

SANDY MARIA SANTOS PASSOS

**EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS EM *Euschistus heros* EXPOSTO AO ÓLEO
ESSENCIAL DE *Lippia gracilis* E SEUS COMPOSTOS MAJORITÁRIOS**

São Cristóvão – SE

Março - 2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE – UFS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS APLICADAS – CCAA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA – DEA

**EFEITOS LETAIS E SUBLETAIS EM *Euschistus heros* EXPOSTO AO ÓLEO
ESSENCIAL DE *Lippia gracilis* E SEUS COMPOSTOS MAJORITÁRIOS**

Monografia apresentada ao
Departamento de Engenharia Agrônômica
– Universidade Federal de Sergipe, como
requisito parcial para obtenção do título de
Engenheira Agrônoma.

APROVADO em:

ORIENTADA:

Documento assinado digitalmente
 LEANDRO BACCI
Data: 03/04/2024 11:25:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Leandro Bacci
(Orientador)

Documento assinado digitalmente
 CARLISSON RAMOS MELO
Data: 01/04/2024 17:17:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Documento assinado digitalmente
 SWAMY ROCHA SIQUEIRA ABREU TAVARES
Data: 02/04/2024 19:48:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Carlisson Ramos Melo

(Banca examinadora)

Me. Swamy Rocha Siqueira
Abreu Tavares
(Banca examinadora)

Aos meus pais, Luciana e Aroaldo, e a
minha irmã, Shirley, dedico este trabalho,
sem vocês nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

À Deus por minha vida, família e amigos.

À Universidade Federal de Sergipe que me acolheu, desafiou, transformou em uma pessoa melhor e me ensinou que o verdadeiro teste não está nas provas e sim em encontrar um banco vazio no ônibus.

Ao meu orientador professor Dr. Leandro Bacci pela confiança e oportunidade de fazer parte do laboratório.

Aos meus pais, Luciana e Aroaldo e aos meus avós, Maria Eunice e Adelaido, por acreditarem e por todo o apoio durante toda a minha vida.

À minha irmã Shirley que sempre esteve ao meu lado apoiando, aconselhando, torcendo, vibrando a cada conquista e gritando comigo sempre que possível (é o jeitinho dela).

As minhas amigas, ou melhor, ao Agrishoro (Milena, Larissa, Jeangela, Louise e Daniela) por estarem comigo nesses 5 anos compartilhando surtos, risadas, desespero pré e pós provas, partidas de uno no Moura (perdi as contas de quantas), idas à praia durante as semanas exaustivas e fofocas (não sei como conseguem descobrir tantas coisas).

Aos membros do Laboratório Clínica Fitossanitária, Tainara, Camilla e Lucas, pelo acolhimento e parceria durante todos esses meses. Em especial a Swamy, Heloisa e Valfran por todos os conselhos, as risadas, os passeios organizados de última hora (Valfran com certeza não participa desse), as reuniões tão temidas pela graduação (porém amadas por Swamy) e os almoços no calor do Resun (as vezes nem vale a pena, né Heloisa?!)

À Sandry e Sandra por todo o incentivo, carinho e pela confiança (ou melhor, coragem) em deixar desde o início da graduação que eu cuide das suas plantas.

À turma 2019.1 de Engenharia Agrônômica por todos esses anos compartilhados.

À professora Dra. Maria Aparecida Moreira por todo o suporte e atenção.

SUMÁRIO

LISTAS DE FIGURAS	vii
LISTAS DE TABELAS	viii
RESUMO	ix
1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Soja	13
2.2 Percevejo-marrom-da-soja	14
2.2.1 Aspectos gerais	14
2.2.2 Danos	15
2.2.3 Controle	16
2.3 Manejo Integrado de Pragas (MIP)	17
2.4 Óleos essenciais	17
2.5 <i>Lippia gracilis</i> e seus quimiotipos	19
2.6 Efeito subletal	19
3 MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1 Obtenção dos insetos e manutenção da criação	20
3.2 Obtenção dos compostos	21
3.3 Bioensaios	21
3.4 Concentração-mortalidade	22
3.5 Curva de sobrevivência e tempo letal	22
3.6 Irritabilidade	23
3.7 Análises estatísticas	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Caracterização química do óleo essencial	24
4.2 Toxicidade	25

4.3 Irritabilidade.....	27
5 CONCLUSÃO	29
6 REFERÊNCIAS	30

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo de desenvolvimento do <i>Euschistus heros</i>	15
Figura 2: Estrutura molecular (a) timol e (b) carvacrol.....	18
Figura 3: Curvas de sobrevivência e tempo letal (TL ₅₀) para ninfas de terceiro instar de <i>Euschistus heros</i> após exposição de ninfas de terceiro instar às CL ₃₀ dos quimiotipos timol (OE LgThy) e carvacrol (OE LgCar) de <i>Lippia gracilis</i> , seus compostos majoritários timol (Thy e Car) isolados e do inseticida imidacloprido (Imi). TL ₅₀ = tempo letal necessário para matar 50% da população. Curvas seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Holm-Sidak a $P = 0,05$	27
Figura 4: Tempo médio de permanência de ninfas de terceiro instar de <i>Euschistus heros</i> em cada lado da arena parcialmente tratadas com as CL ₉₀ dos óleos essenciais dos quimiotipos timol (OE LgThy) e carvacrol (OE LgCar) de <i>Lippia gracilis</i> e seus compostos majoritários (Thy e Car) e do inseticida imidacloprido. Histogramas seguidos por asterisco indicam que houve diferença no tempo de permanência das ninfas entre o lado tratado e o não tratado por um período de 600 s, pelo teste de Wilcoxon ($P < 0,05$). OE LgThy = óleo essencial de <i>Lippia gracilis</i> quimiotipo timol; OE LgCar = óleo essencial de <i>Lippia gracilis</i> quimiotipo carvacrol; Thy = timol; Car = carvacrol e Imi = imidacloprido.....	29

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Composição dos óleos essenciais de dois acessos de <i>Lippia gracilis</i> (LgThy e LgCar).....	25
Tabela 2: Toxicidade dos óleos essenciais dos quimiotipos timol e carvacrol de <i>Lippia gracilis</i> , seus compostos majoritários isolados e do inseticida imidacloprido sobre ninfas de terceiro instar de <i>Euschistus heros</i>	26

RESUMO

O *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) conhecido popularmente como percevejo-marrom-da-soja, é um fitófago importante no cultivo de soja. O uso de inseticidas organossintéticos é a principal forma de controle, realizado por meio de aplicações periódicas, todavia a exposição excessiva provoca a seleção de insetos resistentes, toxicidade ao ambiente e aos organismos não alvos. Com o objetivo de realizar o controle eficiente e de forma mais sustentável, os óleos essenciais de plantas (OEs) apresentam características promissoras como alternativa para o manejo dos insetos. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos letais e subletais dos OEs de acessos de *Lippia gracilis* (Verbanaceae) e de seus compostos majoritários timol e carvacrol em comparação ao inseticida comercial (imidacloprido) no comportamento do *E. heros*. Para isso, foram realizados bioensaios de toxicidade e de comportamento, com a finalidade de avaliar a irritabilidade. Foram identificados 15 e 17 compostos nos OEs, sendo o timol e o carvacrol majoritários dos acessos *LgThy* e *LgCar*, respectivamente. Os OEs dos quimiotipos timol e carvacrol de *L. gracilis* e seus majoritários foram tóxicos para ninfas de terceiro instar de *E. heros*. As CL_{50} variaram de 0,20 a 0,77 mg/ml. O majoritário timol apresentou toxicidade semelhante à do inseticida imidacloprido. No comportamento os bioinseticidas causaram irritabilidade em todos os casos. Em média, os percevejos ficaram 31 e 29% do tempo no lado tratado com os OEs dos quimiotipos carvacrol e timol e 23 e 29% no lado dos majoritários timol e carvacrol, respectivamente. O imidacloprido não provocou alterações no comportamento de irritabilidade. Os resultados evidenciam o potencial do OE de *L. gracilis* e seus majoritários, sobretudo o timol, como alternativa no manejo de *E. heros*.

PALAVRAS-CHAVE: comportamento; inseticidas botânicos; Pentatomidae; repelência

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é considerada uma das principais *commodities* comercializadas mundialmente, sobretudo pela versatilidade do uso dos grãos (IMCOPA, 2023). No Brasil, o primeiro relato de seu cultivo foi registrado em 1882 no estado da Bahia (Black, 2000). Associado aos avanços dos pacotes tecnológicos e científicos a produção da cultura cresceu significativamente no Brasil (Freitas, 2011), porém, apesar dos avanços, a produção da soja é afetada por problemas fitossanitários, dentre eles, os percevejos considerados insetos-pragas importantes por afetarem o rendimento e qualidade dos grãos (Hoffmann-Campo *et al.*, 2000).

O percevejo-marrom-da-soja *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) (Hemiptera: Pentatomidae) destaca-se como uma das principais espécies de insetos-praga nas regiões produtoras do Brasil (Sosa-Gómez *et al.*, 2009). Os danos provocados por estes insetos estão relacionados ao hábito alimentar, já que são sugadores e, assim, afeta diretamente os grãos diminuindo o rendimento e sua qualidade. Além disso, são responsáveis pela transmissão de microrganismos como fungos que podem causar doenças nas plantas (“soja louca”, por exemplo) e gerar prejuízos (Panizzi; Slansky Jr., 1985). Os danos provocados por estes insetos ocasionam perdas de aproximadamente 30% na produção quando não controlados (Vivan; Degrande, 2011).

O controle do *E. heros* é usualmente realizado com inseticidas organossintéticos que associados a baixa seletividade aos inimigos naturais, uso excessivo e a falhas na aplicação promovem a seleção de indivíduos resistentes (Yano; Husch; Sosa-Gómez, 2015). Além disso, o uso incorreto desses inseticidas ocasiona problemas como contaminação ambiental (solo, água e atmosfera) e humana (Bueno *et al.*, 2011; Sosa-Gómez, Corso e Morales, 2001). Diante desses efeitos negativos, novas substâncias, menos contaminantes e mais seletivas são necessárias como alternativa de controle, dentre elas os óleos essenciais (OEs) têm se destacado por possuir atividades inseticidas (Costa; Silva; Fiuza, 2004; Marangoni; Moura; Garcia, 2012).

