



**NAZARETH DEL CARMEN DE GRACIA RODRIGUEZ**

**POTENCIAL DO ÓLEO ESSENCIAL DE *EUCALYPTUS*  
*GLOBULUS* (MYRTACEAE) NO MANEJO DE *EUSCHISTUS*  
*HEROS* (HEMIPTERA: PENTATOMIDADE)**

**LAVRAS-MG**

**2025**

**NAZARETH DEL CARMEN DE GRACIA RODRIGUEZ**

**POTENCIAL INSETICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *EUCALYPTUS GLOBULUS*  
(MYRTACEAE) NO MANEJO DE *EUSCHISTUS HEROS* (HEMIPTERA:  
PENTATOMIDAE)**

Dissertação de Trabalho de mestrado apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Rosangela Cristina Marucci

Orientadora

**LAVRAS-MG**

**2025**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração  
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com  
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Gracia Rodriguez, Nazareth Del Carmen de.

Potencial do óleo essencial de *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae) no manejo de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) / Nazareth Del Carmen de Gracia Rodriguez. - 2025.

60 p. : il.

Orientadora: Rosangela Cristina Marucci

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2025.

Bibliografia.

1. Atividade inseticida. 2. Compostos bioativos. 3. Controle de pragas. 4. Insetos praga. 5. Percevejo-marrom. I. Marucci, Rosangela Cristina. II. Universidade Federal de Lavras. III. Título.

**NAZARETH DEL CARMEN DE GRACIA RODRIGUEZ**

**POTENCIAL INSETICIDA DO ÓLEO ESSENCIAL DE *EUCALYPTUS GLOBULUS*  
(MYRTACEAE) NO MANEJO DE *EUSCHISTUS HEROS* (HEMIPTERA:  
PENTATOMIDAE)**

**INSECTICIDAL POTENTIAL OF *EUCALYPTUS GLOBULUS*  
(MYRTACEAE) ESSENTIAL OIL IN THE MANAGEMENT OF *EUSCHISTUS*  
*HEROS* (HEMIPTERA: PENTATOMIDAE)**

Dissertação de Trabalho de mestrado apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, área de concentração em Entomologia, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 25 de abril de 2025.  
Dr<sup>a</sup>. Simone Martins Mendes - EMBRAPA  
Dr<sup>a</sup>. Rosamara Souza Coelho

**Dr<sup>a</sup>. Rosangela Cristina Marucci - UFLA  
Orientadora**

**LAVRAS-MG  
2025**

Dedicado a quem sai da comodidade para enxergar as belezas da vida.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Lavras (UFLA), à Escola de Ciências Agrárias de Lavras (ESAL), ao Departamento de Entomologia (DEN), e ao apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001 e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Agradeço a Deus, pelas infinitas bênçãos na minha vida. Em todos os momentos, mesmo nos mais difíceis, senti sua presença me fortalecendo e guiando meus passos.

Agradeço a minha família, meu porto seguro. Agradeço aos meus pais e às minhas irmãs, pelo apoio incondicional ao longo de toda essa jornada. Obrigada por acreditarem em mim, mesmo quando eu tive dúvidas, pelo amor, escuta e coragem quando mais precisei.

Um agradecimento especial vai para meus gatos, que estiveram sempre por perto, oferecendo companhia silenciosa, ronronadas terapêuticas e muito amor nos dias em que tudo parecia mais difícil.

Agradeço também aos meus tios, tias e primos, que de tantas formas fizeram parte do meu caminho, com carinho e com amorosas palavras de incentivo.

Agradeço às amigas antigas e todas às novas que a vida me deu. Cada palavra de apoio, cada risada no meio do caos, cada presença (mesmo que distante) fez uma enorme diferença.

À minha orientadora, Rosangela Marucci, meu profundo agradecimento. Seu apoio constante, sua escuta atenta e sua paciência foram essenciais nessa trajetória. Sua orientação foi uma chave fundamental neste trabalho, e serei sempre grata por tudo que compartilhou comigo.

Agradeço também aos meus colegas de mestrado e a todo o pessoal técnico e administrativo do Departamento de Entomologia da UFLA. Cada ajuda, conselho, apoio logístico ou palavra amiga fez diferença na minha caminhada. Sou muito grata por ter contado com vocês ao longo dessa etapa.

A todos os professores que fazem parte do programa de pós-graduação, meu sincero agradecimento. Em especial, ao Programa de Apoio a Discentes com Necessidades Educacionais Específicas (PADNEE), que foi essencial para que eu pudesse seguir com dignidade e acolhimento.

Por fim, agradeço a mim mesma. Por cada esforço, cada lágrima engolida, cada dia em que decidi continuar mesmo com tudo pedindo para desistir. Essa conquista é minha, e me orgulho muito de tê-la alcançado.

## RESUMO

O Brasil está posicionado entre os maiores produtores de soja do mundo, porém, as produções anuais deste grão são afetadas pelo ataque de insetos fitófagos como o percevejo-marrom, *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae), causador de danos diretos e indiretos na sojicultura brasileira. O principal método de controle desta praga é o uso de inseticidas químicos. Entretanto, visando atender às exigências do mercado consumidor e exportador no que diz respeito à segurança alimentar, ambiental e a garantia de inocuidade na produção de alimentos de origem vegetal outras estratégias de controle mais sustentáveis são prioritárias. Desta forma, uso de Óleos Essenciais (OEs) é uma alternativa promissora ao controle químico convencional, devido às propriedades inseticidas e menor impacto ambiental. Neste trabalho pesquisamos a atividade inseticida do OE de *Eucalyptus globulus* no controle de insetos-praga por meio de uma revisão bibliográfica, abrangendo às propriedades inseticidas e seus mecanismos de ação. Além disso, realizamos bioensaios de toxicidade do OE de *E. globulus* sobre ninfas e adultos de *E. heros*. Os resultados revelaram que as concentrações de OE de *E. globulus* possui efeito inseticida sobre diferentes estágios de desenvolvimento de *E. heros*, mostrando-se como potencial ferramenta no manejo da praga.

**Palavras-chave:** atividade inseticida; compostos bioativos; controle de pragas; insetos-praga; percevejo-marrom.

## ABSTRACT

Brazil is one of the largest soybean producers in the world. However, annual soybean production is affected by attacks by phytophagous insects such as the brown stink bug, *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae), which causes direct and indirect damage to Brazilian soybean crops. The main method of controlling this pest is the use of chemical insecticides. However, in order to ensure public, food and environmental safety, the guarantee of safety in the production of plant-based foods becomes a specification evaluated by the consumer and export market. Thus, the use of Essential Oils (EOs) is a promising alternative to conventional chemical control, due to their insecticidal properties and lower environmental impact. In this work, we investigated the insecticidal potential of *Eucalyptus globulus* EO in controlling insect pests through a literature review, covering its insecticidal properties and mechanism of action. Furthermore, we performed toxicity bioassays of *E. globulus* EO on *E. heros* nymphs and adults. The results revealed the concentrations of *E. globulus* EO have an insecticidal effect on different developmental stages of *E. heros*, proving to be a potential tool in pest management.

