo de extração, época de coleta, condições climáticas como luz, temperatura, umidade relativa, chuva e fotoperíodo (SIMÕES *et al.*, 2007). Deste modo, a eficiência na mortalidade de *H. armigera* com óleos de *Citrus* spp. pode ter acontecido por causa da diferenciação na composição, modo e condições de extração dos óleos essenciais em estudo.

A laranja amarga, limoneno e laranja doce foram selecionadas para os próximos bioensaios, porque foram os óleos essenciais que apresentaram mortalidade ≥80%, sendo a porcentagem para que uma molécula seja considerada eficiente no controle de insetos-praga, de acordo com o Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2014).

Os óleos essenciais de *Citrus* spp. tem sido estudado devido aos efeitos inseticidas contra vários artrópodes. Considerados promissores para o Manejo Integrado de Pragas, atuando por contato, ingestão e fumigação. Além de ter atividade inseticida, tem efeitos no crescimento, redução na oviposição e emergência dos adultos, repelência e atividade ovicida. Estudos demonstram a atividade inseticida dos óleos essenciais dos citros sobre *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) e

*Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) (ISMAN, 2000; KETOH *et al.*, 2005; BRITO *et al.*, 2006).

A atividade inseticida dos óleos essenciais dos citros deve-se aos constituintes majoritários limoneno e linalol, terpenos que estão presentes na estrutura química dos compostos orgânicos. O mecanismo de ação destas substâncias por contato degrada os lipídios da cutícula do exoesqueleto, aumentando a atividade dos nervos sensoriais dos insetos causando hiperexcitabilidade dos nervos motores que leva a convulsão e paralisia (ESTRELA *et al.*, 2006; ROZMAN *et al.*, 2007).

Estudos desenvolvidos relatam que os monoterpenos limoneno,  $\beta$ -pineno,  $\alpha$ -pineno danam as vias respiratórias dos insetos, agindo rapidamente e interferindo nas funções fisiológicas pela adesão das partículas dos óleos essenciais na cutícula dos espiráculos obstruindo as vias de respiração (PRATES *et al.*, 1998; LEE *et al.*, 2003; CORRÊA; SALGADO, 2011). Outros relatos referem que os referidos monoterpenóides agem como inibidores da acetilcolinesterase, o que leva a um excesso do neurotransmissor acetilcolina, produzindo um colapso sináptico generalizado e a morte do inseto por asfixia (TSUKAMOTO *et al.*, 2005).

Por outro lado, a baixa mortalidade apresentada pelos óleos essenciais alecrim (*R. officinalis*); canela (*C. zeylanicum*); cravo-da-india (*S. aromaticum*); gengibre (*Z. officinale*) e pimenta (*Piper* spp.) sobre lagartas de *H. armigera* poderia estar ligada a uma relação antagônica entre os constituintes majoritários e minoritários desses óleos essenciais. Além disso, deve-se destacar que a composição, quantidade e concentração dos constituintes dos óleos essenciais dependem de fatores como as condições climáticas, idade das plantas e época do ano em que são extraídos. As interações entre esses constituintes são complexas e podem afetar as características físico-químicas dos óleos essenciais (JIANG *et al.*, 2009).

Em um estudo desenvolvido por Born *et al.*, (2009) observou que o óleo de alecrim (*R. officinalis*) apresentou ação acaricida e diminuiu a fecundidade contra o ácaro rajado *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae). As concentrações letais CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub> do óleo essencial do *R. officinalis* sobre o ácaro rajado foram 0,77 e 1,77  $\mu$ L/L respectivamente. Em outros estudos desenvolvidos por Miresmailli e Isman 2006 e Miresmailli *et al.*, (2006) registraram toxicidade do óleo de alecrim contra o ácaro rajado por contato.

Os maiores constituintes do óleo essencial de canela *C. zeylanicum* são eugenol, fenilpropanóides como cinamaldeído, acetato de cinamila e o 1,8-cineol. Estudos desenvolvidos demonstram que os extratos e os componentes de *C. zeylanicum* possuem propriedades fúngicas contra *Cladosporium musae* (Mason) (*Capnodiales: Mycosphaerellaceae*), *Lasiodiplodia theobromae* (Patouillard) (Botryosphaeriales: Botryosphaeriaceae) e *Fusarium proliferatum* (Matsush) (Hypocreales: Nectriaceae); atividade ectoparasita contra *Pedaculus humanus capatis* (De Geer) (Anoplura: Pediculidae) e ação acaricida contra *Psoroptes cuniculi* (Delafond) (Sarcoptiformes: Psoroptidae) (RANASINGHE *et al.*, 2002; YANG *et al.*, 2005; FICHI *et al.*, 2007; ANDRADE *et al.*, 2012).

O óleo essencial de cravo-da-índia *S. aromaticum* é constituído pelos compostos eugenol,  $\beta$ -cariofileno e acetato de eugenol, elementos que inibem o crescimento de fungos dos gêneros *Monilia*, *Botrytis* e *Mucor*. Em artrópodes, o óleo essencial de *S. aromaticum* demonstrou inibição na emergência de adultos de *Culex pipiens* (Linnaeus) (Diptera: Culicidae). Recentemente, demonstrou-se que o eugenol é tóxico para a formiga-de-fogo vermelha *Solenopsis invicta* (Buren) (Hymenoptera: Formicidae) (RANASINGHE *et al.*, 2002; KAFLE; SHIH, 2013).

Outros trabalhos desenvolvidos por Pereira *et al.*, (2008) constataram que o óleo essencial de gengibre (*S. aromaticum*), promoveram inibição no crescimento das bactérias *Staphylococcus aureus* (Rosenbach) (*Bacillales: Staphylococcaceae*) e *Escherichia coli* (Escherich) (Enterobacteriales: Enterobacteriaceae). Freire (2008) pesquisando cepas de *S. aureus* e *E.coli* observou atividade inibitória dos óleos essenciais canela *Z. officinalis* e manjerona *Origanum manjorona* (Linnaeus) (Lamiales: Lamiaceae) sobre o crescimento das bactérias em estudo. O óleo de *Z. officinalis* apresenta atividade larvicida e repelência sobre *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae) (PUSHPANATHAN *et al.*, 2008).

O óleo do gênero *Piper* spp. apresenta uma série de amidas na estrutura química, sendo a piperina o maior constituinte, agindo como neurotóxicos afetando as principais funções do sistema nervioso central dos insetos. Extratos acetônicos e metanólicos de *Piper nigrum* (Linnaeus) (Piperaceae) causaram 90% de mortalidade às lagartas da traça de cereais *Sitotroga cerealella* (Oliver) (Lepidoptera: Gelechiidae) (BOOF; ALMEIDA, 1995). Paula *et al.*, (2000; 2001) reportou efeitos

inseticidas da piperina sobre o pulgão *Brevicoryne brassicae* (Linnaeus) (Hemiptera: Aphididae) e o cupim *Cornitermes cumulans* (Kollar) (Isoptera: Termitidae).

Desta forma, a atividade inseticida e os possíveis efeitos dos óleos essenciais dependem da composição química, concentração e interação dos constituintes majoritários e minoritários desses compostos orgânicos.

#### 1.4. CONCLUSÃO

Os óleos essenciais de *C. aurantium*, o componente majoritário limoneno, *C. sinensis*, *R. officinalis*, *C. zeylanicum*, *S. aromaticum*, *Z. officinale* e *Piper* spp. na concentração de 2% (v.v<sup>-1</sup>) apresentaram mortalidade de 97, 94, 87, 9, 8, 3, 2 e 0% respectivamente, sobre larvas de primeiro ínstar de *H. armigera* após de 48 horas de serem tratadas. Os óleos essenciais *C. aurantium*, o componente majoritário limoneno e o *C. sinensis* apresentaram as maiores porcentagens de mortalidade, pelo que trabalhos futuros poderiam ser desenvolvidos a fim de certificar a eficiência desses produtos em campo com o intuito de desenvolver uma molécula ativa para ser incorporada no manejo integrado de *H. armigera*.

#### 1.5. REFERÊNCIAS

AKHTAR, Y.; ISMAN M. B. Comparative growth inhibitory and antifeedant effects of plant extracts and pure allelochemicals on four phytophagous insect species. **Journal of Applied Entomology**, v. 128, p. 32-38, 2004.

ANDRADE, M. A.; CARDOSO-GRAÇAS, M.; BATISTA, L. R.; MALLET, A. C. T.; MACHADO, S. M. F. Óleos essenciais de *Cymbopogon nardus*, *Cinnamomum zeylanicum* e *Zingiber officinale*: composição, atividades antioxidante e antibacteriana. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 2, p. 399-408, 2012.

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

BIZZO, H. R.; HOVELL, A. M. C.; REZENDE, C. M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n.3, p. 588-594, 2009.

BRITO, J. P.; OLIVEIRA, J. E. M.; BORTOLI, S. A. Toxicidade de óleos essenciais de *Eucalyptus* spp. sobre *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Bruchidae). **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 6, n. 1, p. 96-103, 2006.

BOFF, M. I. C.; ALMEIDA, A. A. Efeito residual de extratos de *Piper nigrum* (L.) sobre larvas neonatas de *Sitotroga cerealella* (Oliv.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 24, p. 115-121, 1995.

BORN, F. S.; RIBEIRO, N. C.; DE ARAÚJO, M. J. C.; BOTELHO, P. S.; DE MORAES, M. M.; NEVES, I. A.; DA CÂMARA, C. A. G. Atividade acaricida do óleo essencial de folhas de *Rosmarinus officinalis* (L.) sobre *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae) resumo. 2009 Disponível em: <http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/R0787-1.pdf> acessado: 01-Jan.

CORREA, J. C. R.; SALGADO, H. R. N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, p. 500-506, 2011.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K. C.; VIVAN, L. M.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHAIS, T. First reported occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 110-113, 2013.

ESTRELA, J. L. V.; FAZOLIN, M.; CATANI, V. Toxicidade de óleos essenciais de *Piper aduncume* *Piper hispidinervum* em *Sitophilus zeamais*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 217-222, 2006.

FICHI, G.; FLAMINI, G.; ZARALLI, L. J.; PERRUCCI, S. Efficacy of an essential oil of *Cinnamomum zeylanicum* against *Psoroptes cuniculi*. **Phytomedicine**, v. 14, p. 227-231, 2007.

FITT, G.P. The ecology of *Heliothis* in relation to agroecosystems. **Annual Review of Entomology**, v. 34, p. 17-52, 1989.

FREIRE, J. M. Óleos essenciais de canela, manjerona e anis-estrelado: caracterização química e atividade biológica sobre *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*. Dissertação (Mestrado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 68 p. 2008.

GREENE, G. L.; LEPLA, N. C.; DICKERSON, W. A. Velvet bean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v. 69, n. 4, p. 488-497, 1976.

ISMAN, M. B. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. **Annual Review Entomology**, v. 51, p. 45-66, 2006.

ISMAN, M. B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection**, v. 19, p. 603-608, 2000.

JIANG, Z., AKHTAR, Y.; BRADBURY, R.; ZHANG, X.; ISMAN, M. B. Comparative toxicity of essential oils of *Litsea pungens* and *Litsea cubeba* and blends of their major constituents against the cabbage looper, *Trichoplusia ni*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 4833-4837, 2009.

KAFLE, L.; SHIH, CH. J. Toxicity and Repellency of Compounds from Clove (*Syzygium aromaticum*) to Red Imported Fire Ants *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). **Bio One Research Evolved**, v. 106, n. 1, p. 131-135, 2013.

KETOH, G. K.; KOUMAGLO, H. K.; GLITHO, I. A. Inhibition of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) development with essential oil extracted from *Cymbopogon schoenanthus* L. Spreng. (Poaceae), and the wasp *Dinarmus basalis* (Rondani) (Hymenoptera: Pteromalidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 41, n. 4, p. 363-371, 2005.

LEE, S.; PETERSON, C. J.; COATS, J. R. Fumigation toxicity of monoterpenoids to several stored product insects. **Journal of Stored Products Research**, v. 39, n. 1, p. 77-85, 2003.

