

ERIDIANE DA SILVA MOURA

**ATIVIDADE INSETICIDA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS
DE MANJERICÃO E CANDEEIRO E SEUS COMPONENTES SOBRE
Callosobruchus maculatus (COLEOPTERA: BRUCHIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de Magister Scientiae.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

M929a
2015

Moura, Eridiane da Silva, 1990-
Atividade dos óleos essenciais de manjeriçãõ e candeiro e
seus componentes sobre *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera:
Bruchidae) / Eridiane da Silva Moura. – Viçosa, MG, 2015.
xiii, 41f. : il. ; 29 cm.

Orientador: José Cola Zanúncio.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.33-41.

1. Feijão-caupi. 2. Armazenamento. 3. Feijão-caupi -
Controle biológico. 4. Óleos essenciais. 5. *Ocimum basillicum*.
6. *Vanillosmopsis arborea*. 7. *Callosobruchus maculatus*.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de
Entomologia. Programa de Pós-graduação em Entomologia.
II. Título.

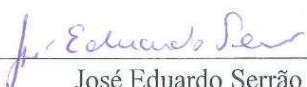
CDD 22. ed. 633.33

ERIDIANE DA SILVA MOURA


**ATIVIDADE INSETICIDA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS
DE MANJERICÃO E CANDEIEIRO E SEUS COMPONENTES SOBRE
Callosobruchus maculatus (COLEOPTERA: BRUCHIDAE)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.


APROVADA: 17 de junho de 2015.


José Eduardo Serrão


Rosa Angelica Plata Rueda


Fernanda Fernandes Heleno
(Coorientadora)


Lêda Rita D'Antonino Faroni
(Coorientadora)


José Cola Zanuncio
(Orientador)

ERIDIANE DA SILVA MOURA

**ATIVIDADE INSETICIDA DOS ÓLEOS ESSENCIAIS
DE MANJERICÃO E CANDEEIRO E SEUS COMPONENTES SOBRE
Callosobruchus maculatus (COLEOPTERA: BRUCHIDAE)
(Orientador)**

“A perseverança é a virtude pela qual todas as outras dão frutos”

(Arturo Graf)

Aos meus amados e estimados pais Francisco Umberto Pereira de Moura e Maria Edileusa da Silva Andrade, por todo amor, dedicação e apoio em todas as fases da minha vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por ter me concedido a vida, saúde e a capacidade de enfrentar os desafios que me foram designados pelo caminho sempre com novos aprendizados e muita sabedoria.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Entomologia, pela oportunidade de desenvolver esta pesquisa.

À Professora Lêda Rita D'Antonino Faroni pelos ensinamentos, pela oportunidade concedida de desenvolvimento deste trabalho e pela valiosa contribuição como Coorientadora deste trabalho, assim como pela paciência, dedicação e confiança.

Ao Professor José Cola Zanuncio pela orientação deste trabalho.

Aos meus pais Francisco Umberto Pereira de Moura e Maria Edileusa da Silva Andrade, por todo amor, confiança e apoio dedicados a mim em todas as fases e em todas as escolhas feitas durante da minha vida.

Ao meu amor Daniel Lacerda Leite por todo amor, carinho e paciência durante esta jornada de desafios, por ter me apoiado em todos os momentos difíceis, pela amizade e companheirismo.

A minha prima e grande amiga Maria Vilbéria Carneiro, por todo apoio, amizade, companheirismo e amor durante todas as etapas de minha vida e da realização deste trabalho.

Ao meu amigo Raul Azevedo pela amizade, apoio, ensinamentos e incentivo durante as principais etapas de minha vida.

A minha amiga, Mariane Borges Rodrigues de Ávila, pela amizade, carinho, ensinamentos e pela enorme contribuição na execução deste trabalho.

A minha amiga e Coorientadora, Fernanda Heleno pela amizade, companheirismo, apoio e contribuição durante toda a realização deste trabalho.

Ao Professor Raul Narciso Guedes, pela receptividade, atenção e pela transmissão de seus conhecimentos.

Ao amigo Lucas Henrique Figueiredo Prates, pelo apoio e disponibilidade em ajudar.

As amigas Raissa Santana e Geisyane Franco, pela amizade, incentivo e por todos os momentos de descontração e risadas durante esta jornada.

A professora Maria Eliana Lopes Ribeiro de Queiroz por ter disponibilizado o seu laboratório para a realização das análises cromatográficas dos óleos essenciais utilizados neste trabalho.

A Professora Cláudia Araújo Marco pela concessão do óleo essencial de candeeiro utilizado nesta pesquisa.

A Dayanne Alcântara e Tamires Coelho pela ajuda com a extração do óleo essencial de candeeiro.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e para minha formação acadêmica.

BIOGRAFIA

Eridiane da Silva Moura, filha de Francisco Umberto Pereira de Moura e Maria Edileusa da Silva Andrade, nasceu em Crato, Estado do Ceará, Brasil em 17 de junho de 1990.

Em fevereiro de 2009, iniciou o curso em Agronomia pela Universidade Federal do Ceará onde foi bolsista durante três anos exercendo atividades de monitoria no Laboratório de Entomologia Agrícola do campus Cariri, graduando-se como Engenheira Agrônoma em julho de 2013. Em agosto de 2013, ingressou no Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, na área de Controle de Pragas de Grãos Armazenados, da Universidade Federal de Viçosa, sob orientação do Professor José Cola Zanuncio e Coorientação da Professora Lêda Rita D'Antonino Faroni, submetendo-se à defesa de dissertação em junho de 2015.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
2 MATERIAL E MÉTODOS	5
2.1 Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae).....	5
2.2 Óleos essenciais	5
2.3 Composição dos óleos essenciais (Cromatografia gasosa).....	5
2.4 Bioensaios de toxicidade	6
2.5 Bioensaios de toxicidade para machos e fêmeas	7
2.6 Toxicidade dos componentes puros	7
2.7 Inibição da Oviposição	8
2.8 Taxa instantânea de crescimento (r_i).....	9
2.9 Taxa de desenvolvimento populacional.....	10
2.10 Perda de massa dos grãos.....	11
2.11 Análises estatísticas	11
3 RESULTADOS	12
3.1 Principais componentes dos óleos	12
3.2 Toxicidade dos óleos essenciais de manjerição e candeeiro a Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae).....	13
3.3 Mortalidade de Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae) pelos óleos essenciais de manjerição e candeeiro e seus componentes.....	14
3.4 Mortalidade de machos e fêmeas de Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae) pelos óleos essenciais de manjerição e candeeiro e seus componentes.....	15
3.5 Atividade inibitória de oviposição sobre Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae) pelos óleos essenciais de manjerição e candeeiro e seus componentes.....	18
3.6 Bioensaio de taxa instantânea de crescimento (r_i) de Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae) expostos aos óleos essenciais de manjerição e candeeiro.....	19

3.7 Taxa de desenvolvimento populacional de <i>Callosobruchus maculatus</i> (Coleoptera: Bruchidae) expostos aos óleos essenciais de manjeriço e candeieiro.....	20
3.8 Perda de massa dos grãos.....	25
4 DISCUSSÃO	26
5 CONCLUSÃO.....	33
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Concentrações utilizadas por tratamento para valiação dos efeitos sobre a oviposição de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae).....8
- Tabela 2.** Concentrações letais dos óleos essenciais utilizadas por tratamento para valiação da taxa instatânea de crescimento (ri) de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae).....9
- Tabela 3.** Principais compostos e respectivas concentrações encontradas nos óleos essenciais de *O. basilicum* e *V. arborea* analisados por cromatografia gasosa (GC/FID)12
- Tabela 4.** Toxicidade relativa dos óleos essenciais de manjeriçao e candeeiro e seus respectivos componentes (Comp.) para *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae).....13
- Tabela 5.** Mortalidade de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) pelo óleo essencial de *Ocimum basilicum* (manjeriçao) e seus componentes (linalol e estragol) nas concentrações 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 3,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ e 3,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar corrigida pela fórmula de Abbott (1925).....14
- Tabela 6.** Mortalidade de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) pelo óleo essencial de *Vanillosmopsis arborea* (candeeiro) e seu componente α -bisabolol nas concentrações de 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 5,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 8,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 11,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar corrigida pela fórmula de Abbott (1925).....14
- Tabela 7.** Mortalidade de machos de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) com óleos essenciais de *Ocimum basilicum* (manjeriçao) e seus componentes (linalol e estragol) nas concentrações de 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 3,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 3,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar corrigida pela fórmula de Abbott (1925).....15
- Tabela 8.** Mortalidade de fêmeas de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) com óleos essenciais de *Ocimum basilicum* (manjeriçao) e seus componentes (linalol e estragol) nas concentrações de 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 3,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 3,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar corrigida pela fórmula de Abbott (1925).....16
- Tabela 9.** Mortalidade de machos de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) com óleos essenciais de *Vanillosmopsis arborea* (candeeiro) e seu componente α -bisabolol nas concentrações de 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 5,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 8,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 11,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar corrigida pela fórmula de Abbott (1925).....17
- Tabela 10.** Mortalidade de fêmeas de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) com óleos essenciais de *Vanillosmopsis arborea* (candeeiro) e seu componente α -bisabolol nas concentrações de 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 5,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 8,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 11,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar corrigida pela fórmula de Abbott (1925).....17
- Tabela 11.** Número de ovos (média¹ \pm DP²) de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) em grãos de feijão-caupi tratados dos óleos essencial de *Ocimum basilicum* (manjeriçao) e seus componentes (linalol e estragol) e de *Vanillosmopsis arborea* (candeeiro) e seu componente α -bisabolol em função da CL₅₀, CL₂₅, CL₁₀ e CL₁18

Tabela 12. Equações ajustadas para as curvas de emergência acumulada e emergência diária de <i>Callosobruchus maculatus</i> (Coleoptera: Bruchidae)	23
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cromatogramas dos óleos essenciais de manjericao (A) ($89600 \mu\text{L L}^{-1}$ em etanol) e da solução padrão de linalol ($200 \mu\text{L L}^{-1}$ em etanol) e estragol ($200 \mu\text{L L}^{-1}$ em etanol) e de candeeiro (B) ($200 \mu\text{L L}^{-1}$ em hexano) e da solução padrão de α -bisabolol ($100 \mu\text{L L}^{-1}$ em hexano).....12

Figura 2. Taxa instantânea de crescimento de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) expostos aos óleos essenciais de *Ocimum basilicum* (manjeriçã) e *Vanillosmopsis arborea* (candeeiro) nas $\text{CL}_{0,25}$, $\text{CL}_{0,5}$, CL_1 , CL_{10} , CL_{25} e CL_{50} por um período de 45 dias.....19

Figura 3. Emergência diária de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) expostos ao efeito fumigante do óleo essencial de *Ocimum basilicum* (manjeriçã) ao solvente etanol e sem a presença de óleo ou solvente (Controle) nas $\text{CL}_{0,25}$ ($0,1276 \mu\text{L L}^{-1}$), $\text{CL}_{0,5}$ ($0,2553 \mu\text{L L}^{-1}$), CL_1 ($0,5106 \mu\text{L L}^{-1}$), CL_{10} ($0,8981 \mu\text{L L}^{-1}$), CL_{25} ($1,2468 \mu\text{L L}^{-1}$) e CL_{50} ($1,7952 \mu\text{L L}^{-1}$) (A) e de *Vanillosmopsis arborea* (candeeiro), ao solvente Hexano e sem a presença de óleo ou solvente (Controle) nas $\text{CL}_{0,25}$ ($0,3620 \mu\text{L L}^{-1}$), $\text{CL}_{0,5}$ ($0,7240 \mu\text{L L}^{-1}$), CL_1 ($1,4481 \mu\text{L L}^{-1}$), CL_{10} ($2,5784 \mu\text{L L}^{-1}$), CL_{25} ($3,6051 \mu\text{L L}^{-1}$) e CL_{50} ($5,2318 \mu\text{L L}^{-1}$) por um período de 45 dias.20

Figura 4. Emergência acumulada normatizada de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) expostos ao efeito fumigante dos óleos essenciais de *Ocimum basilicum* (manjeriçã) e *Vanillosmopsis arborea* (candeeiro), nas $\text{CL}_{0,25}$, $\text{CL}_{0,5}$, CL_1 , CL_{10} , CL_{25} , e CL_{50} , seus respectivos solventes (etanol e hexano) e sem a presença de óleo ou solvente (Controle). Os símbolos representam a média de quatro repetições para cada tratamento.....21

Figura 5. Perda de massa dos grãos de feijão tratados ou não (controle) com óleos essenciais de *Ocimum basilicum* (manjeriçã) e *Vanillosmopsis arborea* (candeeiro) nas $\text{CL}_{0,25}$, $\text{CL}_{0,5}$, CL_1 , CL_{10} , CL_{25} e CL_{50} na presença de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) após 45 dias de exposição as mesmas.....24

RESUMO

MOURA, Eridiane da Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2015. **Atividade inseticida dos óleos essenciais de manjeriço e candeeiro e seus componentes sobre *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae)**. Orientador: José Cola Zanuncio. Coorientadores: Lêda Rita D'Antonino Faroni e Fernanda Fernandes Heleno.

O feijão-caupi (*V. unguiculata*) destaca-se como alimento para a população e alternativa de renda principalmente no Nordeste, com 60% da produção do gênero *Vigna*. O cultivo deste feijão está sujeito a perdas pós-colheita, devido a pragas no armazenamento, incluindo *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). Inseticidas sintéticos são eficazes contra essa praga, mas seu uso excessivo pode comprometer a qualidade dos alimentos e ocasionar resistência nos insetos. Em razão deste problema, métodos alternativos para o controle de insetos em grãos armazenados, como inseticidas de origem vegetal, tem sido pesquisados. O objetivo deste trabalho foi avaliar a inibição da oviposição, taxa instantânea de crescimento populacional (r_i), taxa de desenvolvimento de *C. maculatus* e a perda de massa de grãos de feijão-caupi após aplicação dos óleos essenciais de *Ocimum basilicum* (manjeriço) e *Vanillosmopsis arborea* (candeeiro) e seus principais componentes (linalol, estragol e α -bisabolol). As unidades experimentais foram constituídas por frascos de 0,8 L tratados com 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$; 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar; 2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar; 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar; 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar; 3,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 3,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar dos óleos essenciais de manjeriço, linalol e estragol e com 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar; 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar; 2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar; 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar; 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar; 5,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar; 8,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 11,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar dos óleos essenciais de candeeiro e o α -bisabolol. O óleo essencial de manjeriço e os componentes linalol e estragol foram diluídos em etanol e o óleo essencial de candeeiro e o componente α -bisabolol em hexano. Um total de 25 μL da solução de cada óleo ou componente foi aplicado por disco de papel filtro com uma microsseringa. O disco de papel foi colocado em placa de Petri coberta com organza em um frasco com 20 insetos adultos sexados ou não, para a avaliação da toxicidade para machos e fêmeas de *C. maculatus* com 1 a 2 dias de idade. Cada tratamento teve quatro repetições com os insetos expostos ao óleo por fumigação durante 48 h. A taxa de desenvolvimento de *C. maculatus* foi avaliada com procedimento semelhante, mas a contagem dos adultos foi realizada diariamente após a emergência do primeiro. A oviposição desse inseto foi avaliada nas concentrações letais (CL_{50} , CL_{25} , CL_{10} e CL_1) com 10 casais expostos as mesmas por fumigação durante 48 h (4 repetições por tratamento) e o número de ovos contabilizado por repetição. As CL_{50} e CL_{95} do

estragol, o óleo essencial de candeeiro e do α -bisabolol foram de 1,51 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 2,87 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 5,23 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 12,97 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 2,47 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 8,82 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, respectivamente. As CL_{50} e CL_{95} foram de 1,79 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 4,36 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar para manjeriço e de 1,68 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 3,35 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar para linalol. O aumento das concentrações dos óleos essenciais reduziu a ri, a taxa de desenvolvimento, oviposição e o número de ovos. A perda de massa do feijão tratado com óleo essencial de manjeriço foi de 8,2% e a do controle de 14,9%. O feijão tratado com o óleo essencial de candeeiro mostrou perda de 8,4% comparado ao controle, de 15%. Linalol e estragol foram letais a *C. maculatus* em menores concentrações que os óleos essenciais de manjeriço e candeeiro e mostraram maiores inclinações das curvas de mortalidade, o que pode ser explicado pela sua ação de inibição mista à enzima acetilcolinesterase (AChE) ao se ligar à enzima livre e ao complexo enzima-substrato. O α -bisabolol foi mais letal em menores concentrações (CL_{50} e CL_{95}) para *C. maculatus* que o óleo essencial de candeeiro, o que pode se explica pelo seu mecanismo de ação que está relacionado com a ativação dos canais K^+_{ATP} . Os óleos essenciais de manjeriço e candeeiro e seus componentes linalol, estragol e α -bisabolol, possuem efeito inseticida fumigante sobre adultos de *C. maculatus* e representam uma alternativa ao uso de inseticidas sintéticos.