**Keywords:** bioactive compounds; brown stink bug; insecticidal activity; insect pests; pest control.

## IMPACTOS SOCIAIS, TECNOLÓGICOS, ECONÔMICOS E CULTURAIS

A presente dissertação teve como objetivo avaliar o potencial inseticida do óleo essencial de *Eucalyptus globulus* no manejo do percevejo-marrom (*Euschistus heros*), uma das principais pragas da cultura da soja no Brasil. O trabalho apresenta impacto tecnológico relevante ao propor uma alternativa ao controle químico tradicional, com base em uma abordagem mais sustentável e ambientalmente segura. Os bioensaios demonstraram que o óleo essencial possui atividade inseticida significativa sobre diferentes estágios de desenvolvimento de *E. heros*, indicando seu potencial como ferramenta complementar no Manejo Integrado de Pragas (MIP). A adoção de produtos de origem botânica, como o óleo essencial testado, pode contribuir para a redução do uso de inseticidas sintéticos, promovendo menor risco de contaminação ambiental, menor exposição de trabalhadores rurais a compostos tóxicos, além da diminuição da seleção de populações resistentes. Embora o trabalho não tenha envolvido ações extensionistas diretas com comunidades externas à universidade, os resultados obtidos apresentam aplicabilidade prática e potencial de difusão para territórios produtores de soja, sobretudo em regiões do Cerrado brasileiro. A proposta se alinha a duas áreas temáticas da extensão universitária: “Meio ambiente” e “Tecnologia e produção”, por buscar soluções tecnológicas de baixo impacto ambiental voltadas à produção agrícola. Além disso, contribui diretamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, especialmente o ODS 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável, ao favorecer práticas agrícolas seguras e produtivas; o ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis, ao propor o uso de insumos mais limpos e sustentáveis; e o ODS 15 – Vida Terrestre, ao reduzir os impactos da agricultura sobre ecossistemas terrestres. Com isso, o trabalho reforça o papel da pesquisa científica na promoção de inovações compatíveis com os desafios ambientais contemporâneos, oferecendo soluções tecnológicas viáveis e sustentáveis para o setor agropecuário brasileiro.

## **SOCIAL, TECHNOLOGICAL, ECONOMIC AND CULTURAL IMPACTS**

This dissertation aimed to evaluate the insecticidal potential of the essential oil of *Eucalyptus globulus* in the management of the brown stink bug (*Euschistus heros*), one of the main pests affecting soybean crops in Brazil. The work presents significant technological impact by proposing an alternative to traditional chemical control, based on a more sustainable and environmentally safe approach. Bioassays demonstrated that the essential oil has notable insecticidal activity against different developmental stages of *E. heros*, indicating its potential as a complementary tool in Integrated Pest Management (IPM). The adoption of plant-based products, such as the tested essential oil, may contribute to reducing the use of synthetic insecticides, lowering the risk of environmental contamination and human exposure to toxic compounds, while also minimizing the development of resistant pest populations. Although the study did not include direct extension activities with external communities, the results have practical applicability and dissemination potential for soybean-producing regions, particularly in the Brazilian Cerrado. The project aligns with two thematic areas of university extension: “Environment” and “Technology and Production,” by seeking low-impact technological solutions for agricultural production. Additionally, it directly contributes to the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), particularly SDG 2 – Zero Hunger and Sustainable Agriculture, by promoting safe and productive farming practices; SDG 12 – Responsible Consumption and Production, by encouraging the use of cleaner and more sustainable inputs; and SDG 15 – Life on Land, by reducing the environmental impacts of agriculture on terrestrial ecosystems. Thus, the study reinforces the role of scientific research in promoting innovations aligned with current environmental challenges, offering viable and sustainable technological solutions for the Brazilian agricultural sector.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>11</b>
<b>ARTIGO 1- Potencial do Óleo essencial de <i>Eucalyptus globulus</i> no manejo de insetos-praga: uma revisão sistemática.....</b>	<b>15</b>
<b>ARTIGO 2- Potencial inseticida do óleo essencial de <i>Eucalyptus globulus</i> no manejo de <i>Euschistus heros</i> (Hemiptera: Pentatomidae).....</b>	<b>43</b>
<b>CONSIDERAÇÃO FINAL.....</b>	<b>61</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

A demanda por soluções sustentáveis no controle de pragas agrícolas, reflete os desafios enfrentados pelos produtores modernos que buscam maximizar as produções, e minimizar as perdas econômicas e ambientais. No entanto, o rendimento das produções agrícolas está sujeito ao ataque de insetos-praga, os quais afetam diretamente a rentabilidade da lavoura.

Atualmente, a produção mundial de soja (*Glycine max*) é dominada pela Argentina, Brasil e Estados Unidos. Além disso, o primeiro germoplasma de soja registrado no Brasil, foi proveniente dos Estados Unidos no ano de 1882 (LEBNA LANDGRAF, 2025). No entanto, foi somente em 1970 que a soja se tornou a principal lavoura do agronegócio brasileiro, estendendo rapidamente sua produção por diferentes estados do país (MIRANDA, 2020). Segundo Voora et al., (2024), em 2016 a sojicultura gerou 240.000 empregos nas fazendas brasileiras. Ademais, a cultura da soja se destaca por sua relevância socioeconômica, contribuindo para o aumento do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) nos municípios produtores (CARVALHO et al., 2023).

A soja é o quarto produto mais consumido mundialmente entre os grãos e cereais (RHODEN et al., 2020). No entanto, na safra 2023/24 a sojicultura brasileira apresentou um decréscimo de 4,7% na produção nacional do grão (CONAB, 2024), fato relacionado às práticas agrícolas inadequadas, às mudanças climáticas e à incidência de doenças e insetos-praga (VILA; ARCE, 2007; SOSA-GÓMEZ et al., 2023). Os insetos-praga atacam desde a germinação até a colheita, causando injúrias em todos os órgãos e tecidos vegetais (MARTINS et al., 2009).

Os principais insetos-praga que atacam a soja pertencem as ordens Lepidoptera, Coleoptera e Hemiptera, sendo destaque o percevejo-marrom, *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) (NAVA et al., 2018). Este percevejo é controlado basicamente com inseticidas sintéticos (SOUZA et al., 2021), contribuindo para a seleção de indivíduos resistentes, desequilíbrio ecológico e contaminação ambiental (WOCHNER; DORCE; SCHLINDWEIN, 2022). Dessa forma, estratégias de controle mais seguras e sustentáveis vêm sendo exploradas.

O uso de organismos benéficos antagônicos às pragas, provenientes dos serviços ecossistêmicos, são medidas sustentáveis de controle biológico, assim como extratos vegetais brutos, óleos essenciais e outros (COSTA et al., 2022). Os Óleos Essenciais (OEs) são metabólitos secundários das plantas, amplamente estudados na agricultura moderna como

agentes no controle de inseto e doenças devido ao potencial antifúngico, inseticida e repelente (SAITO; SCRAMIN, 2000).

Durante milhões de anos de evolução, adaptação e intensa competição pelo escasso oxigênio gasoso disponível na Terra, as plantas desenvolveram mecanismos de defesa contra organismos patogênicos, denominados de metabólitos secundários (BORGES; AMORIM, 2020). Esses metabólitos se destacam por serem substâncias químicas sintetizadas pelos organismos vegetais sob estresse, em resposta a fatores ambientais (PEREIRA; CARDOSO, 2012). Estudos botânicos realizados ao longo do tempo descrevem a identificação de mais de 50 mil metabólitos secundários responsáveis pelas diversas propriedades bioativas dos OEs (REIS et al., 2023). Contudo, o potencial inseticida é restrito a algumas espécies botânicas.

Entre as espécies que apresentam propriedades inseticidas, *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae), sobressai por apresentar compostos bioativos como eucaliptol e/ou cineol, timol,  $\beta$ -cariofileno, eugenol e limoneno em sua composição, os quais atuam no organismo do inseto causando a morte ou a redução da população (Citação?).

Considerando a necessidade por estratégias eficazes e ambientalmente seguras para o controle de *E. heros*, o objetivo desta pesquisa foi abordar ferramentas do controle biológico de pragas, como o OE de *Eucalyptus globulus*, e começar os bioensaios de letalidade do óleo em insetos de importância agrícola, como o percevejo-marrom, determinando as concentrações letais de diferentes estágios de desenvolvimento.

Assim, esta dissertação foi estruturada no formato de dois artigos científicos. O primeiro artigo, intitulado: "Óleo essencial de *Eucalyptus globulus* no manejo de insetos-praga: uma revisão sistemática", organiza evidências científicas sobre a composição química e os mecanismos de ação desse OE sobre insetos-praga. O segundo artigo "Potencial inseticida do óleo essencial de *Eucalyptus globulus* no manejo de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae)" descreve o bioensaio laboratorial sobre a susceptibilidade de ninfas e adultos de *E. heros* ao OE de *E. globulus* e os resultados obtidos. Desta forma, espera-se contribuir no desenvolvimento de futuras pesquisas utilizando os OEs no Manejo Integrado de Pragas (MIP).