Dentre as espécies vegetais, a *Lippia gracilis* Schauer (Verbanaceae), conhecida como alecrim-da-chapada, encontrada principalmente nos estados da Bahia, Sergipe e Piauí (Matos, 2021), apresenta resultados promissores com potencial ação inseticida já que possuem sua composição, além de outros compostos, o timol e o

carvacrol (Albuquerque *et al.*, 2006a; Costa, Borges e Vilela, 1998). Estes majoritários destacam-se devido suas atividades antimicrobiana (fungicida, acaricida e bactericida) e inseticida (Albuquerque *et al.*, 2006a; Cruz *et al.*, 2013; Dantas *et al.*, 2023; Oliveira *et al.*, 2008; Pessoa *et al.*, 2005).

Neste trabalho, serão avaliados os efeitos letais e subletais dos quimiotipos do OE de *L. gracilis* e de seus compostos majoritários timol e carvacrol em comparação ao inseticida comercial (imidacloprido) no comportamento do *E. heros*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Soja

A soja é uma oleaginosa de origem asiática, considerada uma das principais *commodities* comercializadas mundialmente. Isso se dá, principalmente, pela versatilidade de uso dos grãos, que são utilizados como produtos e subprodutos em setores industriais, farmacêuticos e alimentares (IMCOPA, 2023; Loman; Al; Ju, 2016). No Brasil, de acordo com MAPA (2015) a soja é destinada, principalmente, para a produção de rações animais (farelo), para alimentação humana (grão) e para produção de óleo.

Mundialmente, em 2023/24, a produção de soja alcançou cerca de 369 milhões de toneladas (USDA, 2023). No Brasil, a produção de grãos foi destaque na safra de 2018/19 com recorde de 242,1 milhões de toneladas tendo a soja uma produção de 115 milhões de toneladas (CONAB, 2022). Em 2022/23, a produção de sola brasileira alcançou, aproximadamente, 154 milhões de toneladas (CONAB, 2023). Mato Grosso (MT) é o estado brasileiro de maior produção com 45,6 milhões de toneladas (CONAB, 2023).

O valor de produção da soja em 2022, no Brasil, cresceu cerca de 1,3% em relação a 2021 alcançando R\$345,4 bilhões (IBGE, 2023). A oleaginosa é ainda destaque nas exportações brasileiras com participação de 13,9% do total das exportações em 2022 segundo a Secretaria de Comércio Exterior (SECEX). Sendo assim, de acordo com a pesquisa Focus do Banco Central, a produção de soja contribuiu com aproximadamente 20% do crescimento do PIB de 2023.

No entanto, esses valores de produção poderiam ser ainda mais expressivos, não fossem os problemas fitossanitários, dentre eles destaca-se os prejuízos decorrentes de artrópodes fitófagos como, a lagarta elasmó (*Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848)), a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatilis* (Hübner, 1818)), a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797)), coró (*Phyllophaga capillata* (Blanchard, 1850)) e outros (Sosa-Gómez; Silva, 2010a; Syngeta, 2021).

Os percevejos pentatomídeos, também são considerados fitófagos importantes para a cultura, como o percevejo-verde (*Nezara viridula* (Linnaeus, 1758)), percevejo verde pequeno (*Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837)) e percevejo barriga verde

(*Diceraeus melacanthus* (Dallas, 1851)), os danos provocados por eles envolvem o abortamento, enrugamento e deformação de sementes e abscisão de vagens, (Gazzoni, 1998; Lustosa *et al.*, 1999; Panizzi, 1990; Panizzi e Corrêa-Ferreira, 1997). Dentre os insetos da família Pentatomidae, o *Euschistus heros* (Fabricius, 1798) é considerado o mais importante inseto-praga na Região Neotropical (Panizzi; Lucini; Aldrich, 2022).

2.2 Percevejo-marrom-da-soja

2.2.1 Aspectos gerais

O *E. heros*, popularmente conhecido como percevejo-marrom-da-soja, é um inseto fitófago que se destaca pelos danos causados no cultivo de soja (Gallo *et al.*, 2002; Hoffmann-Campo *et al.*, 2000; Sosa-Gómez e Silva, 2010). Seu ciclo envolve as fases de ovo, ninfa e adulto (hemimetábolo) (Panizzi *et al.*, 2008). Quando adultos, são de coloração marrom-escura e apresentam prolongamentos em formato de espinho na região do pronoto (Silva *et al.*, 2012). Além disso os machos e as fêmeas apresentam dimorfismo sexual pelo formato da genitália que nos machos é uma placa única (pigóforo) e nas fêmeas duas placas laterais (Corrêa-Ferreira; Krzyzanowski; Minami, 2009a).

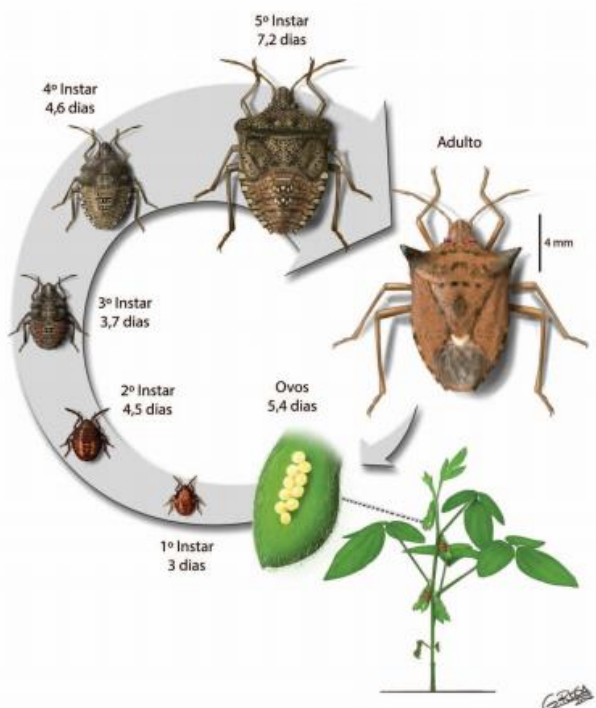
A oviposição inicia cerca de 15 dias após o início da fase adulta e é feita, quando realizado na soja, preferencialmente, no final do período vegetativo (Vn) nas folhas e vagens (Panizzi, 1980). Durante todo o ciclo de vida a fêmea pode produzir entre 61 e 99 ovos, distribuídos entre 6 e 11 massas (Panizzi *et al.*, 2008). A quantidade de ovos pode variar de acordo com a quantidade de acasalamentos (poliandria), uma vez que quanto maior o número de acasalamentos, maior o número de ovos (Costa; Borges; Vilela, 1998). Com o desenvolvimento das vagens (R4) e início do enchimento dos grãos (R5) a população desses percevejos aumenta causando maiores prejuízos pois afeta a produtividade e a qualidade do grão ou da semente (Corrêa-Ferreira; Panizzi, 1999; Corrêa-Ferreira; Roggia, 2013; Panizzi; Bueno; Silva, 2012).

A fase de ninfa envolve 5 estágios, as recém-eclodidas possuem hábito gregário e iniciam a alimentação a partir do segundo instar sendo os danos mais significativos nos instares seguintes (Tessmer *et al.*, 2022). Segundo Panizzi e Parra (1991) isso ocorre devido a pilosidade e espessura da parede vegetal das vagens, que dificultam a sucção da seiva devido ao tamanho e fragilidade das peças bucais das ninfas recém-

eclodidas. Durante todo o desenvolvimento do *E. heros*, o ciclo ovo-adulto tem duração média de 28,4 dias em condições favoráveis (Figura 1) (Cividanes; Parra, 1992).

Com a maturação fisiológica (R7) da planta a população dos insetos tende a diminuir e migram para plantas hospedeiras como, por exemplos, carrapicho-de-carneiro (*Acanthospermum hispidu* DC), girassol (*Helianthus annuus* L.), milho (*Zea mays* L.) e guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp) quando não há formas de alimentação, esses insetos iniciam período de dormência até que as condições ambientais estejam favoráveis (Corrêa-Ferreira; Panizzi, 1999; Corrêa-Ferreira; Roggia, 2013; Panizzi; Bueno; Silva, 2012).

Figura 1: Ciclo de desenvolvimento do *Euschistus heros*.



Fonte: (Cividanes; Parra, 1992)

2.2.2 Danos

O *E. heros* pode acometer o milho (*Z. mays*), girassol (*H. annuus*) e, principalmente, a soja (*G. max*) em várias regiões do Brasil (Panizzi et al., 2016; Silva et al., 2012; Smaniotto e Panizzi, 2015). As injúrias são causadas pela inserção dos estiletes nas vagens da soja (Corrêa-Ferreira, 2005; Depieri e Panizzi, 2011a; Silva et al., 2012). Segundo Todd e Herzog (1980) após a inserção do aparelho bucal o *E. heros* injeta secreções salivares nas sementes contendo enzimas digestivas, que

danificam o tecido liquefazendo porções sólidas e semissólidas das células que serão ingeridas. Esse processo pode causar morte celular dos tecidos (Hori, Schaefer e Panizzi, 2000).

Os danos causados pelos percevejos irão variar de acordo com o estágio de desenvolvimento e fenologia da planta, do tempo de alimentação e do nível populacional dos insetos (Corrêa-Ferreira; Krzyzanowski; Minami, 2009b; Depieri; Panizzi, 2011). De modo geral, esses danos resultam em grãos ou sementes “chochas” e enrugadas pois seu enchimento terá sido afetado, afeta ramos e hastes, além disso, de forma indireta transmite doenças causadas por fungos, como a conhecida “soja louca” (Corrêa-Ferreira; Azevedo, 2002; Panizzi; Slansky Jr, 1985). A “soja louca” é responsável por não formar os hormônios de senescência das plantas, alterar a quantidade e qualidade de óleo, paralisar a fase reprodutiva, aumentar o estágio vegetativo e causar a retenção das folhas” (Silva; Canteri; Silva, 2013).

2.2.3 Controle

Devido sua importância na produção agrícola por causa dos elevados danos mesmo em baixa população, o nível de controle determinado para o *E. heros* no cultivo da soja, por exemplo, é de dois insetos por metro linear quando a finalidade é a produção de grãos e de um inseto por metro quando é produção de sementes (Bueno *et al.*, 2013). O controle desses insetos é realizado através de inseticidas organossintéticos sendo aplicadas em média de 4 a 8 pulverizações a cada ciclo da cultura (Bueno *et al.*, 2015). No Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) são registrados os inseticidas que pertencem aos grupos químicos dos piretróides, organofosforados, neonicotinóides e os tetranortriterpenóide, todos podem ser aplicados isolados ou em misturas (AGROFIT, 2023).