ABSTRACT

MOURA, Eridiane da Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2015. **Insecticidal activity of essential oils of basil and lamp and its components on *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae)**. Adviser: José Cola Zanuncio. Co-advisers: Lêda Rita D'Antonino Faroni and Fernanda Fernandes Heleno.

The cowpea (*V. unguiculata*) stands out as food for the population and alternative income mainly in the Northeast, with 60% of production of *Vigna* genre. The cultivation of beans is subjected to postharvest losses due to storage pests, including *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). Synthetic insecticides are effective against this pest, but their excessive use may compromise the quality of food and cause resistance in insects. By reason of this problem, alternative methods for the control of insects in stored grains such as vegetable insecticides, have been researched. The objective of this study was to evaluate the inhibition of oviposition, instantaneous rate of population growth (r_i), *C. maculatus* development rate and the mass loss of cowpea beans after application of the essential oil of *Ocimum basilicum* (basil) and *Vanillosmopsis arborea* (lamp) and its main components (linalool, estragole and α -bisabolol). The experimental units consisted of 0.8 L bottles treated with 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ air; 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ air; 2 $\mu\text{L L}^{-1}$ air; 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ air; 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ air; 3,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ air and 3,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ air to basil essential oil, linalool and estragole and ,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ air; 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ air; 2 $\mu\text{L L}^{-1}$ air, 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ air; 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ air; 5,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ air; 8,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ air e 11,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ air for the essential oil lamp and the α -bisabolol. The essential oil of basil and linalool and estragole were diluted in ethanol and the essential oil lamp and α -bisabolol in hexane. A total of 25 μL of each solution or oil component was applied by the filter paper disc with a microsyringe. The paper disc was placed in a covered petri dish with organza a vial with the components sexed and 20 adult insects or not for the evaluation of toxicity to *C. maculatus* males and females with 1 to 2 days old. Each treatment was replicated four times with the oil insects exposed for 48 h. The instantaneous rate of increase (r_i) in the presence of essential oils was determined with the lethal concentrations (LC_{50} , LC_{25} , LC_{10} , LC_1 , $\text{LC}_{0,5}$ e $\text{LC}_{0,25}$) of bioassays of toxicity. Bottles with 100 g of bean and 20 adult insects, non-sexed aged 1-2 days, and four replications were used for LC. After 45 days, the adult offspring was recorded. A similar procedure was done to assess the development rate, but the count was performed daily after the emergence of the first adult. The paper disc was placed in a covered Petri dish with organza and added at the bottom of the flasks then received 20 adult insects or unsexed sexed

in the case of the evaluation of toxicity for males and females aged 1 to 2 days. Each treatment consisted of 4 replications, and the insects were exposed to oil for fumigation for 48 h. The instantaneous rate of increase (laughs) insects in the presence of essential oils was determined using the lethal. Oviposition was evaluated in lethal concentrations (LC_{50} , LC_{25} , LC_{10} and LC_1) 10 couples with the same exposed for fumigation for 48 hours (four replications per treatment), and counted the number of eggs per replicate. The LC_{50} and LC_{95} were $1.79 \mu\text{L L}^{-1}$ air and $4.36 \mu\text{L L}^{-1}$ air to $1.68 \mu\text{L L}^{-1}$ air and basil oil and $3.35 \mu\text{L L}^{-1}$ air to linalool respectively. The LC_{50} and LC_{95} showed estragole $1.51 \mu\text{L L}^{-1}$ air and $2.87 \mu\text{L L}^{-1}$ air, essential oil lamp showed $5.23 \mu\text{L L}^{-1}$ air for the LC_{50} and LC_{95} was $12.97 \mu\text{L L}^{-1}$ air. The obtained α -bisabolol $2.47 \mu\text{L L}^{-1}$ air and $8.82 \mu\text{L L}^{-1}$ air to LC_{50} and LC_{95} , respectively. Increasing concentrations of essential oils decreased the laughs, the rate of development and oviposition. The number of eggs decreased with increasing concentrations. The mass loss of the treated beans with basil essential oil was 8.2% and in control of 14.9%. The essential oil lamp showed loss of 8.4% compared to the control of 15%. Linalool and estragole were lethal to *C. maculatus* at concentrations less than the essential oils of basil and lamp and showed higher slopes of the mortality curves, which can be explained by its action mixed inhibiting the enzyme acetylcholinesterase (AChE) to connect to free and enzyme-substrate complex enzyme. The α -bisabolol was deadliest in lower concentrations (LC_{50} and LC_{95}) for *C. maculatus* that the essential oil lamp, which can be explained by their mechanism of action that is related to the activation of K^+_{ATP} channels. The essential oil of basil and lamp and its components linalool, estragole and α -bisabolol possess fumigant insecticidal effect on adults *C. maculatus* and represent an alternative to the use of synthetic insecticides.

1 INTRODUÇÃO

A família Fabaceae possui espécies importantes na produção de alimentos e vitais para alcançar a estabilidade nutricional dos consumidores (KALIRAMESH et al., 2013). O feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) (Fabaceae) tem ampla distribuição mundial, principalmente, nas regiões tropicais, cujas características edafoclimáticas assemelham-se às do seu provável centro de origem, a África. O feijão-caupi é importante fonte de proteína, particularmente, em regiões tropicais da África, da América Central e do Sul (MOSTASSO et al., 2002). No Brasil, esse feijão é amplamente cultivado para alimento humano, sendo que boa parte deste cultivo é realizado por pequenos agricultores. A produção brasileira de feijão-caupi corresponde a cerca de 10% do total de feijão cultivado, com estimativa de produção nas safras de 2015/16 de 328,1 mil toneladas (CONAB, 2015).

O feijão-caupi, também, conhecido como feijão-macassar ou feijão-de-corda, destaca-se como alternativa de renda principalmente no Nordeste, principal região brasileira produtora de feijão, onde 60% de toda a produção se resume ao gênero *Vigna* (YOKOYAMA et al., 2000). O cultivo deste feijão está sujeito a perdas pós-colheita no armazenamento por fatores bióticos e abióticos (ALI e GUPTA, 2012). Perdas quantitativas e qualitativas são observadas durante o armazenamento e podem atingir de 10 a 20% dos grãos, principalmente por insetos-praga (HERTLEIN et al., 2011).

O gorgulho-do-feijão, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Bruchidae) destaca-se como o principal inseto praga do feijão-caupi (SOUSA et al., 2005). Esse besouro é praga cosmopolita de leguminosas armazenadas e sua biologia e ecologia têm sido estudadas (OLIVEIRA et al., 2014). A destruição de sementes por esse inseto, é muitas vezes, tão alta que os grãos tornam-se impróprios para o consumo humano e inviáveis para o replantio ou comercialização (OLIVEIRA et al., 2014). Essa praga provoca danos diretos como perda de massa, diminuição no valor nutritivo, redução do poder germinativo e danos indiretos como, baixo valor comercial (SANTOS e VIEIRA, 1971) devido à presença de insetos mortos, ovos e excrementos na massa de grãos (ALMEIDA et al., 2005). *Callosobruchus maculatus* pode tornar os grãos inviáveis e inadequadas para alimento em poucos meses de armazenamento (BADII et al., 2011).

A conservação adequada dos produtos agrícolas visa reduzir perdas por insetos, principalmente, utilizando o controle químico com piretroides e organofosforados e com fumigantes como a fosfina (cujo precursor é o fosfeto de alumínio) (SOUSA et al., 2008). Apesar disso, o uso excessivo de inseticidas sintéticos causa riscos e implicações

toxicológicas para a saúde humana e o aumento da contaminação do meio ambiente (WAKIL et al., 2013).

Métodos alternativos, incluindo inseticidas de origem vegetal tem sido pesquisados para o controle de insetos em grãos armazenados (ABDELGHANY et al., 2010; SUTHISUT et al., 2011; RAJASHEKAR et al., 2013). Inseticidas botânicos oferecem menor risco de resistência cruzada dos insetos, por atuarem em sítios de ação diferenciados (ISMAN, 2006), se degradarem mais rapidamente e terem menores riscos à saúde humana e ao meio ambiente (ROZMAN et al., 2007). Plantas com atividade inseticida podem ser utilizadas como pós secos, extratos aquosos e orgânicos e óleos, com eficiência, facilidade de aplicação e obtenção, rápida degradação e baixa toxicidade para os aplicadores (FARONI et al., 1995; TALUKDER e HOWSE, 1995).

Inseticidas botânicos podem ainda, causar a morte por contato além de ter ação de repelência, inibição da oviposição, redução no desenvolvimento larval, fecundidade e fertilidade de adultos (OLIVEIRA et al., 1999), podendo ser tóxicos por via tópica ou fumigante (PAPACHRISTOS et al., 2004; PHILLIPS e APPEL, 2010). Isto facilita a produção de alimentos saudáveis em programas de Manejo Integrado de Pragas, além de serem uma alternativa barata com menores danos ao ambiente (SOUSA et al., 2008). A procura por espécies vegetais com propriedades inseticidas às pragas de grãos armazenados tornou-se uma linha de pesquisa promissora (SILVA et al., 2012), evidenciando a importância dos óleos essenciais.

Os produtos naturais derivados de plantas são usados como compostos biologicamente ativos (ZEBITZ, 1984). Entre estes, óleos essenciais foram os primeiros conservantes utilizados pelo homem, originalmente em seu estado natural dentro de tecidos de plantas e, em seguida, como óleos obtidos por destilação de água (BAKKALI et al., 2008). Os monoterpenos constituem 90% dos óleos essenciais e se caracterizam por dois ou três componentes majoritários em concentrações relativamente altas (20-70%) e os demais componentes presentes em menores quantidades (BAKKALI et al., 2008). Componentes presentes em maiores quantidades determinam as propriedades biológicas dos óleos essenciais, o que pode ser uma fonte alternativa de materiais para o manejo integrado de pragas de grãos armazenados (JUMBO et al., 2014).

Óleos essenciais são constituídos por terpenóides voláteis, como monoterpenos (C_{10}) e sesquiterpenos (C_{15}) e por fenilpropanos (derivados da junção do grupo fenila (anel aromático) e uma cadeia lateral de três carbonos (grupo propila)) (AHN et al., 2001), com potencial para o controle de pragas agrícolas e urbanas (ISMAN, 2006; KNAAK e FIUZA,

2010). O manjeriçao (*Ocimum basilicum* L.), planta aromática e medicinal da família Lamiaceae composta por cerca de 60 espécies, destaca-se com substâncias de interesse para as indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética (COSTA et al., 2009). No Brasil, o manjeriçao é utilizado in natura e para obtenção de óleo essencial, importante na indústria de perfumaria e aromatização de alimentos e bebidas e com propriedades inseticidas e repelentes (COSTA et al., 2009). Essa planta tem potencial para o controle alternativo de insetos-praga de grãos armazenados. A toxicidade do óleo essencial de manjeriçao já foi testada para *Acanthoscelides obtectus* (MAZZONETTO e VENDRAMIM, 2003), *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) (LÓPEZ et al., 2008), *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) (ASAWALAM et al., 2008), *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) (MISHRA et al., 2012), *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae) (FRANÇA et al., 2012), *Anopheles funestus* (Diptera: Culicidae) (BELONG et al., 2013) e *Sitophilus Oryzae* (Coleoptera: Curculionidae) (POPOVIĆ et al., 2015).

O linalol é um monoterpeneo presente no óleo essencial de manjeriçao de extrema importância para as indústrias de cosméticos e alimentícios, já que é utilizado, como fixador de fragrâncias (BAKKALI et al., 2008). Linalol é comumente encontrado como componente majoritário de óleos essenciais em espécies aromáticas. Este composto vem sendo investigado quanto à atividade anticonvulsivante e analgésica, e tem demonstrado ações não somente sobre o sistema nervoso central, como outras atividades biológicas importantes (BAKKALI et al., 2008).

O Estragol, é um fenilpropenóide e importante constituinte de muitos óleos essenciais, como *Ravensara anisata* (*Ravensara*), *Ocimum basilicum* (manjeriçao), *Ocimum forskolei* Benth, *Foeniculum vulgare* (fennel) (COSGE et al., 2008) e *Artemisia dracunculoides* (tarragon), com amplas aplicações na medicina popular e aromaterapia (LEAL-CARDOSO et al., 2004). Esse composto é toxicologicamente significativo porque ele ou os produtos de sua biotransformação, sabidamente, são genotóxicos, mutagênicos ou carcinogênicos (DE VICENZI et al., 2000).

O candeieiro, *Vanillosmopsis arborea* Baker (Asteraceae), outra planta com potencial inseticida, apresenta o α -bisabolol no óleo essencial de sua madeira (CAVALCANTI e NUNES, 2002). O α -bisabolol possui atividade antibacteriana, antifúngica e antiinflamatória, além de ser usado em produtos dermatológicos (OLIVEIRA et al., 1989), é um sesquiterpeneo que apresenta propriedades antissépticas, e ação mutagênica/antimutagênica (GOMES-CARNEIRO et al., 2005). Além disso, o α -bisabolol, possui atividade antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* (BREHM-STECHER e JOHNSON, 2003). O

candeeiro é encontrado na Chapada do Araripe, Crato, Ceará e seu óleo está sendo estudado em um programa de pesquisa com produtos naturais micromoleculares na Universidade Federal do Ceará. O óleo essencial de *V. arborea* foi indicado como alternativa ao óleo de camomila como fonte de bisabolol, mostrando a necessidade de pesquisas visando se obter o domínio do conhecimento agrônômico da espécie (CAVALCANTI e NUNES, 2002).

O uso dos óleos essenciais de *O. basilicum* e *V. arborea* no manejo de *C. maculatus* em feijão-caupi precisa ser avaliado. O objetivo deste trabalho foi estudar a toxicidade do óleo essencial de *O. basilicum* e *V. arborea* e seus componentes como fumigantes no controle de *C. maculatus*. Além disso, foram avaliados os efeitos desses óleos e componentes na oviposição, taxa instantânea de crescimento e desenvolvimento de *C. maculatus*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

2.1 Callosobruchus maculatus (Coleoptera: Bruchidae)

Adultos de *C. maculatus*, oriundos do município de Crato, estado do Ceará, Brasil foram obtidos em 2014. Esses insetos foram mantidos em frascos de vidro, com capacidade para 1,5 L, contendo grãos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) cv. sempre-verde com teor de água de 10,7% base úmida (b.u.) para criação dos mesmos. Esses frascos foram mantidos em sala de criação climatizada a temperatura de 27 ± 2 °C, umidade relativa de $75 \pm 5\%$ e escotofase de 12 h no Laboratório de Manejo Integrado de Pragas (MIP-Grãos) do DEA/UFV.

2.2 Óleos essenciais

Os óleos essenciais de *Ocimum basilicum* (manjeriço) e *Vanillosmopsis arborea* (candeieiro), foram processados por hidrodestilação em um Clevenger com capacidade para cinco litros e obtidos do Laboratório de Tecnologia de Produtos do Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Cariri. O material vegetal (folhas, ramos e a madeira) foi colocado no balão de fundo redondo, imerso em 1,5 L de água destilada. O tempo de extração foi de 2 h, período no qual o óleo acumulou-se sobre a água no condensador, sendo separado e armazenado em geladeira.

2.3 Composição dos óleos essenciais (Cromatografia gasosa)

Um cromatógrafo a gás Shimadzu GC2010, equipado com um detector de ionização de chama (GC/FID) foi utilizado para a análise da composição dos óleos. As condições utilizadas para o óleo essencial de manjeriço foram: coluna capilar DB-5 de 30 m de comprimento, com 0,25 mm de diâmetro e espessura de 0,25 μm , temperatura do forno de 60 até 120 °C, a 5 °C min^{-1} ; temperatura do detector de 300 °C e do injetor 220 °C; nitrogênio como gás de arraste, tempo total de execução de 12 min.

As condições utilizadas para o óleo essencial de candeeiro foram: temperatura do forno de 100 até 280 °C, a 30 °C min⁻¹; temperatura do forno de 100 até 280 °C, a 30 °C min⁻¹; temperatura do detector de 300 °C e do injetor 220 °C; nitrogênio como gás de arraste, com tempo total de execução de 6 min.

As amostras dos óleos essenciais foram analisadas por GC/FID, sendo caracterizadas em função dos principais constituintes químicos. Um total de 1 µL de solução dos óleos foi injetado no cromatógrafo e comparado com o tempo de retenção de padrões de concentrações variadas dos compostos (linalol, estragol e α-bisabolol).

2.4 Bioensaios de toxicidade

Os bioensaios foram realizados em frascos de vidro de 0,8 L (8 cm de diâmetro x 15 cm de altura) com 20 adultos de *C. maculatus* não sexados de 1 a 2 dias de idade, em 4 repetições. As concentrações utilizadas nas soluções para os bioensaios variaram entre 1,2 µL L⁻¹ a 3,6 µL L⁻¹ para o óleo essencial de manjeriço e de 1,2 µL L⁻¹ a 11,2 µL L⁻¹ para o de candeeiro.