## REFERÊNCIAS

- BORGES, L. P.; AMORIM, V. A. Metabólitos secundários de plantas. **Revista Agrotecnologia, Ipameri**, n. 11, p. 54–67, 2020.
- CARVALHO, N. S. et al. A importância da soja para o agronegócio brasileiro. **Fitotecnia, sistemas agrícolas ambientais e solo**, 1 mar. 2023.
- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos 2023/24**. Brasília, DF, out. 2024. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/24397-12-levantamento-safra-2023-24r>>. Acesso em: 28 nov. 2024
- COSTA, A. F. DA et al. Controle alternativo e biológico de pragas e fitopatógenos: uma década de contribuição. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 27, n. 2, 2022.
- GODOY, K. B.; ÁVILA, C. J.; ARCE, C. C. M. **Controle Biológico de Percevejos Fitófagos da Soja na Região de Dourados, MS**. Dourados, MS: [s.n.]. Disponível em: <[www.cpa0.embrapa.br](http://www.cpa0.embrapa.br)>.
- LEBNA LANDGRAF. **Linha do tempo com cultivares conta a história da soja no Brasil**. Disponível em: <[https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/98339960/linha-do-tempo-com-cultivares-counta-a-historia-da-soja-no-brasil?p\\_auth=PsXBNOLx](https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/98339960/linha-do-tempo-com-cultivares-counta-a-historia-da-soja-no-brasil?p_auth=PsXBNOLx)>. Acesso em: 4 maio. 2025.
- MARTINS, J. F. DA S. et al. **Situação do Manejo Integrado de Insetos-praga na Cultura do Arroz no Brasil**. Pelotas, RS: [s.n.]. Disponível em: <[www.cpact.embrapa.br](http://www.cpact.embrapa.br)>.
- MIRANDA, R. A. DE. Breve História da Agropecuária Brasileira. Em: **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas: cenário histórico, divisão política, características demográficas, socioeconômicas e ambientais**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. v. 1p. 31–57.
- NAVA, D. E. et al. Insetos fitófagos associados à cultura do pinhão-manso no Rio Grande do Sul. **Embrapa**, 2018.
- PEREIRA, R. J.; CARDOSO, M. G. Metabólitos secundários vegetais e benefícios antioxidantes Vegetable secondary metabolites and antioxidants benefits. **J. Biotec. Biodivers.** v. 3, p. 146–152, 2012.
- REIS, D. L. R. S. et al. Potencial de plantas inseticidas no controle de formigas cortadeiras no Brasil. **BioScience**, v. 12, n. 1, p. 17–39, 2023.
- RHODEN, A. C. et al. Análise das tendências de oferta e demanda para o grão, farelo e óleo de soja no Brasil e nos principais mercados globais. **Revista Desenvolvimento em Questão**, v. 51, p. 93–112, abr. 2020.
- SAITO, L. M.; SCRAMIN, S. **PLANTAS AROMÁTICAS E SEU USO NA AGRICULTURA**. Jaguariúna, SP: EMBRAPA, 2000.

SOSA-GÓMEZ, D. R. et al. Manual de identificação de insetos e outros invertebrados da cultura da soja. **Embrapa**, fev. 2023.

SOUZA, P. N. DE et al. Aspectos principais sobre a biologia e o controle químico do percevejo marrom na cultura da soja. **Brazilian Journals e Editora**, v. 1, n. 1, 2021.

VOORA, V. et al. **Relatório de mercado global**. Fev. 2024. Disponível em: <<https://www.iisd.org/ssi/>>. Acesso em: 28 nov. 2024

WOCHNER, D.; DORCE, C. L.; SCHLINDWEIN, M. M. Custo ambiental do uso de defensivos químicos no manejo de pragas no cultivo da soja. **Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER**, ago. 2022.

ARTIGO 1

**Potencial do Óleo essencial de *Eucalyptus globulus* no manejo de insetos-praga: uma  
revisão sistemática**

## RESUMO

A demanda por soluções sustentáveis no controle de pragas agrícolas tem impulsionado o uso de alternativas naturais como os óleos essenciais (OEs). Esses compostos, extraídos de plantas, apresentam propriedades bioativas que podem ser exploradas no Manejo Integrado de Pragas (MIP). Dentre estes, o OE de *Eucalyptus globulus* se destaca pelo alto teor de 1,8-cineol, um composto com potencial inseticida. Este estudo abordou pesquisas recentes (2019-2024) sobre o uso do OE de *E. globulus* no controle de pragas agrícolas. A revisão foi realizada em bases de dados como Google Scholar, PubMed, BioOne, ScienceDirect e outras, selecionando-se estudos sobre composição química, mecanismo de ação e impacto em diferentes espécies de insetos-praga. Os resultados indicam que o OE de *E. globulus* apresenta atividade inseticida e repelente contra diversas pragas. Seu mecanismo de ação envolve toxicidade direta, alterações no sistema nervoso dos insetos e inibição da alimentação e reprodução. No entanto, sua eficácia pode ser influenciada por fatores como a composição química da planta, o método de extração e as condições ambientais. Apesar das vantagens, desafios como a alta volatilidade, necessidade de reaplicações frequentes e variações na composição química, limitam seu uso em larga escala. Assim, estudos futuros devem focar na padronização da composição dos OEs, na avaliação dos impactos ecológicos e na otimização de formulações, garantindo maior estabilidade dos óleos e sua eficiência no campo.

**Palavras-chave:** manejo de pragas; metabolitos secundários; bioproteção; segurança ambiental; sustentabilidade.

## ABSTRACT

The demand for sustainable solutions in agricultural pest control has driven the use of natural alternatives, such as essential oils (EOs). These compounds, extracted from plants, have bioactive properties that can be exploited in Integrated Pest Management (IPM). Among the EOs, *Eucalyptus globulus* stands out for its high content of 1,8-cineole, a compound with insecticidal potential. This study addressed recent research (2019-2024) on the use of *E. globulus* EO in agricultural pest control. The review was conducted using Google Scholar, PubMed, BioOne, ScienceDirect and others, selecting studies on chemical composition, mechanism of action, and impact on different species of insect pests. The results indicated that *E. globulus* EO exhibits insecticidal and repellent activity against several pests. Its mechanism of action involves direct toxicity, alterations in the insect nervous system, and inhibition of feeding and reproduction. However, its effectiveness can be influenced by factors such as the plant's chemical composition, the extraction method, and environmental conditions. Despite the advantages, challenges such as high volatility, the need for frequent reapplications, and variations in composition limit its large-scale use. Thus, future studies should focus on standardizing the composition, assessing ecological impacts, and optimizing formulations to ensure greater stability and efficiency in the field.

**Keywords:** environmental safety; bioprotection; pest management; secondary metabolites; sustainability.

## INTRODUÇÃO

Os Óleos Essenciais (OEs), também denominados de óleos voláteis ou óleos etéreos, são uma importante classe de metabólitos secundários das plantas, constituídos de terpenos, fenóis e compostos nitrogenados (BORGES; AMORIM, 2020; FERRAZ, 2024). Os OEs podem ser extraídos pelos métodos de destilação por arraste a vapor, hidrodestilação, extração com CO<sub>2</sub> supercrítico e prensagem a frio (BUENO et al., 2023). As propriedades físicas de rotação óptica, índice de refração e densidade, são parâmetros fundamentais na verificação da qualidade dos OEs (LEITE et al., 2020). Além disso, regulamentações internacionais como a *International Organization for Standardization* (ISO), desenvolveram normas e critérios de padronização destes produtos (ALONSO-GATO et al., 2021; CÉSAR et al., 2021).