Estes inseticidas são aplicados usualmente através de pulverizações foliares e em tratamento de sementes, todavia o uso inapropriado e a exposição excessiva são responsáveis por casos de resistência dos insetos (Bueno *et al.*, 2015, 2013). Casos de tolerância das populações de *E. heros* aos inseticidas foram registrados para neonicotinóides, como o imidacloprido, piretróides, organofosforados e endossulfan. (Castellanos *et al.*, 2019; Sosa-Gómez *et al.*, 2009; Tibola, 2021).

2.3 Manejo Integrado de Pragas (MIP)

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) surgiu como uma alternativa aos problemas causados pelo uso dos inseticidas de forma incorreta. As técnicas do MIP soja iniciaram em 1975 e tem como características a realização de amostragens com monitoramento contínuo (semanal, no mínimo), a verificação do nível de dano econômico e, quando necessário, a aplicação de inseticidas em doses reduzidas, rotacionados dentre os modos de ação para evitar a seleção de insetos resistentes e que sejam seletivos aos inimigos naturais e outros organismos benéficos. Além disso, o MIP visa, também, o conhecimento sobre grupos de inimigos naturais (patógenos, parasitoides e predadores) como forma de controle dos insetos fitófagos (Bueno *et al.*, 2012; Conte *et al.*, 2018; Corrêa-Ferreira *et al.*, 2012).

Segundo Panizzi (2012), o manejo dos insetos-pragas da soja está satisfatório, porém a atuação do controle químico está causando seleção de percevejos resistentes como o *E. heros*, já que fica longos períodos em outras plantas hospedeiras ou sob os restos culturais (palhada) sendo necessário monitoramento tanto durante o desenvolvimento da cultura, quanto na palhada, após a colheita. Em contrapartida, de acordo com Oliveira (2018), o MIP não está sendo realizado de forma eficiente, já que ocorre o abandono ao monitoramento, a calendarização das aplicações de inseticidas e a falta de diversificação de cultivos. Todos esses fatores contribuem para o aumento do número de pragas. Dessa forma, a necessidade por alternativas de controle do *E. heros* de forma sustentável, são necessárias.

2.4 Óleos essenciais

Os óleos essenciais são substâncias voláteis e possuem componentes aromáticos característicos que conferem odor, sabor ou aroma distintos. Podem ser sintetizados em diversos órgãos da planta (brotos, flores, folhas, caules, galhos, raízes, cascas e frutos) e, posteriormente, são armazenados em estruturas como tricomas glandulares, cavidades e células secretoras (Jacquot; Gadai, 2021). Eles produzidos através do metabolismo secundário e desempenham diversas funções como: atrair polinizadores e insetos benéficos, proteger das variações de temperatura e defender a planta contra pragas e/ou microrganismos (Dixon, 1999; Pavela, 2015; Pichersky; Gang, 2000).

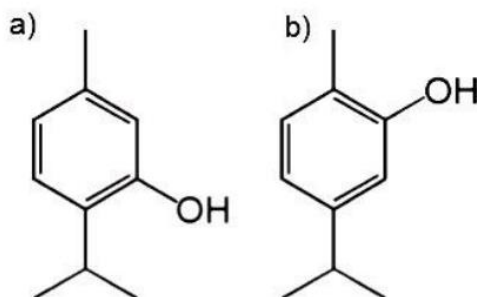
São constituídos por variados compostos responsáveis por suas propriedades físico-química e biológicas, como hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, entre

outros (Simões, 2001). Essa composição está diretamente relacionada a espécie vegetal e com fatores como: estágio de desenvolvimento da planta, presença de insetos-pragas e doenças, qual parte da planta utilizada, fatores abióticos como luminosidade, temperatura, nutrição, época e horário da coleta e pluviosidade (Boira; Blanquer, 1998; Morais, 2009)

Eles podem ser divididos em três grupos principais: terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados (Aharoni; Galili, 2011). De acordo com a porcentagem presente nos óleos, os voláteis podem ser classificados também como majoritários ou minoritários (Bakkali *et al.*, 2008; Pavela, 2015). Os terpenóides constituem a maior classe de voláteis e são classificados de acordo com o número de unidades de isopreno (2-metil-1,3-butadieno) na sua estrutura, dessa forma, são conhecidos como hemiterpeno C₅ (1 unidade de isopreno), monoterpenos C₁₀ (2 unidades de isopreno), sesquiterpenos C₁₅ (3 unidades de isoprenos), entre outros. Os monoterpenos (C₁₀) e os sesquiterpenos (C₁₅) são os compostos mais estudados, já que possuem diversas propriedades biológicas (Bakkali *et al.*, 2008; Dubey, Bhalla e Luthra, 2003).

Dentre os monoterpenos, o timol (2-isopropil-5-metilfenol) e o carvacrol (5-isopropil-2-metilfenol) (Figura 2) destacam-se devido suas ações antimicrobiana e inseticida, e podem ser encontrados em diversas espécies, como *Thymus vulgaris* L. (Lamiaceae), *Lippia sidoides* (Verbanaceae), *Lippia gracilis* (Verbanaceae) entre outras (Gomes, Nogueira e Moraes, 2011; Peixoto-Neves *et al.*, 2010). Pesquisas comprovam que a exposição aos OEs e seus compostos majoritários são responsáveis por matar ou retardar o desenvolvimento de insetos (Hanley *et al.*, 2007). Portanto, eles podem ser utilizados como fonte alternativa de inseticidas (Dassanayake *et al.*, 2021).

Figura 2: Estrutura molecular (a) timol e (b) carvacrol.



Fonte: Peixoto-Neves *et al.*, 2010.

2.5 *Lippia gracilis* e seus quimiotipos

O gênero *Lippia* (Verbanaceae) inclui espécies de ervas, arbustos e pequenas árvores. Esse gênero possui aproximadamente 200 espécies distribuídas predominantemente na América do Sul e Central e na África Tropical (Pascual *et al.*, 2001). No Brasil, os principais centros de dispersão do gênero *Lippia* são os estados de Minas Gerais, Bahia e Goiás (Oliveira *et al.*, 2007). A espécie *Lippia gracilis* Schauer, conhecida como alecrim-da-chapada ou alecrim-de-serrote, é encontrada principalmente nos estados da Bahia, Sergipe e Piauí (Lorenzi; Matos, 2002). Essa espécie é um arbusto com cerca de 3 m de altura, abundante em ramificações, flores brancas e folhas pequenas (Albuquerque *et al.*, 2006b).

A *L. gracilis* é comumente utilizada em humanos para tratamento de infecções na garganta e boca, doenças cutâneas, queimadura e feridas. (Girón *et al.*, 1991; Matos *et al.*, 1999). Essas espécies são notórias devido a presença de OEs com atividade antimicrobiana e inseticida (Lemos *et al.*, 1992). Estes apresentam em sua composição, além de outros compostos, o timol e o carvacrol que lhes conferem forte atividade bactericida, fungicida, acaricida e inseticida (Cruz *et al.*, 2013; Dantas *et al.*, 2023; Oliveira *et al.*, 2008).

Os efeitos tóxicos dos OEs de *L. gracilis* e seus compostos majoritários timol e carvacrol foram observados em larvas de *Diaphania hyalinata* (L., 1758) (Melo *et al.*, 2018). Além disso, o timol e o carvacrol provocaram alterações nos comportamentos das operárias de *Acromyrmex balzani* (Emery 1890) e *Solenopsis* sp. (Dantas *et al.*, 2023). A toxicidade do majoritário timol também foi observada em larvas de terceiro instar de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lima *et al.*, 2020).

2.6 Efeito subletal

O efeito subletal em bioensaios é caracterizado pela aplicação de uma dose ou concentração que não é capaz de provocar a mortalidade do indivíduo na população experimental, porém causam alterações biológicas, fisiológicas, demográficas ou comportamentais (Desneux; Decourtye; Delpuech, 2007). De forma geral, doses/concentrações abaixo de 50% (DL₅₀), ou seja, metade da considerada letal, são consideradas subletais (França *et al.*, 2017).

Os OEs são responsáveis por diversos efeitos subletais como alteração na fisiologia dos insetos deteriorando a morfologia das células e tecidos, desregulam a bioquímica nutricional e interfere no sistema imunológico (Alves *et al.*, 2014; Cruz *et al.*, 2015; Silva *et al.*, 2016; Zamani, 2011). No comportamento, os efeitos subletais provocados por eles foram verificados por Dantas (2023) em que o majoritário timol aplicado em formigas cortadeiras (*A. balzani*) provocou redução da velocidade e maior ocorrência de meandros (desorientação). Em *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833) e *Grapholita molesta* (Busck, 1916) o timol provocou efeitos negativos no acasalamento (López *et al.*, 2021). Alterações do comportamento de caminhada foram observadas no *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) exposto a doses subletais de OEs (Lima *et al.*, 2020).

Por meio de aplicações de inseticidas organossintéticos, os efeitos subletais em *E. heros* já foram observados por Nakaghi (2022) com aplicação do inseticida Dinotefuran (neonicotinóide), este ocasionou repelência e/ou deterrência dos insetos a alimentação, com isso foi observado uma redução de cerca de 50% do tempo de alimentação dos adultos do percevejo. Ademais, foi observado por Zantedeschi (2017) que o inseticida a base de lufenuron (benzoiluréia), também ocasionou efeito subletal em fêmeas de *E. heros*, estas tiveram redução no número médio de ovos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Obtenção dos insetos e manutenção da criação

O estabelecimento da criação ocorreu com a compra de aproximadamente 6000 ovos de *E. heros* obtidos através da empresa Pragas.com (Rua Princesa Isabel, Jardim Pacaembu, Piracicaba, SP). Os insetos foram mantidos na Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão – SE (10°54' S, 37°04' W, 7 m de altitude), Brasil, em sala climatizada com temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12h.

Os *E. heros* foram colocados em gaiolas de plástico transparente (Santana, 6L, 32,5 x 23,6 x 11,4 cm) contendo papel filtro no fundo e tecido do tipo organza na tampa para impedir a fuga e permitir trocas gasosas (Borges *et al.*, 2006). Foram adicionadas em cada gaiola duas placas de Petri (Global Trade Technology, Monte Alto, SP, Brasil) ($\varnothing$ 9 x 1,5 cm) com algodão umedecido com 10 ml de água destilada e outra com uma mistura de vagens de feijão verde (*Phaseolus vulgaris* L.), grão de soja (*Glycine max*

L.), amendoim cru (*Arachis hypogaea* L.) e sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.) para alimentação *ad libitum* dos insetos. A manutenção das gaiolas ocorria a cada três dias, com a troca do papel filtro, da mistura para alimentação e do algodão com água.