(MAPA) DA AGRICULTURA, PECUÁRIA e ABASTECIMENTO. Combate a praga *Helicoverpa armigera*. **MAPA**, Brasília, Brasil, 2014.

MIRESMAILLI, S.; BRADBURY, R.; ISMAN, M. B. Comparative toxicity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil and blends of its major constituents against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on two different host plants. **Pest Management Science**, v. 62, p. 366-371, 2006.

MIRESMAILLI, S.; ISMAN, M. B. Efficacy and Persistence of Rosemary Oil as an Acaricide Against Twospotted Sider Mite (Acari: Tetranychidae) on Greenhouse Tomato. **Journal of Economic Entomology**, v. 99, p. 2015-2023, 2006.

MORAL-GARCIA, F. J. Analysis of the spatiotemporal distribution of *Helicoverpa armigera* (Hübner) in a tomato field using a stochastic approach. **Biosystems Engineering**, Bedford, v. 93, n. 3, p. 253-259, 2006.

PAULA, V. F.; BARBOSA, L. C. A.; PICANÇO, M. C.; PILÓVELOSO, D. Toxicidade de amidas derivadas da piperina para larvas de *Ascia monusteorseis* (Godart) (Lepdoptera: Pieridae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 45, p. 10-15, 2001.

PAULA, V. F.; BARBOSA, L. C. A.; DEMUNER, A. J.; PILÓVELOSO, D.; PICANÇO, M. C. Synthesis and insecticidal activity of new amide derivatives of piperines. **Pest Management Science**, v. 56, p.168-174, 2000.

PEREIRA, A. A.; CARDOSO, M. G.; ABREU, L. R.; MORAIS, A. R.; GUIMARÃES, L. G. L.; SALGADO, A. P. S. P. Caracterização química e efeito inibitório de óleos essenciais sobre o crescimento de *taphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 887-893, 2008.

PEREIRA, A. A. **Efeito inibitório de óleos essenciais sobre o crescimento de bactérias e fungos**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 60 p. 2006.

PINHEIRO, P. F.; QUEIROZ, V. T.; RONDELLI, V. M.; COSTA, A. V.; MARCELINO, T. D. P.; PRATISSOLI, D. Insecticidal activity of citronella grass essential oil on

*Frankliniella schultzei* and *Myzus persicae*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 37, n. 2, p. 138-144, 2013.

PRATES, H. T.; SANTOS, J. P.; WAQUIL, J. M.; FABRIS, J. D.; OLIVEIRA, A. B.; FOSTER, J. E. Insecticidal activity of monoterpenes against *Ryzopertha Dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). **Journal of Stored Products Research**, v. 34, p. 243-249, 1998.

PUSHPANATHAN, T.; JEBANESAN, A.; GOVINDARAJAN, M. The essential oil of *Zingiber officinalis* Linn (Zingiberaceae) as a mosquito larvicidal and repellent agent against the filarial vector *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). **Parasitology Research**, v. 102, p. 1289-1291, 2008.

RANASINGHE, L.; JAYAWARDENA, B.; ABEYWICKRAMA, K. Fungicidal activity of essential oils of *Cinnamomum zeylanicum* (L.) and *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. L. M. Perry against crown rot and anthracnose pathogens isolated from banana. **Letters in Applied Microbiology**, v. 35, p. 208-211, 2002.

SAITO, M. L.; SCRAMIN, S. **Plantas aromáticas e seu uso na agricultura**. Jaguariúna, SP: **EMBRAPA** Meio Ambiente/Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 45 p. 2000.

SANTOS, R. I. Metabolismo Básico e Origem dos Metabólitos Secundários. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 4. ed. Porto Alegre, RS: Ed. da UFSC, 833 p. 2002.

SAS INSTITUTE. User's guide, version 8.02, TS level 2MO. SAS Institute INC, Cary, NC, 2002.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6. ed. Porto Alegre: UFSC/UFRGS, 1104 p. 2007.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos Voláteis. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 4. ed. Porto Alegre, RS: Ed. da UFSC, 833 p. 2002.

TSUKAMOTO, T.; ISHIKAWA, Y.; MIYAZAWA, M. Larvicidal and adulticidal activity of alkylphthalide derivatives from rhizome of *Cnidium officinale* against *Drosophila melanogaster*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 5549- 5553, 2005.

YANG, Y. C.; LEE, H. S.; LEE, S. H.; CLARK, J. M.; AHN, Y. J. Ovicidal and adulticidal activities of *Cinnamomum zeylanicum* bark essential oil compounds and related compounds against *Pediculus humanus capitis* (Anoplura: Pediculidae). **International Journal for Parasitology**, v. 35, p. 1595-1600, 2005.

### CAPÍTULO III

#### **EFEITOS SUBLETAIS DE ÓLEOS ESSENCIAIS DE *Citrus aurantium*, *Citrus sinensis* E O COMPONENTE MAJORITÁRIO LIMONENO DE *Citrus* spp. (Rutaceae) SOBRE *Helicoverpa armigera*, (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)**

#### **RESUMO**

*Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) é um inseto-praga com grande importância socioeconômica em diversas regiões agrícolas do mundo. Esta espécie é amplamente adaptada e polífaga de plantas hospedeiras cultivadas e silvestres. O principal método de manejo é diante sucessivas aplicações de agrotóxicos, gerando efeitos negativos ao meio ambiente. Assim, estudos de métodos alternativos com baixo impacto ambiental e socioeconômico inclui o uso de óleos essenciais. Esses óleos essenciais são metabólitos secundários derivados de plantas, que apresentam atividade inseticida em diversas populações de insetos-praga. Desta maneira, objetivou-se avaliar a atividade inseticida dos óleos essenciais de *Citrus aurantium* (Linnaeus) (Rutaceae), *Citrus sinensis* (Linnaeus) (Rutaceae) e o componente majoritário limoneno sobre a biologia e reprodução de *H. armigera*. A caracterização dos óleos essenciais por cromatografia gasosa com espectrometria de massas, a toxicidade dos óleos essenciais e os efeitos das concentrações subletais nas larvas e parâmetros reprodutivos nos adultos foram respectivamente avaliados. Todos os tratamentos apresentaram atividade inseticida e efeitos subletais sobre a biologia e reprodução da *H. armigera*, pelo que esses óleos essenciais podem ter uso promissório para o controle de *H. armigera*.

**Palavras-chaves:** Toxicologia. Lepidoptera. Biologia. Reprodução.

**SUBLETHAL EFFECTS OF ESSENTIAL OILS *Citrus aurantium*, *Citrus sinensis*  
AND THE MAYORITARY COMPONENT Limoneno OF *Citrus* spp. (Rutaceae)  
ABOUT *Helicoverpa armigera*, (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)**

**ABSTRACT**

*Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) is one of the most devastating insect pests in different parts of the world. This species is extensively adapted and polyphagous, with a broad taxonomic range of cultivated and wild host plants. The main management method is for successive pesticide applications, generating negative effects to the environment. Thus, studies of alternative methods with low environmental and socioeconomic impact include the use of essential oils. These essential oils are chemical compounds, known as plant-derived secondary metabolites, which exhibit insecticidal activity in a number of insect pest populations. Therefore, aimed to evaluate the insecticidal activity of essential oils of *Citrus aurantium* (Linnaeus)(Rutaceae), *Citrus sinensis* (Linnaeus)(Rutaceae) and the major component Limonene on the biology of *H. armigera*. The characterization of essential oils by gas chromatography with mass spectrometry, toxicity of essential oils and sublethal concentration effects on larvae and reproductive parameters in adults were evaluated respectively. All treatment showed insecticidal activity and sublethal effects on the biology and reproduction of *H. armigera*, so that these essential oils can have promising use for the control of *H. armigera*.

**Key-words:** Toxicology. Lepidoptera. Biology. Reproduction.

## 1. INTRODUÇÃO

*Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) é um inseto praga cosmopolita, com ocorrência em diversas regiões do mundo incluindo Ásia, África, Europa, Oceania e América do sul (FITT 1989; NASERI *et al.*, 2009). Esta espécie é holometábola, polífaga, com um amplo espectro de culturas hospedeiras de grande importância econômica como o tomate, pimentão, algodão, milho, grão de bico, sorgo, girassol, soja e amendoim (FITT 1989; CUNNINGHAM; ZALUCKI, 2014).

As lagartas de *H. armigera* se alimentam de folhas e caules, apresentando preferência pelos pontos de crescimento como brotos, inflorescências, frutos e vagens, causando danos tanto na fase vegetativa quanto que reprodutiva, reduzindo a qualidade e rendimentos dos frutos (WANG; LI, 1984; BASKAR; DURAI PANDIYAN; IGNACIMUTHU, 2014).

No Brasil, foi identificada morfológica e molecularmente, reportando sérios danos nas culturas de algodão e soja, nas regiões Centro-oeste e Nordeste do país (CZEPACK *et al.*, 2013; SPECHT; GOMEZ; PAULA-MORAES, 2013). As perdas geradas pela lagarta desta praga foi estimada em mais de 5 bilhões de dólares, além, do investimento na compra de agrotóxicos, cujo valor estimado em cerca de 500 milhões de dólares (MAPA, 2014).

O principal método de manejo de *H. armigera* está baseado na aplicação frequente e contínua de agrotóxicos durante o ciclo da cultura, ocasionando efeitos negativos no meio ambiente e nos recursos não renováveis (WHITEHORN *et al.*, 2012; HENRY *et al.*, 2012). Além disso, as constantes aplicações de agrotóxicos têm desenvolvido resistência dessa praga a um amplo grupo de inseticidas como carbamatos, organofosforados e piretroides (KRANTHI *et al.*, 2002; QAYYUM *et al.*, 2015). Desta forma, existe uma busca por métodos alternativos de manejo que possam ser incorporados em programas de manejo integrado de pragas com o intuito de reduzir o uso indiscriminado de agrotóxicos.

Os óleos essenciais têm sido estudados para atividades inseticidas, os quais tem apresentado ações que podem interferir na capacidade de eclosão dos ovos, oviposição, crescimento, alimentação e repelência, podendo assim serem empregado no manejo de pragas (SEFFRIN *et al.*, 2010; SHANKER;

UTHAMASAMY, 2010; BASKAR; IGNACIMUTHU, 2012). Esses compostos são derivados de plantas, com estruturas químicas baseada em componentes majoritários que pertencem às classes dos terpenos, fenóis e alcalóides (ISMAN 2000; OOTANI *et al.*, 2013) e são facilmente degradáveis, não tem efeitos adversos ao meio ambiente e são ecologicamente seguros aos inimigos naturais, organismos não-alvos e aos seres humanos (ROSELL *et al.*, 2008; PAVELA, 2010).

Pesquisas desenvolvidas relatam a atividade inseticida e os efeitos subletais dos óleos essenciais sobre insetos pragas da ordem lepidoptera (HALDER *et al.*, 2012; KHAN, *et al.*, 2014; ABEDI *et al.*, 2014; CRUZ *et al.*, 2014; 2016). Dessa forma, objetivo-se avaliar os efeitos letais e subletais dos óleos essenciais de *Citrus aurantium*, *Citrus sinensis* (Rutaceae) e o seu componente majoritário o limoneno, sobre lagartas de primeiro instar de *H. armigera* em condições de laboratório.

## 1.2.MATERIALE MÉTODOS

O estudo foi conduzido no Laboratório do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário de Pragas e Doenças (NUDEMAFI) setor Entomologia, Departamento de Produção Vegetal e o Laboratório de Química, Departamento de Química e Física no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE/UFES).