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) regula o uso e a comercialização dos OEs, classificando-os de acordo com seu uso e especificidades em cosméticos, medicamentos fitoterápicos ou aromatizantes (SILVA; BRUCH; OLIVEIRA, 2024). Os OEs apresentam uma ampla gama de atividades biológicas, incluindo ação antimicrobiana, acaricida, antifúngica, antioxidante, anti-inflamatória, inseticida e repelente (ROLIM et al., 2022; ROSA et al., 2020; SANTOS et al., 2022). A aplicabilidade dos OEs em diferentes áreas é influenciada por sua composição química, devido à presença de substâncias orgânicas chamadas de compostos voláteis, empregados na perfumaria e na formulação de repelentes (GOMES et al., 2019; LIAO et al., 2021).

No entanto, a composição química dos OEs pode variar significativamente conforme a espécie vegetal e seu estágio fenológico, método de extração utilizado e as condições ambientais da região de cultivo. Apesar de todas as plantas produzirem metabólitos secundários, o potencial inseticida é exclusivo para apenas algumas famílias botânicas, incluindo Apiaceae, Asteraceae, Cupressaceae, Lamiaceae, Lauraceae, Myrtaceae, Poaceae, Piperaceae, Rutaceae e Zingiberaceae (EBADOLLAHI; SENDI, 2015). Assim sendo, a família Myrtaceae se destaca por ser constituída por 132 gêneros e 5.671 espécies de plantas (DE LUCENA et al., 2014). Entre os gêneros pertencentes a essa família, *Eucalyptus* spp. merece especial atenção, devido às propriedades químicas e biológicas (VALADARES; LANDAU; MAIA, 2020).

As espécies mais utilizadas na produção de OEs são *Eucalyptus globulus*, *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus staigeriana* (BIZZO; REZENDE, 2022), conformados majoritariamente por monoterpenos, que lhe conferem diversas propriedades bioativas (ALMAS et al., 2021), constituídos de hidrocarbonetos como o  $\alpha$ -pineno, álcoois como o linalol

e éteres como o 1,8-cineol, além de aldeídos, cetonas e lactonas (CINTIA et al., 2022; SILVEIRA; LAZZAROTTO, 2021). Contudo, o OE de *E. globulus* é especialmente reconhecido por ser a principal fonte de 1,8-cineol, composto maioritário estudado por seu potencial inseticida contra algumas pragas (CONTRUCCI et al., 2019; SILVA et al., 2021).

Neste contexto, produtos alternativos como o OE de *E. globulus*, tornam-se uma estratégia promissora no controle de insetos-praga, devido às propriedades biodegradáveis, baixo impacto ambiental e potentes efeitos inseticidas (SILVA et al., 2024). Desta forma, a revisão apresentada busca expandir o conhecimento relacionado ao potencial inseticida do OE de *E. globulus*, abordando aspectos relevantes e de interesse em pesquisas científicas, contribuindo no desenvolvimento e aplicação de tecnologias sustentáveis no controle de insetos-praga.

## METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida com base em materiais científicos publicados nos últimos cinco anos (2019–2024), sobre o potencial inseticida do OE de *E. globulus* no controle de insetos-praga.

A busca foi realizada em bases de dados de plataformas digitais, incluindo Google Scholar, PubMed, BioOne, Research Rabbit, Research Gate, ScienceDirect, Scopus, Springer e Web of Science. Para direcionar a busca do material foram utilizados termos como óleos essenciais, *Eucalyptus globulus*, *Euschistus heros*, controle biológico de pragas, controle alternativo de pragas, metabolitos secundários e concentrações letais, analisando-se aproximadamente 800 documentos publicados, sendo estes artigos científicos, publicações científicas de revisão, livros, capítulos de livros, teses e dissertações.

Os estudos identificados foram avaliados integralmente, sendo excluídos aqueles que não estavam dentro do período estabelecido, não apresentavam informações relevantes com o tema, eram estudos duplicados ou estavam publicados em idiomas diferentes de português, inglês e espanhol.

Do material analisado, 60 publicações científicas foram extraídas e organizadas em uma tabela, permitindo uma análise crítica e atualizada sobre o potencial inseticida deste OE.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1. Óleo Essencial (OE) de *Eucalyptus globulus* e suas propriedades inseticidas

*Eucalyptus globulus* é uma das espécies amplamente cultivadas da família Myrtaceae, valorizada por suas propriedades antioxidantes, antifúngicas e inseticidas atribuídas à sua rica composição química (BRUNO; ALMEIDA, 2021; ALIPANAH et al., 2022). A extração do OE desta planta é realizada pelo processo de destilação por arrastre a vapor, a partir das folhas e gemas apicais, sendo a composição química caracterizada pela cromatografia gasosa, identificando e quantificando os compostos voláteis presentes (CASTILHO; FELISBINO; RODRIGUES, 2021; NASCIMENTO; PRADE, 2020).

O OE de *E. globulus* é composto de 1,8-cineol, 1-felandreno, 4-terpineol,  $\alpha$ -pineno,  $\alpha$ -terpinoleno,  $\beta$ -pineno,  $\beta$ -mirceno, D-limoneno, *p*-cimeno,  $\gamma$ -terpineno e naftataleno. Dentre esses, o 1,8-cineol,  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno,  $\gamma$ -terpineno e D-limoneno, possuem atividades biológicas comprovadas contra insetos (SILVEIRA; LAZZAROTTO, 2021) (Tabela 1).

A Tabela 1 reúne os principais estudos publicados sobre o uso do OE de *E. globulus* no controle de insetos-praga, incluindo as ordens Blattaria, Coleoptera, Diptera, Hemiptera e Lepidoptera. Além disso, esta revisão contempla 22 famílias e 45 espécies de insetos-praga, contendo informações de pragas agrícolas e sinantrópicas de importância econômica como *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae), *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiinae) e *Musca domestica* (Diptera: Muscidae).

O OE de *E. globulus* apresentou atividades biológicas como inseticida, larvicida, ovicida, fumigante, pupicida e repelente. Em besouros (Coleoptera), a ação do OE por contato e fumigação gerou mortalidade significativa, enquanto em lagartas (Lepidoptera), os efeitos larvicidas e antialimentares também foram relevantes (BOMFIM, 2020; MOURA et al., 2022). Em moscas (Diptera), o OE tem sido eficaz como larvicida e repelente, distinguindo-se por seu uso em ambientes urbanos e rurais (CÁCERES et al., 2022).

Esses resultados fortalecem o amplo espectro de ação do OE de *E. globulus*, possivelmente relacionado às propriedades inseticidas de seus compostos, os quais atuam sobre o sistema nervoso central do inseto, causando o bloqueio dos receptores octopaminérgicos, alterações na integridade da cutícula e a inibição de enzimas específicas. Dessa forma, o OE de *E. globulus* se apresenta como uma ferramenta inovadora a ser explorada no MIP.

**Tabela 1.** Atividades biológicas do OE de *Eucalyptus globulus* (Myrtales: Myrtaceae) sobre insetos-praga, indicando a ordem, família, nome científico e as referências bibliográficas avaliadas.

Ordem e Família	Nome Científico	Atividade Biológica	Referências
Blattaria: Blattellidae	<i>Blattella germanica</i>	Inseticida, repelente	(ASGARI et al., 2023; CHOOLUCK et al., 2019)
	<i>Periplaneta americana</i>	Ovicida, repelente	(SOONWERA; SITTICHOK, 2020)
Coleoptera: Anobiidae	<i>Lasioderma serricorne</i>	Fumigante	(REN et al., 2022)
Coleoptera: Bostrochidae	<i>Rhyzopertha dominica</i>	Inseticida	(SIDDIQUE et al., 2022)
Coleoptera: Chrysomelidae	<i>Acanthoscelides obtectus</i>	Inseticida	(CAGÁÑ et al., 2022; DANNA et al., 2024)

**Fumigante:** penetração do composto volátil do OE no corpo do inseto através do sistema respiratório, causando toxicidade por inalação. **Ovicida:** impede o desenvolvimento dos ovos. **Larvicida:** inibe o crescimento das larvas do inseto, causando mortalidade ou deformações. **Pupicida:** afeta a fase de pupa do inseto, levando à morte ou interrupção do desenvolvimento. **Repelente:** afasta ou desorienta os insetos. **Inseticida:** causa a morte dos insetos em qualquer estágio de vida.