Os ovos foram separados em grupos de 200 e mantidos em placas de Petri ($\varnothing$ 9 x 1,5 cm) forradas com disco de papel filtro (Unifil, $\varnothing$ 9 cm) e um pedaço de algodão umedecido com 1 mL de água destilada preso à tampa para manter a umidade no interior da placa. Após a eclosão e desenvolvimento até o segundo instar, os insetos eram transferidos para as gaiolas de plástico. Quando no estágio adulto, eram transferidos para gaiolas maiores (Giotto, 17 L, 53 x 34 x 14,5 cm) e adicionado substrato de oviposição (retalhos de algodão cru (10 x 10 cm)) fixados nas bordas internas das gaiolas. Os ovos eram retirados sempre que ocorria a manutenção das gaiolas.

3.2 Obtenção dos compostos

Os OEs dos quimiotipos timol e carvacrol de *L. gracilis* foram obtidos dos acessos LgThy e LgCar, mantidos no banco de germoplasma no Campus Rural da UFS, São Cristóvão, SE, Brasil (10°55 S, 37°11' W, 18 m de altitude).

Para a extração do óleo essencial as folhas foram destacadas das plantas e secas em estufa a 40 ± 1 °C por quatro dias. A extração foi realizada por meio da hidrodestilação em aparelho do tipo Clevenger modificado e acondicionados em frascos de vidro âmbar no freezer à -4 °C. As análises químicas para identificação e quantificação foram realizadas de acordo com Oliveira (2022). Os compostos majoritários timol e carvacrol foram adquiridos da empresa Sigma-Aldrich (Saint Louis, Missouri, EUA) e o inseticida organossintético imidacloprido (700 g i.a/Kg (Evidence® 700 WG; Bayer CropScience, São Paulo - SP, Brasil)) foi adquirido comercialmente.

3.3 Bioensaios

Todos os bioensaios foram realizados em condições laboratoriais, em sala climatizada com temperatura de 25 ± 2 °C, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12h, na Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão – SE (10°54' S, 37°04' W, 7 m de altitude), Brasil.

Foram utilizados como tratamentos os OEs dos quimiotipos timol e carvacrol de *L. gracilis*, seus compostos majoritários timol (*LgThy*) e carvacrol (*LgCar*) e o inseticida imidacloprido como controle positivo. O solvente utilizado para diluição dos compostos foi a acetona (Panreac, UV-IR-HPLC-GPCPAI-ACS, 99,9%).

3.4 Concentração-mortalidade

Para a obtenção das curvas de concentração-mortalidade, ninfas de terceiro instar de *E. heros* ($N=50$) recém emergidas foram pesadas individualmente em balança de precisão (Shimadzu corporation, AUW220D, Barueri, São Paulo, Brasil) para manter padrão de tamanho. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com 12 repetições. Cada repetição foi composta por cinco ninfas de terceiro instar de *E. heros* totalizando 60 ninfas/concentração/tratamento. A unidade experimental utilizada foi uma placa de Petri (Global Trade Technology, Monte Alto, SP, Brasil) ($\varnothing$ 6 x 1,5 cm), com a borda interna coberta por uma fina camada de vaselina sólida atóxica (Vasemax, 25 mg) para evitar a fuga das ninfas e o fundo forrado com disco de papel filtro (Unifil, $\varnothing$ 6 cm) onde foram aplicados os tratamentos.

As curvas concentração-mortalidade foram estabelecidas utilizando inicialmente quatro concentrações (1, 5, 10 e 20 mg do composto por ml de solução) de cada tratamento. Posteriormente, foram utilizadas doses intermediárias (de cinco a oito). A aplicação do tratamento no papel filtro foi realizada com o uso de micropipeta de 100 a 1000 μ L (Labmate pro) e foram utilizados 200 μ L de cada combinação tratamento x concentração. Para o controle foi utilizado apenas acetona. A mortalidade das ninfas foi avaliada 72 h após a montagem do experimento. Foram considerados mortos os insetos que não responderam aos estímulos feitos com um pincel.

3.5 Curva de sobrevivência e tempo letal

A determinação das curvas de sobrevivência e o tempo letal para matar 50% da população (TL_{50}) de ninfas de *E. heros* foi realizada utilizando 20 repetições (100 ninfas/tratamento) e as CL_{90} obtidas para cada tratamento no bioensaio concentração-mortalidade. No controle utilizou-se somente acetona.

A mortalidade foi avaliada a cada 10, 30 e 60 min até completar 1, 4 e 6 h, respectivamente. Posteriormente, a cada 2 e 4 h até completar 24 e 48h,

respectivamente. Por fim, foram realizadas avaliações com intervalos de 24 h até completar 144 h desde o início da aplicação dos tratamentos.

3.6 Irritabilidade

Os bioensaios foram conduzidos seguindo a metodologia adaptada de (Lima *et al.*, 2020) em delineamento experimental inteiramente casualizados com 80 repetições por tratamento. A unidade experimental foi uma placa de Petri (Global Trade Technology) ($\varnothing$ 6 x 1,5 cm) forrada com papel filtro (Unifil, $\varnothing$ 6 cm) contendo uma ninfa de terceiro instar de *E. heros*.

A avaliação do comportamento de irritabilidade foi realizada utilizando papel filtro cortado simetricamente ao meio e dividido em duas áreas separadamente (metade tratada e não-tratada). Na metade tratada foi aplicado 100 μ L das CL₃₀ dos tratamentos determinados nos bioensaios de concentração-mortalidade e na não-tratada, 100 μ L de acetona.

A movimentação dos insetos foi gravada por 10 min utilizando uma câmera de vídeo (Panasonic SD5 Superdynamic - modelo WV-CP504), equipada com lente Spacecom (1/3" 3-8mm) acoplada a um computador. Para avaliar o movimento, foi utilizado o software Ethovision XT (versão 8.5; Noldus Integration System, Sterling, VA). Os dados foram analisados utilizando o programa Studio 9 (Pinnacle Systems, Mountain View, CA). No bioensaio de irritabilidade foi avaliado o tempo de permanência dos insetos em cada lado da placa (tratado e não-tratado).

3.7 Análises estatísticas

Os dados de mortalidade obtidos foram submetidos à análise de Probit para a determinação das curvas de concentração-resposta para cada tratamento através do procedimento PROC PROBIT do SASTM (SAS Institute 2008). Por meio das curvas foram obtidas as concentrações letais CL₃₀, CL₅₀ e CL₉₀ capazes de ocasionar 30, 50 e 90% de mortalidade, respectivamente, com limite de confiança a 95% de probabilidade (LC_{95%}). As CLs foram comparadas pelo critério de não sobreposição dos limites de confiança com a origem.

Às análises de sobrevivência foram realizadas usando estimadores de Kaplan-Meier por meio do teste de Log-Rank (SigmaPlat 15.0). Através dessa análise, foi possível obter as curvas de sobrevivência e tempos letais capazes de causar

mortalidade de 50% dos insetos (TL₅₀) com intervalos de confiança a 95% (IC_{95%}). As curvas foram comparadas pelo método de comparações múltiplas de Holm-Sidak a 5% de probabilidade (SigmaPlot 15.0)

Os dados de comportamento foram inicialmente submetidos ao teste de Shapiro Wilk ($P > 0,05$) e Brown-Forsythe ($P > 0,05$) para verificar a normalidade dos dados e a homogeneidade da variância, respectivamente. Os dados que apresentaram normalidade e homogeneidade de variância foram submetidos a análise de variância paramétrica (ANAVA) e os que não atenderam aos pressupostos da ANAVA foram submetidos a análise de variância não-paramétrica de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$). Todas as análises dos dados de comportamento foram feitas utilizando o programa SigmaPlot, versão 15.0.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização química do óleo essencial

Foram identificados 15 e 17 compostos nos OEs de *L. gracilis* dos acessos *LgThy* e *LgCar* representando 99,5% e 98,9% da composição dos óleos, respectivamente. Os OEs destes acessos foram denominados pelo composto majoritário, sendo o timol encontrado na proporção 44,91% (*LgThy* – quimiotipo timol) e o carvacrol na proporção 44,34% (*LgCar* – quimiotipo carvacrol) (Tabela 1).

As variações quantitativas na composição dos OEs podem ser devido a fatores como: condições genéticas, estágio de desenvolvimento, parte da planta que o óleo foi extraído, localização geográfica e condições de cultivo da planta (Blank, 2013; Gomes; Nogueira; Moraes, 2011). A composição química dos OEs varia, também, devido as condições de processamento e armazenamento da planta e o manuseio do óleo (Mockutė; Bernotienė; Judpientienė, 2005; Venskutonis; Poll; Larsen, 1996).

Tabela 1: Composição dos óleos essenciais de dois acessos de *Lippia gracilis* (LgThy e LgCar).

Composto	Índice de retenção	Acessos	
		LgThy	LgCar
α-Thujeno	924	1,24	1,49
Mirceno	988	2,97	1,63
α-Terpineno	1014	0,45	0,72
p-Cimeno	1020	10,22	10,37
o-Cimeno	1022	6,07	5,56
γ-Terpineno	1054	5,81	10,74
Metil timol	1232	12,38	7,53
Timol	1289	44,91	3,14
Carvacrol	1289	0,48	44,34
Acetato de carvacrol	1370	-	0,61
E-Cariofileno	1417	8,08	6,31
α-(E)-Bergamoteno	1432	-	0,45
Aromadendreno	1239	-	0,46
α-Humuleno	1452	0,68	0,47
Hidroxianisol butilado	1488	-	2,35
Espatulenol	1577	-	0,85
Óxido de cariofileno	1582	1,78	1,83
Limoneno	1024	0,53	-
1,8 – Cineol	1026	2,05	-
Terpinen-4-ol	1174	1,33	-
Total detectado (%)		99,5	98,9

4.2 Toxicidade

Os OEs dos quimiotipos timol e carvacrol de *L. gracilis* e seus compostos majoritários foram tóxicos para ninfas de terceiro instar de *E. heros* (Tabela 2). O composto timol ($CL_{30} = 0,07$, $CL_{50} = 0,20$ e $CL_{90} = 2,82$ mg/ml) apresentou toxicidade semelhante ao controle positivo (imidacloprido) ($CL_{30} = 0,05$, $CL_{50} = 0,16$ e $CL_{90} = 3,32$ mg/ml) em todas as concentrações letais, demonstrando que as ninfas de *E. heros* responderam de forma similar para ambos os tratamentos.