As soluções de trabalho dos óleos essenciais foram preparadas com os solventes etanol (Fmaia, Bioquímica e Química Ltda., Brasil) para o manjeriço e hexano (Quimex, F. MAIA Ltda., Brasil) para candeeiro. As soluções foram preparadas com o auxílio de micropipetas aplicando-se um volume de 25 µL de solução para cada tratamento. As soluções foram aplicadas com o auxílio de uma microsseringa de 25 µL (Hamilton, Reno, NV, EUA) em discos de papel-filtro com diâmetro de 4,4 cm, colocados em placas de Petri com diâmetro de 6,5 cm. As placas de Petri foram cobertas com tecido do tipo Organza e colocadas na base dos frascos. Solventes puros (etanol e hexano) foram utilizados como controle por óleo essencial.

Após a distribuição dos insetos, os frascos foram fechados com tampa metálica rosqueável e selados com parafilme para evitar o vazamento do vapor dos óleos durante o período de exposição. Os frascos foram mantidos em câmara climática do tipo B.O.D. (modelo 347 CD, Fanem, São Paulo, SP, Brasil), à temperatura de 27 ± 2 °C, por 48 h. Após este período, insetos mortos e vivos foram contabilizados. As médias do número de insetos mortos foram corrigidas pela fórmula de Abbott (1925) para ajuste da mortalidade natural dos insetos e cálculo da eficiência de mortalidade dos óleos essenciais e seus respectivos componentes. Abbott (1925) = $100 \times (Mt - Mc) \div Mt$, em que: Mt = mortalidade no tratamento e Mc = mortalidade no controle. Os dados foram submetidos à correção de

mortalidade utilizando-se o procedimento PROBIT do software SAS (SAS Institute, Cary, NC, EUA).

2.5 Bioensaios de toxicidade para machos e fêmeas

Os bioensaios foram realizados em frascos de vidro de 0,8 L (8 cm de diâmetro x 15 cm de altura) com 20 adultos sexados de *C. maculatus* com idades de 1 a 2 dias em 4 repetições. As concentrações utilizadas nas soluções para os bioensaios variaram entre 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ a 3,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ para o óleo essencial de manjeriço e de 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar a 11,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar para o de candeieiro.

As soluções de trabalho dos óleos essenciais foram preparadas utilizando-se os solventes etanol (Fmaia, Bioquímica e Química Ltda., Brasil) para o manjeriço e o hexano (Quimex, Fmaia Ltda., Brasil) para o candeieiro em composição pura como controle. As soluções foram preparadas com o auxílio de micropipetas aplicando-se um volume de 25 μL de solução por tratamento. As soluções foram aplicadas com o auxílio de uma microsseringa de 25 μL (Hamilton, Reno, NV, EUA) em discos de papel-filtro com diâmetro de 4,4 cm, colocados em placas de Petri com diâmetro de 6,5 cm. Essas placas foram cobertas com organza e inseridas na base dos frascos que, após a distribuição dos insetos, foram vedados para evitar o vazamento do vapor dos óleos durante o período de exposição.

Os frascos foram mantidos em câmara climática do tipo B.O.D. (modelo 347 CD, Fanem, São Paulo, SP, Brasil), à temperatura de 27 ± 2 °C por 48 h. Após este período, o número de machos e fêmeas mortos ou vivos foi contabilizado. As médias do número de insetos mortos foram corrigidas pela fórmula de Abbott (1925) para ajuste da mortalidade natural dos insetos e cálculo da eficiência dos óleos essenciais e seus respectivos componentes. Abbott (1925) = $100 \times (M_t - M_c) \div M_t$, em que: M_t = mortalidade no tratamento e M_c = mortalidade no controle. Os dados foram submetidos à correção de mortalidade com o procedimento PROBIT do software SAS (SAS Institute, Cary, NC, EUA).

2.6 Toxicidade dos componentes puros

Componentes presentes em maior quantidade em cada óleo essencial foram escolhidos para os testes de mortalidade. Os estragol e o linalol, adquiridos em composição pura, da empresa Sigma-Aldrich (USA), foram os principais componentes do óleo de manjeriço. O α -

bisabolol, o principal componente do óleo essencial (*V. arborea*), foi adquirido em composição pura através da empresa Engetec (Engenharia das essências).

A atividade fumigante dos componentes isolados contra adultos de *C. maculatus* foi testada (YANG et al., 2014). Os ensaios de toxicidade para as CL_{50} e CL_{95} foram realizados nas concentrações de $1,2 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar a $11,2 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar para cada componente (estragol, linalol e α -bisabolol).

Um disco de papel filtro de 4,4 cm foi tratado com 25 μL de solução dos componentes isolados. Cada disco foi impregnado e colocado em uma placa de Petri de 6,5 cm, coberta com organza e inserida na base de potes de vidro com capacidade de 0,8 L (YANG et al., 2014). Um total de 20 adultos sexados e 20 não sexados (teste de toxicidade para machos e fêmeas), foi colocado em cada pote para expor os insetos a atividade fumigante dos componentes isolados durante 48 h. Cada tratamento foi composto por quatro repetições. Como controle, foi utilizado 25 μL do solvente de cada componente (etanol para linalol e estragol e hexano para α -bisabolol).

As médias do número de insetos mortos foram corrigidas pela fórmula de Abbott (1925) para ajuste da mortalidade natural dos insetos e cálculo da eficiência dos óleos essenciais e seus respectivos componentes. Abbott (1925) = $100 \times (Mt - Mc) \div Mt$, em que: Mt = mortalidade no tratamento e Mc = mortalidade no controle. Os dados foram submetidos à correção de mortalidade com o procedimento PROBIT do software SAS (SAS Institute, Cary, NC, EUA).

2.7 Inibição da Oviposição

Uma concentração letal e três subletais de cada tratamento (CL_{50} , CL_{25} , CL_{10} e CL_1) foram utilizadas para se estudar o efeito fumigante dos óleos essenciais de *O. basilicum* (manjeriço), *V. arborea* (candeeiro) e de seus componentes isolados sobre a oviposição de *C. maculatus* (Tabela 1). Essas concentrações foram calculadas com a correção de mortalidade realizada pelo procedimento PROBIT do software SAS (SAS Institute, Cary, NC, EUA). O controle foi representado pelos solventes etanol e hexano, utilizados no preparo das soluções de cada óleo ou componente.

Tabela 1. Concentrações utilizadas por tratamento para avaliação dos efeitos sobre a oviposição de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae)

Tratamento	Concentrações ($\mu\text{L L}^{-1}$ de ar)
------------	---

	CL ₅₀	CL ₂₅	CL ₁₀	CL ₁
Óleo essencial de manjeriçã	1,7952	1,2468	0,8981	0,5106
Linalol	1,689	1,2744	0,9889	0,6392
Estragol	1,5079	1,1573	0,912	0,6053
Óleo essencial de candeeiro	5,2318	3,6051	2,5784	1,4481
α -bisabolol	2,4705	1,4659	0,9164	0,4083

Um total de 25 μ L das soluções dos óleos e os solventes foram aplicados sobre discos de papel filtro com diâmetro de 4,4 cm. Esses discos foram colocados em placas de Petri com diâmetro de 6,5 cm cobertas com organza e colocadas sobre 100 g de feijão-caupi em frascos de vidro, com capacidade de 0,8 L. Dez casais adultos de *C. maculatus*, com um dia de emergência, foram adicionados por vidro. Os insetos foram mantidos em câmara climática do tipo B.O.D. (modelo 347 CD, Fanem, São Paulo, SP, Brasil), à temperatura de 27 ± 2 °C. Os insetos foram retirados e o número de ovos nos grãos contabilizado 48 h após a exposição por tratamento.

2.8 Taxa instantânea de crescimento (r_i)

A taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) mede a capacidade de uma população em aumentar exponencialmente em um ambiente. Este é um modelo prático, do ponto de vista experimental, por apresentar resultados mais rápidos com populações conhecidas de insetos em determinado período de exposição (WALTHALL e STARK, 1997). O ensaio foi montado em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. Cada parcela foi formada por um frasco de vidro com capacidade de 0,8 L com 100 g de grãos de feijão-caupi com teor de umidade de 10,7%, isentos de pragas e inseticidas. As soluções de trabalho dos óleos essenciais foram preparadas utilizando-se o etanol como solvente para o óleo essencial de manjeriçã e o hexano para o de candeeiro.

As soluções foram preparadas com o auxílio de micropipetas, aplicando-se um volume de 25 μ L de solução por repetição. As soluções foram aplicadas em discos de papel-filtro nas placas de Petri com diâmetro de 6,5 cm com auxílio de uma microsseringa de 25 μ L (Hamilton, Reno, NV, EUA). As placas de Petri foram cobertas com tecido do tipo organza para evitar o contato direto dos insetos com o óleo e foram colocadas sobre o feijão em cada frasco. Seis concentrações letais foram utilizadas para cada óleo essencial (Tabela 2) e grãos sem tratamento foram utilizados como controle para ambos os óleos.

Tabela 2. Concentrações dos óleos essenciais utilizadas por tratamento para valiação da taxa instantânea de crescimento (r_i) de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae)

Tratamento	Concentrações ($\mu\text{L L}^{-1}$ de ar)					
	CL ₅₀	CL ₂₅	CL ₁₀	CL ₁	CL _{0,5}	CL _{0,25}
Óleo essencial de manjeriçã	1,795	1,246	0,898	0,510	0,255	0,127
Óleo essencial de candeeiro	5,231	3,605	2,578	1,448	0,724	0,362

Os insetos foram colocados nos frascos, os quais foram imediatamente vedados com tampa metálica rosqueável e parafilme e acondicionados em câmaras climáticas tipo B. O. D. com temperatura de 30 ± 2 °C e umidade relativa 70%. Após 48 h, as placas de Petri com o óleo essencial foram retiradas, finalizando o período de exposição dos insetos. Em seguida, as tampas metálicas foram retiradas e os frascos cobertos com organza, retornando-se os mesmos para a câmara climática tipo B. O. D. com temperatura de 30 ± 2 °C e umidade relativa 70% por 45 dias.

O número de insetos vivos e o peso final da massa de grãos foram avaliados após 45 dias de armazenamento. A taxa instantânea de crescimento dos insetos foi calculada com equação de Walthall e Stark (1997) (Equação 1).

$$r_i = \frac{\left[\ln \left(\frac{N_f}{N_0} \right) \right]}{\Delta t} \quad \text{Equação 1}$$

Em que:

N_f = Número final de insetos;

N_0 = Número inicial de insetos;

Δt = Número de dias de execução do ensaio.

2.9 Taxa de desenvolvimento populacional

Cada unidade experimental foi constituída por um frasco de vidro com capacidade de 0,8 L, contendo 100 g de grãos de feijão, isentos de pragas e inseticida. Os grãos de feijão foram submetidos aos tratamentos em 4 repetições com as concentrações CL₅₀ (1,795 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL₂₅ (1,246 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL₁₀ (0,898 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL₁ (0,510 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL_{0,5} (0,255 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar) e CL_{0,25} (0,127 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar) para o óleo essencial de manjeriçã e CL₅₀

(5,231 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL_{25} (3,605 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL_{10} (2,578 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL_1 (1,448 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), $\text{CL}_{0,5}$ (0,724 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar) e $\text{CL}_{0,25}$ (0,362 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar) para candeeiro. Estas concentrações foram determinadas como procedimento de PROBIT do software SAS (SAS Institute, Cary, NC, EUA).. O controle teve 25 μL de cada solvente puro (etanol e hexano) e os grãos sem tratamento. As soluções de cada concentração foram aplicadas nos discos de papel-filtro e colocadas em placas de Petri cobertas com organza. As placas foram colocadas sobre os grãos na base do frasco e, em seguida, 20 insetos não sexados foram adicionados.

Depois de adicionados os insetos, os potes foram fechados e vedados com parafilme. Após 48 h de exposição, as placas foram retiradas dos potes que foram cobertos com organza e acondicionados em câmara climática tipo B. O. D. a temperatura de 30 ± 2 °C e umidade relativa 70% por 15 dias. A progênie um (F1) adulta, obtida no substrato de alimentação, foi contabilizada e removida diariamente, a partir da primeira emergência, totalizando um período de 45 dias (TREMATERRA et al., 1996).

2.10 Perda de massa dos grãos

A perda da massa dos grãos foi determinada a partir do teste da taxa de desenvolvimento populacional. Grãos e frascos foram pesados no início e no final do experimento (45 dias depois) e a redução da massa dos grãos foi determinada, por tratamento, para os óleos essenciais de manjeriço e candeeiro.

2.11 Análises estatísticas

Os dados de toxicidade foram submetidos à análise de probit do software SAS (SAS Institute, Cary, NC, EUA), gerando curvas de concentrações-mortalidade. Os dados da taxa instantânea de crescimento (r_i), taxa de desenvolvimento populacional e perda da massa dos grãos foram submetidos a análise de regressão utilizando-se o Sigma Plot 12.0 (Systat Software, San Jose, CA, EUA) e os de oviposição e eficiência de mortalidade submetidos a ANOVA e ao teste Tukey com o software Statistica 8 (StatSoft Inc, Tulsa, OK, EUA).

3 RESULTADOS

3.1 Principais componentes dos óleos

A análise cromatográfica do óleo essencial de *O. basilicum* mostrou que os principais componentes desse óleo são os linalol ($(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)(\text{OH})\text{CH}=\text{CH}_2$) e estragol ($\text{H}_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{OCH}_3$) (Figura 1A). O α -bisabolol ($\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$) foi identificado como o componente majoritário do óleo essencial de candeieiro (Figura 1B). Os constituintes quantificados com suas respectivas concentrações estão demonstrados na Tabela 3.

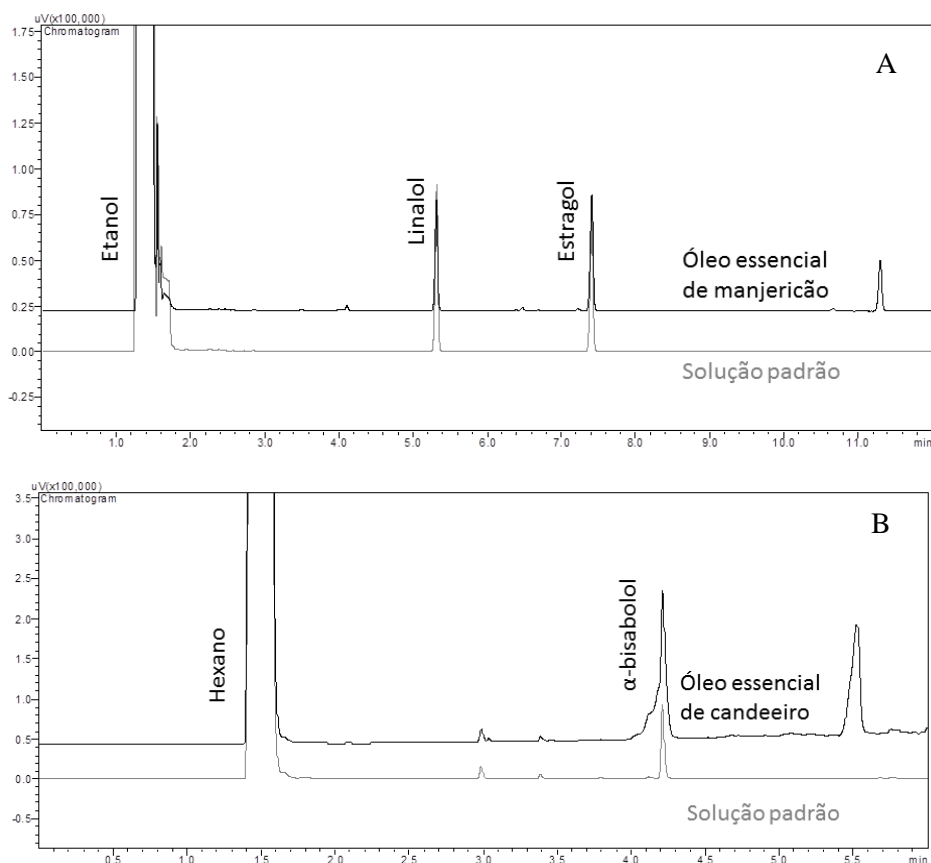


Figura 1. Cromatogramas dos óleos essenciais de manjerição (A) ($89600 \mu\text{L L}^{-1}$ em etanol) e da solução padrão de linalol ($200 \mu\text{L L}^{-1}$ em etanol) e estragol ($200 \mu\text{L L}^{-1}$ em etanol) e de candeieiro (B) ($200 \mu\text{L L}^{-1}$ em hexano) e da solução padrão de α -bisabolol ($100 \mu\text{L L}^{-1}$ em hexano).