	<i>Callosobruchus maculatus</i>	Ovicida, inseticida	(IDOKO; ILEKE, 2020; SHARMA; HARIPRASAD; SATYA, 2024; SUBEKTI et al., 2019)
	<i>Podagrica uniforma</i>	Inseticida, repelente	(IGBERAESE et al., 2024)
	<i>Sitophilus granarius</i>	Repelente	(MARTYNOV et al., 2019)
	<i>Sitophilus oryzae</i>	Fumigante, repelente	(AMUTHAM G et al., 2021)
	<i>Sitophilus zeamais</i>	Inseticida, fumigante, larvicida, repelente	(ACHIMÓN et al., 2022; ARAÚJO et al., 2019; NGONGO-KAPENGA et al., 2021)
	<i>Zabrotes subfasciatus</i>	Inseticida	(OLIVEIRA; DANTAS; PIOVEZAN, 2020)
Coleoptera: Dermestidae	<i>Attagenus fasciatus</i>	Repelente	(EL SHAFEAY; AHMED, 2022)

**Fumigante:** penetração do composto volátil do OE no corpo do inseto através do sistema respiratório, causando toxicidade por inalação. **Ovicida:** impede o desenvolvimento dos ovos. **Larvicida:** inibe o crescimento das larvas do inseto, causando mortalidade ou deformações. **Pupicida:** afeta a fase de pupa do inseto, levando à morte ou interrupção do desenvolvimento. **Repelente:** afasta ou desorienta os insetos. **Inseticida:** causa a morte dos insetos em qualquer estágio de vida.

Coleoptera: Silvanidae	<i>Oryzaephilus surinamensis</i>	Inseticida	(EL SALAM; SALEM; ABDEL-RAHMAN, 2019)
	<i>Alphitobius diaperinus</i>	Inseticida	(ARENA et al., 2020)
	<i>Tenebrio molitor</i>	Larvicida, inseticida, repelente	(BUMBULYTĚ; BŪDIENĚ; BŪDA, 2023; CAGÁŇ et al., 2022; MARTYNOV et al., 2019)
Coleoptera: Tenebrionidae	<i>Tribolium castaneum</i>	Inseticida, fumigante, repelente	(AHMAD et al., 2019; EBADOLLAHI; TAGHINEZHAD, 2021; HAGHIGHIAN et al., 2024; NATH; SINGH; DEEP, 2019; ONIBON-OJE; OLAKUNLE, 2019)
	<i>Tribolium confusum</i>	Inseticida, repelente	(AINANE et al., 2019; CAGÁŇ et al., 2022; KHELOUL et al., 2023; TINE et al., 2023)

**Fumigante:** penetração do composto volátil do OE no corpo do inseto através do sistema respiratório, causando toxicidade por inalação. **Ovicida:** impede o desenvolvimento dos ovos. **Larvicida:** inibe o crescimento das larvas do inseto, causando mortalidade ou deformações. **Pupicida:** afeta a fase de pupa do inseto, levando à morte ou interrupção do desenvolvimento. **Repelente:** afasta ou desorienta os insetos. **Inseticida:** causa a morte dos insetos em qualquer estágio de vida.

---

Diptera: Culicidae	<i>Aedes aegypti</i>	Larvicida, pupicida, repelente	(BRITO et al., 2021; KAMARAJ et al., 2023; KAURA et al., 2019; SANDHU; VASHISHAT; KOCHER, 2023; VIVEKANANDHAN et al., 2020)
	<i>Anopheles stephensi</i>	Inseticida, larvicida, repelente	(KAMARAJ et al., 2024; MOHAMMADI et al., 2019; SABZALIZADE et al., 2021; SHEIKH et al., 2021; VIVEKANANDHAN et al., 2020)
	<i>Culex pipiens</i>	Larvicida, repelente	(OSMAN; AL-EMAM; MOUSTAFA, 2020; SABZALIZADE et al., 2021)
	<i>Culex quinquefasciatus</i>	Repelente, larvicida, ovicida	(KAMARAJ et al., 2023; VIVEKANANDHAN et al., 2020)
	<i>Culiseta longiareolata</i>	Inseticida	(YAHIA et al., 2023)

---

**Fumigante:** penetração do composto volátil do OE no corpo do inseto através do sistema respiratório, causando toxicidade por inalação. **Ovicida:** impede o desenvolvimento dos ovos. **Larvicida:** inibe o crescimento das larvas do inseto, causando mortalidade ou deformações. **Pupicida:** afeta a fase de pupa do inseto, levando à morte ou interrupção do desenvolvimento. **Repelente:** afasta ou desorienta os insetos. **Inseticida:** causa a morte dos insetos em qualquer estágio de vida.

Diptera: Drosophilida	<i>Drosophila suzukii</i>	Inseticida	(PINEDA et al., 2023)
Diptera: Muscidae	<i>Musca domestica</i>	Repelente	(KAMARAJ et al., 2024)
Diptera: Psychodidae	<i>Clogmia albipunctata</i>	Repelente	(BARANOVÁ; OBOŇA, 2024)
Diptera: Tephritidae	<i>Bactrocera oleae</i>	Inseticida	(BOURAKNA; RIGHI; ASSIA, 2022)
	<i>Ceratitis capitata</i>	Inseticida	(SADRAOUI-AJMI et al., 2022)
Hemiptera: Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i>	Inseticida	(WAHBA; ABD-ELATEF; WAHBA, 2024)
Hemiptera: Aphididae	<i>Acyrtosiphon pisum</i>		
	<i>Aphis craccivora</i>	Inseticida	(TUROVSKY; DESCAMPS; CHOPA, 2022)
	<i>Therioaphis trifolii</i>		

**Fumigante:** penetração do composto volátil do OE no corpo do inseto através do sistema respiratório, causando toxicidade por inalação. **Ovicida:** impede o desenvolvimento dos ovos. **Larvicida:** inibe o crescimento das larvas do inseto, causando mortalidade ou deformações. **Pupicida:** afeta a fase de pupa do inseto, levando à morte ou interrupção do desenvolvimento. **Repelente:** afasta ou desorienta os insetos. **Inseticida:** causa a morte dos insetos em qualquer estágio de vida.

	<i>Aphis fabae</i>	Inseticida, repelente	(ABDELKADER; ABDELKADER; YAHIA, 2020; EROL; BIRGÜCÜ, 2021)
	<i>Myzus cerasi</i>	Repelente	(CAGÁŇ et al., 2022)
	<i>Myzus persicae</i>	Inseticida	(AHMED et al., 2021)
Hemiptera: Pseudococcidae	<i>Phenacoccus Solenopsis</i>	Inseticida	(SHARMA; KAUR, 2021)
Lepidoptera: Apatetrinae	<i>Pectinophora gossypiella</i>	Inseticida	(KOBENAN et al., 2022)
Lepidoptera: Erebidae	<i>Orgyia trigotephras</i>	Larvicida	(DANNA et al., 2024)
Lepidoptera: Gelechiidae	<i>Tuta absoluta</i>	Larvicida, fumigante, repelente	(CHERIF et al., 2025; CHOUGAR; MEDJDOUB-BENSAAD; GUERMAH, 2022; PINTO et al., 2020; PINTO; VELLA; AGRÒ, 2022)

**Fumigante:** penetração do composto volátil do OE no corpo do inseto através do sistema respiratório, causando toxicidade por inalação. **Ovicida:** impede o desenvolvimento dos ovos. **Larvicida:** inibe o crescimento das larvas do inseto, causando mortalidade ou deformações. **Pupicida:** afeta a fase de pupa do inseto, levando à morte ou interrupção do desenvolvimento. **Repelente:** afasta ou desorienta os insetos. **Inseticida:** causa a morte dos insetos em qualquer estágio de vida.