Na concentração letal necessária para matar 30% da população, a toxicidade do OE do quimiotipo timol de *L. gracilis* ($CL_{30} = 0,10$) foi semelhante a toxicidade do majoritário timol ($CL_{30} = 0,07$) e do imidacloprido ($CL_{30} = 0,05$) (Tabela 2). Os valores de CL_{50} obtidos para os OEs dos quimiotipos timol ($CL_{50} = 0,53$) e carvacrol ($CL_{50} = 0,77$) de *L. gracilis* e o majoritário carvacrol ($CL_{50} = 0,50$) foram superiores a CL_{50} do timol ($CL_{50} = 0,20$) e não diferiam entre si (Tabela 2).

Tabela 2: Toxicidade dos óleos essenciais dos quimiotipos timol e carvacrol de *Lippia gracilis*, seus compostos majoritários isolados e do inseticida imidacloprido sobre ninfas de terceiro instar de *Euschistus heros*.

Componentes	n ^a	CL ₃₀ (IC 95%) ^b	CL ₅₀ (IC 95%) ^b	CL ₉₀ (IC 95%) ^b	Slope (± SE)	χ ²	P
-----mg/ml-----							
OE LgThy	480	0,10 (0,04 – 0,18)	0,53 (0,31 – 0,82)	32,11 (17,44 – 75,90)	0,72 ± 0,07	5,95	0,43
OE LgCar	419	0,18 (0,08 – 0,32)	0,77 (0,48 – 1,11)	24,46 (13,23 – 64,16)	0,85 ± 0,10	2,63	0,75
Timol	300	0,07 (0,023 – 0,13)	0,20 (0,10 – 0,33)	2,82 (1,83 – 5,42)	1,13 ± 0,16	4,43	0,21
Carvacrol	360	0,12 (0,04 – 0,23)	0,50 (0,26 – 0,80)	17,50 (9,90 – 41,23)	0,83 ± 0,11	4,06	0,40
Imidacloprido	352	0,05 (0,01 – 0,11)	0,16 (0,05 – 0,28)	3,32 (2,08 – 7,78)	0,97 ± 0,18	6,32	0,18

^a Número de insetos testados.

^b Concentrações letais necessárias para matar 30, 50 e 90% das populações e seus respectivos intervalos de confiança a 95%.

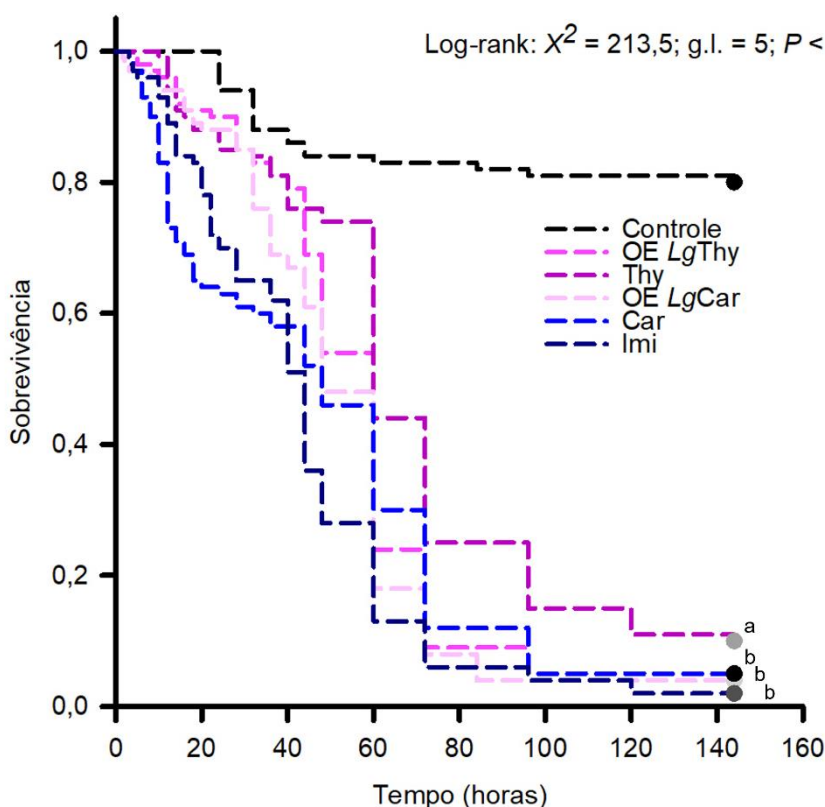
A sobrevivência das ninfas de *E. heros* expostas a CL₉₀ dos tratamentos reduziu significativamente com o passar do tempo (Teste de log-rank: $\chi^2 = 213,5$; *g.l.* = 5; $P < 0,001$) (Figura 3). As curvas de sobrevivência não diferiram entre os tratamentos, com exceção da curva do timol. Este causou mortalidade mais lenta, com TL₅₀ de 68,6 h. O carvacrol causou mortalidade mais rápida com TL₅₀ = 47,9 h, não diferindo do imidacloprido que apresentou TL₅₀ = 43,2 h. Os OEs dos quimiotipos timol e carvacrol não diferiram entre si, com média de 54 h de TL₅₀ (Figura 3).

A toxicidade dos compostos varia de acordo com vários fatores como a dose, concentração, a espécie, a fase de desenvolvimento do inseto e as condições experimentais (Lima *et al.*, 2011). Quantos aos OEs, sua toxicidade é favorecida devido a aditividade, sinergia ou antagonismos entre os constituintes presentes em sua composição (Koul e Walia, 2009). A toxicidade do timol e do carvacrol pode ser explicada baseada na sua estrutura química, já que por possuírem ligações simples são classificadas como compostos saturados e são absorvidos mais facilmente pelos insetos (Phillips; Appel; Sims, 2010). A toxidade dos majoritários já foi demonstrada em outros insetos como formigas cortadeiras (Dantas *et al.*, 2023), percevejos e lagartas (Lima *et al.*, 2020; Moretti, Zerba e Alzogaray, 2013).

Um dos possíveis mecanismos de ação do timol e do carvacrol é a inibição da Acetilcolinesterase (AchE). Esta enzima degrada o neurotransmissor acetilcolina, assim não ocorre o desacoplamento do neurotransmissor e acumula acetilcolina,

dessa forma, o inseto morre por hiperexcitação (Polsinelli *et al.*, 2010). Em estudos realizados por Anderson e Coats (2012) o carvacrol apresentou atividade inibitória desta enzima na mosca-doméstica (*Musca domestica* (Linnaeus, 1758)), no carrapato americano (*Dermacentor variabilis* (Say, 1821)), entre outros. O timol também apresentou esse mecanismo de ação, todavia em níveis menores que o carvacrol, como observado por Jukic (2007).

Figura 3: Curvas de sobrevivência e tempo letal (TL₅₀) para ninfas de terceiro instar de *Euschistus heros* após exposição de ninfas de terceiro instar às CLS₉₀ dos quimiotipos timol (OE LgThy) e carvacrol (OE LgCar) de *Lippia gracilis*, seus compostos majoritários timol (Thy e Car) isolados e do inseticida imidacloprido (Imi). TL₅₀ = tempo letal necessário para matar 50% da população. Curvas seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Holm-Sidak a $P = 0,05$.



4.3 Irritabilidade

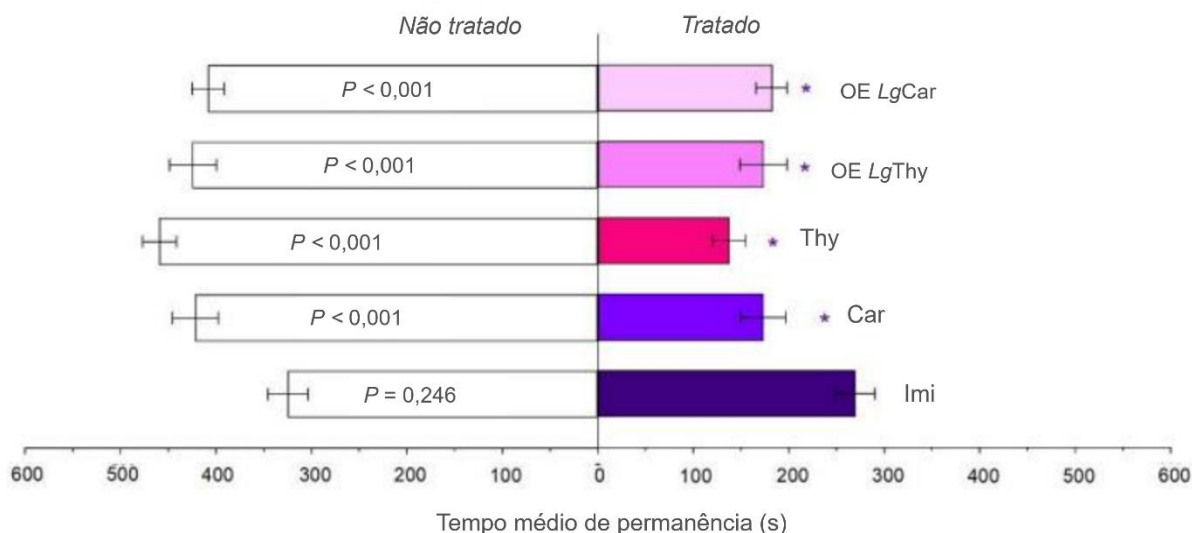
Os bioinseticidas causaram irritabilidade em todos os casos, como já foi observado para os OEs (Lee, 2018). Os percevejos ficaram em média 31 e 29% do tempo no lado tratado com os OEs dos quimiotipos carvacrol e timol, e 23 e 29% no lado dos majoritários timol e carvacrol, respectivamente (Figura 4). O inseticida imidacloprido não causou irritabilidade dos insetos ($P = 0,264$) (Figura 4). Em

pesquisas anteriores o OE do quimiotipo carvacrol provocou maior irritabilidade a *Cryptolestes ferrugineus* (Steohens, 1831), em que permaneceu 85% do tempo total (10 min) no lado não tratado (Melo, 2014).