Tabela 3. Principais compostos e respectivas concentrações encontradas nos óleos essenciais de *Ocimum basilicum* e *Vanillosmopsis arborea* analisados por cromatografia gasosa (GC/FID)

Óleo Essencial	Padrão	Tempo de retenção (min)	Concentração (mL L ⁻¹)
Manjeriçã	Linalol	5,3	1,44
	Estragol	7,4	1,94
Candeeiro	α -bisabolol	4,2	409,33

3.2 Toxicidade dos óleos essenciais de manjeriçã e candeeiro a *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae)

Os elevados valores de qui-quadrado (χ^2) e baixos valores de P (<0,05), indicam adequação dos dados ao modelo probit para a estimativa das curvas de tempo-mortalidade (Tabela 4). As concentrações letais (CL) necessárias para ocasionar a morte dos adultos de *C. maculatus* diferiram com o tipo de óleo essencial e seus componentes. As CL₅₀ e CL₉₅ do óleo essencial de manjeriçã e do linalol e estragol foram de 1,79 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 4,36 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, de 1,68 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 3,35 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 1,51 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 2,87 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, respectivamente.

A CL₅₀ de 5,23 $\mu\text{L L}^{-1}$, e a CL₉₅ de 12,97 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar do óleo essencial de candeeiro foram maiores que as do α -bisabolol que apresentou CL₅₀ de 2,47 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e CL₉₅ de 8,82 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar. A inclinação da curva de concentração-mortalidade para o α -bisabolol foi menor (2,97 \pm 0,71) e a do estragol maior (5,86 \pm 0,94). Essa inclinação foi maior para o manjeriçã (4,26 \pm 0,54) que para o candeeiro (4,17 \pm 0,39) (Tabela 4).

Tabela 4. Toxicidade relativa dos óleos essenciais de manjeriçã e candeeiro e seus respectivos componentes (Comp.) para *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae)

Componentes	CL ₅₀	CL ₉₅	Inclinação (\pm EPM)	X ² (df)	P
Manjeriçã	1,79	4,36	4,26 \pm 0,54	7,98(5)	<.0001
Linalol	1,68	3,35	5,51 \pm 0,64	6,19 (5)	<.0001
Estragole	1,51	2,87	5,86 \pm 0,94	9,38(5)	<.0001
Candeeiro	5,23	12,97	4,17 \pm 0,39	10,16(6)	<.0001
α -Bisabolol	2,47	8,82	2,97 \pm 0,71	49,14 (6)	<.0001

CL = Concentração letal ($\mu\text{L L}^{-1}$ de ar); IC 95%; ¹EPM = Erro padrão da média; χ^2 = Quiquadrado; P = Probabilidade; Incl = Inclinação.

3.3 Mortalidade de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) pelos óleos essenciais de manjeriço e candeeiro e seus componentes

A mortalidade de *C. maculatus* com o óleo de manjeriço e seus componentes isolados (linalol e estragol) não diferiu estatisticamente nas concentrações de 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar a 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar (Tabela 5). A partir da concentração de 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar os tratamentos diferiram entre si, mostrando que os componentes estragol e linalol foram mais eficientes que o óleo essencial de manjeriço.

Tabela 5. Mortalidade de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) pelo óleo essencial de *Ocimum basilicum* (manjeriço) e seus componentes (linalol e estragol) nas concentrações 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,0 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 3,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ e 3,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar corrigida pela fórmula de Abbott (1925)

Tratamento	Mortalidade/Eficiência							
	1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	2,0 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)
Manjeriço	8,50 a	32,3	11,25 a	48,9	15,00 a	61,6	16,50 a	65,1
Linalol	10,00 a	42,5	11,50 a	50	15,25 a	62,2	16,50 a	65,1
Estragol	11,25 a	48,9	13,75 a	58,1	17,25 a	66,6	18,50 a	68,9
	2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	3,2 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	3,6 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)		
Manjeriço	16,50 b	65,1	17,00 b	70,1	19,25 b	70,1		
Linalol	17,75 ab	67,6	19,25 ab	71,2	20,00 a	71,2		
Estragol	19,50 a	70,5	20,00 a	71,2	20,00 a	71,2		

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; E (%): Eficiência de mortalidade.

A mortalidade de *C. maculatus* com o óleo essencial de candeeiro foi menor que a mortalidade com seu componente majoritário α -bisabolol na maioria das concentrações, exceto nas concentrações de 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 11,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, onde os mesmos não diferiram estatisticamente (Tabela 6). O α -bisabolol foi mais eficiente e causou maior mortalidade de *C. maculatus* em cinco das oito concentrações testadas (2,0 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar a 8,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar) (Tabela 6).

Tabela 6. Mortalidade de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) pelo óleo essencial de *Vanillosmopsis arborea* (candeeiro) e seu componente α -bisabolol nas concentrações de 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,0 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 5,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 8,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 11,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar corrigida pela fórmula de Abbott (1925)

Tratamento	Mortalidade/Eficiência							
	1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	2,0 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)
Candeeiro	5,50 a	22,7	6,00 a	29,1	6,50 b	34,6	7,75 b	45,1
α -bisabolol	5,00 a	15,0	6,25 a	32,0	10,75 a	60,4	15,50 a	72,5
	2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	5,6 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	8,4 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	11,2 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)
Candeeiro	8,50 b	50,00	14,25 b	70,1	17,00 b	75,0	18,00 a	76,3
α -bisabolol	16,50 a	74,2	17,75 a	76,0	18,25 a	76,7	19,00 a	77,6

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; E (%): Eficiência de mortalidade.

3.4 Mortalidade de machos e fêmeas de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) pelos óleos essenciais de manjeriçã e candeeiro e seus componentes

Os óleos essenciais de manjeriçã e seus componentes linalol e estragol não diferiram estatisticamente na mortalidade de machos, o que mostra que os mesmos apresentaram semelhante eficiência de mortalidade sobre machos de *C. maculatus* (Tabela 7).

Tabela 7. Mortalidade de machos de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) com óleos essenciais de *Ocimum basilicum* (manjeriçã) e seus componentes (linalol e estragol) nas concentrações de 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,0 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 3,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 3,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar corrigida pela fórmula de Abbott (1925)

Tratamento	Mortalidade/Eficiência-Machos							
	1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	2,0 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)
Manjeriçã	5,25 a	52,3	6,50 a	61,5	8,75 a	71,4	9,00 a	72,2
Linalol	4,75 a	47,3	7,25 a	47,3	8,75 a	64,2	9,00 a	72,2
Estragol	7,50 a	66,6	8,25 a	69,6	9,00 a	72,2	9,75 a	74,3
	2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	3,2 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	3,6 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)		
Manjeriçã	8,75 a	71,4	9,25 a	72,9	9,75 a	74,3		
Linalol	9,50 a	73,6	10,00 a	75,00	10,00 a	75,00		
Estragol	10,00 a	75,00	10,00 a	75,00	10,00 a	75,00		

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; E (%): Eficiência de mortalidade.

A mortalidade de fêmeas de *C. maculatus* causada pelo óleo essencial de manjeriçã e pelos componentes linalol e estragol não diferiu estatisticamente nas concentrações de 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar (Tabela 8). Nas concentrações de 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar; 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 3,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 3,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, linalol e estragol causaram maior mortalidade de fêmeas de *C. maculatus* que o óleo essencial de manjeriçã, porém entre os dois componentes não houve diferença estatística, o que mostra que ambos tiveram boa eficiência de mortalidade sobre as fêmeas adultas de *C. maculatus* (Tabela 8).

Tabela 8. Mortalidade de fêmeas de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) com óleos essenciais de *Ocimum basilicum* (manjeriçã) e seus componentes (linalol e estragol) nas concentrações de 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,0 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 3,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 3,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar corrigida pela fórmula de Abbott (1925)

Tratamento	Mortalidade/Eficiência-Fêmeas							
	1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	2,0 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)
Manjeriçã	2,25 a	44,4	2,50 b	50,0	4,75 a	73,6	7,00 a	82,1
Linalol	4,50 a	72,2	5,25 a	72,2	6,50 a	80,7	7,50 a	83,3
Estragol	3,75 a	66,6	5,75 a	78,2	6,25 a	80,0	7,75 a	83,8
	2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	3,2 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	3,6 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)		
Manjeriçã	7,25 b	82,7	7,50 b	83,3	7,75 b	83,8		
Linalol	8,25 ab	84,8	9,25 a	86,4	10,00 a	86,4		
Estragol	9,50 a	86,8	10,00 a	87,5	10,00 a	87,5		

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; E (%): Eficiência de mortalidade.

O óleo essencial de candeeiro e seu componente α -bisabolol não apresentaram diferença estatística na mortalidade de machos de *C. maculatus* nas concentrações de 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 8,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar (Tabela 9). Nas demais concentrações (2,0 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 5,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 11,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), α -bisabolol foi mais eficiente e mostrou maior mortalidade de machos de *C. maculatus* que o óleo essencial de candeeiro (Tabela 9).

Tabela 9. Mortalidade de machos de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) com óleos essenciais de *Vanillosmopsis arborea* (candeeiro) e seu componente α -bisabolol nas concentrações de 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,0 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 5,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 8,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 11,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar corrigida pela fórmula de Abbott (1925)

Tratamento	Mortalidade/Eficiência-Machos							
	1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	2,0 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)
Candeeiro	3,25 a	15,3	3,50 a	21,4	3,25 b	15,3	3,50 b	21,4
α -bisabolol	3,25 a	15,3	4,50 a	38,8	7,50 a	63,3	10,25 a	73,1
	2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	5,6 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	8,4 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	11,2 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)
Candeeiro	4,75 b	42,1	7,75 b	64,5	9,75 a	71,7	10,00 b	72,5
α -bisabolol	10,00 a	72,5	11,50 a	76,00	10,50 a	73,8	12,25 a	77,5

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; E (%): Eficiência de mortalidade.

Com relação à mortalidade de fêmeas, o óleo essencial de candeeiro e o α -bisabolol não apresentaram diferença estatística nas duas primeiras (1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar) e nas três últimas concentrações utilizadas (5,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 8,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 11,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar) (Tabela 10). Nas concentrações de 2,0 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, houve diferença estatística entre os dois tratamentos (óleo essencial de candeeiro e α -bisabolol), mostrando que α -bisabolol causou maior mortalidade de fêmeas de *C. maculatus* (Tabela 10).

Tabela 10. Mortalidade de fêmeas de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) com óleos essenciais de *Vanillosmopsis arborea* (candeeiro) e seu componente α -bisabolol nas concentrações de 1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,0 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$

¹ de ar, 5,6 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar, 8,4 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar e 11,2 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar corrigida pela fórmula de Abbott (1925)

Tratamento	Mortalidade/Eficiência-Fêmeas							
	1,2 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	1,6 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	2,0 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	2,4 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)
Candeeiro	2,00 a	12,5	2,25 a	22,2	2,50 b	30,00	2,75 b	36,3
α -bisabolol	2,00 a	12,5	2,25 a	22,2	3,25 a	46,1	5,25 a	66,6
	2,8 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	5,6 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	8,4 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)	11,2 $\mu\text{L L}^{-1}$	E (%)
Candeeiro	3,25 b	46,1	5,75 a	69,5	7,50 a	76,6	8,75 a	80,0
α -bisabolol	6,50 a	73,00	6,00 a	70,0	7,75 a	77,4	7,75 a	77,4

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey; E (%): Eficiência de mortalidade.

3.5 Atividade inibitória de oviposição sobre *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) pelos óleos essenciais de manjeriço e candeeiro e seus componentes

Os óleos essenciais de manjeriço e candeeiro e seus componentes (linalol, estragol e α -bisabolol) reduziram a oviposição de *C. maculatus* de acordo com as suas concentrações (Tabela 11). A redução da oviposição com os componentes linalol e estragol foi maior que a do óleo essencial de manjeriço. A CL_{25} diferiu entre os tratamentos. A CL_{10} do óleo de manjeriço foi maior que a dos demais tratamentos. A CL_1 mostrou diferença do número de ovos depositados nos grãos tratados com α -bisabolol. As médias das concentrações, a partir da CL_1 , diferiram do etanol e do controle, demonstrando que o número de ovos depositados diminuiu em todas as concentrações (Tabela 11).

Tabela 11. Número de ovos (média¹ \pm DP²) de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) em grãos de feijão-caupi tratados com óleo essencial de *Ocimum basilicum* (manjeriço) e seus componentes (linalol e estragol) e de *Vanillosmopsis arborea* (candeeiro) e seu componente α -bisabolol em função da CL_{50} , CL_{25} , CL_{10} e CL_1

Tratamento	Número de ovos				Etanol	Controle
	CL ₅₀ ± DP	CL ₂₅ ± DP	CL ₁₀ ± DP	CL ₁ ± DP		
Manjeriçã	18,50±2,08aD	48,75± 2,62aC	53,25± 2,87aC	71,00± 1,82aB	78,75± 1,25aA	78,75± 2,21aA
Linalol	9,50±0,57bE	25,75±1,25bD	30,75±0,95bC	70,50±2,38aB	79,50±1,29aA	80,00±2,16aA
Estragol	7,00±0,81bE	18,75±0,95cD	27,00±1,41bC	68,25±0,95aB	79,25±1,89aA	79,5±1,29aA
					Hexano	Controle
Candeeiro	10,75±1,70aE	35,75±2,21aD	48,25±2,21aC	75,00±1,82aB	79,50±1,29aA	81,00±1,82aA
α -bisabolol	5,00±0,81bE	14,00±1,41bD	23,75±1,5bC	63,00±1,82bB	79,25±0,95aA	80,25±1,25aA

¹Médias seguidas de mesma letra minúscula por coluna não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey;

²Médias seguidas de mesma letra maiúscula por linha não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey;
DP: desvio padrão.

A oviposição de adultos de *C. maculatus* expostos ao óleo essencial de candeeiro e o α -bisabolol foi menor que no controle e no tratamento com hexano (Tabela 5). A diminuição da oviposição de *C. maculatus* foi diretamente proporcional ao aumento das concentrações, com a CL₅₀ do α -bisabolol responsável pela maior redução no número de ovos. Isto comprova a influência dos óleos essenciais de manjeriçã e candeeiro e de seus componentes linalol, estragol e α -bisabolol na oviposição de *C. maculatus*.

3.6 Bioensaio de taxa instantânea de crescimento (r_i) de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) expostos aos óleos essenciais de manjeriçã e candeeiro

A taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *C. maculatus* diminuiu com o aumento das concentrações dos óleos essenciais de manjeriçã ($r^2= 0,87$; $F_{1,27}= 176,8$; $P < 0,001$) e de candeeiro ($r^2= 0,81$; $F_{1,27}= 113,5$; $P < 0,001$) (Figura 2). A redução no número de adultos emergidos de *C. maculatus* com a exposição aos óleos essenciais de manjeriçã e candeeiro pode estar relacionada a possíveis efeitos tóxicos destes óleos sobre ovos e larvas do inseto, inferindo que possivelmente os constituintes majoritários do óleo essencial podem ter atuado individualmente ou em sinergismos com os demais constituintes.

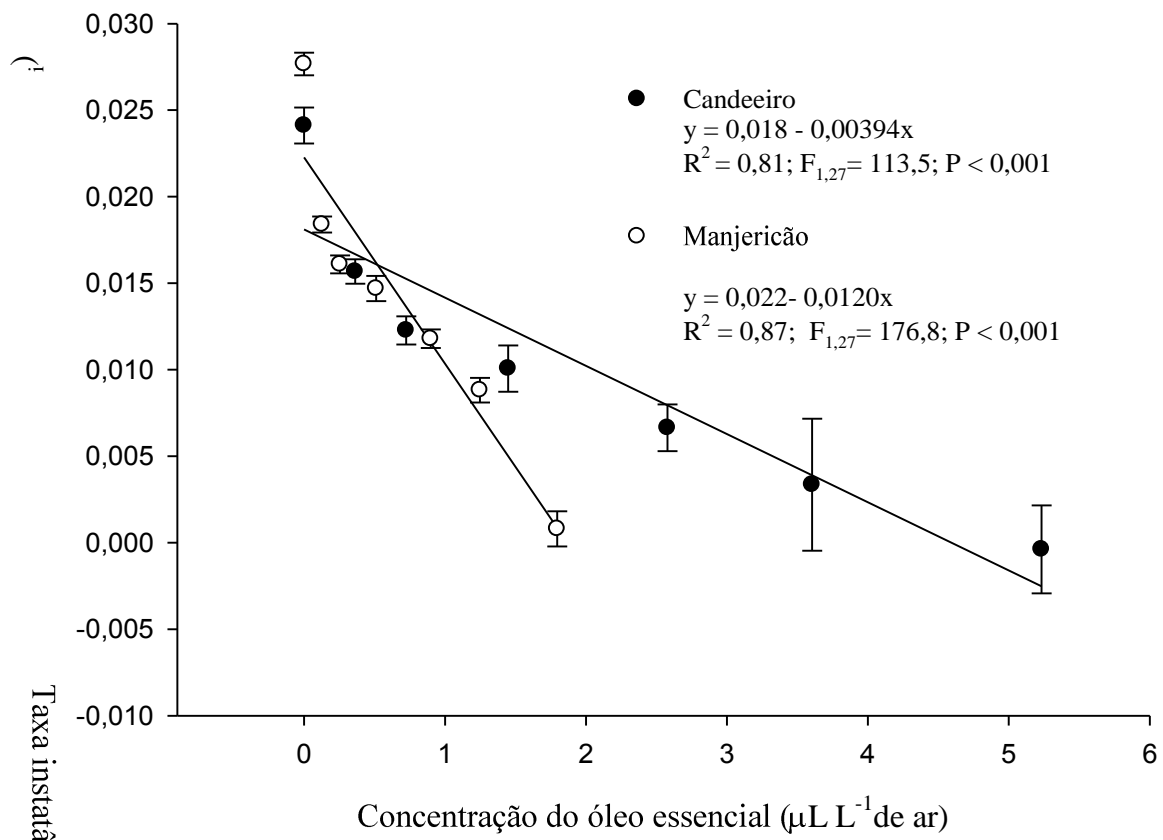


Figura 2. Taxa instantânea de crescimento populacional de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) exposto aos óleos essenciais de *Ocimum basilicum* (manjeriçao) e *Vanillosmopsis arborea* (candeeiro) em função da CL_{0,25}, CL_{0,5}, CL₁, CL₁₀, CL₂₅ e CL₅₀ por um período de 45 dias.