### 1.2.1.Multiplicação de *H. armigera*

Larvas de *H. armigera* foram obtidas da criação estoque do Laboratório de Entomologia do Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo de Pragas e Doenças (NUDEMAFI). Foram alimentadas com dieta artificial descrita por GRENNE *et al.*, (1976), tendo como base germe de trigo, farelo de soja, levedura de cerveja, vitaminas e antibióticos, sendo acondicionadas em câmara climatizada (temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , umidade relativa de  $65 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12 horas). Adultos foram mantidos em gaiolas de PVC (20cm diâmetro x 25cm altura) revestidos com papel branco e alimentados com solução de mel (10%). Posturas foram retiradas diariamente e acondicionadas em recipientes plásticos (14cm diâmetro x 15cm altura). As larvas recém-eclodidas foram acondicionadas em tubos

de vidro (2,5cm diâmetro x 8,5cm altura) contendo dieta artificial (GRENNE *et al.*, 1976) permanecendo até a fase de pupa. As pupas foram coletadas e acondicionadas em gaiolas de acrílico até a emergência dos adultos.

### **1.2.2. Óleos essenciais**

Os óleos essenciais comerciais de laranja amarga (*C. aurantium*), laranja doce (*C. sinensis*), foram adquiridos na empresa Ferquima Indústria e Comércio LTDA e o componente majoritário D-Limoneno da Empresa Sigma Aldrich.

### **1.2.3. Cromatografia gasosa com Espectrometria em massas (GC-MS)**

As análises da composição química dos óleos essenciais foram feitas no Laboratório de Química da Universidade Federal do Espírito Santo. Os óleos essenciais foram analisados por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria em massa (CG-EM), modelo QP-PLUS-2010 (SHIMADZU). A coluna cromatográfica foi do tipo capilar de sílica fundida com fase estacionária Rtx-5MS, de 30m de comprimento e 0,25mm de diâmetro interno, utilizando hélio como gás de arraste. As temperaturas foram de 220 °C no injetor e 300 °C no detector. A temperatura inicial da coluna foi de 60 °C, sendo programada para ter acréscimos de 3 °C a cada minuto, até atingir a temperatura máxima 240°C (COSTA *et al.*, 2013).

A quantificação química dos óleos essenciais foi realizada por cromatografia gasosa, em equipamento SHIMADZU GC-2010 PLUS, equipado com detector de ionização de chama (CG-DIC). O gás de arraste foi o nitrogênio e coluna capilar Rtx-5MS, 30m de comprimento e 0,25mm de diâmetro interno. As temperaturas do injetor e detector foram 240 e 250 °C, respectivamente. A temperatura programada no forno foi a mesma nas análises por CG-EM (COSTA *et al.*, 2013).

As análises, 10mg de cada óleo foram diluídas em 1mL de diclorometano, sendo injetado 1µL da mistura. A identificação dos componentes foi feita pela comparação de espectros de massas com os dados disponíveis na espectroteca Willey 330.000 e pelo índice de Kovats (IK) (ADAMS, 2007). O percentual relativo de cada composto foi calculado através da razão entre a área integral de seus respectivos picos e a

área total de todos os constituintes da amostra, cujos dados foram obtidos pelas análises realizadas no cromatógrafo a gás com detector de ionização de chama.

### 1.3. BIOENSAIOS

Foram estabelecidas as concentrações letais CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub>, e as concentrações subletais CL<sub>10</sub>, CL<sub>20</sub> e CL<sub>40</sub>, para cada um dos óleos essenciais de *C. aurantium*, *C. sinensis* e o componente majoritário Limoneno, fazendo uso de escala logarítmica a partir da concentração que controlou o 100% da população de *H. armigera*.

#### 1.3.1. Efeitos letais

Larvas de primeiro instar de *H. armigera* foram tratadas com concentrações letais de 50 e 90% de óleos essenciais de *C. aurantium*, *C. sinensis* e o componente majoritário limoneno. Em cada tratamento 2mL de solução (óleo+ tween + álcool + água) e para o controle (tween + álcool + água), foram pulverizados nas larvas usando o aerógrafo (SW-130K) com pressão de 15 lb/pol<sup>2</sup>. Foram utilizadas dez repetições com dez larvas para cada repetição. As larvas tratadas foram colocadas em placas de Petri® (9cm diâmetro x 1,5cm altura), forradas com papel filtro, seladas com plástico filme e alimentadas com dieta artificial (GRENNE *et al.*, 1976).

#### 1.3.2. Efeitos subletais

Cinquenta larvas de primeiro instar foram tratadas com concentrações subletais de 10, 20 e 40% dos referidos óleos essenciais e individualizadas em tubos de vidro (2,5cm diâmetro x 8,5cm altura) e pesadas dez dias após a pulverização. As pupas com até 24 horas foram sexadas (ZHAO *et al.*, 2005) pesadas e mantidas em tubos de vidro até a emergência dos adultos.

Para a avaliação dos efeitos subletais sobre os parâmetros reprodutivos, dez pupas por tratamento foram mantidas em tubos de vidro (2,5cm diâmetro x 8,5cm altura) até a emergência dos adultos, sendo posteriormente um casal por repetição dispostos em gaiolas do tipo PVC (14cm diâmetro x 20cm altura), revestido internamente com papel e alimentados com solução de mel (10%), totalizando cinco repetições por tratamento. Os ovos foram diariamente contados e colocados em

placas de Petri® (9cm diâmetro x 1,5cm altura) nas condições de Temperatura:  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , umidade relativa:  $65 \pm 10\%$  e fotoperíodo de 12h. Os parâmetros biológicos avaliados foram: período larval, peso das lagartas, período pupal, peso das pupas, e razão sexual. Também foi avaliado o período de pré- oviposição, oviposição, viabilidade de ovos, período pós- oviposição e longevidade de adultos.

### 1.3.3. Análise estatística

Os dados de mortalidade dos óleos essenciais *C. aurantium*, *C. sinensis* e o componente majoritário Limoneno sobre primeiro ínstar de *H. armigera* foram registrados 48h após iniciado o experimento e analisados por meio da regressão de probit utilizando o programa PROC PROBIT (SAS Institute, 2002) para estimar as concentrações letais  $CL_{10}$ ,  $CL_{20}$ ,  $CL_{40}$ ,  $CL_{50}$  e  $CL_{90}$ . Os dados de período larval, peso larval, período pupal, peso pupal, razão sexual, período pré- oviposição, número de ovos, viabilidade de ovos, período pós- oviposição, e longevidade de adultos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ao nível de 5% de significância pelo programa SAS (SAS Institute, 2002). Todos os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk utilizando o programa SAS (SAS Institute, 2002). A oviposição e viabilidade de ovos foram transformadas pelo  $\log_{10}(X)$ .

## 1.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1.4.1. Cromatografia gasosa com Espectrometria em massas (GC-MS)

A análise cromatográfica (GC-MS) do óleo essencial de *C. aurantium* revelou a presença dos constituintes majoritários monoterpene hidrocarboneto D-limoneno (78,53%) e  $\gamma$ -terpineno (12,65%) e para o óleo essencial *C. sinensis* os principais constituintes foram D-limoneno (83,33%) e monoterpene oxigenado linalol (8,91%) (Tabela1).

Estudos desenvolvidos com o óleo essencial de *C. sinensis* revelam o composto D-limoneno (78,55%), linalol (8,91%),  $\beta$ -mirceno (5,30%) e  $\beta$ -pineno (2,70%) como os componentes majoritários (FERHAT *et al.*, 2006). Em outro trabalho desenvolvido por

Minh Tu *et al.*, (2002) os componentes majoritários de *C. sinensis* foram D-limoneno (94,70%) e o mirceno (2,00%). Esses dados assemelham-se ao presente trabalho, porém, a composição química dos óleos essenciais pode variar dentro de uma mesma espécie da planta em função da época e local de coleta, condições climáticas, idade do material vegetal, período e condições de armazenamento (HOSNI *et al.*,2010) como demonstrado por amostras de *C. sinensis* coletadas no Quênia, em que os compostos majoritários foram  $\alpha$ -pineno,  $\alpha$ -terpineno,  $\beta$ -pineno e sabineno (NJOROGÉ *et al.*,2005) e no Vietnã, sendo verificado como principal constituinte o sabineno (MINH TU *et al.*, 2002).

Tabela 1– Composição química dos óleos essenciais *Citrus aurantium*, *Citrus sinensis*, e as porcentagens relativas dos principais componentes.

Constituintes	<sup>1</sup> KI cal	<sup>2</sup> KI tab	<i>Citrus aurantium</i>	<i>Citrus sinensis</i>
<b>MH*</b>				
$\alpha$ -tujeno	929	931	0,70%	-
$\alpha$ -Pineno	935	939	2,06%	1,08%
Canfeno	950	953	-	-
Sabineno	974	980	-	1,02%
$\beta$ -Pineno	976	980	1,57%	-
Mirceno	992	991	1,28%	3,60%
$\alpha$ -Terpineno	1016	1018	0,35%	-
D-limoneno	1033	1031	<b>78,53%</b>	<b>83,33%</b>
cis-ocimeno	1042	1040	-	-
trans-ocimeno	1052	1050	-	-
$\gamma$ -Terpineno	1061	1062	<b>12,65%</b>	-
Terpinoleno	1089	1088	0,78%	-
<b>MO*</b>				
n-octanal	1000	1001	0,12%	-
Linalol	1099	1098	0,35%	<b>8,91%</b>
Cis- para-menth-2-em-1-ol	1121	1121	0,06%	-
Cis-limoneno-oxido	1134	1134	0,14%	0,18%
trans-limoneno- oxido	1139	1139	-	0,16%
Citronellal	1155	1153	-	0,08%
trans- $\beta$ -terpineol	1165	1163	-	0,14%
Terpin-4-ol	1176	1177	-	-
$\alpha$ -terpineol	1189	1189	0,41%	-
n-decanal	1204	1204	0,18%	0,62%
Neral	1242	1240	-	-
Geranial	1272	1270	-	0,21%
<b>SH*</b>				
$\alpha$ -Copaeno	1367	1376	-	0,10%

Constituintes	<sup>1</sup> KI cal	<sup>2</sup> KI tab	<i>Citrus aurantium</i>	<i>Citrus sinensis</i>
trans-cariofileno	1417	1418	0,18%	-
β-bisaboleno	1507	1509	-	-
<b>SO*</b>				
n-octanol	1075	1070	-	0,57%
n-decanal	1205	1204	0,18%	0,62%
Acetato de Neryl	1366	1365	-	-
Acetato de geranyl	1384	1383	0,39%	-
α - trans-Bergamoteno	1435	1436	-	-
trans-nerolidol	1563	1564	0,25%	-
<b>MH/MO</b>	-	-	97,92/1,26	89,03/10,3
<b>SH/SO</b>	-	-	0,18/0,64	0,10/0,57

IK índice de Kovats (Adams, 2007);<sup>1</sup>IK cal= calculado;<sup>2</sup>IK tab= tabelado; Área %= porcentagem fornecidas pelo GC/MS. \* MH- hidrocarbonetos monoterpenos, MO- monoterpenos oxigenados, SH- hidrocarbonetos sesquiterpenos, SO- sesquiterpenos oxigenados.

Para o óleo essencial de *C. aurantium*, resultados similares foram encontrados por Hosni *et al.*, (2010) descrevendo o limoneno (96,86%), β-pineno (1,37%), β-ocimeno (0,31%), sabineno (0,28%) e α-pineno (0,27%) como os componentes majoritários. Os compostos limoneno, linalol, sabineo, β-α-pineno são inseticidas de contato, atuam como neurotóxicos, e possuem atividade fumigante contra insetos (BUSS; PARK-BROWN, 2002). Além disso, atuam dissolvendo os lipídios da cutícula do exoesqueleto, causando desidratação e morte dos insetos (MENEZES, 2005).

Os monoterpenos presentes nos óleos essenciais, como o limoneno, β-pineno, mirceno e γ-terpineno possuem efeito ovicida, larvicida, repelente, antialimentar e efeitos tóxicos em uma grande variedade de insetos (MAO; ENDERSON, 2010). O β-pineno possui atividade inseticida contra o piolho *Pediculus humanus* (Linnaeus) (Anoplura: Pediculidae) e contra o mosquito *Aedes aegypti* (Linnaeus) (Diptera: Culicidae) sendo a dupla ligação exocíclica nesse composto a responsável dessa atividade (HENRIQUES; SIMÕES-PIRES; APEL, 2007).