A irritabilidade se dá, em sua maioria, devido a composição química dos OEs, já que estes são constituídos de monoterpenos e sesquiterpenos, e quando isolados, os majoritários demonstram as mesmas propriedades repelentes (Lima *et al.*, 2020; Masoumi, Youssefi e Tabari, 2016; Oliveira *et al.*, 2022b; Tabari *et al.*, 2017). Os *E. heros*, por serem generalistas, tem maior percepção aos voláteis, logo suas decisões são mais lentas e menos precisas quando comparado aos fitófagos especialistas (Steck e Snell-Rood, 2018; Terraube *et al.*, 2011). Dessa forma, é possível que as ninfas que entraram em contato com o lado tratado decidissem depois ir para o lado não tratado (Figura 4).

A evitação com a área tratada pode estar relacionada com a irritação após o contato (González-Morales; Terán; Romero, 2021). Todavia, a alta volatilidade dos óleos essenciais e de seus componentes, provocam a ação de repelência relativamente mais rápida, e age por curto período (Trongtokit *et al.*, 2005). Formulações podem ser utilizadas para aumentar o período de ação e para manter os compostos ativos por mais tempo (Nerio; Olivero-Verbel; Stashenko, 2010). A repelência/irritabilidade em associação com a mortalidade é uma propriedade de grande importância durante a escolha de um produto para realizar o controle de pragas (Menezes, 2016). Dessa forma, quanto maior for a irritabilidade, menor será a quantidade de percevejos e, assim, menores as perdas.

Figura 4: Tempo médio de permanência de ninfas de terceiro instar de *Euschistus heros* em cada lado da arena parcialmente tratadas com as CL₃₀ dos óleos essenciais dos quimiotipos timol (OE LgThy) e carvacrol (OE LgCar) de *Lippia gracilis* e seus compostos majoritários (Thy e Car) e do inseticida imidacloprido. Histogramas seguidos por asterisco indicam que houve diferença no tempo de permanência das ninfas entre o lado tratado e o não tratado por um período de 600 s, pelo teste de Wilcoxon ($P < 0,05$). OE LgThy = óleo essencial de *Lippia gracilis* quimiotipo timol; OE LgCar = óleo essencial de *Lippia gracilis* quimiotipo carvacrol; Thy = timol; Car = carvacrol e Imi = imidacloprido.



5 CONCLUSÃO

Este estudo demonstrou o potencial de toxicidade e os efeitos subletais dos óleos essenciais de *Lippia gracilis* e seus compostos majoritários timol e carvacrol sobre o percevejo-marrom-da-soja *Euschistus heros*. O timol além do efeito tóxico semelhante ao inseticida imidacloprido, causou irritação/repelência. Dessa forma, os bioinseticidas, sobretudo o timol, podem ser considerados como alternativas na composição dos inseticidas para o manejo de *E. heros*.

6 REFERÊNCIAS

- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em: <https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 30 set. 2023.
- AHARONI, A.; GALILI, G. Metabolic engineering of the plant primary–secondary metabolism interface. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 22, n. 2, p. 239–244, 2011.
- ALBUQUERQUE, C. C. DE; CAMARA, T. R.; MARIANO, R. DE L. R.; WILLADINO, L.; MARCELINO JÚNIOR, C.; ULISSES, C. Antimicrobial action of the essential oil of *Lippia gracilis* Schauer. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, p. 527–535, 2006a.
- _____. Antimicrobial action of the essential oil of *Lippia gracilis* Schauer. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, p. 527–535, 2006b.
- ALVES, T.; CRUZ, G.; WANDERLEY-TEIXEIRA, V.; TEIXEIRA, A.; OLIVEIRA, J.; CORREIA, A.; CÂMARA, C.; CUNHA, F. Effects of *Piper hispidinervum* on spermatogenesis and histochemistry of ovarioles of *Spodoptera frugiperda*. **Biotechnic & Histochemistry**, v. 89, n. 4, p. 245–255, 10 maio 2014.
- ANDERSON, J. A.; COATS, J. R. Acetylcholinesterase inhibition by nootkatone and carvacrol in arthropods. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 102, n. 2, p. 124–128, 2012.
- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils—a review. **Food and chemical toxicology**, v. 46, n. 2, p. 446–475, 2008.
- BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. **Soja: tecnologia de produção II. Piracicaba: ESALQ**, p. 1–18, 2000.
- BLANK, A. F. Transformação de recursos genéticos de plantas aromáticas nativas em riqueza: o potencial do alecrim-de-tabuleiro (*Lippia gracilis*). **Horticultura Brasileira**, v. 31, n. 3, p. 512–512, set. 2013.
- BOIRA, H.; BLANQUER, A. Environmental factors affecting chemical variability of essential oils in *Thymus piperella* L. **Biochemical systematics and Ecology**, v. 26, n. 8, p. 811–822, 1998.
- BORGES, M.; LAUMANN, R. A.; SILVA, C. C. A. DA; MORAES, M. C. B.; SANTOS, H. M. DOS; RIBEIRO, D. T. Metodologias de criação e manejo de colônias de percevejos da soja (Hemiptera-pentatomidae) para estudos de comportamento e ecologia química. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia**, v. 182, 2006.
- BUENO, A. DE F.; BATISTELA, M. J.; FREITAS BUENO, R. C. O. DE; BARROS FRANÇA-NETO, J. DE; NISHIKAWA, M. A. N.; LIBÉRIO FILHO, A. Effects of integrated pest management, biological control and prophylactic use of insecticides on the management and sustainability of soybean. **Crop Protection**, v. 30, n. 7, p. 937–945, 2011.
- BUENO, A. DE F.; BORTOLOTTI, O. C.; POMARI-FERNANDES, A.; BARROS FRANÇA-NETO, J. DE. Assessment of a more conservative stink bug economic

threshold for managing stink bugs in Brazilian soybean production. **Crop Protection**, v. 71, p. 132–137, 2015.

BUENO, A. DE F.; PANIZZI, A. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; GAZZONI, D. L.; HIROSE, E.; MOSCARDI, F.; CORSO, I. C.; OLIVEIRA, L. J. Histórico e evolução do manejo integrado de pragas da soja no Brasil. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília: Embrapa**, p. 37–74, 2012.

BUENO, A. F.; PAULA-MORAES, S. V.; GAZZONI, D. L.; POMARI, A. F. Economic thresholds in soybean-integrated pest management: old concepts, current adoption, and adequacy. **Neotropical entomology**, v. 42, p. 439–447, 2013.

CASTELLANOS, N. L.; HADDI, K.; CARVALHO, G. A.; PAULO, P. D. DE; HIROSE, E.; GUEDES, R. N. C.; SMAGGHE, G.; OLIVEIRA, E. E. Imidacloprid resistance in the Neotropical brown stink bug *Euschistus heros*: selection and fitness costs. **Journal of Pest Science**, v. 92, p. 847–860, 2019.

CIVIDANES, F. J.; PARRA, J. R. P. **Determinacao das exigencias termicas de *Nezara viridula* (L., 1758), *Piezodorus guildinii* (west., 1837). *Euschistus heros* (fabr., 1798) (heteroptera: pentomaidae) visando ao seu zoneamento ecologico.** Piracicaba: Universidade de São Paulo, 1992.

CONAB. **Brasil fecha safra 2018/2019 com recorde de 242,1 milhões de toneladas de grãos.** Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/brasil-fecha-safra-2018-2019-com-recorde-de-242-1-milhoes-de-toneladas-de-graos>>. Acesso em: 13 dez. 2023.

_____. **Safra Brasileira de Grãos.** Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em: 3 out. 2023.

CONTE, O.; OLIVEIRA, F. T. DE; HARGER, N.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S.; PRANDO, A. M.; SERATTO, C. D. **Resultados do manejo integrado de pragas da soja na safra 2017/18 no Paraná.** [s.l.] Londrina: Embrapa Soja, 2018., 2018.

CORRÊA-FERREIRA, B. S. Suscetibilidade da soja a percevejos na fase anterior ao desenvolvimento das vagens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 11, p. 1067–1072, nov. 2005.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; AZEVEDO, J. DE. Soybean seed damage by different species of stink bugs. **Agricultural and Forest Entomology**, v. 4, n. 2, p. 145–150, 2002.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; CASTRO, L. C.; ROGGIA, S.; CESCINETTO, N.; COSTA, J. M.; OLIVEIRA, M. C. N. DE. MIP-soja: uma tecnologia eficiente e sustentável no manejo dos percevejos no atual sistema produtivo da soja. **Em: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA.** Cuiabá: Embrapa, 2012. p. 5.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; KRZYZANOWSKI, F. C.; MINAMI, C. A. Percevejos e a qualidade da semente de soja-série sementes. 2009a.

_____. **Percevejos e a qualidade da semente de soja-série sementes.** Londrina: Londrina: Embrapa Soja, 2009., 2009b. Disponível em:

<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/471343>>. Acesso em: 14 jan. 2024.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; PANIZZI, A. R. Percevejos da soja e seu manejo. **EMBRAPA**, p. 45, 1999.

CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ROGGIA, S. Atividade alimentar do percevejo marrom *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) na safra e entressafra da soja. **EMBRAPA**, 2013.

COSTA, E. L. N.; SILVA, R. F. P. DA; FIUZA, L. M. Efeitos, aplicações e limitações de extratos de plantas inseticidas. **Acta Biologica Leopoldensia**, v. 26, n. 2, p. 173–185, 2004.

COSTA, M. L. M.; BORGES, M.; VILELA, E. F. Biologia reprodutiva de *Euschistus heros* (F.) (Heteroptera: Pentatomidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 27, n. 4, p. 559–568, dez. 1998.

CRUZ, E. M. DE O.; COSTA-JUNIOR, L. M.; PINTO, J. A. O.; SANTOS, D. DE A.; ARAÚJO, S. A. DE; ARRIGONI-BLANK, M. DE F.; BACCI, L.; ALVES, P. B.; CAVALCANTI, S. C. DE H.; BLANK, A. F. Acaricidal activity of *Lippia gracilis* essential oil and its major constituents on the tick *Rhipicephalus* (Boophilus) *microplus*. **Veterinary Parasitology**, v. 195, n. 1–2, p. 198–202, jul. 2013.

CRUZ, G. DOS S.; TEIXEIRA, V. W.; OLIVEIRA, J. V. DE; TEIXEIRA, A. A. C.; ARAÚJO, A. C.; ALVES, T. J. DE S.; CUNHA, F. M. DA; BREDA, M. O. Histological and Histochemical Changes by Clove Essential Oil Upon the Gonads of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **International Journal of Morphology**, v. 33, n. 4, p. 1393–1400, dez. 2015.