3.7 Taxa de desenvolvimento populacional de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) expostos aos óleos essenciais de manjeriçao e candeeiro

As curvas de regressão da emergência diária de *C. maculatus* exposto aos óleos essenciais de manjeriçao e candeeiro após 45 dias, mostram valores distintos para a taxa de desenvolvimento populacional desse inseto, quando exposto as diferentes concentrações dos óleos. A emergência diária máxima de adultos de *C. maculatus* expostos aos óleos essenciais de manjeriçao e candeeiro ocorreu entre os quatro e seis dias, após o início da emergência (Figura 3A). O modelo Log normal foi o que melhor se ajustou para descrever a emergência diária de *C. maculatus* exposto aos óleos essenciais de manjeriçao e candeeiro (Figura 3). O número de indivíduos de *C. maculatus* emergido com o óleo essencial de manjeriçao foi

maior nas CL_{0,25} (0,1276 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar) e CL_{0,5} (0,2553 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar) e menor na CL₅₀ (1,7952 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar) (Figura 3A).

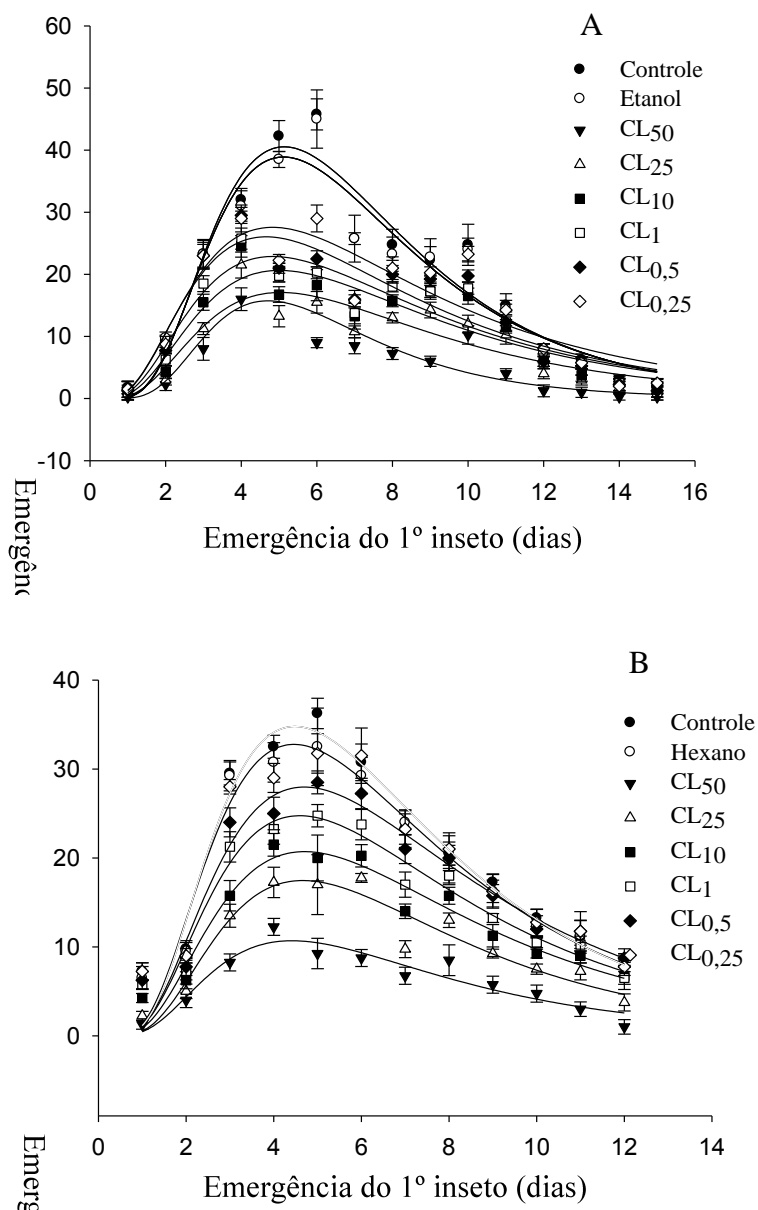


Figura 3. Emergência diária de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) expostos ao efeito fumigante do óleo essencial de *Ocimum basilicum* (manjeriçã) ao solvente etanol e sem a presença de óleo ou solvente (Controle) nas concentrações CL_{0,25} (0,1276 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL_{0,5} (0,2553 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL₁ (0,5106 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL₁₀ (0,8981 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL₂₅ (1,2468 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar) e CL₅₀ (1,7952 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar) (A) e de *Vanillosmopsis arborea* (candeieiro), ao solvente Hexano e sem a presença de óleo ou solvente (Controle) nas concentrações CL_{0,25} (0,3620 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL_{0,5} (0,7240 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL₁ (1,4481 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL₁₀ (2,5784 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL₂₅ (3,6051 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar) e CL₅₀ (5,2318 $\mu\text{L L}^{-1}$ de ar) por um período de 45 dias.

O número máximo de emergência diária de *C. maculatus* ocorreu entre o quarto e o quinto dia após o início da emergência para o óleo essencial de candeieiro (Figura 3B). O

maior número de indivíduos emergidos na presença deste óleo ocorreu nas $CL_{0,25}$ ($0,3620 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar) e $CL_{0,5}$ ($0,7240 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar) (Figura 3B). As curvas de emergência diária mínima de *C. maculatus* foram alcançadas entre doze e quinze dias, com emergência mínima para insetos expostos a CL_{50} ($1,7952 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar). A curva de emergência diária máxima dos insetos no controle foi registrada entre o quarto e sexto dia, após o início da emergência, semelhante à dos demais tratamentos.

A emergência acumulada de *C. maculatus* (Figura 4) mostrou melhor ajuste ao modelo sigmoidal para os óleos de manjeriço e candeieiro.

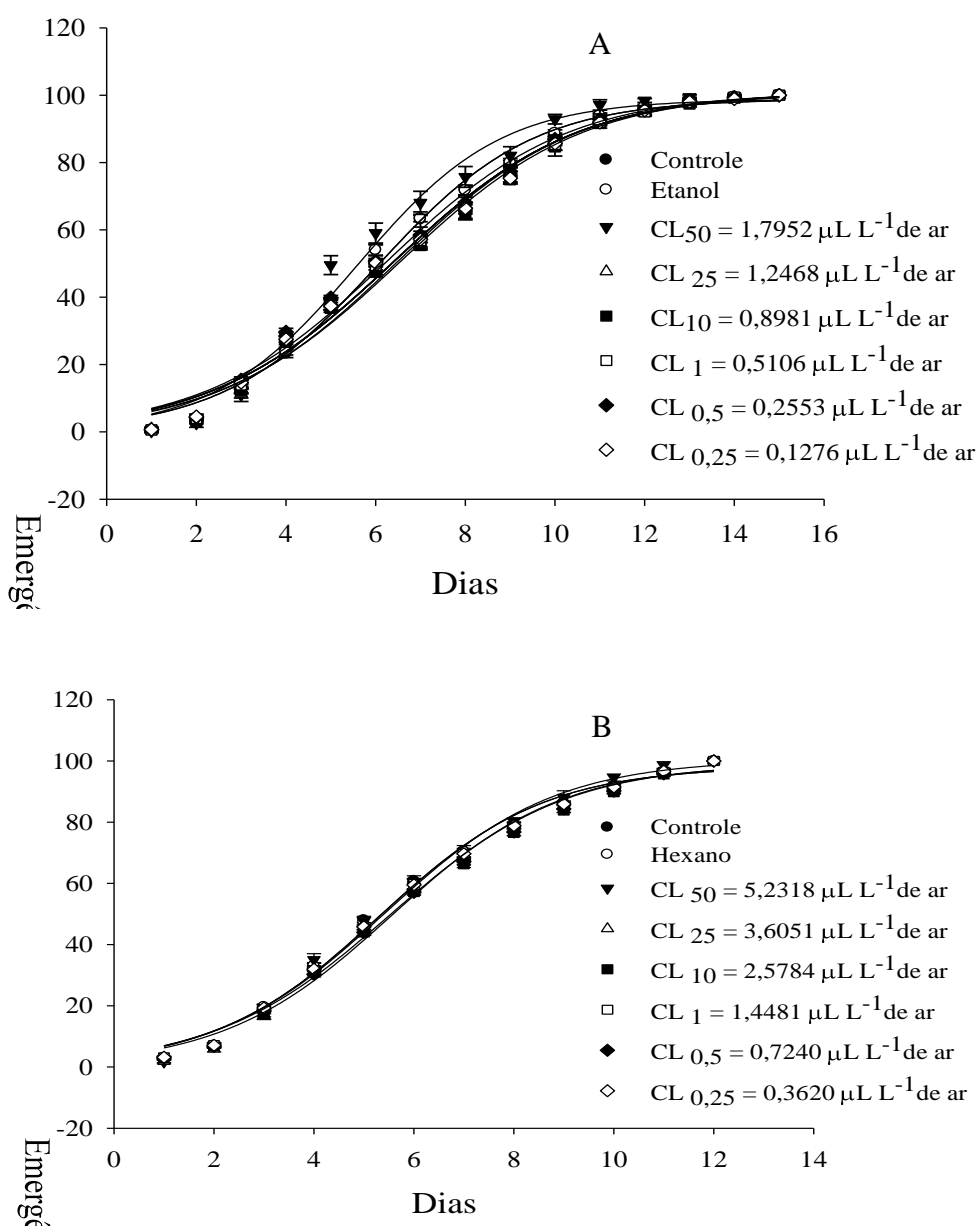


Figura 4. Emergência acumulada normatizada de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) expostos ao efeito fumigante dos óleos essenciais de *Ocimum basilicum* (manjeriço) (A) e *Vanillosmopsis arborea* (candeieiro) (B), nas $CL_{0,25}$, $CL_{0,5}$, CL_1 , CL_{10} , CL_{25} , e CL_{50} , seus respectivos solventes (etanol e hexano) e sem

a presença de óleo ou solvente (Controle). Os símbolos representam a média de quatro repetições para cada tratamento.

A emergência acumulada de *C. maculatus* com o óleo de manjerição mostrou pico entre o oitavo e o décimo dia para todas as concentrações. A emergência acumulada de *C. maculatus* no controle e com o solvente (etanol) e as $CL_{0,25}$ ($0,1276 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar), $CL_{0,5}$ ($0,2553 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL_1 ($0,5106 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL_{10} ($0,8981 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar) mostraram sobreposição (Figura 4A). O óleo de candeeiro apresentou sobreposição entre as emergências acumuladas de *C. maculatus* e as do controle e solvente (hexano); $CL_{0,25}$ ($0,3620 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar), $CL_{0,5}$ ($0,7240 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL_1 ($1,4481 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL_{10} ($2,5784 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar), CL_{25} ($3,6051 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar) (Figura 4B). A exposição a CL_{50} de ambos os óleos de manjerição e candeeiro por fumigação diminuiu a emergência diária e acumulada de *C. maculatus* (Figura 4).

A emergência diária e acumulada de *C. maculatus* expostos aos dois óleos essenciais estudados, mostraram melhor ajuste aos modelos das curvas log normal e o sigmoideal (Tabela 12). Os valores dos parâmetros estimados variaram em função das concentrações dos óleos essenciais utilizados (Tabela 12).

Tabela 12. Equações ajustadas para as curvas de emergência diária e normalizada de *Callosobruchus maculatus* tratados com óleo essencial de manjeriço (*Ocimum basilicum*) e candeeiro (*Vanillosmopsis arborea*) (Coleoptera: Bruchidae)

Modelo/Tratamento/ Concentração ($\mu\text{L L}^{-1}$ de ar)	Parâmetros estimados (\pm dp)			GL	F	P	R ²
	a	b	c				
Emergência Diária							
f = if(x<=0; 0;a*exp (-0,5*(ln(x/x0)/b)^2)/x)							
Manjeriçã							
Controle	236,5 \pm 7,0	0,5 \pm 0,5	6,6 \pm 0,13	59	275,45	<0,0001	0,91
Etanol	227,0 \pm 7,3	0,5 \pm 0,2	6,6 \pm 0,15	59	234,76	<0,0001	0,89
0,1276	163 \pm 6,4	0,6 \pm 0,3	7,2 \pm 0,29	59	114,61	<0,0001	0,80
0,2553	148 \pm 6,0	0,6 \pm 0,3	6,9 \pm 0,13	59	134,32	<0,0001	0,82
0,5106	134,5 \pm 5,0	0,6 \pm 0,3	7,1 \pm 0,26	59	134,39	<0,0001	0,82
0,8981	125 \pm 5,0	0,6 \pm 0,3	7,3 \pm 0,30	59	104,68	<0,0001	0,79
1,2468	103 \pm 5,0	0,6 \pm 0,3	7,2 \pm 0,29	59	92,54	<0,0001	0,76
1,7952	82 \pm 4,0	0,4 \pm 0,3	5,8 \pm 0,18	59	107,08	<0,0001	0,79
f = if(x<=0; 0;a*exp (-0,5*(ln(x/x0)/b)^2)/x)							
Candeeiro							
Controle	184 \pm 4,0	0,6 \pm 0,2	6,2 \pm 0,12	47	299,24	<0,0001	0,93
Hexano	174,1 \pm 4,0	0,6 \pm 0,2	6,3 \pm 0,15	47	235,11	<0,0001	0,91
0,3621	175,4 \pm 4,0	0,6 \pm 0,2	6,5 \pm 0,16	47	206,82	<0,0001	0,90
0,7241	158 \pm 4,0	0,6 \pm 0,2	6,9 \pm 0,18	47	210,21	<0,0001	0,90
1,4481	137 \pm 3,0	0,6 \pm 0,2	6,7 \pm 0,17	47	196,33	<0,0001	0,90
2,5784	117,6 \pm 3,0	0,6 \pm 0,2	6,9 \pm 0,19	47	181,22	<0,0001	0,90
3,6051	96,4 \pm 3,0	0,6 \pm 0,3	6,5 \pm 0,19	47	146,95	<0,0001	0,87
5,2318	56,25 \pm 2,0	0,6 \pm 0,1	6,2 \pm 0,23	47	106,67	<0,0001	0,83
Normatizada							
f = a/(1+exp(-(x-x0)/b))							
Manjeriçã							
Controle	99 \pm 0,8	1,72 \pm 0,2	6,04 \pm 0,06	59	3997,3	<0,0001	0,99
Etanol	99,25 \pm 0,06	1,73 \pm 0,05	6,04 \pm 0,06	59	4416,76	<0,0001	0,99
0,1276	101 \pm 1,08	2,04 \pm 0,07	6,3 \pm 0,08	59	3388,7	<0,0001	0,99
0,2553	101 \pm 1,11	2,01 \pm 0,07	6,2 \pm 0,08	59	2967,18	<0,0001	0,99
0,5106	101 \pm 1,15	2,04 \pm 0,08	6,4 \pm 0,09	59	2979,53	<0,0001	0,99
0,8981	101 \pm 1,17	2,03 \pm 0,07	6,5 \pm 0,09	59	3113,41	<0,0001	0,99
1,2468	101 \pm 1,18	1,9 \pm 0,08	6,4 \pm 0,09	59	2827,29	<0,0001	0,99
1,7952	98,81 \pm 1,17	1,6 \pm 0,08	5,6 \pm 0,09	59	1716,13	<0,0001	0,99
f = a/(1+exp(-(x-x0)/b))							
Candeeiro							
Controle	98,21 \pm 1,01	1,7 \pm 0,06	5,4 \pm 0,07	47	3276,17	<0,0001	0,99
Hexano	98,32 \pm 1,13	1,7 \pm 0,06	5,3 \pm 0,07	47	3163,19	<0,0001	0,99
0,3621	98,92 \pm 1,06	1,7 \pm 0,08	5,4 \pm 0,06	47	3856,54	<0,0001	0,99
0,7241	99,23 \pm 1,17	1,7 \pm 0,06	5,6 \pm 0,07	47	3676,01	<0,0001	0,99
1,4481	99,30 \pm 1,19	1,7 \pm 0,06	5,5 \pm 0,08	47	3436,44	<0,0001	0,99
2,5784	99,06 \pm 1,27	1,8 \pm 0,06	5,6 \pm 0,08	47	3165,18	<0,0001	0,99
3,6051	99,02 \pm 1,30	1,7 \pm 0,07	5,6 \pm 0,08	47	2797,31	<0,0001	0,99
5,2318	100,55 \pm 1,36	1,7 \pm 0,07	5,4 \pm 0,09	47	2483,39	<0,0001	0,99

3.8 Perda de massa dos grãos

As curvas de regressão, para o feijão-caupi exposto a diferentes concentrações dos óleos essenciais, mostraram menor perda de massa de grãos com o óleo de manjeriço ($r^2=0,80$; $F_{1,27}=103,3$; $P<0,001$) e candeieiro ($r^2=0,92$; $F_{1,27}=291,7$; $P<0,001$) após os 45 dias de exposição (Figura 5). Essa perda foi de 8,2% e de 8,4% para o feijão tratado com óleo essencial de manjeriço e candeieiro e de 14,9% e 15% do controle, respectivamente, isto indica que a exposição aos óleos essenciais reduziu a alimentação de *C. maculatus* e que os efeitos tóxicos dos óleos essenciais de manjeriço e candeieiro sobre a mortalidade, oviposição e taxa de crescimento e desenvolvimento de *C. maculatus*, influíram diretamente sobre a perda de massa dos grãos de feijão-caupi.