Lepidoptera: Noctuidae	<i>Helicoverpa armigera</i>	Inseticida	(KOBENAN et al., 2022)
	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Inseticida	(SALEEM et al., 2024)
Lepidoptera: Pyralidae	<i>Ectomyelois Ceratoniae</i>	Inseticida	(ADOUANE S et al., 2023)
	<i>Ephestia cautella</i>	Fumigante	(SABBOUR; EL-AZIZ, 2019)
	<i>Ephestia kuehniella</i>	Inseticida	(EMAMJOMEH et al., 2023)
	<i>Galleria mellonella</i>	Inseticida	(SU et al., 2024)
Lepidoptera: Tortricidae	<i>Thaumatotibia leucotreta</i>	Inseticida	(KOBENAN et al., 2022)

**Fumigante:** penetração do composto volátil do OE no corpo do inseto através do sistema respiratório, causando toxicidade por inalação. **Ovicida:** impede o desenvolvimento dos ovos. **Larvicida:** inibe o crescimento das larvas do inseto, causando mortalidade ou deformações. **Pupicida:** afeta a fase de pupa do inseto, levando à morte ou interrupção do desenvolvimento. **Repelente:** afasta ou desorienta os insetos. **Inseticida:** causa a morte dos insetos em qualquer estágio de vida.

Alguns estudos incluídos nesta revisão relatam efeitos positivos na ação deste OE sobre hemípteros como *Aphis gossypii* (Aphididae), *Bemisia tabaci* (Aleirodidae) e *Dysdercus cingulatus* (Pentatomidae), evidenciando atributos inseticidas e repelentes (ABDELMAKSOUUD et al., 2024; SHARMA; KAUR, 2021; TUROVSKY; DESCAMPS; CHOPA, 2022; WAHBA; ABD-ELATEF; WAHBA, 2024). Embora os dados apresentados reúnam estudos que demonstram a eficácia do OE de *E. globulus* sobre diversas ordens e famílias de insetos, não foram encontradas referências específicas sobre seu uso no controle do percevejo-marrom, *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae). Logo, a escassez de informações atrelada aos resultados promissores no controle de outras famílias de hemípteros, despertam o interesse para novas pesquisas que avaliem o potencial dos compostos voláteis do OE de *E. globulus*, especialmente 1,8-cineol e  $\alpha$ -pineno, na regulação de *E. heros*.

Os mecanismos de ação dos OEs de *E. globulus* incluem impactos em sistemas fundamentais dos insetos como os sistemas nervoso, digestivo, reprodutivo e metabólico, além de alterações estruturais no exoesqueleto (SINGH et al., 2021). As atividades biológicas do OE de *E. globulus* nos insetos, atuam de forma fumigante, inseticida, larvicida, ovicida, pupicida e repelente (SAKHAMO, 2024; SHEIKH et al., 2021).

## 2. Aplicabilidade do OE de *Eucalyptus globulus* no manejo de artrópodes

O OE de *E. globulus* pode ser aplicado de diferentes formas, pois suas propriedades inseticidas e repelentes atuam diretamente na redução da atratividade do inseto na cultura, causando paralisia e morte, além de interferir nos processos fisiológicos e comportamentais dos estágios imaturos como larvas e ninfas, promovendo o declínio populacional da praga ao longo do tempo (BRANCO, 2022; LEITE; BERTOTTI, 2020).

No contexto do MIP o OE de *E. globulus* pode ser utilizado como biopesticida natural, aplicando as concentrações corretas diretamente sobre as plantas, ou como ingrediente ativo em formulações comerciais do tipo sprays, pós para grãos armazenados, sachês fumigantes e biofilmes repelentes, podendo ser incorporado em técnicas de proteção de pós-colheita e armazenamento de grãos e sementes (BOLSONI et al., 2024; SANTOS et al., 2024).

Além do controle de insetos, esse OE também tem demonstrado eficácia sobre como ácaros e moluscos, atuando como agente acaricida e moluscicida em diversos sistemas agrícolas como hortaliças, frutíferas e ornamentais (RUEDA; GONZÁLEZ; CHAPARRO, 2023; SOHRABI; ZIAEE, 2021).

### 3. Vantagens e desafios do OE de *Eucalyptus globulus* no manejo de insetos-praga

O uso do OE de *E. globulus* no controle de pragas agrícolas apresenta diversas vantagens quando comparado aos inseticidas sintéticos convencionais. Os atributos deste OE são biodegradabilidade, baixa toxicidade ambiental e preservação da entomofauna benéfica, como predadores naturais e insetos polinizadores (CASTRO, 2022; OMARA; MIRZAEI, 2024). Isso se torna especialmente interessante em sistemas de cultivo orgânico, onde a seletividade e o menor impacto ambiental são critérios fundamentais. Por ser um composto volátil, a aplicação deste OE reduz o risco de resíduos tóxicos nos alimentos e oferece maior segurança à saúde humana (BARROS et al., 2019), podendo ser empregado em hortas domésticas, cultivos familiares ou em produtos destinados ao consumo in natura.

Outro aspecto importante do OE de *E. globulus* é a complexidade de sua composição química devido à atuação sinérgica de vários compostos bioativos, o que dificulta a seleção de linhagens de insetos resistentes, ao contrário do que ocorre com o uso prolongado e indiscriminado de inseticidas sintéticos (GALVAN, 2024). Essa característica contribui na durabilidade e na sustentabilidade das estratégias de controle de insetos baseadas em produtos naturais. Além disso, os OEs possuem baixo efeito residual com ação geralmente restrita a 5–7 dias (BOURAKNA; RIGHI; ASSIA, 2022; YAMADA et al., 2022). Essa volatilidade, embora exija estratégias de reaplicação mais frequentes, também reduz riscos de contaminação do solo, da água e da fauna terrestre.

Apesar das diversas vantagens do OE de *E. globulus* no controle de pragas, seu uso apresenta algumas limitações que devem ser consideradas para garantir sua eficácia e viabilidade (CARNEIRO, 2022). Um dos principais desafios do OE de *E. globulus* é a variação da eficiência, sendo dependente das concentrações utilizadas e das condições edafoclimáticas no momento de sua aplicação (SILVA et al., 2024). Além disso, o OE é sensível ao calor, luz e oxigênio (Citação?). Logo, a exposição a esses fatores podem comprometer sua composição química, reduzindo a eficiência. Para evitar a degradação do OE é fundamental armazená-lo em recipientes escuros e hermeticamente fechados, protegendo-o da oxidação e da perda dos compostos voláteis (MARONDE et al., 2020; PICOLLOTO et al., 2022).

Outro fator limitante do OE de *E. globulus* é a alta volatilidade dos compostos, os quais se dissipam rapidamente no ambiente, precisando de reaplicações (ELANGOVAN; MUDGIL, 2023). Conseqüentemente, dificulta-se o controle da praga e aumenta-se o custo de produção

(PINTO et al., 2021). Este OE apresenta baixa densidade, dificultando sua mistura em soluções aquosas (RODRIGUES et al., 2021). Dessa forma, sua aplicação inadequada pode resultar em uma ação mínima contra as pragas, ou até mesmo causar fitotoxidez (WINK et al., 2022).

A composição química do OE de *E. globulus* pode variar significativamente de acordo com sua origem geográfica, o clima e seu método de extração, influenciando diretamente na eficácia contra a praga-alvo (SU et al., 2024). Para superar esse problema, é necessário o uso de emulsões estáveis, garantindo uma aplicação homogênea nas culturas (BARRADAS; DE HOLANDA E SILVA, 2021; PAVONI et al., 2020).

#### 4. Perspectivas do OE de *Eucalyptus globulus* no manejo de insetos-praga

As perspectivas do uso do OE de *E. globulus* no controle de pragas, incluem o desenvolvimento de formulações mais eficientes e a integração com outras estratégias de manejo sustentável contra as pragas-alvo. Uma das principais tendências é o desenvolvimento de nanoformulações de OEs, que possam reduzir a volatilização dos compostos ativos, prolongar a liberação dos ingredientes e aumentar a estabilidade do OE (SHARMA; HARIPRASAD; SATYA, 2024). Essas tecnologias permitem uma ação inseticida prolongada, reduzindo a necessidade de reaplicações frequentes e tornando o uso do OE mais prático e econômico (KHOSHRAFTAR et al., 2019). Outra abordagem necessária é o sinergismo do OE de *E. globulus* com outros OEs e/ou substâncias naturais, que potencializem sua eficácia e visibilidade no MIP (SOONWERA; SITTICHOK, 2020).