DANTAS, J. O.; CAVALCANTI, S. C. H.; ARAÚJO, A. P. A.; SILVA, J. E.; BRITO, T. B.; ANDRADE, V. S.; PINHEIRO, H. S. S.; TAVARES, S. R. S. A.; BLANK, A. F.; BACCI, L. Formicidal Potential of Thymol Derivatives: Adverse Effects on the Survival and Behavior of *Acromyrmex balzani*. **Agriculture**, v. 13, n. 7, p. 1410, 16 jul. 2023.

DASSANAYAKE, M. K.; CHONG, C. H.; KHOO, T.-J.; FIGIEL, A.; SZUMNY, A.; CHOO, C. M. Synergistic field crop pest management properties of plant-derived essential oils in combination with synthetic pesticides and bioactive molecules: A review. **Foods**, v. 10, n. 9, p. 2016, 2021.

DEPIERI, R. A.; PANIZZI, A. R. Duration of feeding and superficial and in-depth damage to soybean seed by selected species of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). **Neotropical entomology**, v. 40, p. 197–203, 2011a.

_____. Duration of feeding and superficial and in-depth damage to soybean seed by selected species of stink bugs (Heteroptera: Pentatomidae). **Neotropical entomology**, v. 40, p. 197–203, 2011b.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J.-M. The Sublethal Effects of Pesticides on Beneficial Arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, n. 1, p. 81–106, 1 jan. 2007.

DIXON, R. A. Plant natural products: the molecular genetic basis of biosynthetic diversity. **Current opinion in biotechnology**, v. 10, n. 2, p. 192–197, 1999.

DUBEY, V. S.; BHALLA, R.; LUTHRA, R. An overview of the non-mevalonate pathway for terpenoid biosynthesis in plants. **Journal of biosciences**, v. 28, p. 637–646, 2003.

FRANÇA, S. M. DE; BREDÁ, M. O.; BARBOSA, D. R.; ARAUJO, A. M.; GUEDES, C. A. The sublethal effects of insecticides in insects. **Biological control of pest and vector insects**, p. 23–39, 2017.

FREITAS, M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, 2011.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, C. G.; BERTI-FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALAVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D. Entomologia agrícola. **Piracicaba: Fealq**, v. 10, 2002.

GAZZONI, D. L. Efeito de populações de percevejos na produtividade, qualidade da semente e características agrônômicas da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 8, p. 1229–1237, 1998.

GIRÓN, L. M.; FREIRE, V.; ALONZO, A.; CÁCERES, A. Ethnobotanical survey of the medicinal flora used by the Caribs of Guatemala. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 34, n. 2–3, p. 173–187, 1991.

GOMES, S. V. F.; NOGUEIRA, P. C. L.; MORAES, V. R. S. Aspectos químicos e biológicos do gênero *Lippia* enfatizando *Lippia gracilis* Schauer. **Eclética Química**, v. 36, n. 1, p. 64–77, 2011.

GONZÁLEZ-MORALES, M. A.; TERÁN, M.; ROMERO, A. Behavioral Responses of the Common Bed Bug to Essential Oil Constituents. **Insects**, v. 12, n. 2, p. 184, 21 fev. 2021.

HANLEY, M. E.; LAMONT, B. B.; FAIRBANKS, M. M.; RAFFERTY, C. M. Plant structural traits and their role in anti-herbivore defence. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 8, n. 4, p. 157–178, jul. 2007.

HOFFMANN-CAMPO, C. B.; MOSCARDI, F.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; OLIVEIRA, L. J.; SOSA-GÓMEZ, D. R.; PANIZZI, A. R.; CORSO, I. C.; GAZZONI, D. L.; OLIVEIRA, E. B. DE. **Pragas da soja no Brasil e seu manejo integrado**. [s.l.] Embrapa soja Londrina, 2000. v. 30

HORI, K.; SCHAEFER, C. W.; PANIZZI, A. R. Possible causes of disease symptoms resulting from the feeding of phytophagous Heteroptera. **Heteroptera of economic importance**, p. 11–35, 2000.

IBGE. **Em 2022, Sorriso (MT) manteve a liderança na produção agrícola | Agência de Notícias**. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37894-em-2022-sorriso-mt-manteve-a-lideranca-na-producao-agricola>>. Acesso em: 2 fev. 2024.

IMCOPA. **Produtos**. Disponível em: <<http://www.imcopa.com.br/produtos.html>>. Acesso em: 2 out. 2023.

JACQUOT, J.; GADAL, P. **Advances in botanical research: Past, Current and Future Topics**. 1. ed. [s.l.] Academic Press, 2021. v. 100

JUKIC, M.; POLITEO, O.; MAKSIMOVIC, M.; MILOS, MIA; MILOS, MLADEN. In vitro acetylcholinesterase inhibitory properties of thymol, carvacrol and their derivatives thymoquinone and thymohydroquinone. **Phytotherapy Research**, v. 21, n. 3, p. 259–261, 2007.

KOUL, O.; WALIA, S. Comparing impacts of plant extracts and pure allelochemicals and implications for pest control. **CABI Reviews**, p. 1–30, 28 out. 2009.

LEE, M. Y. Essential Oils as Repellents against Arthropods. **BioMed Research International**, v. 2018, p. 1–9, 2 out. 2018.

LEMOES, T. L. G.; MONTE, F. J. Q.; MATOS, F. J. A.; ALENCAR, J. W.; CRAVEIRO, A. A.; BARBOSA, R.; LIMA, E. O. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from Brazilian plants. **Fitoterapia**, v. 63, n. 3, p. 266–268, 1992.

LIMA, A. P. S.; SANTANA, E. D. R.; SANTOS, A. C. C.; SILVA, J. E.; RIBEIRO, G. T.; PINHEIRO, A. M.; SANTOS, Í. T. B. F.; BLANK, A. F.; ARAÚJO, A. P. A.; BACCI, L. Insecticide activity of botanical compounds against *Spodoptera frugiperda* and selectivity to the predatory bug *Podisus nigrispinus*. **Crop Protection**, v. 136, p. 105230, out. 2020.

LIMA, R. K.; CARDOSO, M. DAS G.; MORAES, J. C.; CARVALHO, S. M.; RODRIGUES, V. G.; GUIMARÃES, L. G. L. Chemical composition and fumigant effect of essential oil of *Lippia sidoides* Cham. and monoterpenes against *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, p. 664–671, 2011.

LOMAN, A. AL; JU, L.-K. Soybean carbohydrate as fermentation feedstock for production of biofuels and value-added chemicals. **Process Biochemistry**, v. 51, n. 8, p. 1046–1057, 2016.

LÓPEZ, S.; DOMÍNGUEZ, A.; GUERRERO, Á.; QUERO, C. Inhibitory effect of thymol on pheromone-mediated attraction in two pest moth species. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1223, 13 jan. 2021.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 2ª ed. [s.l.] Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, 2002.

LUSTOSA, P. R.; ZANUNCIO, J. C.; LEITE, G. L. D.; PICANÇO, M. Qualidade da semente e senescência de genótipos de soja sob dois níveis de infestação de percevejos (Pentatomidae). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, p. 1347–1351, 1999.

MAPA. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2014/2015 a 2024/25 - Projeções de longo prazo**. [s.l.] Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa), 2015.

MARANGONI, C.; MOURA, N. F. DE; GARCIA, F. R. M. UTILIZAÇÃO DE ÓLEOS ESSENCIAIS E EXTRATOS DE PLANTAS NO CONTROLE DE INSETOS. **Revista de ciências ambientais**, v. 6, n. 2, p. 92–112, 2012.

MASOUMI, F.; YOUSSEFI, M. R.; TABARI, M. A. Combination of carvacrol and thymol against the poultry red mite (*Dermanyssus gallinae*). **Parasitology Research**, v. 115, n. 11, p. 4239–4243, 25 nov. 2016.

MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais no Brasil: nativas e exóticas**. 3ª ed. Nova Odessa: Jardim Botânico Plantarum, 2021.

MATOS, F. J. DE A.; MACHADO, M. I. L.; CRAVEIRO, A. A.; ALENCAR, J. W.; V. SILVA, M. G. DE. Medicinal Plants of Northeast Brazil Containing Thymol and Carvacrol - *Lippia sidoides* Cham. and *L. gracillis* H.B.K. (Verbenaceae). **Journal of Essential Oil Research**, v. 11, n. 6, p. 666–668, nov. 1999.

MELO, C. R. **Atividade inseticida de quimiotipos de *Lippia gracilis* sobre *Diaphania hyalinata* e *Cryptolestes ferrugineus***. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2014.

MELO, C. R.; PICANÇO, M. C.; SANTOS, A. A.; SANTOS, I. B.; PIMENTEL, M. F.; SANTOS, A. C. C.; BLANK, A. F.; ARAÚJO, A. P. A.; CRISTALDO, P. F.; BACCI, L. Toxicity of essential oils of *Lippia gracilis* chemotypes and their major compounds on *Diaphania hyalinata* and non-target species. **Crop Protection**, v. 104, p. 47–51, fev. 2018.

MENEZES, M. S. **Caracterização química e efeito do óleo essencial de *Lippia gracilis* e seus constituintes majoritários sobre *Aceria guerreronis* (Acari: Eriophyidae)**. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 22 jul. 2016.

MOCKUTĖ, D.; BERNOTIENĖ, G.; JUDPENTIENĖ, A. Storage-induced changes in essential oil composition of *Leonurus cardiaca* L. plants growing wild in Vilnius and of commercial herbs. **Chemija**, v. 16, n. 2, 2005.

MORAIS, L. A. S. DE. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. S4050-4063, 2009.

MORETTI, A. N.; ZERBA, E. N.; ALZOGARAY, R. A. Behavioral and Toxicological Responses of *Rhodnius prolixus* and *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae) to 10 Monoterpene Alcohols. **Journal of Medical Entomology**, v. 50, n. 5, p. 1046–1054, 1 set. 2013.

NAKAGHI, A. M. **Bioatividade, dinâmica e residual de neonicotinóides e lambda cialotrina na alimentação de *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) em soja**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, 2022.

NERIO, L. S.; OLIVERO-VERBEL, J.; STASHENKO, E. Repellent activity of essential oils: A review. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 1, p. 372–378, jan. 2010.

OLIVEIRA, A. B.; PRANDO, A. M.; CONTE, O.; LIMA, D.; TEIXEIRA, F. T.; HARGER, N.; TAVARES, L. C. V. **Rede de manejo integrado de pragas (MIP) em soja no Paraná—Safras 2012/13 a 2016/17** Goiânia, GO: jun. 2018 Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/178953/1/Rede-de-manejo-integradop.83-85.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2024

OLIVEIRA, D. H. DE; FARIAS, A. M.; CLEFF, M. B.; MEIRELES, M. C. A.; RODRIGUES, M. R. A. Caracterização química do óleo essencial de *Origanum vulgare*: Análise da relação timol/carvacrol. **Pelotas/Brasil: XVII CIC**, 2008.