#### 1.4.2. Efeitos letais

Na estimativa da concentração letal (CL<sub>50</sub>), os dados adequaram-se ao modelo de Probit, mostrando um  $\chi^2$  não significativo e baixa heterogeneidade. Os intervalos de confiança não determinaram diferença significativa entre o óleo essencial de *C. sinensis* e o componente majoritário limoneno, porém apresentam diferença significativa ao óleo essencial de *C. aurantium*. As concentrações letais para causar

mortalidade de 50% da população de *H. armigera* foram 0,27 % para *C. sinensis* e 0,31% para limoneno, diferindo-se de *C. aurantium* com 0,48%.

Na concentração letal de 90% (CL<sub>90</sub>) o óleo *C. aurantium* e limoneno, não diferiram significativamente, porém, apresentaram significância do *C. sinensis*. As concentrações letais que causaram o 90% de mortalidade de *H. armigera* foram 2,90 % para *C. aurantium* e 2,70% para limoneno, diferindo-se de *C. sinensis* com 3,68%.

As inclinações da curva de concentração-mortalidade diferiram entre si, com maior inclinação da curva para *C. aurantium* (1,65%) seguido do componente majoritário limoneno com (1,36%) e *C. sinensis* quem apresentou a menor inclinação (1,13%). Os valores mais altos de inclinação da curva indicam que caso ocorram pequenas variações na concentração dos óleos essenciais, grandes variações ocorrerão na mortalidade das lagartas de *H. armigera* (Tabela 2) (APÉNDICE A - GRÁF. 4).

Os resultados obtidos neste trabalho concordam com Cruz *et al.*, (2016) quem testando óleos essenciais de *Ocimum gratissimum* (Linnaeus)(Lamiaceae), *Eucalyptus staigeriana* (Muell)(Myrtaceae) e *Foeniculum vulgare* (Mill)(Apiaceae) sobre *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) reportaram doses letais (DL<sub>50</sub>) de 1,52; 3,20 e 5,04 mg/g respectivamente. As inclinações da curva doses-mortalidade diferiram entre si, com uma maior inclinação para *O. gratissimum* (4,58%), seguido por *E. staigeriana* (3,81%) e *F. vulgare* com a menor inclinação (3,10%) sendo o limoneno o constituinte majoritário dos óleos *O. gratissimum*, *E. staigeriana* e *F. vulgare*.

Em outro trabalho desenvolvido por Baskar *et al.*, (2014) obtiveram concentrações letais CL<sub>50</sub> e CL<sub>90</sub> de 3,86 e 18,34% respectivamente, com inclinação da curva concentração-mortalidade de (2,67%), aplicando o óleo essencial de *Artemisia annua* (Linnaeus) (Asteraceae) sobre lagartas de *H. armigera*. Esses resultados diferem dos dados obtidos por Abedi *et al.*, (2014) com o óleo essencial de neem *Azadirachta indica* (A.Juss) (Meliaceae) sobre a *H. armigera* obtendo concentrações letais CL<sub>50</sub>: 12,95 µg/mL e CL<sub>90</sub>: 31,1 µg/mL, com inclinação na curva de concentração-mortalidade de (3,1%), sendo a azadirachtina o constituinte majoritário do óleo essencial de neem.

Tabela 2– Toxicidade dos óleos essenciais *Citrus aurantium*, *Citrus sinensis* e componente majoritário Limoneno de *Citrus* spp.sobre primeiro ínstar de *Helicoverpa armigera*.

Tratamento	N <sup>1</sup>	GL <sup>2</sup>	Curve Slope ±EP <sup>3</sup>	CL <sub>50</sub> %	(95%CI) <sup>4</sup>	CL <sub>90</sub> %	(95%CI) <sup>4</sup>	P	χ <sup>2</sup>
<i>C. aurantium</i>	800	5	1,65±0,11	0,48	0,41-0,57	2,9	2,19-4,13	<,0019	7,34
Limoneno	800	5	1,36±0,13	0,31	0,25-0,36	2,7	1,91-4,42	<,0001	1,86
<i>C. sinensis</i>	800	5	1,13±0,11	0,27	0,21-0,33	3,7	2,45-6,62	<,0016	7,82

Temperatura: 25 ± 1°C, UR: 65 ± 10%, e fotoperíodo de 12h;<sup>1</sup>Número de insetos por tratamento;<sup>2</sup>Graus de liberdade;<sup>3</sup>Slope±EP: Inclinação da curva ± Erro Padrão;<sup>4</sup>Intervalos de confiança nas concentrações letais 50 e 90 (v.v<sup>-1</sup>).

### 1.4.3. Efeitos subletais

#### 1.4.3.1. Parâmetros biológicos

O período larval foi alongado para todos os tratamentos exceto para o limoneno na CL<sub>10</sub> (13,10 dias), que não diferiu da testemunha (11,34 dias). O maior período larval ocorreu para o óleo essencial *C. sinensis* na CL<sub>10</sub> (15,18 dias), que não diferiu dos demais tratamentos ( $F_{(9,90)} = 6,73$ ;  $P = 0,0109$ ) (Tabela 3) (APÉNDICE A - GRÁF. 5).

Desta forma, sugere-se que os óleos essenciais tiveram um efeito antialimentar em *H. armigera*, alongando o período larval. Por outro lado, o efeito dos óleos essenciais na redução de peso larval ocorre frequentemente nos estudos de biologia de insetos, sendo que o menor peso apresentado pelas lagartas em um determinado estágio indica que elas estão atrasadas no desenvolvimento. (BASKAR; DURAI PANDIYAN; IGNACIMUTHU, 2014)

No estudo desenvolvido por Dhamodaran e Kuppusamy (2015) com extratos de *Caesalpinia bonducella* (Linnaeus) (Fabaceae) avaliando diferentes solventes e concentrações, reportou atividade antialimentar sobre *H. armigera*. Esses resultados foram comparados e discutidos pelos dados obtidos por Krishnappa *et al.*, (2010) reportando que o óleo essencial *Tagetes patula* (Linnaeus) (Asteraceae) mostrou um efeito antialimentar sobre *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae). Pavela (2010) afirma que a atividade antialimentar aumenta com o incremento da dosagem na concentração dos óleos essenciais, tendo um comportamento

diretamente proporcional. Essas tendências não foram observadas neste parâmetro, já que o alongamento do período larval da *H. armigera* foi homogêneo para todas as concentrações, exceto para o limoneno na CL<sub>10</sub>.

Todos os tratamentos reduziram o peso das larvas, sendo que o óleo essencial *C. sinensis*, e o componente majoritário limoneno nas concentrações CL<sub>20</sub> e CL<sub>40</sub> e ainda a CL<sub>40</sub> do *C. aurantium* obtiveram os menores pesos de larvas, com valores variando de 152 a 191mg ( $F_{(9,90)} = 15,19$ ;  $P < 0,001$ ) (Tabela 3) (APÊNDICE A - GRÁF. 6).

Tabela 3– Parâmetros biológicos de larvas de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *Citrus aurantium*, *Citrus sinensis* e o componente majoritário Limoneno de *Citrus* spp. nas concentrações subletais 10, 20 e 40%.

Tratamento <sup>1</sup>	Parâmetros biológicos				
	Período larval (dias ± EP)	Peso larval (mg ± EP)	Período pupal (dias ± EP)	Peso pupal (mg ± EP)	Razão sexual (± EP) <sup>ns</sup>
Controle	11,34 ± 0,20a	400 ± 9,28a	12,36 ± 0,11a	349 ± 2,99a	0,41 ± 0,04
<i>C. sinensis</i> CL <sub>10</sub>	15,18 ± 0,63c	242 ± 16,21c	13,46 ± 0,13b	221 ± 13,8b	0,34 ± 0,04
<i>C. sinensis</i> CL <sub>20</sub>	14,96 ± 0,47c	191 ± 8,46d	14,42 ± 0,22c	183 ± 18,5c	0,53 ± 0,12
<i>C. sinensis</i> CL <sub>40</sub>	14,36 ± 0,43c	163 ± 24,26d	14,36 ± 0,34c	149 ± 20,3c	0,58 ± 0,03
Limonene CL <sub>10</sub>	13,10 ± 0,47b	301 ± 21,75b	13,18 ± 0,27b	274 ± 14,1b	0,57 ± 0,10
Limonene CL <sub>20</sub>	14,96 ± 0,41c	176 ± 26,49d	14,88 ± 0,21c	165 ± 23,4c	0,64 ± 0,06
Limonene CL <sub>40</sub>	14,86 ± 0,62c	152 ± 20,95d	14,10 ± 0,24c	143 ± 21,5c	0,64 ± 0,09
<i>C. aurantium</i> CL <sub>10</sub>	14,46 ± 0,37c	286 ± 17,18b	13,42 ± 0,16b	249 ± 11,7b	0,49 ± 0,08
<i>C. aurantium</i> CL <sub>20</sub>	14,58 ± 0,33c	228 ± 14,03c	14,70 ± 0,24c	231 ± 16,9b	0,51 ± 0,03
<i>C. aurantium</i> CL <sub>40</sub>	14,54 ± 0,40c	179 ± 30,20d	14,28 ± 0,22c	149 ± 20,4c	0,49 ± 0,06
	F= 6,73; gl= 9 P = 0,001	F= 15,19; gl= 9 P < 0,001	F= 12,00; gl= 9 P < 0,001	F= 32,65; gl= 9 P < 0,001	F= 1,48; gl= 9 P = 0,1889

Temperatura: 25 ± 1°C, UR: 65 ± 10% e fotoperíodo de 12h;<sup>1</sup>Médias seguidas com mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ( $P < 0,005$ ); <sup>ns</sup>Não significativo.

Os resultados obtidos no presente trabalho assemelham aos obtidos por Cruz *et al.*, (2016) quem reportaram redução de peso larval em *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) testando doses subletais de *Eucalyptus staigeriana* (Muell)(Myrtaceae), *Ocimum gratissimum* (Linnaeus)(Lamiaceae) e *Foeniculum vulgare* (Mill)(Apiaceae), com presença do limoneno como componente majoritário

nos referidos óleos essenciais, sendo o mesmo componente majoritário descoberto na caracterização química do presente trabalho.

Em outro estudo, doses subletais dos óleos essenciais de *Piper hispidinervum* (C.DC.) (Piperaceae) e *Syzygium aromaticum* (Merrill & Perry) (Myrtaceae) foram aplicadas em lagartas de *S. frugiperda*, reportando redução de peso larval apenas nos indivíduos com *S. aromaticum*, revelando o eugenol como componente majoritário na caracterização dos componentes. O aumento nas concentrações subletais atinge um comportamento inversamente proporcional em relação ao peso larval dos lepidópteros (CRUZ *et al.*, 2014)

Os efeitos subletais dos óleos essenciais estão dados pela presença e/ou sinergismo dos componentes majoritários. Assim, estudos desenvolvidos por Hummelbrunner e Isman (2001) revelaram efeitos antialimetar em larvas de *S. frugiperda*, pela ação sinérgica de monoterpenos como timol, citronela e  $\alpha$ -terpineno. Deste modo, os óleos *C. sinensis*, *C. aurantium* e o componente majoritário limoneno, corroboram os resultados obtidos pelos relatos descritos.

O período pupal foi alongado para todos os tratamentos em comparação ao controle. Os maiores períodos pupais ocorreram nos tratamentos com CL<sub>20</sub> e CL<sub>40</sub> dos óleos essenciais *C. sinensis*, *C. aurantium* e limoneno com valores variando de 14,10 a 14,88 dias, não diferindo estatisticamente ( $F_{(9,90)} = 12,00$ ;  $P = 0,001$ ) (Tabela 3) (APÉNDICE A - GRÁF. 7).