Estudos indicam que a sinergia entre diferentes compostos pode aumentar a toxicidade contra os insetos-praga e minimizar a seleção de populações resistentes (SUWANNAYOD et al., 2019). Além disso, pesquisas voltadas para microencapsulação e formulações de liberação controlada, podem ajudar a superar desafios como a degradação por fatores ambientais e a dificuldade de mistura em soluções aquosas (GONÇALVES et al., 2021). No contexto do MIP, sua aplicação pode ser especialmente vantajosa em algumas culturas, onde o uso de produtos químicos convencionais é restrito (SHALA; GURURANI, 2021).

## CONSIDERAÇÃO FINAL

O uso do OE de *E. globulus* no controle de insetos-praga representa uma estratégia promissora e sustentável frente aos inseticidas sintéticos convencionais. Suas propriedades inseticidas, repelentes e ovicidas fazem dele um recurso valioso no MIP, permitindo intercalar diferentes produtos e reduzir aplicações sucessivas de inseticidas químicos. Porém, sua aplicação ainda enfrenta desafios como a alta volatilidade, variabilidade composicional e necessidade de reaplicações frequentes, demandando estudos para otimizar sua eficácia e estabilidade.

No entanto, a padronização da composição química do OE de *E. globulus* é um fator primordial para garantir sua eficiência e confiabilidade no mercado. Para isso, é necessário o aprimoramento das técnicas de extração e formulação, incluindo estratégias como microencapsulação, nanoformulações e sistemas de liberação controlada, que possam aumentar a durabilidade da ação inseticida e reduzir perdas por volatilização. Assim, esta revisão contribui não apenas para sistematizar o conhecimento atual sobre o potencial inseticida do OE de *E. globulus*, mas também para fundamentar futuras investigações com espécies ainda não avaliadas, como *E. heros*, cuja importância agronômica justifica estudos mais específicos.

## REFERÊNCIAS

- ABDELKADER, H.; ABDELKADER, B.; YAHIA, B. Toxicity and repellency of *Eucalyptus globulus* L. essential oil against *Aphis fabae* Scopoli, 1763 (Homoptera: Aphididae). **Journal of Entomological Research**, v. 44, n. 1, p. 147, 2020.
- ABDELMAKSOU, N. M. et al. Potency of emulsifiable concentrate and nanoemulsion formulations as green insecticides against two insects, *Aphis craccivora* and *Liriomyza trifolii*. **Industrial Crops and Products**, v. 208, p. 117854, fev. 2024.
- ACHIMÓN, F. et al. Exploring contact toxicity of essential oils against *Sitophilus zeamais* through a meta-analysis approach. **MDPI**, v. 11, n. 22, 1 nov. 2022.
- ADOUANE S et al. Efficacy of mediterranean essential oils to control the date moth, *Ectomyelois Ceratoniae* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Materials and Environmental Science**, v. 2023, n. 10, p. 1213–1223, 2023.
- AHMAD, F. et al. Comparative insecticidal activity of different plant materials from six common plant species against *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 7, p. 1804–1808, 1 nov. 2019.
- AHMED, Q. et al. Evaluation of aphicidal effect of essential oils and their synergistic effect against *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Molecules**, v. 26, n. 10, p. 3055, 20 maio 2021.
- AINANE, A. et al. Chemical composition and insecticidal activity of five essential oils: *Cedrus atlantica*, *Citrus limonum*, *Rosmarinus officinalis*, *Syzygium aromaticum*, and *Eucalyptus globules*. **Materials Today: Proceedings**, v. 13, p. 474–485, 2019.
- ALIPANAH, H. et al. Nanoemulsion and nanogel containing *Eucalyptus globulus*, essential oil; larvicidal activity and antibacterial properties. **Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases**, 2022.
- ALMAS, I. et al. Chemical composition of essential oils from *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus maculata* grown in Tanzania. **Scientific African**, v. 12, jul. 2021.
- AMUTHAM G, T. et al. Evaluation of ethyl acetate extract of some botanicals against rice weevil *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) in *Stored Maize*. **Madras Agricultural Journal**, v. 108, n. June, p. 1–5, 2021.
- ARAÚJO, A. M. N. DE et al. Toxicity and repellency of essential oils in the management of *Sitophilus zeamais*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 23, n. 5, p. 372–377, 1 maio 2019.
- ARENA, J. S. et al. Insecticidal and antibacterial effects of some essential oils against the poultry pest *Alphitobius diaperinus* and its associated microorganisms. **Journal of Pest Science**, v. 93, n. 1, p. 403–414, 12 jan. 2020.

ASGARI, M. et al. Chemical analysis of *Eucalyptus* and *Rosemary* essential oils using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) and evaluation of their toxicity against the most common urban pest. **Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal**, v. 6, n. 3, p. 89–102, 30 set. 2023.

BARANOVÁ, B.; OBOŇA, J. Larvicidal activity of *Eucalyptus globulus* L., *Lavandula angustifolia* L., *Cymbopogon citratus* L. and *Citrus sinensis* L. + *Illicium verum* L. essential oils against an invasive drain fly *Clogmia albipunctata* (Williston, 1893). **Allelopathy Journal**, v. 61, n. 2, p. 153–164, 1 mar. 2024.

BARRADAS, T. N.; SILVA, K. G. DE H. E. Nanoemulsions of essential oils to improve solubility, stability and permeability: a review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 19, n. 2, p. 1153–1171, 1 abr. 2021.

BARROS, A. M. et al. Levantamento e uso de plantas medicinais do cerrado tocantinense para o controle alternativo de fitopatógenos. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 7, n. 3, p. 336–346, 22 dez. 2019.

BIZZO, H. R.; REZENDE, C. M. O mercado de óleos essenciais no Brasil e no mundo na última década. **Química Nova**, v. 45, n. 8, p. 949–958, 2022.

BOLSONI, E. Z. et al. Potencial acaricida da nanoemulsão do óleo essencial de *Eucalyptus globulus* sobre *Raoiella indica*. **INIC**, 2024.

BOMFIM, J. P. DE A. **Atividade de óleos essenciais sobre *Bemisia tabaci* (Gennadius) Biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae), *Spodoptera frugiperda* (Je Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e Inimigos Naturais.** Tese (Doutorado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrônômicas—Botucatu, SP: Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2020.

BORGES, L. P.; AMORIM, V. A. Metabólitos Secundários de Plantas. **Revista Agrotecnologia**, v. 11, n. 11, p. 54–67, 2020.

BOURAKNA, Z.; RIGHI, K.; ASSIA, F. GC/MS Analysis of *Eucalyptus globulus* l. (Myrtaceae) leaves essential oil from Algeria and their insecticidal activity against adults of *Bactrocera oleae* (Rossi) (Diptera: Tephritidae). **Journal of Essential Oil-Bearing Plants**, v. 25, n. 4, p. 876–887, 2022.

BRANCO, A. R. F. **Avaliação da ação repelente dos óleos essenciais de tomilho (*Thymus vulgaris*) e de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) em ixodídeos parasitas do Coelho-bravo com vista ao controle da Doença Hemorrágica Viral.** Dissertação (Mestrado Integrado em Medicina Veterinária)—Lisboa, Portugal: Universidade de Lisboa, 2022.

BRITO, G. A. DE et al. Identification of bioactive compounds against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) by bioassays and *in Silico* assays. **Chemistry & Biodiversity**, v. 18, n. 9, 20 set. 2021.

BRUNO, C. M. A.; ALMEIDA, M. R. Óleos essenciais e vegetais: matérias-primas para fabricação de bioprodutos nas aulas de química orgânica experimental. **Química Nova**, v. 44, n. 7, p. 899–907, 2021.

BUENO, G. N. et al. Extração e caracterização de óleos essenciais do Cravo-da-índia (*Eugenia caryophyllus*). **Journal of Exact Sciences**, v. 37, n. 1, p. 8–10, 2023.