OLIVEIRA, D. R.; LEITAO, G. G.; BIZZO, H. R.; ALVIANO, D. S.; ALVIANO, C. S.; LEITÃO, S. G. Chemical and antimicrobial analyses of essential oil of *Lippia organoides* HBK. **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 236–240, 2007.

OLIVEIRA, J. DE J.; PASSOS, E. M. DOS; ARAGÃO, R. M.; SANTOS, T. S.; CRUZ, E. M. O.; MENDONÇA, M. DA C. Control of diamondback moth with *Lippia gracilis* essential oil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 57, p. e02085, 2022a.

_____. Control of diamondback moth with *Lippia gracilis* essential oil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 57, 2022b.

PANIZZI, A. R. Uso de cultivar armadilha no controle de percevejos em soja. **Trigo e soja**, v. 47, p. 11–14, 1980.

PANIZZI, A. R. **Manejo integrado de pragas da soja no Brasil**. Botucatu: UNESP, 1990.

PANIZZI, A. R. *et al.* **Neotropical Brown Stink Bug, *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae)**. Dordrecht: Encyclopedia of Entomology. Springer Netherlands, 2008.

PANIZZI, A. R.; AGOSTINETTO, A.; LUCINI, T.; PEREIRA, P. R. V. DA S. Effect of green-belly stink bug, *Dichelops furcatus* (F.) on wheat yield and development. **Crop Protection**, v. 79, p. 20–25, 2016.

PANIZZI, A. R.; BUENO, A. DE F.; SILVA, F. A. C. DA. Insetos que atacam vagens e grãos. **Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga**, v. 5, p. 335–420, 2012.

PANIZZI, A. R.; CORRÊA-FERREIRA, B. S. Dynamics in the insect fauna adaptation to soybean in the tropics. **Trends in Entomology**, v. 1, p. 71–88, 1997.

PANIZZI, A. R.; LUCINI, T.; ALDRICH, J. R. Dynamics in pest status of phytophagous stink bugs in the Neotropics. **Neotropical Entomology**, v. 51, n. 1, p. 18–31, 2022.

PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. **Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas**. São Paulo: Manole, 1991.

PANIZZI, A. R.; SLANSKY JR, F. Review of *Phytophagous pentatomids* (Hemiptera: Pentatomidae) associated with soybean in the Americas. **Florida entomologist**, p. 184–214, 1985.

PASCUAL, M. E.; SLOWING, K.; CARRETERO, E.; MATA, D. S.; VILLAR, A. *Lippia*: traditional uses, chemistry and pharmacology: a review. **Journal of ethnopharmacology**, v. 76, n. 3, p. 201–214, 2001.

PAVELA, R. Essential oils for the development of eco-friendly mosquito larvicides: A review. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 174–187, dez. 2015.

PEIXOTO-NEVES, D.; SILVA-ALVES, K. S.; GOMES, M. D. M.; LIMA, F. C.; LAHLOU, S.; MAGALHÃES, P. J. C.; CECCATTO, V. M.; COELHO-DE-SOUZA, A. N.; LEAL-CARDOSO, J. H. Vasorelaxant effects of the monoterpenic phenol isomers, carvacrol and thymol, on rat isolated aorta. **Fundamental & clinical pharmacology**, v. 24, n. 3, p. 341–350, 2010.

PESSOA, O. D. L.; CARVALHO, C. B. M. DE; SILVESTRE, J.; LIMA, M. C. L.; NETO, R. M.; MATOS, F. J. A.; LEMOS, T. L. G. Antibacterial activity of the essential oil from *Lippia aff. gracillis*. **Fitoterapia**, v. 76, n. 7–8, p. 712–714, 2005.

PHILLIPS, A. K.; APPEL, A. G.; SIMS, S. R. Topical Toxicity of Essential Oils to the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 103, n. 2, p. 448–459, 1 abr. 2010.

PICHERSKY, E.; GANG, D. R. Genetics and biochemistry of secondary metabolites in plants: an evolutionary perspective. **Trends in plant science**, v. 5, n. 10, p. 439–445, 2000.

POLSINELLI, G. A.; SINGH, S. K.; MISHRA, R. K.; SURANYI, R.; RAGSDALE, D. W.; PANG, Y.-P.; BRIMIJOIN, S. Insect-specific irreversible inhibitors of acetylcholinesterase in pests including the bed bug, the eastern yellowjacket, German and American cockroaches, and the confused flour beetle. **Chemico-Biological Interactions**, v. 187, n. 1–3, p. 142–147, set. 2010.

SILVA, A. J. DA; CANTERI, M. G.; SILVA, A. L. DA. Haste verde e retenção foliar na cultura da soja. **Summa Phytopathologica**, v. 39, n. 3, p. 151–156, set. 2013.

SILVA, F. A. C.; SILVA, J. J. DA; DEPIERI, R. A.; PANIZZI, A. R. Feeding Activity, Salivary Amylase Activity, and Superficial Damage to Soybean Seed by Adult *Edessa mediatubunda* (F.) and *Euschistus heros* (F.) (Hemiptera: Pentatomidae). **Neotropical Entomology**, v. 41, n. 5, p. 386–390, 28 out. 2012.

SILVA, M. F. R. DA; BEZERRA-SILVA, P. C.; LIRA, C. S. DE; LIMA ALBUQUERQUE, B. N. DE; NETO, A. C. A.; PONTUAL, E. V.; MACIEL, J. R.; PAIVA, P. M. G.; NAVARRO, D. M. DO A. F. Composition and biological activities of the essential oil of *Piper corcovadensis* (Miq.) C. DC (Piperaceae). **Experimental Parasitology**, v. 165, p. 64–70, jun. 2016.

SIMÕES, C. M. O. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. [s.l.] UFRGS; Florianópolis: UFSC, 2001.

SMANIOTTO, L. F.; PANIZZI, A. R. Interactions of selected species of stink bugs (Hemiptera: Heteroptera: Pentatomidae) from leguminous crops with plants in the Neotropics. **Florida Entomologist**, p. 7–17, 2015.

SOSA-GÓMEZ, D.; CORSO, I. C.; MORALES, L. Insecticide resistance to endosulfan, monocrotophos and metamidophos in the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros* (F.). **Neotropical Entomology**, v. 30, p. 317–320, 2001.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; SILVA, J. J. DA. Neotropical brown stink bug (*Euschistus heros*) resistance to methamidophos in Paraná, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, p. 767–769, 2010.

SOSA-GÓMEZ, D. R.; SILVA, J. J. DA; OLIVEIRA NEGRAO LOPES, I. DE; CORSO, I. C.; ALMEIDA, A. M. R.; PIUBELLI DE MORAES, G. C.; BAUR, M. E. Insecticide susceptibility of *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae) in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, v. 102, n. 3, p. 1209–1216, 2009.

STECK, M. K.; SNELL-ROOD, E. C. Specialization and accuracy of host-searching butterflies in complex and simple environments. **Behavioral Ecology**, v. 29, n. 2, p. 486–495, 14 mar. 2018.

TABARI, M. A.; YOUSSEFI, M. R.; MAGGI, F.; BENELLI, G. Toxic and repellent activity of selected monoterpenoids (thymol, carvacrol and linalool) against the castor bean tick, *Ixodes ricinus* (Acari: Ixodidae). **Veterinary Parasitology**, v. 245, p. 86–91, out. 2017.

TERRAUBE, J.; ARROYO, B.; MADDERS, M.; MOUGEOT, F. Diet specialisation and foraging efficiency under fluctuating vole abundance: a comparison between generalist and specialist avian predators. **Oikos**, v. 120, n. 2, p. 234–244, 14 fev. 2011.

TESSMER, M. A.; AZEVEDO KUHN, T. M. DE; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; LOPES, J. R. S.; ERLER, G.; BONANI, J. P. Histology of Damage Caused by *Euschistus heros* (F.) Nymphs in Soybean Pods and Seeds. **Neotropical Entomology**, v. 51, n. 1, p. 112–121, 21 fev. 2022.

TIBOLA, C. M. **Resistência de *Euschistus heros* (Fabricius) (Hemiptera: Pentatomidae) a inseticidas na cultura da soja no Brasil**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 9 set. 2021.

TODD, J. W.; HERZOG, D. C. Sampling *Phytophagous* Pentatomidae on Soybean. Em: KOGAN, M.; HERZOG, D. C. (Eds.). **Sampling Methods in Soybean Entomology**. New York, NY: Springer New York, 1980. p. 438–478.

TRONGTOKIT, Y.; RONGSRIYAM, Y.; KOMALAMISRA, N.; APIWATHNASORN, C. Comparative repellency of 38 essential oils against mosquito bites. **Phytotherapy Research**, v. 19, n. 4, p. 303–309, abr. 2005.

USDA. **Foreign Agriculture Service**. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov/data/oilseeds-world-markets-and-trade>>. Acesso em: 2 out. 2023.

VENSKUTONIS, R.; POLL, L.; LARSEN, M. Influence of drying and irradiation on the composition of volatile compounds of thyme (*Thymus vulgaris* L.). **Flavour and Fragrance Journal**, v. 11, n. 2, p. 123–128, 1996.

VIVAN, L. M.; DEGRANDE, P. E. Pragas da soja. **Fundação MT Boletim de Pesquisa de Soja**, v. 11, p. 239–297, 2011.

YANO, S. A. C.; HUSCH, P. E.; SOSA-GÓMEZ, D. R. S. Manejo de pragas. **SEDIYAMA, T., SILVA, F., & BORÉM, A. Soja do plantio a colheita. Universidade Federal de Viçosa, Editora UFV, Viçosa, MG**, p. 256–287, 2015.

ZAMANI, S. Effect of *Artemisia Annua* L. (Asterales: Asteraceae) Essential Oil on Mortality, Development, Reproduction and Energy Reserves of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Biofertilizers & Biopesticides**, v. 02, n. 01, 2011.

ZANTEDESCHI, R.; RAKES, M.; BASTOS PAZINI, J. DE; PASINI, R. A.; BUENO, F. A.; ARMAS, F. S. DE; GRÜTZMACHER, A. D. Efeito letal e subletal de lagartixidas registrados para a cultura da soja ao percevejo *Euschistus heros*. **Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp**, p. 1437–1450, 2017.