Ao igual que o período larval, o período pupal também foi alongado pela ação dos óleos essenciais, o que permite constatar que a intervenção no desenvolvimento em um dos estádios de *H. armigera*, terá efeito direto no ciclo biológico, possibilitando um menor número de gerações por ano. (DHAMODARAN E KUPPUSAMY,2015).

Os resultados obtidos neste trabalho diferem de Cruz *et al.*, (2016) que não apresentou significância para o período pupal nas concentrações subletais dos óleos *E. staigeriana*, *O. gratissimum*, *F. vulgare* em *S. frugiperda*. Em Cruz *et al.*, (2014) o óleo essencial *P. hispidinervum* reduziu o período pupal de *S. frugiperda*, pelo que a ação de cada óleo essencial, está baseado na composição, interação e/ou sinergismo dos compostos. Esta interação ou sinergismo foi observado por Pavela (2014), que estudou a toxicidade de 30 componentes e suas combinações em

*Spodoptera littorales* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). Os resultados mostraram que dentre esses compostos, 135 combinações tinham ação sinérgica.

O peso pupal foi reduzido em todos os tratamentos. Os menores pesos pupais foram encontrados nas concentrações CL<sub>20</sub> e CL<sub>40</sub> de *C. sinensis* e limoneno e ainda na CL<sub>40</sub> do *C. aurantium*, com valores variando de 143 a 183 mg ( $F_{(9,90)} = 32,65$ ;  $P < 0,001$ ) (Tabela 3)(APÉNDICE A - GRÁF. 8). Na razão sexual, não houve diferença entre os tratamentos, com valores de 0,34 a 0,64 ( $F_{(9,40)} = 1,48$ ;  $P = 0,1889$ ) (Tabela 3) (APÉNDICE A - GRÁF. 9).

O fato de que larvas de *H. armigera* apresentaram baixo peso larval e pupal, pode estar relacionado à presença e/ou sinergismo dos componentes majoritários atuando sobre a metamorfose, não causando mortalidade, mas dificultando o desenvolvimento das lagartas sobreviventes pela baixa ação da atividade enzimática (KHAN, *et al.*, 2014; BASKAR; DURAI PANDIYAN; IGNACIMUTHU, 2014).

Os resultados obtidos neste trabalho assemelham aos obtidos por Bogorni e Vendramim (2005) aplicando extrato de *Trichilia* spp.(C.DC.)(Meliaceae), sobre *S. frugiperda* foi observado a retenção da exúvia e ecdise incompleta para a fase de pupa e quando tratadas com óleos essenciais de *E. staigeriana*, *O. gratissimum*, *F. vulgare* foi reduzido o peso pupal (CRUZ *et al.*, 2014; CRUZ *et al.*, 2016).

#### 1.4.3.2. Parâmetros reprodutivos

No período de pré-oviposição dos adultos de *H. armigera*, o óleo essencial de *C. aurantium* obteve destaque para a CL<sub>20</sub> e CL<sub>40</sub> com 1,10 dias, diferindo-se apenas do controle com 2,8 dias ( $F_{(9,40)} = 2,82$ ;  $P = 0,0113$ ) (Tabela 4). A redução mínimo período de pré-oviposição de *H. armigerana* CL<sub>20</sub> e CL<sub>40</sub> com o óleo *C. aurantium* em relação aos demais tratamentos, pode estar associado a presença do componente majoritário  $\gamma$ -Terpineno no óleo *C. aurantium*. (COSTA *et al.*, 2013)

No estudo realizado por Cruz *et al.*, (2016) o óleo *F. vulgare* na DL<sub>10</sub> e DL<sub>20</sub>, apresentou o menor período de pré-oviposição (1,40 dias), em larvas de *S. frugiperda*. O limoneno foi o componente majoritário descrito para os óleos essenciais em ambos os trabalhos. Linalol, limoneno, E-anethol são terpenos

encontrados com frequência na composição dos óleos essenciais que, além, de apresentar efeitos tóxicos interferem na biologia dos insetos pela ação direta ou sequencial que esses compostos exercem sobre os mecanismos funcionais, diminuindo ou acelerando os processos metabólicos (ISMAN, 2000).

Todos os tratamentos causaram redução na oviposição. Porém, limoneno e *C. aurantium* na CL<sub>20</sub> e CL<sub>40</sub> apresentaram as médias mais baixas variando de 335,80 a 208,20 ovos, quando comparadas à testemunha com 2.190,60 ovos ( $F_{(9,40)} = 144,62$ ;  $P < 0,001$ ) (Tabela 4)(APÉNDICE A - GRÁF. 10).

Tabela 4– Parâmetros reprodutivos de larvas de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *Citrus aurantium*, *Citrus sinensis* e o componente majoritário Limoneno de *Citrus* spp. nas concentrações subletais 10, 20 e 40%.

Tratamento <sup>1</sup>	Parâmetros reprodutivos				
	Pré-oviposição (dias ± EP)	Oviposição (un. ± EP)	Pós-oviposição (dias ± EP)	Viabilidade de ovos (%± EP)	Longevidade adultos (dias ± EP)
Controle	2,80 ± 0,33a	2190,60 ± 85,81a	2,40 ± 0,24a	72,87 ± 2,64a	15,80 ± 0,37a
<i>C. sinensis</i> CL <sub>10</sub>	2,60 ± 0,40a	819,25 ± 63,35c	1,20 ± 0,20b	30,05 ± 3,63d	12,40 ± 0,50b
<i>C. sinensis</i> CL <sub>20</sub>	2,40 ± 0,24a	620,75 ± 69,38d	1,20 ± 0,20b	25,90 ± 4,59e	12,20 ± 0,91b
<i>C. sinensis</i> CL <sub>40</sub>	2,60 ± 0,24a	625,80 ± 62,66d	1,00 ± 0,00b	23,89 ± 2,40e	13,00 ± 0,54b
Limoneno CL <sub>10</sub>	2,00 ± 0,31a	1241,84 ± 46,17b	1,60 ± 0,24b	40,06 ± 0,67c	11,60 ± 0,40b
Limoneno CL <sub>20</sub>	2,20 ± 0,48a	335,80 ± 30,25e	1,00 ± 0,00b	32,11 ± 2,41d	12,80 ± 0,20b
Limoneno CL <sub>40</sub>	2,40 ± 0,50a	221,25 ± 12,58e	1,40 ± 0,24b	22,36 ± 1,75e	12,60 ± 0,40b
<i>C. aurantium</i> CL <sub>10</sub>	2,40 ± 0,50a	559,80 ± 36,31d	1,40 ± 0,24b	52,24 ± 3,21b	12,60 ± 0,74b
<i>C. aurantium</i> CL <sub>20</sub>	1,10 ± 0,10b	253,25 ± 19,36e	1,20 ± 0,20b	39,57 ± 1,92c	11,00 ± 0,44b
<i>C. aurantium</i> CL <sub>40</sub>	1,10 ± 0,10b	208,20 ± 34,64e	1,20 ± 0,20b	31,33 ± 3,15d	11,80 ± 0,48b
	F= 2,82; gl= 9 P = 0,0113	F= 144,62; gl= 9 P < 0,001	F= 4,17; gl= 9 P < 0,001	F= 29,76; gl= 9 P < 0,001	F= 5,68; gl= 9 P < 0,001

Temperatura: 25 ± 1°C, UR: 65 ± 10% e fotoperíodo 12h;<sup>1</sup>Médias seguidas com mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott (P<0,005).

A oviposição foi reduzida pela ação das maiores concentrações subletais do óleo essencial *C. aurantium* e do componente majoritário Limoneno, e pela interação/sinergia dos compostos. Costa *et al.*, (2004) observou que a quantidade de nutrientes obtidos durante a alimentação larval pode ter influência no número de ovariolos por ovário, reduzindo o potencial de produção de ovos. No estudo desenvolvido por Dhamodaran e Kuppusamy (2015) com extratos de *C. bonducella*,

obteve deterrencia na oviposição de *H. armigera* de 98,54 e 88,68%, nas concentrações letais (CL) 500 e 400 mg/L respectivamente.

A lagarta-do-cartucho *S. frugiperda* submetida a concentrações de 30 e 50 mg/L dos óleos essenciais de *P.hispidinervum* e *S.aromaticum* apresentaram redução na oviposição e viabilidade de ovos (CRUZ *et al.*, 2014). No trabalho feito por Cruz *et al.*, (2016) com óleos de *E.staigeriana*, *O.gratissimum* e *F.vulgare*, reportaram redução na oviposição de *S. frugiperda* em todas as concentrações subletais, demonstrando dessa forma redução na oviposição quando tratados com os óleos essenciais mencionados.

Todos os tratamentos reduziram o período pós-oviposição difirendo do controle, com valores variando de 2,40 a 1,00 dias ( $F_{(9,40)} = 4,17$ ;  $P = 0,001$ ) (Tabela 4) assim como todos os tratamentos reduziram a viabilidade de ovos, quando comparados com o controle (72,87%), porém, *C. sinensis* na CL<sub>20</sub> e CL<sub>40</sub> e o limoneno na CL<sub>40</sub> apresentaram os valores mais baixos, com viabilidade variando de 25,90 a 22,36% ( $F_{(9,40)} = 29,76$ ;  $P < 0,001$ ) (Tabela 4)(APÉNDICE A - GRÁF. 11). Todos os tratamentos reduziram a longevidade dos adultos em relação ao controle com valores variando de 15,8 até 11 dias ( $F_{(9,40)} = 5,68$ ;  $P < 0,001$ ) (Tabela 4) (APÉNDICE A - GRÁF. 12).

A redução na viabilidade dos ovos pode ter acontecido pelo efeito dos óleos essenciais, sendo conhecida como ação transovariana, podendo ser observada nos ovos após 3 ou 4 dias (PRATISSOLI, *et al.*, 2004). No campo, a redução do número de ovos e a eclosão podem influenciar diretamente a densidade das larvas e reduzir diretamente os prejuízos e danos ocasionados pelas lagartas (MARONEZE; GALLEGOS, 2009). Assim também, o efeito dos referidos óleos essenciais nas respectivas concentrações, teve consequências na longevidade dos adultos de *H. armigera*, devido ao efeito antialimentar ocasionado nas lagartas. Alguns compostos com ação tóxica podem agir sobre os quimiorreceptores dos insetos, estimulando as células de dissuasão ou bloqueando fagostimulantes como o açúcar, inibindo assim o processo de alimentação (MURDUE; NISBET, 2000).

#### **1.4.4. Sobrevivência de adultos de *Helicoverpa armigera***

Todos os tratamentos reduziram a sobrevivência dos adultos de *H. armigera*, nas respectivas concentrações dos óleos essenciais, quando comparados com o controle. O óleo essencial *C. sinensis* nas concentrações subletais CL<sub>10</sub>, CL<sub>20</sub> e CL<sub>40</sub> apresentaram um pico de mortalidade no décimo quarto dia após tratadas (F=13,03; gl= 3; P<0,001) (Gráfico 1).

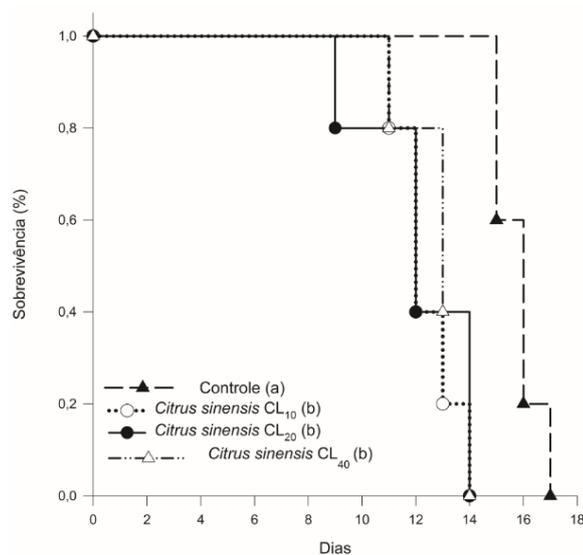


Gráfico 1 – Sobrevivência diária de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleo essencial *Citrus sinensis* nas concentrações de 10, 20 e 40% (T°: 25±1°C, UR: 65±10%, Fotoperíodo: 12h) (F=13,03; gl= 3; P<0,001).