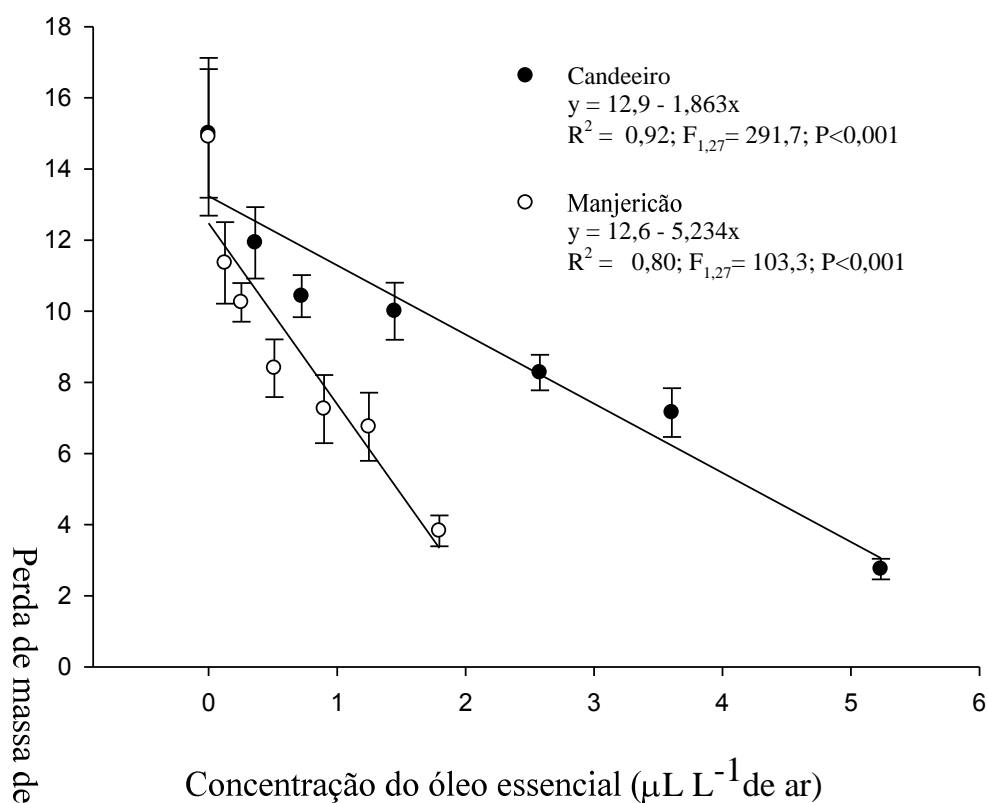


Figura 5. Perda de massa dos grãos de feijão tratados ou não (controle) com óleos essenciais de *Ocimum basilicum* (manjeriço) e *Vanillosmopsis arborea* (candeieiro) nas $CL_{0,25}$, $CL_{0,5}$, CL_1 , CL_{10} , CL_{25} e CL_{50} na presença de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) após 45 dias de exposição as mesmas.

4 DISCUSSÃO

Os monoterpenos são as moléculas mais representativas, constituindo 90% dos óleos essenciais, caracterizando-se por dois ou três grandes componentes em concentrações relativamente altas (20-70%) em comparação com os outros compostos presentes em quantidades inferiores. Geralmente, estes componentes principais determinam as propriedades biológicas dos óleos essenciais, podendo ser uma fonte alternativa de materiais para o controle de insetos de grãos armazenados (BAKKALI et al., 2008).

A análise cromatográfica do óleo essencial de *O. basilicum* (manjeriço) e de *V. arborea* (candeeiro), mostrou que os principais componentes do óleo de manjeriço são o linalol ($((\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)(\text{OH})\text{CH}=\text{CH}_2)$) e estragol ($\text{H}_2\text{C}=\text{CHCH}_2\text{C}_6\text{H}_4\text{OCH}_3$) e do óleo de candeeiro, o α -bisabolol ($\text{C}_{15}\text{H}_{26}\text{O}$). Esses resultados foram condizentes com os relatados para estes óleos essenciais (OPALCHENOVA e OBRESHKOVA, 2003; LIMA et al., 2006; SAROGLU, 2006; GOVINDARAJAN et al., 2013; ZEKOVIC', 2014), porém, fatores como tipo de solo, altitude, temperatura, período de insolação, cultivo, condições de secagem e estocagem entre outros, influenciam na composição dos óleos essenciais (SOUZA e VENDRAMIM, 2001).

Os óleos essenciais de manjeriço e candeeiro e seus componentes isolados apresentaram CL_{50} de $1,51 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar à $5,23 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar. Esses valores são baixos em relação aos de *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus staigeriana*, *Eucalyptus camaldulensis* e *Cymbopogon winterianus* que apresentaram CL_{50} de $2,58 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar a $56,7 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar para *C. maculatus* (GUSMÃO et al., 2013) e o óleo essencial de *Eucalyptus globulus* valor de CL_{50} de $4 \mu\text{L L}^{-1}$ (TALEB et al., 2014). O óleo essencial de *Heracleum persicum* apresentou $219,4 \mu\text{L L}^{-1}$ de ar, para a CL_{50} em *C. maculatus* com 12 h de exposição (IZAKMEHRI et al., 2013).

Os óleos essenciais de manjeriço e candeeiro foram letais para adultos de *C. maculatus* em baixas concentrações. Esses óleos constituem uma fonte rica de compostos bioativos biodegradáveis em produtos não tóxicos e potencialmente adequados para uso, especialmente contra pragas de grãos armazenados (NENAAH, 2011). A mortalidade dos adultos de *C. maculatus* na presença dos óleos essenciais, ocorre devido a esses óleos apresentarem compostos voláteis, geralmente constituídos por terpenóides (PEREIRA et al., 2009). A eficácia desses óleos depende de fatores como dose ou concentração, espécie de insetos, superfície de aplicação, via de penetração, método de aplicação e composição do óleo, estação do ano, condições ecológicas, método e tempo de extração e parte da planta (DON-PEDRO, 1996; LEE et al., 2001).

O óleo essencial de manjeriço mostrou efeito letal para *C. maculatus* em menores concentrações que o de candeeiro. Este óleo já apresentou efeito contra larvas de *Culex tritaeniorhynchus*, *Aedes albopictus* e *Anopheles subpictus* (Diptera: Culicidae) (GOVINDARAJAN et al., 2013; NTONGA et al., 2014) e contra bactérias resistentes do gênero *Staphylococcus*, *Enterococcus* e *Pseudomonas* (OPALCHENOVA e OBRESHKOVA, 2003). O óleo essencial de manjeriço também possui atividade antifúngica (FIERASCU et al. 2014) e efeito fumigante, deterrente e tóxico por contato para *Sitophilus zeamais* (KIM e LEE, 2014). Monoterpenos do óleo essencial de manjeriço inibiram in vitro o vírus da diarreia viral bovina (KUBIÇA et al., 2014), reduziram o tamanho do infarto cerebral e a peroxidação lipídica em camundongos (BORA et al., 2011) e foram utilizados contra lagartas de *Lymantria dispar* (POPOVIĆ et al., 2013).

Linalol e estragol foram letais a *C. maculatus* em menores concentrações que os óleos essenciais de manjeriço e candeeiro e mostraram maiores inclinações das curvas de mortalidade (Tabela 4). O linalol, monoterpeneo mais conhecido do óleo essencial de manjeriço, é repelente a insetos (CHAPMAN et al., 1981), inibe a reprodução de *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) (REGNAULT-ROGER e HAMRAOU 1995) e apresenta atividade larvicida contra larvas de *Aedes aegypti*, *Culex quinquefasciatus* e *Aedes stephensi* (Diptera: Culicidae) (CHENG et al., 2004, TIWARY et al., 2007). O efeito letal do linalol sobre *C. maculatus* pode ser explicado pelo fato dos monoterpenóides inibirem a enzima acetilcolinestraxe (ABDELGALEIL et al., 2009). O linalol inibe a ligação de [3 H] glutamato e de [3 H] dizocilpina na membrana do córtex cerebral, indicando participação da transmissão glutamatérgica em seu mecanismo de ação (ELISABETSKY et al., 1995). O linalol reduziu a liberação de glutamato estimulada por K⁺ e sua receptação quando testado na liberação e recaptação (basal e estimulada por K⁺) de [3 H]glutamato por sinaptossomas do córtex cerebral de camundongos (BRUM et al., 2001), sugerindo atuação do linalol no sistema glutamatérgico. Efeitos antinociceptivos deste monoterpeneo podem também, estar relacionados à atividade sobre a neurotransmissão glutamatérgica (PEANA et al., 2004a), pois o antagonismo a receptores NMDA pode provocar analgesia supra-espinhal mediada pela estimulação de receptores opióides centrais e de receptores dopaminérgicos D1/D2 (PEANA et al., 2004b).

O estragol foi tóxico para *C. maculatus* apresentando menores concentrações letais (CL₅₀ e CL₉₅) e maior inclinação da curva de mortalidade. O estragol, um éter monoterpeneo volátil encontrado em numerosas plantas, é considerado uma substância flavonóide (SMITH et al., 2002). Este componente e seus produtos de biotransformação

apresentam potencial tóxico por serem genotóxicos, mutagênicos ou carcinogênicos (DE VICENZI et al., 2000). Apesar disso, foi considerado seguro (GRAS - Generally Recognized As Safe) pela FEMA (Flavor and Extract Manufacturer's Association, 1965) por não oferecer risco a saúde humana em pequenas quantidades ($0,6 \text{ mg kg}^{-1} \text{ dia}^{-1}$). O metil-chavicol ou estragol deprime o Sistema Nervoso Central e causa alterações de reflexos comportamentais (BATATINHA et al., 1995; MORAIS et al., 2006; CAMURÇA-VASCONCELOS et al., 2007). O estragol atua no músculo liso intestinal de cobaias com efeito antiespasmódico e, por isto, foi recomendado contra distúrbios gastrintestinais e para problemas cardiovasculares (SIQUEIRA et al., 2006). O efeito inseticida do estragol sobre os adultos de *C. maculatus* pode ser devido a ação neurotóxica como relatado inibição mista à enzima acetilcolinesterase (AChE) ao se ligar ao complexo enzima-substrato (LOPEZ et al. 2010). O estragol inibe o crescimento de larvas do *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) e possui ações antiparasitárias e antihelmínticas (MORAIS et al., 2006). Esse composto apresenta potencial inseticida relatado para *Oryzaephilus surinamensis* (Coleoptera: Silvanidae), *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae), *Liposcelis bostrychophila* (Psocoptera: Liposcelididae) e *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) (LOPEZ et al., 2010; EBADOLLAHI, 2011; WANG et al., 2011; MBATA et al., 2012; ZHAO, 2012; KIM e LEE, 2014).

O óleo essencial de candeieiro (*Vanillosmopsis arborea*) foi tóxico para adultos de *C. maculatus*, além disso, teve efeito larvicida para *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) (FURTADO et al., 2005). O α -bisabolol, componente majoritário do óleo essencial de candeieiro, é um terpeno com atividade anti-inflamatória, efeitos antialérgicos, antiespasmódicos, antibacterianos, antipiréticos, antiúlceras e antifúngicos (SZOKE et al., 2004; SRIVASTAVA e GUPTA, 2007). O α -bisabolol inibiu o crescimento de fungos e leveduras, como *C. albicans* e *Saccharomyces cerevisiae* (PAULI, 2003).

O α -bisabolol foi letal em menores concentrações (CL_{50} e CL_{95}) para *C. maculatus* que o óleo essencial de candeieiro, o que pode ser explicado pelo seu mecanismo de ação que está relacionado com a ativação dos canais K^+_{ATP} (BREHM-STECHER e JOHNSON, 2003). As atividades biológicas do α -bisabolol incluem ação mutagênica/antimutagênica (GOMES-CARNEIRO et al., 2005), inibição do sistema P450 humano (GANZERA et al., 2006), atividade cicatrizante (ANDERSEN et al., 2006), proteção à toxicidade gástrica induzida por ácido acetilsalicílico (TORRADO et al., 1995), atividade antibacteriana (BREHM-STECHER e JOHNSON, 2003) e inibição da degranulação de mastócitos (MILLER et al., 1996). O α -bisabolol, nas concentrações de 0,5 a 2 mM modifica a permeabilidade da membrana dos microrganismos *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* (BREHM-STECHER e

JOHNSON, 2003). A atividade antimicrobiana do bisabolol parece estar relacionada a possível inibição seletiva da biossíntese do ergosterol, usado como antifúngico em sua forma pura ou como componente principal no desenvolvimento de drogas antifúngicas (PAULI, 2003).

A maior mortalidade demonstrada pelo estragol e linalol pode ser explicada pela sua ação de inibição mista à enzima acetilcolinesterase (AChE) ao se ligar à enzima livre e ao complexo enzima-substrato (LOPEZ et al., 2010). A mortalidade de *C. maculatus* com linalol e estragol sob a forma de vapor, se deve, provavelmente, a pureza dos monoterpenos isolados e a respiração traqueal dos insetos, localizada lateralmente através de espiráculos, o que favorece maior absorção dos compostos e, conseqüentemente, a morte do mesmo por asfixia (ALMEIDA et al., 2005). Concentrações mais altas dos óleos de manjeriço e candeeiro apresentaram mortalidade superior a 60% e seus componentes isolados linalol, estragol e α -bisabolol valores aproximados de 80%, equiparando-se e, mesmo, superando a eficiência dos produtos comerciais rotenona e Natuneem® (AZEVEDO et al., 2007).

A mortalidade de fêmeas de *C. maculatus* causada pelos óleos essenciais de manjeriço e candeeiro foram menores que com seus componentes, o que concorda com a mortalidade de fêmeas desse inseto com *Ocimum gratissimum* (KÉITA et al., 2001). Isto pode ser explicado pelo dimorfismo sexual, com fêmeas apresentando abdômen maior, o maior tamanho pode conferir maior resistência a esses componentes (CAMPOS et al., 1989). O estragol e linalol causaram maior mortalidade de fêmeas, o que pode reduzir o crescimento populacional de *C. maculatus*.