O tratamento com limoneno nas concentrações subletais CL<sub>10</sub> e CL<sub>20</sub> apresentaram resultados semelhantes, com picos de mortalidade de 13 dias, não diferindo da CL<sub>40</sub> com sobrevivência até no décimo quarto dia (F= 18,34; gl= 3; P<0,001) (Gráfico 2).

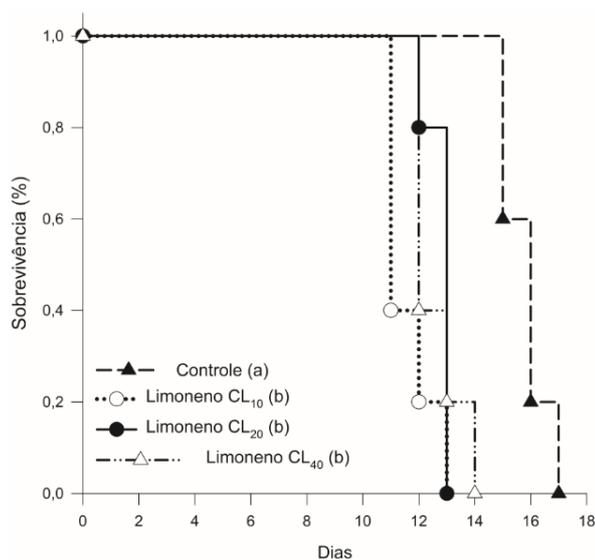


Gráfico 2 – Sobrevivência diária de *Helicoverpa armigera* tratadas com o componente majoritário Limoneno nas concentrações de 10, 20 e 40% (T°: 25±1°C, UR: 65±10%, Fotoperíodo: 12h) (F= 18,34; gl= 3; P<0,001).

O óleo essencial *C. aurantium* nas concentrações subletais CL<sub>10</sub>, CL<sub>20</sub> apresentaram picos de mortalidade de 14, e 12 respectivamente, e a CL<sub>40</sub> de 13 dias (F= 18,11; gl= 3; P<0,001) (Gráfico 3). O limoneno e o linalol são constituintes majoritários do óleo essencial dos *Citrus* spp. associados á ação supressora de apetite e inibidor de crescimento de insetos artrópodes (JÚNIOR, 2003). Os resultados obtidos neste trabalho assemelham se ao estudo desenvolvido por Cruz *et al.*, (2016) quem reportou diminuição na sobrevivência de *S. frugiperda* com óleos essenciais *E. staigeriana*, *O. gratissimum*, *F. vulgare*. Cruz *et al.*, (2014) obteve resultados semelhantes com óleos essenciais de *P. hispidinervum* e *Syzygium aromaticum* sobre a sobrevivência de *S. frugiperda*.

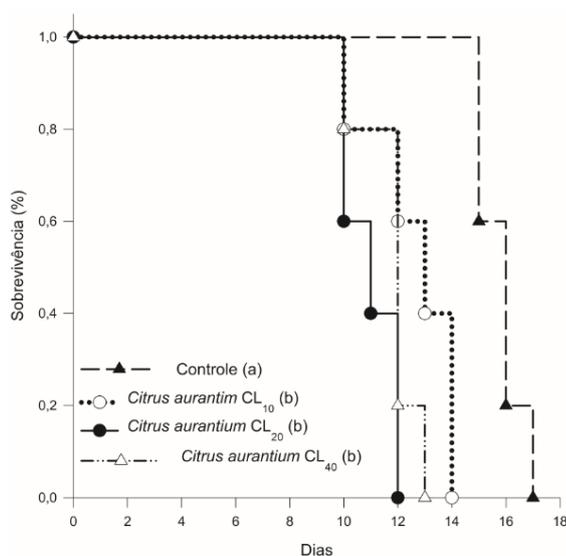


Gráfico 3 – Sobrevivência diária de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleo essencial *Citrus aurantium* nas concentrações de 10, 20 e 40% (T°: 25±1°C, UR: 65±10%, Fotoperíodo: 12h) (F= 18,11; gl= 3; P<0,001).

A mortalidade de populações de insetos-praga não deve ser o principal objetivo do uso de moléculas inseticidas. Elevadas taxas de mortalidade resultam de altas concentrações e de grandes quantidades de matéria prima (SILVA *et al.*, 2013). Assim, baixas concentrações podem causar alterações na biologia e reprodução,

diante de deterrência alimentar apresentando efeitos prejudiciais na oviposição e sobrevivência dos insetos-praga, além, de não ter efeitos adversos ao meio ambiente. Assim, os resultados demonstram que os óleos essenciais de *Citrus* spp. e o componente majoritário limoneno, são uma alternativa promissora a ser empregada dentro de um programa de manejo integrado de *H. armigera*.

### 1.5. CONCLUSÃO

Os óleos essenciais *C. sinensis*, *C. aurantium* e o componente majoritário Limoneno apresentaram toxicidade, redução de peso larval e pupal, alongamento no período larval e pupal, redução na oviposição e pós-oviposição, redução na viabilidade de ovos, longevidade e sobrevivência de adultos de *H. armigera*, praga importante de diversas culturas no mundo. De aqui, constituintes majoritários de *Citrus* spp. poderiam ser utilizados no futuro para isolar moléculas ativas e desenvolver novas formulações botânicas para ser incorporado dentro de um programa de manejo integrado de *H. armigera*.

### 1.6. REFERÊNCIAS

ABEDI, Z.; SABER, M.; VOJOU, S.; MAHDAVI, V.; PARSAEYAN, E. Acute, sublethal, and combination effects of azadirachtin and *Bacillus thuringiensis* on the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*. **Journal of Insect Science**, available online, 2014.

ADAMS, R. P. **Identification of essential oil components by gas chromatography mass spectroscopy**. 4. ed. Carol Stream: Allured Publishing Corporation, 804 p. 2007.

BASKAR, K.; DURAI PANDIYAN, V.; IGNACIMUTHU, S. Bioefficacy of the triterpenoid friedelin against *Helicoverpa armigera* (Hub.) and *Spodoptera litura* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest Management Science**, v. 70, p. 1877-1883, 2014.

BASKAR, K.; IGNACIMUTHU, S. Ovicidal activity of *Atalantia monophylla* (L.) Correa against *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Agricultural Technology**, v. 8, p. 861-868, 2012.

BOGORNÍ, P. C.; VENDRAMIM, J. D. Efeito subletal de extratos Aquosos de *Trichilia* spp. sobre o desenvolvimento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em milho. **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 2, 2005.

BUSS, E. A.; PARK-BROWN, S. G. **Natural products for insect pest management.** Gainesville: UF/IFAS, 2002. Disponível em: < <http://edis.ifas.ufl.edu/IN197>>. Acesso em: 2 ago. 2015.

COSTA, A. V.; PINHEIRO, P. F.; RONDELLI, V. M.; QUEIROZ, V. T.; TULER, A. C.; BRITO, K. B.; STINGUEL, P.; PRATISSOLI, D. *Cymbopogon citratus* (Poaceae) essential oil on *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) and *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae). **Bioscience Journal**, v.29, n.6, p. 1840-1847, 2013.

COSTA, E. L. N.; SILVA, R. F. P.; FIUZA, L. M. Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 26, p. 173-185, 2004.

CRUZ, G. S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; OLIVEIRA, J. V.; LOPES, F. S. C.; BARBOSA, D. R. S.; BREDA, M. O.; DUTRA, K. A.; GUEDES, C. A.; NAVARRO, D. M. A. F.; TEIXEIRA, A. A. C. Sublethal effects of essential oils from *Eucalyptus staigeriana* (Myrtales: Myrtaceae) *Ocimum gratissimum* (Lamiales: Lamiaceae) and *Foeniculum vulgare* (Apiales: Apiaceae) on the biology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 0, n. 0, p. 1-7, 2016.

CRUZ, G. S.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; OLIVEIRA, J. V.; CORREIA, A. A.; BREDA, M. O.; ALVES, T. J. S.; CUNHA, F. M.; TEIXEIRA, A. A. C.; DUTRA, K. A.; NAVARRO, D. M. A. Bioactivity of *Piper hispidinervum* (Piperales: Piperaceae) and *Syzygium aromaticum* (Myrtales: Myrtaceae) Oils, with or without formulated *Bacillus thuringiensis* on the Biology and Immunology of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 107, n. 1, p. 144-153, 2014.

CUNNINGHAM, J. P.; ZALUCKI, M. P. Understanding Heliothine (Lepidoptera: Heliothinae) pests: what is a host plant? **Journal of Economic Entomology**, v. 107, p. 881-896, 2014.

CZEPAK, C.; ALBERNAZ, K. C.; VIVAN, L. M.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHAIS, T. First reported occurrence of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 110-113, 2013.

DHAMODARAN, B. M. E. A. K.; KUPPUSAMY, M. T. K. K. E. Bioefficacy of *Caesalpinia bonducella* extracts against tobacco cutworm, *Helicoverpa armigera* (Hub.) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Coastal Life Medicine**, v. 3, n. 5, p. 382-388, 2015.

FERHAT, M. A.; MEKLATI, B. Y.; SMADJA, J.; CHEMAT, F. An improved microwave Clevenger apparatus for distillation of essential oils from orange peel. **Journal of Chromatography A**, v. 1112, p. 121-126, 2006.

GREENE, G. L.; LEPLA, N. C.; DICKERSON, W. A. Velvet bean caterpillar: a rearing procedure and artificial medium. **Journal of Economic Entomology**, v. 69, n. 4, p. 488-497, 1976.

HALDER, J.; SRIVASTAVA, C.; DHINGRA, S.; DUREJA, P. Effect of essential oils on feeding, survival, growth and development of third instar larvae of *Helicoverpa*

*armigera* hübner. **National Academicof Science**, v. 35, n. 4, p. 271-276, 2012. **AnnualReview Entomology**, v. 34, p. 17-52, 1989.

HENRIQUES, A. T.; SIMÕES-PIRES, C. A.; APEL, M. A. **Óleos essenciais: importância e perspectivas terapêuticas. Química de Produtos Naturais, Novos Fármacos e a Moderna Farmacognosia**, p. 219-256, 2007.

HENRY, M.; BÉGUIN, M.; REQUIER, F.; ROLLIN, O.; ODOUX, J. F.; AUPINEL, P. *et al*, A common pesticide decreases foraging success and survival in honeybees. **Science**, v. 336, p. 348-350, 2012.

HOSNI, K.; ZAHED, N.; CHRIF, R.; ABID, I.; MEDFEI, W.; KALLEL, M.; SEBEI, H. Composition of peel essential oils from four selected Tunisian Citrus species: Evidence for the genotypic influence. **Food Chemistry**, v. 123, n. 4, p. 1098-1104, 2010.

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

ISMAN, M. B. Plant essential oils for pest and disease management. **Crop Protection**, v. 19, p. 603-608. 2000.

JÚNIOR, C. V. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**, v. 26, n. 3, p. 390-400, 2003.

KHAN R. A.; RASHID, M.; WANG, D.; ZHANG, Y. L. Lethal and sublethal effects of cantharidin on the life history traits and population parameters of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). **Pest Management Science**, Published online in Wiley Online Library: (wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/ps.3517, 2014.

KRANTHI, K. R.; RUSSEL, D.; WANJARI, R.; KHERDE, M.; MUNJE, S.; MUNJE, N.; LAVHE *et al*,. Inseason changes in resistance to insecticides in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in India. **Journal of Economic. Entomology**, v. 95, p. 134-142, 2002.

KRISHNAPPA, K.; ANANDAN, A.; MATHIVANAN, T.; ELUMALAI, K.; GOVINDARAJAN, M. Antifeedant activity of volatile oil of *Tagetes patula* against armyworm, *Spodoptera litura* (Fab.) (Lepidoptera: Noctuidae). **International Journal of Current Research**, v, 4, p. 109-12, 2010.