Os óleos essenciais de manjeriço e candeeiro e seus componentes (linalol, estragol e α -bisabolol) reduziram a oviposição de *C. maculatus* de acordo com as suas concentrações. O número de ovos por fêmea de *C. maculatus* no controle foi de 80 ovos, número reduzido proporcionalmente ao aumento das concentrações dos óleos essenciais de manjeriço e candeeiro e seus componentes. *Melia azedarach* L., *Sapindus saponaria* L. e *Piper tuberculatum* podem reduzir a oviposição de *C. maculatus* (CASTRO et al., 2010), mas essa atividade depende da parte da planta, das quais os extraídos foram obtidos (CASTRO et al., 2010). A inibição da oviposição de *C. maculatus* está ligada aos monoterpenos dessa planta, como relatado para o pó de folhas de *M. azedarach* com deposição de um número de ovos maior que o com talos da mesma (CASTRO et al., 2010). Este comportamento pode estar associado aos teores de substâncias secundárias nas diferentes partes dos vegetais (SOUZA e VENDRAMIM, 2001). No entanto, pós de umaru (*Amburana cearensis*), marmeleiro (*Croton sonderianus*), mussambê (*Cleome spinosa*), jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), angico

(*Anadenanthera macrocarpa*), pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*), mangirioba (*Senna occidentalis*), alfazema-brava (*Hyptis suaveolens*) e juazeiro (*Ziziphus joazeiro*) não afetaram a sobrevivência e o comportamento de oviposição de *C. maculatus* (Melo et al., 2015). Diferentes doses do óleo essencial de *Eucalyptus citriodora* reduziram a oviposição de *C. maculatus* em 48,40% na concentração de 0,5 mg/100 mg (SINGH, 2011). A oviposição de *C. maculatus* diminuiu com a exposição aos óleos de *Eucalyptus camaldulensis* e de *Heracleum persicum* (IZAKMEHRI et al., 2013). Os óleos essenciais de manjerição e candeeiro reduziram o número de ovos por fêmea de *C. maculatus* e seus componentes linalol, estragol e α -bisabolol, na CL_{50} , mostraram menor número de ovos, o que pode ser explicado pela susceptibilidade das fêmeas acasaladas aos monoterpenóides (MBATA e PAYTON 2013).

Neste trabalho, a taxa instantânea de crescimento populacional (r_t) de *C. maculatus* variou entre as concentrações dos óleos essenciais de manjerição e de candeeiro, diminuindo com o aumento das concentrações. O óleo essencial de ambas as espécies avaliadas, apresentaram efeito larvicida contra *Aedes aegypti*, inferindo que possivelmente os constituintes majoritários do óleo essencial podem ter atuado individualmente ou em sinergismos com os demais constituintes (FURTADO et al., 2005).

O efeito ovicida para insetos da família Bruchidae é aumentado pela presença de um espaço largo entre o ovo e a superfície da semente. Este espaço tem formato de um pequeno funil no final da parte posterior do ovo de *C. maculatus* o que facilita a entrada do óleo e seus constituintes voláteis, causando um bom efeito ovicida e larvicida (CREDLAND, 1992). O óleo provoca um efeito de barreira que, aliado à falta de atividade respiratória e acumulação de metabólitos tóxicos, causa a morte de ovos de *C. maculatus* em grãos de caupi. Além disso, há o efeito tóxico direto da penetração do óleo no interior do ovo do inseto (DOM PEDRO, 1989). A toxicidade dos vapores dos óleos essenciais a ovos de insetos retardou a emergência de adultos e mostrou efeitos adversos em sua progênie (GURUSUBRAMANIAN e KRISHNA, 1996). A emergência de adultos de *C. maculatus* nos grãos de feijão tratados com óleos essenciais de manjerição e candeeiro foi mais tardia que a do controle, fato que pode ser explicado pelo efeito inibitório dos componentes dos óleos essenciais (MUCKENSTURM et al., 1982).

Nesta pesquisa, foi identificado que a perda de massa de grãos de feijão-caupi por *C. maculatus*, diminuiu com a exposição dos insetos aos óleos essenciais de manjerição e candeeiro. Insetos-praga de grãos de feijão reduzem o peso dos mesmos, no entanto o percentual de perda de massa diminui com o aumento de concentrações de extratos vegetais

(ALMEIDA et al., 2011). Extratos hidroalcoólicos de jaqueira (*Astocarpus heterophyllus*) e mastruz (*Chenopodium ambrosioides*) reduziram a perda de massa de grãos de feijão comum infestados por *Zabrotes subfasciatus* (ALMEIDA et al., 2011). A diminuição da perda de massa do feijão-caupi causada por adultos de *C. maculatus* constatada neste trabalho, está diretamente relacionada ao aumento da mortalidade, diminuição da oviposição das fêmeas e redução da taxa instantânea de crescimento e desenvolvimento populacional de *C. maculatus*, ocasionadas pela exposição aos óleos essenciais de manjeriço e candeeiro.

Os resultados obtidos nesta pesquisa, aliados às informações disponíveis na literatura científica, confirmam que o uso dos óleos essenciais de *Ocimum basilicum* (manjeriço) e *Vanillosmopsis arborea* (candeeiro) podem tornar-se alternativas para o controle de *Callosobruchus maculatus* e de outros insetos-praga de produtos armazenados. O uso dos óleos essenciais de manjeriço e candeeiro pode contribuir na redução dos danos ambientais ocasionados pelo uso de inseticidas químicos, além de reduzir os riscos de resistência dos insetos aos inseticidas convencionais.

5 CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos neste trabalho e considerando os objetivos propostos, conclui-se que os óleos essenciais de manjerição e candeeiro possuem efeito inseticida fumigante contra adultos de *Callosobruchus maculatus* e efeito redutor da oviposição das fêmeas do mesmo, promovendo redução na taxa de crescimento populacional deste inseto.

Os componentes do óleo essencial de manjerição, linalol e estragol possuem atividade inseticida para adultos de *C. maculatus*, causando maior mortalidade de fêmeas de acordo com o aumento das concentrações.

O α -bisabolol causou maior mortalidade de machos de *C. maculatus* que o óleo essencial de candeeiro, com mortalidade proporcional ao aumento das concentrações.

Trabalhos futuros deverão ser desenvolvidos com o intuito de explorar o efeito destes óleos para estágios imaturos (ovos, larvas e pupas) desta praga, por contato e fumigação e para melhor avaliar os efeitos neurotóxicos causados pelos óleos essenciais e seus componentes, assim como para a possível descoberta de novos sítios de ação destes produtos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, W.S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, v.18, p. 265-267. 1925.

ABDELGALEIL, S.A.M., MOHAMED, M.I.E., BADAWAY, M.E.I., EL-ARAMI, S.A.A. Fumigant and contact toxicities monoterpenes to *Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst) and their inhibitory effects on acetylcholinesterase activity. **Chemical Ecology**, v.35, p. 518-525, 2009.

ABDELGHANY, A.Y.; AWADALLA, S.S.; ABDEL-BAKY, N.F.; EL-SYRAFI, H.A.; FIELDS P.G. Stored-product insects in botanical warehouses. **Journal of Stored Products Research**, v. 46, p. 93-97, 2010.

ALI, M.; GUPTA, S. Carrying capacity of Indian agriculture: pulse crops. **Current Science**, v. 102, p. 874 – 881, 2012.

ALMEIDA, F.A.C.; ALMEIDA, S.A.; SANTOS, N.R.; GOMES, J.P.; ARAÚJO, M.E. R. Efeito de extratos alcoólicos de plantas sobre o caruncho do feijão vigna (*Callosobruchus maculatus*). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 585-590, 2005.

ALMEIDA, F. A. C.; COSTA, G. V.; SILVA, J. F.; SILVA, R. G.; PESSOA, E. B. Bioatividade de extratos vegetais no controle do *Zabrotes subfasciatus* isolados e inoculados em uma massa de feijão *Phaseolus*. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.13, p. 374-384, 2011.

AHN, W.C.; KALISH, S. A.; GELMAN, D. L.; MEDIN, C.; LUHMANN, S.; ATRAN, J. D.; COLEY, P.; SHAFTO, P. Why essences are essential in the psychology of concepts: Commentary on Strevens. **Cognition**, v.15, p. 237–262, 2001.

ANDERSEN, F.; HEDEGAARD, K.; FULLERTON, A.; PETERSEN, T. K.; BINDSLEV-JENSEN, C.; ANDERSEN, K. E. The hairless guinea-pig as a model for treatment of acute irritation in humans. **Skin Research and Technology**, v. 12, p. 183–189, 2006.

ASAWALAM, E.F.; EMOSAIRUE, S.O.; HASSANALI, A. Essential oil of *Ocimum grattissimum* (Labiatae) as *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) protectant. **African Journal of Biotechnology**, vol. 7 p. 3771-3776, 2008.

AZEVEDO, F. R.; LEITÃO, A. C. L.; LIMA, M. A. A.; GUIMARÃES, J. A. Eficiência de produtos naturais no controle de *Callosobruchus maculatus* (Fab.) em feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) armazenado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, p. 182-187, 2007.

BADII K.B.; ASANTE S.K.; BAYORBOR T.B. Susceptibility of some Kersting's groundnut landrace cultivars to *Callosobruchus maculatus* (Fab.) (Coleoptera: Bruchidae). **Journal of Science and Technology**, v. 31, p. 11–20, 2011.

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

BATATINHA M.J.; DE SOUZA-SPINOSA H.; BERNARDI M.M. Croton zehntneri: possible central nervous system effects of the essential oil in rodents. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 45, p. 53-57, 1995.

BELONG, P.; NTONGA, P.A.; BAKWO FILS, E.M.; DADJI, G.A.F.; TAMESSE, J.L. Chemical composition and residue activities of Ocimum canum Sims and Ocimum basilicum L essential oils on adult female Anopheles funestus ss. **Journal of Animal & Plant Sciences**, v. 19, p. 2854-2863, 2013.

BORA, K.S.; ARORA, S.; SHRI, R. Role of Ocimum basilicum L. in prevention of ischemia and reperfusion-induced cerebral damage, and motor dysfunctions in mice brain. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 137, p. 1360-1365, 2011.

BREHM-STECHER, B. F.; JOHNSON, E. A.Sensitization of Staphylococcus aureus and Escherichia coli to antibiotics by the sesquiterpenoids nerolidol, farnesol, bisabolol, and apitone. **Antimicrobial Agents of Chemotherapy**, v. 47, p. 3357-3360, 2003.

BRUM L.F.S.; EMANUELLI T.; SOUZA, D.; ELISABETSKY, E. Effects of linalool glutamate release and uptake in mouse cortical synaptosomes. **Neurochemical Research**, v. 26, p. 191-194, 2001.

CAMPOS, F. A. P.; XAVIER-FILHO, J.; SILVA, C. P.; ARY, M. B. Resolution and partial characterization of proteinases and 62 amylases from midguts of larvae of the bruchid beetle Callosobruchus maculatus (F.). **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 92B, p. 51-57, 1989.

CAMURÇA-VASCONCELOS, A.L.; BEVILAQUA, C.M.; MORAIS, S. M.; MACIEL, M. V.; COSTA, C. T.; MACEDO, I. T.; OLIVEIRA, L. M.; BRAGA, R. R.; SILVA, R. A.; VIEIRA, L. S. Anthelmintic activity of Croton zehntneri and Lippia sidoides essential oils. **Veterinary Parasitology**, v. 148, p. 288-294, 2007.

CASTRO, M.J.P.; SILVA, P. H. S.; SANTOS, J. R.; SILVA, J. A. L. Efeito de pós vegetais sobre a oviposição de Callosobruchus maculatus (Fabr.) (Coleoptera: Bruchidae) em feijão-caupi. **BioAssay**, v. 5, p.3-5, 2010.

CAVALCANTI, F.S.; NUNES, E.P. Reflorestamento de clareiras na Floresta Nacional do Araripe com Vanillosmopsis arborea Baker. **Revista Brasileira de Farmacologia**, v.12, p.94-96, 2002.

CHAPMAN, R.F.; BERNAYS, E.A.; SIMPSON, S.J. Attraction and repulsion of the aphid Cavariella aegopodii by plant odors. **Journal of Chemical Ecology**. v.7, p. 881, 1981.

CHENG, S.S.; LIU, J.Y.; TSAI, K.H.; CHEN, W.J.; CHANG, S.T. Chemical composition and mosquito larvicidal activity of essential oils from leaves of different Cinnamomum osmophloeum provenances. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 52, p. 4395-4400, 2004.

CONAB-COMPANHIA NACIONAL DO ABASTECIMENTO -. Estudos de Prospecção de Mercado, Safra 2013/2014. Brasília-DF, maio de 2015. Disponível em: www.conab.gov.br/.../12_09_11_16_41_03_prospeccao_15_146.pdf. Acesso em: 1 mai. 2015.

COSGE, B.; KIRALAN, M.; GÜRBÜZ, B. Characteristics of fatty acids and essential oil from sweet fennel (*Foeniculum vulgare* Mill. var. dulce) and bitter fennel fruits (*F. vulgare* Mill. var. vulgare) growing in Turkey. **Natural Product Research**, v. 22, p. 1011-1016, 2008.

COSTA, C.M.G.R.; SANTOS, M.S.; BARROS, H.M.M; AGRA, P.F.M; FARIAS, M.A. A. Efeito inibitório do óleo essencial de manjeriço sobre o crescimento in vitro de *Erwinia carotovora*. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 3, p. 35-38, 2009.

CREDLAND, P. F. The structure of bruchid eggs may explain the ovicidal effect of oils. **Journal of Stored Products Research**, v.28, p.1-9, 1992.

DE VICENZI, M.; SILANO, M.; MAIALETTI, F.; SCAZZOCCHIO, B. Constituents of aromatic plants: II. Estragole. **Fitoterapia**, v. 71, p. 725-729, 2000.

DON-PEDRO, K.N. Investigation of single and joint fumigant insecticidal action of citruspeel oil components. **Pesticide Science**, v. 46, p. 79-84, 1996.

EBADOLLAHI, A. Chemical constituents and toxicity of *Agastache foeniculum* (Pursh) Kuntze essential oil against two stored-product insect pests. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v.71, p.212-217, 2011.

ELISABETSKY, E.; AMADOR, T.A.; ALBUQUERQUE, R.R.; NUNES, D.S; CARVALHO, A.C. Analgesic activity of *Psychotria colorata* (Willd.). **Journal of Ethnopharmacology**, v. 48, p. 77-83, 1995.

FARONI, L.R.D.A.; MOLIN, E.T.; DE ANDRADE; CARDOSO, E.G. Utilização de produtos naturais no controle de *Acanthoscelides obtectus* em feijão armazenado. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 20, p. 44-48, 1995.

FIERASCU, I.; ION, R.M.; RADU, M.; DIMA, S.O.; BUNGHEZ, I.R; AVRAMESCU, S.M.; FIERASCU, R.C. Comparative study of antifungal effect of natural extracts and essential oils of *Ocimum basilicum* on selected artifacts. **Revue Roumaine de Chimie**, v. 59, p. 207-211, 2014.

FRANÇA, S.M.; OLIVEIRA, J.V.; ESTEVES FILHO, A.B.; OLIVEIRA, C.M. Toxicity and repellency of essential oils to *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera, Chrysomelidae, Bruchinae) in *Phaseolus vulgaris* L. **ACTA AMAZONICA**, vol. 42, P. 381-386, 2012.

FURTADO, R.F.; LIMA, M.G.A.; NETO, M.A.; BEZERRAS, J.N.S.; SILVA, M.G.V. Atividade Larvicida de Óleos Essenciais Contra *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). **Neotropical Entomology**, v.34, p.843-847, 2005.

GANZERA, M.; SCHNEIDER, P.; STUPPNER, H. Inhibitory effects of the essential oil of chamomile (*Matricaria recutita* L.) and its major constituents on human cytochrome P450 enzymes. **Life Science**, v. 78, p. 856-861, 2006.

GOMES-CARNEIRO, M. R.; DIAS, D. M.; DE OLIVEIRA, A.C.; PAUMGARTTEN, F. J. Evaluation of mutagenic and antimutagenic activities of alphabisabolol in the Salmonella/microsome assay. **Mutation Research**, v.585, p. 105-112, 2005.

GOVINDARAJAN, M.; SIVAKUMAR, R.; RAJESWARY, M.; YOGALAKSHMI, K. Chemical composition and larvicidal activity of essential oil from *Ocimum basilicum* (L.) against *Culex tritaeniorhynchus*, *Aedes albopictus* and *Anopheles subpictus* (Diptera: Culicidae). **Experimental Parasitology**, v. 134, p. 7-11, 2013.

GURUSUBRAMANIAN, G.; KRISHNA, S.S. The effects of exposing eggs of four cotton insects pests to volatiles of *Allium sativum* (Liliaceae). **Bulletin of Entomological Research**, v. 86, p. 29-31, 1996.

GUSMÃO, N.M.S.; OLIVEIRA, J.V.; NAVARRO, D.M.A.F.; DUTRA, K.A.; SILVA, W.A.; WANDERLEY, M.J.A. Contact and fumigant toxicity and repellency of *Eucalyptus citriodora* Hook., *Eucalyptus staigeriana* F., *Cymbopogon winterianus* Jowitt and *Foeniculum vulgare* Mill. Essential oils in the management of *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) (Coleoptera: Chrysomelidae, Bruchinae). **Journal of Stored Products Research**, v. 54, p. 41-47, 2013.