MAO, L.; HENDERSON, G. Evaluation of potential use of nootkatone against maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) and riceweevil [*S. oryzae* (L.)] (Coleoptera:Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v.46, p.129-132, 2010.

MAROZENE, D. M.; GALLEGOS, D. M. N. Efeito de extrato aquoso de *Melia azedarach* no desenvolvimento das fases imatura e reprodutiva de

*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). **Seminário Ciência Agrária**, v. 30, p. 537-550, 2009.

(MAPA) DA AGRICULTURA, PECUÁRIA e ABASTECIMENTO. Combate a praga *Helicoverpa armigera*. **MAPA**, Brasília, Brazil, 2014.

MENEZES, E. L. A. **Inseticidas botânicos**: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 53 p. (Documentos da Embrapa, 205). 2005.

MINH TU, N. T.; THANH, L. X.; UNE, A.; UKEDA, H.; SAWAMURA, M. Volatile constituents of Vietnamese pummelo, orange, tangerine and lime peel oils. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 17, n. 3, p. 169-174, 2002.

MORDUE (LUNTZ), A. J.; NISBET, A. Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its actions against insects. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, p. 615-632, 2000.

NASERI, B.; FATHIPOUR, Y; MOHARRAMIPOUR, S.; HOSSEININAVEH. V. Life table parameters of the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on different soybean cultivars. **Journal of Entomological Society of Iran**, v. 29, p. 25-40, 2009.

NJOROGE, S. M.; KOAZE, H.; KARANJA, P. N.; SAWAMURA, M. Essential oil constituents of three varieties of Kenyan sweet oranges (*Citrus sinensis*). **Flavour and Fragrance Journal**, v. 20, n. 1, p. 80-85, 2005.

OOTANI, M. A.; AGUIAR, R.W.; RAMOS, A.C.C.; BRITO, D.R.; SILVA, J. B. and CAJAZEIRA, J. P. Use of essential oils in agriculture. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, p. 162-174, 2013.

PAVELA, R. Antifeedant activity of plant extracts on *Leptinotarsa decemlineata* Say. and *Spodoptera littoralis* (Bois.) larvae. **Industrial Crops and Products**, v. 32, p. 213-9, 2010.

PRATISSOLI, D.; THULER, R. T.; PEREIRA, F. F.; DOS REIS, E. F.; FERREIRA, A. T. Ação transovariana de lufenuron (50 g/l) sobre adultos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e seu efeito sobre o parasitóide de ovos *Trichogramma pretiosum* Riley (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, p. 9-14, 2004.

QAYYUM, M. A.; WAKIL, W.; JALALARIF, M.; SAHI, S. T.; SAEED, N. A.; RUSSELL, D. A. Multiple resistances against formulated organophosphates, pyrethroids, and newer-chemistry insecticides in populations of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) from Pakistan **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 1, p. 286-293, 2015.

ROSELL, G.; QUERO, C.; COLL, J.; GUERRERO, A. Biorational insecticides in pest management. **Journal of Pesticide Science**, v. 33, p. 103-121, 2008.

SAS INSTITUTE. User's guide, version 8.02, TS level 2MO. SAS Institute INC, Cary, NC, 2002.

SEFFRIN, R. D. C.; SHIKANO, I.; AKHTAR, Y.; ISMAN, M. Effects of crude seed extracts of *Annona atemoya* and *Annona squamosa* L. against the cabbage looper, *Trichoplusi ani*, in the laboratory and greenhouse. **Crop Protection**, v. 29, p. 20-24, 2010.

SHANKER, C.; UTHAMASAMY, S. Evaluation of some medicinal plants and their mixtures for their bio-efficacy against crop and stored product pests. **Archives of Phytopathology and Plant Protection**, v. 43, p. 140-148, 2010.

SHARMA, N.; TRIPATHI, A. Effects of *Citrus sinensis* (L.) Osbeck epicarp essential oil on growth and morphogenesis of *Aspergillus niger* (L.) Van Tieghem. **Microbiological Research**, v.163, p. 337-344, 2008.

SILVA, J. F.; MELO, B. A.; PESSOA, E. B.; NETO, A. F.; LEITE, D. T. Plant extracts for the control the bean weevil *Zabrotes subfasciatus* (Boheman1833) (Coleoptera: Bruchidae). **Revolução Verde**, v. 8, p. 1-5, 2013.

SPECHT, A.; GOMEZ D. R. S.; PAULA-MORAES, S. V. Identificação morfológica e molecular de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) e ampliação de seu registro de ocorrência no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 689-692, 2013.

WANG, N. C.; LI, Z. H. Studies on the biology of cotton bollworm (*Heliothis armigera* Hübner) and tobacco budworm (*Heliothis assulta* Quenee). **Journal of the Shandong Agricultural University**, Taiwan, v. 1-2, n. 1, p. 13-25, 1984.

WHITEHORN, P. R.; CONNOR S. O.; WACKERS, F. L.; GOULSON, D. Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. **Science**, v. 336, p. 351-352, 2012.

ZHAO, X.-C.; DONG, J. F.; TANG, Q. B.; YAN, Y. H.; GELBIC, I.; VAN LOON, J. J. A.; WANG, C. Z. Hybridization between *Helicoverpa armigera* and *Helicoverpa assulta* (Lepidoptera: Noctuidae): development and morphological characterization of F1 hybrids. **Entomological Research**, v. 95, p. 409-416, 2005.

## APÊNDICE A – GRÁFICOS

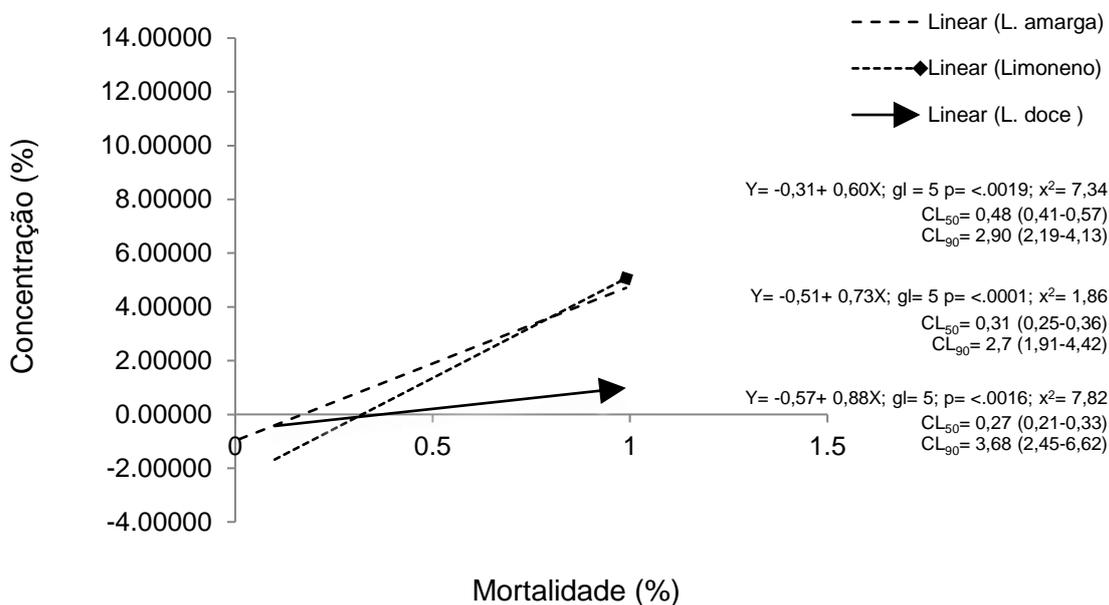


Gráfico 4 – Curva concentração – resposta dos óleos essenciais *C. aurantium*, Limoneno e *C. sinensis* sobre larvas de primeiro instar de *Helicoverpa armigera*.

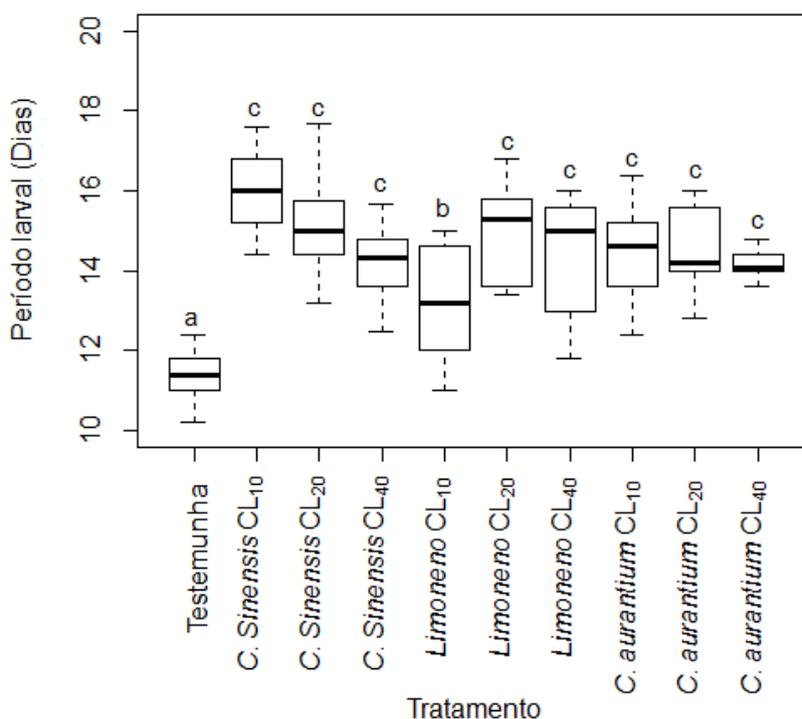


Gráfico 5 – Período larval (dias) de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *C. sinensis*, Limoneno e *C. aurantium* nas concentrações subletais 10, 20 e 40% ( $F_{(9,90)} = 6,73$ ;  $P < 0,0109$ ).

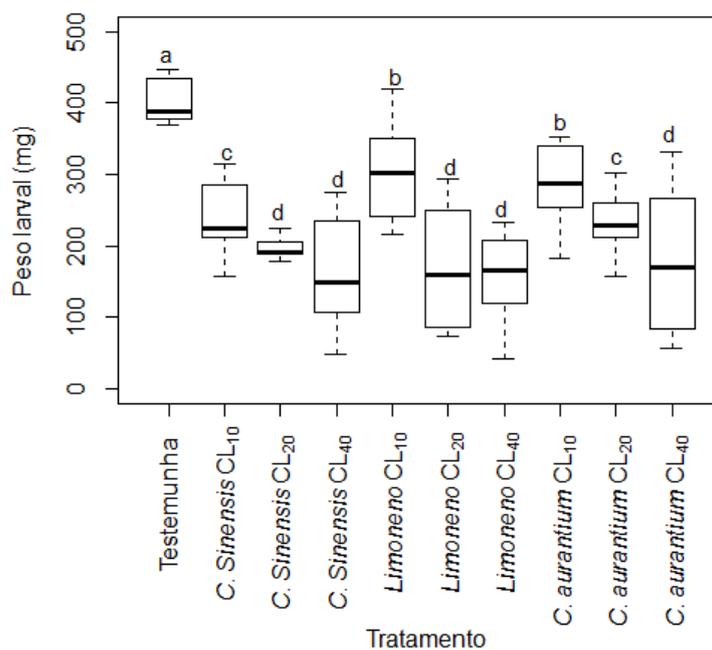


Gráfico 6 – Pesolarval (mg) de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *C. sinensis*, Limoneno e *C. aurantium* nas concentrações subletais 10, 20 e 40% ( $F_{(9,90)} = 15,19$ ;  $P = 0,001$ ).