HERTLEIN, M. B.; THOMPSON, G. D.; SUBRAMANYAM B.; ATHANASSIOU CH. G. SPINOSAD. A new natural product for stored grain protection. **Journal of Stored Products Research**, v. 47, n. 3, p. 131-146, 2011.

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

IZAKMEHRI, K.; SABER, M.; MEHRVAR, A.; HASSANPOURAGHDAM, M.B.; VOJOU DI, S. Lethal and sublethal effects of essential oils from *Eucalyptus camaldulensis* and *Heracleum persicum* against the adults of *Callosobruchus maculatus*. **Journal of Insect Science**, v. 13, p. 1-11, 2013.

JUMBO, L.O.V.; FARONI, L.R.A.; OLIVEIRA, E. E.; PIMENTEL, M. A.; SILVA, G. N. Potential use of clove and cinnamon essential oils to control the bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* Say, in small storage units. **Industrial Crops and Products**, v. 56, p. 27-34, 2014.

KALIRAMESH, S.; CHELLADURAI, V.; JAYAS, D.S.; ALAGUSUNDARAM, K.; WHITE, N.D.G.; FIELDS, P.G. Detection of infestation by *Callosobruchus maculatus* in mungbean using near-infrared hyperspectral imaging. **Journal of Stored Products Research**, v. 52, p. 107-111, 2013.

KIM, S. I.; LEE, D. W. Toxicity of basil and orange essential oils and their components against two coleopteran stored products insect pests. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 17, n. 1, p. 13-17, 2014.

KNAAK, N., FIUZA, L.M. Potencial dos óleos essenciais de plantas no controle de insetos e microrganismos. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 5, p.120-132, 2010.

KUBIÇA, T.F.; ALVES, S.H.; WEIBLEN, R.; LOVATO, L.T. In vitro inhibition of the bovine viral diarrhoea virus by the essential oil of *Ocimum basilicum* (basil) and monoterpenes. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 45, p. 209-214, 2014.

LEE, S. E.; LEE, B. H.; CHOI, W. S.; PARK, B. S.; KIM, J. G.; CAMPBELL, B. C. Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L). **Pest Management Science**, v. 57, p. 548-553, 2001.

LEAL-CARDOSO, J. H.; MATOS-BRITO, B. G.; LOPES-JUNIOR, J. E.; VIANACARDOSO, K. V.; SAMPAIO-FREITAS, A. B.; BRASIL, R. O.; COELHO-DE SOUZA, A. N.; ALBUQUERQUE, A. A. Effects of estragole on the compound action potential of the rat sciatic nerve. **Brazilian Journal Of Medical and Biological Research**, v. 37, p. 1193-1198, 2004.

LIMA, I.V.M; SILVA, M.G.V; CAVALCANTI, F.S. Estudo químico de *Vanillosmopsis arborea* - fonte cearense de α -bisabolol. **Anais do XLVI Congresso Brasileiro de Química**, v. 46, 2006.

LÓPEZ, M.D.; JORDÁN, M.J.; PASCUAL-VILLALOBOS, M.J. Toxic compounds in essential oils of coriander, caraway and basil active against stored rice pests. **Journal of Stored Products Research**, v. 44, p. 273-278, 2008.

LOPEZ, M.D.; PASCUAL-VILLALOBOS, M.J. Mode of inhibition of acetylcholinesterase by monoterpenoids and implications for pest control. **Industrial Crops and Products**, v.31, p. 284-288, 2010.

MAZZONETTO, F.; VENDRAMIM, J.D. Efeito de Pós de Origem Vegetal sobre *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae) em Feijão Armazenado. **Neotropical Entomology**, v. 32, p. 145-149, 2003.

MBATA, G.N.; PASCUAL-VILLALOBOS, M.J.; PAYTON, M.E. Comparative mortality of diapausing and nondiapausing larvae of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae) exposed to monoterpenoids and low pressure. **Journal of Economic Entomology**, v.105, p.679- 685, 2012.

MBATA, G.N.; PAYTON, M.E. Effect of monoterpenoids on oviposition and mortality of *Callosobruchus maculatus* (F.) (Coleoptera: Bruchidae) under hermetic conditions. **Journal of Stored Products Research**, v. 53, p. 43-47, 2013.

MELO, B.A.; MOLINA-RUGAMA, A.J.; LEITE, D.T.; GODOY, M.; SARAUJO, E.L. Bioatividade de pós de espécies vegetais sobre a reprodução de *Callosobruchus maculatus* (FABR. 1775) (Coleoptera: Bruchidae). **Bioscience Journal**, v. 30, p. 346-356, 2014.

MILLER, T.; WITTSTOCK, U.; LINDEQUIST, U.; TEUSCHER, E. Effects of some components of the essential oil of chamomile, *Chamomilla recutita*, on histamine release from rat mast cells. **Planta Medica**, v. 62, p. 60–61, 1996.

MISHRA, B.B.; TRIPATHI, S.P.; TRIPATHI, C.P.M. Repellent effect of leaves essential oils from *Eucalyptus globulus* (Mirtaceae) and *Ocimum basilicum* (Lamiaceae) against two major stored grain insect pests of Coleopterons. **Nature and Science**, v. 10, p. 50-54, 2012.

MOSTASSO, L.; MOSTASSO, F. L.; DIAS, B. G.; VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. Selection on bean (*Phaseolus vulgaris* L.) rhizobial strains for the Brazilian Cerrados. **Field Crops Research**, v.73, p.121-132, 2002.

MORAIS, S. M.; CATUNDA-JUNIOR, F. E. A. C.; DA SILVA, A. R. A.; NETO, J. S. M.; RONDINA, D.; LEAL-CARDOSO, J. H. Antioxidant activity of essential oils from Northeastern Brazilian *Croton* species. **Química Nova**, v. 29, p. 907-910, 2006.

NENAAH, G. Individual and synergistic toxicity of solanaceous glycoalkaloids against two coleopteran stored-product insects. **Journal of Pest Science**, v. 84 p. 77-86, 2011.

NTONGA, A.P.; BALDOVINI, N.; MOURAY, E.; MAMBU, L.; BELONG, P.; GRELLIER, P. Activity of *Ocimum basilicum*, *Ocimum canum*, and *Cymbopogon citratus* essential oils against *Plasmodium falciparum* and mature-stage larvae of *Anopheles funestus* s.s. **Parasite**, v. 21, p. 1-8, 2014.

OLIVEIRA, E.C.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M.; FIGLIOLIA, M.B. Propostas para a padronização de metodologias em análise de sementes florestais. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 11, p. 1-2. 1989.

OLIVEIRA, J.; VENDRAMIM, J.; HADDAD, M. Bioatividade de pós vegetais sobre o caruncho do feijão armazenados. **Revista de Agricultura**, v. 4, p. 44-48, 1999.

OLIVEIRA, G.B.; KUNZ, D.; PERES, T.V.; LEA, R.B.; UCHÔ, A.F.; SAMUELS, R. I.; MACEDO, M.L.R.; CARLINI, C.R.; RIBEIRO, A.F.; GRANGEIRO, T.B.; TERRA, W.R.; XAVIER-FILHO, J.; SILVA, C.P. Variant vicilins from a resistant *Vigna unguiculata* lineage (IT81D-1053) accumulate in side *Callosobruchus maculatus* larval midgut epithelium. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v. 168, p. 45–52, 2014.

OPALCHENOVA, G; OBRESHKOVA, D. Comparative studies on the activity of basil—an essential oil from *Ocimum basilicum* L.—against multidrug resistant clinical isolates of the genera *Staphylococcus*, *Enterococcus* and *Pseudomonas* by using different test methods. **Journal of Microbiological Methods**, v. 54, p. 105-110, 2003.

PAPACHRISTOS D.P.; KARAMANOLI K.I.; STAMOPOULOS D.C.; MENKISSOGLU, S.U. The relationship between the chemical composition of three essential oils and their insecticidal activity against *Acanthoscelides obtectus* (Say). **Pest Management Science**, v. 60, p. 514-520, 2004.

PAULI, A. Natural principles for growth inhibition of microorganisms. **International Journal of Aromatherapy**, v, p. 143-146, 2003.

PEANA, A.T.; DE MONTIS, M.G.; NIEDDU, E.; SPANO, M.T.; D'AQUILA, P.S.; PIPPIA, P. Profile of spinal and supra-spinal antinociception of (-)-linalool. **European Journal of Pharmacology**, v. 485, p. 165-174, 2004a.

PEANA, A.T.; DE MONTIS, M.G.; NIEDDU, E.; SPANO, M.T.; D'AQUILA, P.S.; PIPPIA, P. Effects of (-)-linalool in the acute hyperalgesia induced by carrageenan, L-glutamate and prostaglandin E2. **European Journal of Pharmacology**, v. 497, p. 279-284, 2004b.

PEREIRA, A. C. R. L.; OLIVEIRA, J. V.; GONDIM JUNIOR, M. G. G.; CÂMARA, C. A. G. Influência do período de armazenamento de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] tratado com óleo essencial e fixos, no controle de *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera Chrysomelidae: Bruchinae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, p. 319-325, 2009.

PHILLIPS, A.K.; APPEL, A.G. Fumigant toxicity of essential oils to the German Cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 103, p. 781-790, 2010.

POPOVIĆ, Z.; KOSTIĆ, M.; STANKOVIĆ, S.; MILANOVIĆ, S.; SIVCEV, I.; KOSTIĆ, I.; KLJAJIĆ, P. Ecologically acceptable usage of derivatives of essential oil of sweet basil, *Ocimum basilicum*, as antifeedants against larvae of the gypsy moth, *Lymantria dispar*. **Journal of Insect Science**, v. 13, p. 161, 2013.

POPOVIĆ, Z.; KOSTIĆ, M.; POPOVIĆ, S.; SKORIĆ, S. Bioactivities of Essential Oils from Basil and Sage To *Sitophilus Oryzae* L. **Biotechnology & Biotechnological Equipment**, v. 20, p. 36-40, 2015.

RAJASHEKAR, Y.; KUMAR, H.V.; RAVINDRA K.V.; BAKTHAVATSALAM, N. Isolation and characterization of biofumigant from leaves of *Lantana camara* for control of stored grain insect pests. **Industrial Crops and Products**, v. 51, p. 224-228, 2013.

REGNAULT-ROGER, C.; HAMRAOUI, A. Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Stored Products Research** v.31, p. 291-299, 1995.

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

SANTOS, J.H.R.; VIEIRA, F.V. Ataque do *Callosobruchus maculatus* (L.) a *Vigna sinensis*: Influência sobre o poder germinativo de semente da vc. Seridó. **Ciência Agrônômica**, v. 1, p. 71-74, 1971.

SAROGLOU, V.; DORIZAS, N.; KYPRIOTAKIS, Z.; SKAL TSA, H.D. Analysis of the essential oil composition of eight *Anthemis* species from Greece. **Journal of Chromatography A**, v. 1104(1-2), p. 313-322, 2006.

SILVA, G. N.; FARONI, L. R. A.; SOUSA, A. H.; FREITAS, R. S. Bioactivity of *Jatropha curcas* L. to insect pests of stored products. **Journal Stored Products Research**, v.48, p. 111-113, 2012.

SINGH, R. Evaluation of some plant products for their oviposition deterrent properties against the *Callosobruchus maculatus* (F.) on chick pea seeds. **International Journal of Pharmaceutical Studies and Research**, v. 2, p. 25-28, 2011.

SIQUEIRA, M. J.; BOMM, D. M.; PEREIRA, G. F. N.; GARCEZ S. W.; BOAVENTURA, M. A. D. Estudo fitoquímico de *Unonopsis lindmanii* - Annonaceae, biomonitorado pelo ensaio de toxicidade sobre a *Artemia salina* leach. **Química Nova**, v. 21, p. 557-559, 2006.

SMITH, R.L.; ADAMS, T.B.; DOULL, J.; FERON, V. J.; GOODMAN, J.I.; MARNETT, L.J.; PORTOGHESE, P.S.; WADDELL, W.J.; WAGNER, B.M.; ROGERS, A.E.; CALDWELL, J.; SIPES, I.G. Safety assessment of allylalkoxybenzene derivatives used as flavouring substances, methyl eugenol and estragole. **Food and Chemical Toxicology**, v. 40, p. 851–870, 2002.

SRIVASTAVA, J.K.; GUPTA, S. Antiproliferative and apoptotic effects of chamomile extract in various human cancer cells. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.55, p. 9470–9478, 2007.

SOUSA, A.H.; MARACAJÁ, P.B.; SILVA, R.M.; MOURA, A.M.N.; ANDRADE, W. G. Bioactivity of vegetal powders against *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) in caupi bean and seed physiological analysis. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.5, p. 23-29. 2005.

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

SOUSA, A.H.; FARONI, L. R. A.; GUEDES, R.N.; TÓTOLA, M.R.; URRUCHI, W.I. Ozone as a management alternative against phosphine-resistant insect-pests of stored products. **Journal of Stored Products Research**, v. 44, p. 379-385, 2008.

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

SUTHISUT, D.; FIELDS, P. G.; CHANDRAPATYA, A. Contact toxicity, feeding reduction, and repellency of essential oils from three plants from the Ginger family (Zingiberaceae). **Journal of Economic Entomology**, v. 104, p.1445-1454, 2011.

SZOKE, E.; MÁDAYA, E.; TYIHÁK, E.; KUZOVKINA, I. N.; LEMBERKOVICS, C. E. New terpenoids in cultivated and wild chamomile (in vivo and in vitro). **Journal of Chromatography**, v. 800, p. 231–238, 2004.

TALEB, K.T.; CHEBHEB, M.H.; HAMI, H.; DEBRAS, J.F.; KELLOUCHE, A. Composition of essential oils extracted from six aromatic plants of Kabylia origin (Algeria) and evaluation of their bioactivity on *Callosobruchus maculatus* (Fabricius, 1775) (Coleoptera: Bruchidae). **African Entomology**, v. 22, p. 417-427, 2014.

TALUKDER, F.A.; P.E. HOWSE. Evaluation of *Aphana mixispolytachya* as a source of repellents, antifeedants, toxicants and protectants in storage against *Tribolium castaneum* (Herbst). **Journal of Stored Products Research**, v. 31, p. 55-61, 1995.

TIWARY, M., NAIK, S.N., TEWARYB, D.K., MITTALC, P.K., YADAVC, S. Chemical composition and larvicidal activities of the essential oil of *Zanthoxylum armatum* DC (Rutaceae) against three mosquito vectors. **Journal Vector-Borne and Zoonotic Diseases**, v. 44, p. 198–204, 2007.

TREMATERRA, P.; FONTANA, F.; MANCINI, M. Analysis of development rates of *Sitophilus zeamais* (L.) in cereals of the genus *Triticum*. **Journal of Stored Products Research**, v. 32, p. 315-322, 1996.

TORRADO, S.; TORRADO, S.; AGIS, A.; JIMENEZ, M. E.; CADORNIGA, R. Effect of dissolution profile and (-)-alpha-bisabolol on the gastrotoxicity of acetylsalicylic acid. **Pharmazie**. v. 50, p. 141-3, 1995.

WAKIL, W.; RIASAT, T.; LORDC, J.C. Effects of combined thiamethoxam and diatomaceous earth on mortality and progeny production of four Pakistani populations of *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae) on wheat, rice and maize. **Journal of Stored Products Research**, v. 52, p. 28-35, 2013.

WANG, C.F. Components and insecticidal activity against the maize weevils of *Zanthoxylum schinifolium* fruits and leaves. **Molecules**, v.16, p.3077-3088, 2011.

WALTHALL, W.K.; STARK, J.D. Comparasion of two population level ecotoxicological endpoints: The intrinsic (r_m) and instantaneous (r_i) rates of increase. **Environment Toxicology and Chemistry**, v. 16, p.1068-1073, 1997.

YOKOYAMA, L.P WETZEL, C.T.; VIEIRA, E.H.N.; PEREIRA, G.V.; Sementes de feijão: produção, uso e comercialização. In: Vieira, E.H.N.; Rava, C.A. In: Sementes de feijão: produção e tecnologia. **EMBRAPA, Arroz e Feijão**. Cap.12, p. 249-270, 2000.

ZHAO, N.N. Evaluation of the toxicity of the essential oils of some common Chinese spices against *Liposcelis bostrychophila*. **Food Control**, v.26, p.486-490, 2012.

ZEBITZ, C.P.W. Effects of some crude and azadirachtin enriched nem *Azadirachita indica* seed kernel extracts on larvae of *Aedes aegypti*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. v. 35, p. 11–14, 1984.

ZEKOVIC´, Z.; FILIP, S.; VIDOVIC´, S.; JOKIC´, S.; SVILOVIC´, S. Mathematical modeling of *Ocimum basilicum* L. Supercritical CO₂ Extraction. **Chemical Engineering & Technology**, v. 37, p. 2123-2128, 2014.