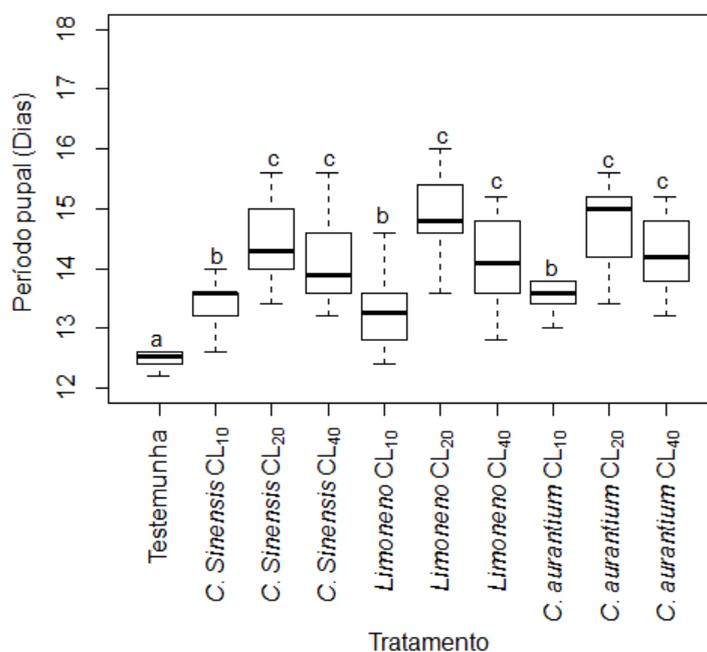


Gráfico 7 – Período pupal (dias) de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *C. sinensis*, Limoneno e *C. aurantium* nas concentrações subletais 10, 20 e 40% ( $F_{(9,90)} = 12,00$ ;  $P < 0,001$ ).

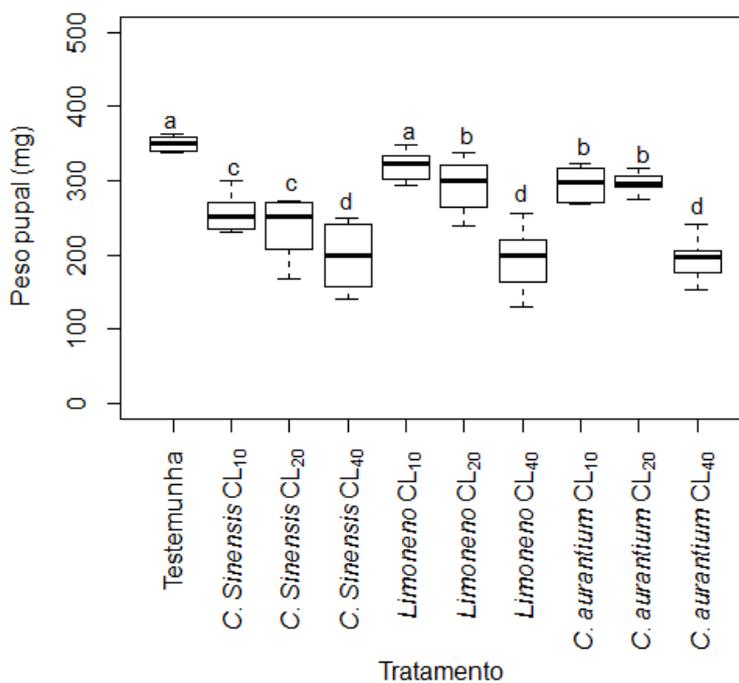


Gráfico 8 – Peso pupal (mg) de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *C. sinensis*, Limoneno e *C. aurantium* nas concentrações subletais 10, 20 e 40% ( $F_{(9,40)} = 32,65$ ;  $P = 0,001$ ).

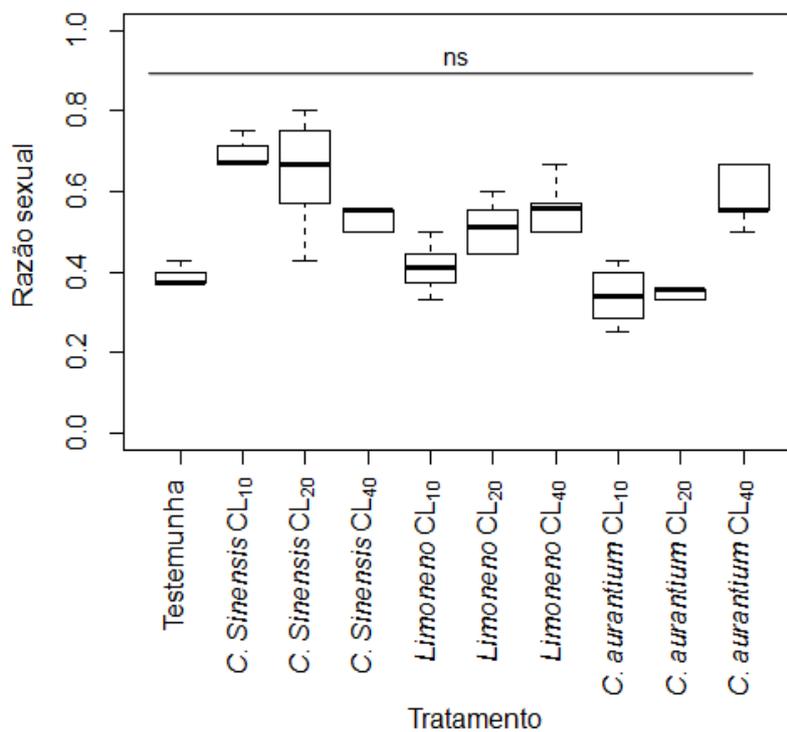


Gráfico 9 – Razão sexual de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *C. sinensis*, Limoneno e *C. aurantium* nas concentrações subletais 10, 20 e 40% ( $F_{(9,40)} = 1,48$ ;  $P = 0,1889$ ), ns, não significativo.

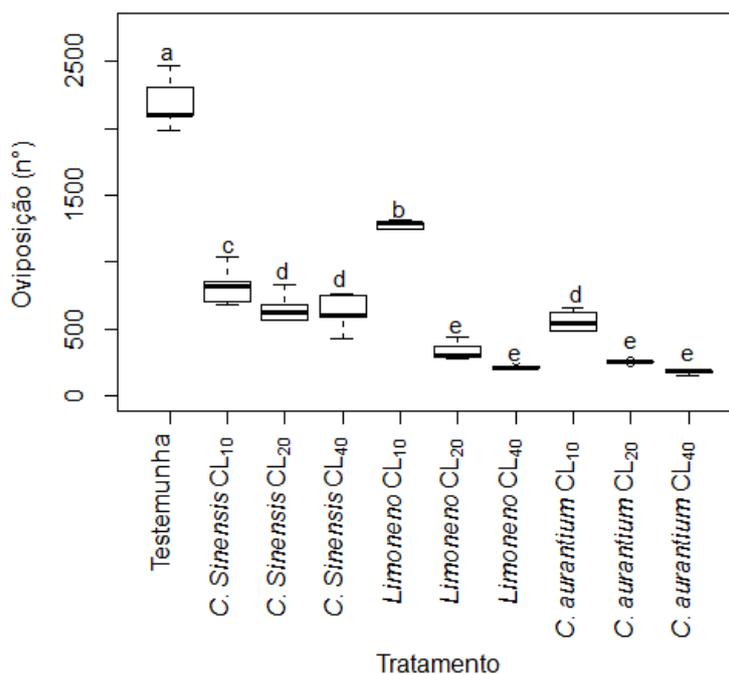


Gráfico 10 – Oviposição (un.) de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *C. sinensis*, Limoneno e *C. aurantium* nas concentrações subletais 10, 20 e 40% ( $F_{(9,40)} = 144,62$ ;  $P < 0,001$ ).

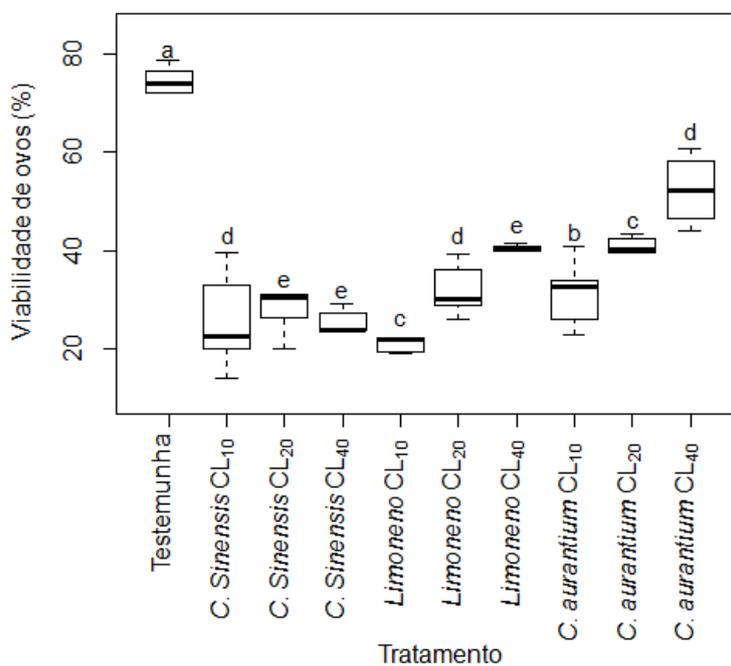


Gráfico 11 – Viabilidade de ovos (%) de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *C. sinensis*, Limoneno e *C. aurantium* nas concentrações subletais 10, 20 e 40% ( $F_{(9,40)} = 29,76$ ;  $P < 0,001$ ).

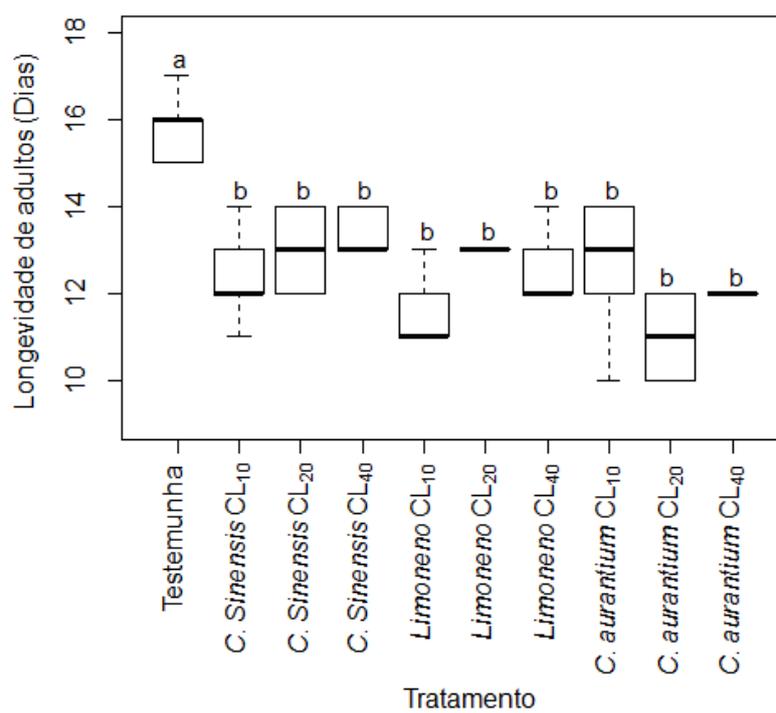


Gráfico 12 – Longevidade de adultos (dias) de *Helicoverpa armigera* tratadas com óleos essenciais *C. sinensis*, Limoneno e *C. aurantium* nas concentrações subletais 10, 20 e 40% ( $F_{(9,40)} = 5,68$ ;  $P < 0,001$ ).

## APÊNDICE B – FIGURAS



Figura 2 – Avaliação de parâmetros biológicos (peso larval, período larval, peso pupal, período pupal, razão sexual).



Figura 3 – Avaliação de parâmetros biológicos em câmaras climatizadas BOD com Temperatura:  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , UR:  $65 \pm 10\%$ , e fotoperíodo de 12h.



Figura 4 – Avaliação de parâmetros reprodutivos (pré-oviposição, oviposição, pós-oviposição, viabilidade de ovos, longevidade de adultos).



Figura 5 – Contagem de ovos de *Helicoverpa armigera*.