BUMBULYTE, G.; BUDIENE, J.; BUDA, V. Essential oils and their components control behaviour of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) larvae. **MPDI**, v. 14, n. 7, 1 jul. 2023.

CÁCERES, V. A. S. et al. Efecto repelente y tiempo de protección de aceites esenciales frente al estadio adulto de *Aedes aegypti*. **Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú**, v. 33, n. 6, p. e21018, 22 dez. 2022.

CAGÁN, L. et al. Essential oils: useful tools in storage-pest management. **Plants**, v. 11, n. 22, 1 nov. 2022.

CARNEIRO, S. F. S. **Implementação e validação de um método analítico para controle da qualidade de óleo essencial de eucalipto**. Tese (Mestrado em Química)—Braga, Portugal: Universidade de Minho, 29 nov. 2022.

CASTILHO, G. K.; FELISBINO, S. DA S.; RODRIGUES, N. M. Estudo sobre os tipos de extração para óleos essenciais e óleos vegetais. **RCMOS**, v. 10, n. 10, p. 52–59, 2021.

CASTRO, C. M. DE. Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC): importância no contexto da soberania e segurança alimentar e nutricional. **Rede Agroecológica Regional da APTA Regional**, p. 48–73, 2022.

CÉSAR, B. C. et al. Funcho (*Foeniculum vulgare* Mill.). A planta, usos tradicionais e óleos essenciais em Portugal. **Voz do Campo**, 2021.

CHERIF, A. et al. Chemical composition and fumigant toxicity of five essential oils toward *Tuta absoluta* and its mirid predator *Macrolophus pygmaeus*. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 132, n. 1, p. 34, 16 fev. 2025.

CHOOLOCK, K. et al. Repellency effects of essential oils of *Cymbopogon winterianus*, *Eucalyptus globulus*, *Citrus hystrix* and their major constituents against adult german cockroach *Blattella germanica* Linnaeus (Blattaria: Blattellidae). **Jordan Journal of Biological Sciences**, v. 12, n. 4, p. 519–523, 2019.

CHOUGAR, S.; MEDJDOUB-BENSAAD, F.; GUERMAH, D. Larvicidal effect of *Eucalyptus* essential oils (*E. globulus*, *E. radiata* and *E. citriodora*) on L3 and L4 larvae of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae). **Bulletin of Pure & Applied Sciences- Botany**, v. 41b, n. 1, p. 43–52, 2022.

CONTRUCCI, B. A. et al. Efeito de óleos essenciais sobre bactérias Gram-negativas isoladas de alimentos. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, n. 3, p. 180–184, 2019.

DANNA, C. et al. *Eucalyptus* essential oils in pest control: a review of chemical composition and applications against insects and mites. **Crop Protection**, v. 176, 1 fev. 2024.

- EBADOLLAHI, A.; TAGHINEZHAD, E. Modeling of the toxicity of *Eucalyptus globulus* Labill essential oil against red flour beetle *Tribolium castaneum* Herbst. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 24, n. 12, p. 2043–2047, 15 fev. 2021.
- ELANGO VAN, S.; MUDGIL, P. Antibacterial properties of *Eucalyptus globulus* essential oil against MRSA: a systematic review. **MDPI**, v. 12, n. 3, 1 mar. 2023.
- EMAMJOMEH, L. et al. Nanoencapsulation enhances the contact toxicity of *Eucalyptus globulus* Labill and *Zataria multiflora* Boiss essential oils against the third instar larvae of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). **International Journal of Pest Management**, v. 69, n. 3, p. 207–214, 3 jul. 2023.
- EROL, A. B.; BIRGUCU, A. K. Effects of different essential oils on *Aphis fabae* (Hemiptera: Aphididae). **Journal of Scientific and Engineering Research**, v. 8, n. 10, p. 36–39, 2021.
- FERRAZ, A. Óleos essenciais: porque é importante saber a nomenclatura, composição química e processo de extração das plantas aromáticas. **Revista Medicina Integrativa**, 10 maio 2024.
- FREITAS, M. C. S. DE et al. **Propriedades, extração e usos do óleo essencial do eucalipto: uma análise bibliométrica**. Anais do 9º Congresso Florestal Brasileiro. **Anais...**Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 2 dez. 2022.
- GALVAN, C. F. **Utilização de silício, óleos essenciais e extratos como alternativas no manejo integrado de *Gonipterus platensis* (Coleoptera: Curculionidae) em *Eucalyptus* spp.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)—Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2024.
- GATO, M. A. et al. Essential oils as antimicrobials in crop protection. **MPDI**, v. 10, n. 1, p. 1–12, 1 jan. 2021.
- GOMES, P. R. B. et al. Activity larvicide of the essential oil of *Cinnamomum zeylanicum* Blume. **Periodico Tche Química**, v. 16, n. 31, p. 18–26, 2019.
- GONÇALVES, R. B. et al. Encapsulamento de moléculas como oportunidade emergente na agricultura. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v. 26, n. 2, 2021.
- 3HAGHIGHIAN, F. et al. Fumigant toxicity of two *Eucalyptus* species on *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) as pure essential oil and nano-capsulated. **Iranian Journal of Forest and Range Protection Research**, v. 22, n. 1, p. 47–62, 2024.
- IDOKO, J. E.; ILEKE, K. D. Comparative evaluation of insecticidal properties of essential oils of some selected botanicals as bio-pesticides against cowpea bruchid, *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Chrysomelidae). **Bulletin of the National Research Centre**, v. 44, n. 1, p. 119, 16 dez. 2020.

- IGBERAESE, P. O. et al. Chemical composition, insecticidal and repellent activities of *Eucalyptus globulus* and *Cymbopogon citratus* essential oils against flea beetle (*Podagrica unifirma*). **Nigerian Journal of Horticultural Science**, v. 28, n. 1, 2024.
- KAMARAJ, C. et al. Novel essential oils blend as a repellent and toxic agent against disease-transmitting mosquitoes. **MPDI**, v. 11, n. 6, 1 jun. 2023.
- KAMARAJ, C. et al. Bio-active essential oils derived from medicinal plants and their insecticidal potential on houseflies and cockroaches. **South African Journal of Botany**, v. 171, p. 277–289, ago. 2024.
- KAURA, T. et al. Utilizing larvicidal and pupicidal efficacy of *Eucalyptus* and neem oil against *Aedes* mosquito: An approach for mosquito control. **Tropical Parasitology**, v. 9, n. 1, p. 12–17, 1 jan. 2019.
- KHELOUL, L. et al. Fumigant toxicity of some essential oils and eucalyptol on different life stages of *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae). **Botany Letters**, v. 170, n. 1, p. 3–14, 2 jan. 2023.
- KHOSHRAFTAR, Z. et al. Synthesis of natural nanopesticides with the origin of *Eucalyptus globulus* extract for pest control. **Green Chemistry Letters and Reviews**, v. 12, n. 3, p. 286–298, 3 jul. 2019.
- KOBENAN, K. C. et al. Chemical composition, antioxidant activity, cholinesterase inhibitor and *in Vitro* insecticidal potentiality of essential oils of *Lippia multiflora* Moldenke and *Eucalyptus globulus* Labill. on the main carpophagous pests of cotton plant in Ivory Coast. **Chemistry & Biodiversity**, v. 19, n. 4, 28 abr. 2022.
- LEITE, D. O. D. et al. Propriedades físicas de óleos essenciais: uma ferramenta experimental no ensino de química. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, 8 out. 2020.
- LEITE, T. V. P. L.; BERTOTTI, D. L. Efeito dos inseticidas botânicos aplicados no manejo agroecológico de pragas na cultura do milho doce. **Revista Brasileira de Agroambiente e Desenvolvimento Sustentável**, v. 1, 2020.
- LIAO, W. et al. Nanoencapsulation of essential oils as natural food antimicrobial agents: an overview. **MDPI**, v. 11, n. 13, 1 jul. 2021.
- LUCENA, E. M. P. DE et al. Biodiversidade das Myrtaceae brasileiras adaptadas à Flórida, EUA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, p. 327–340, 2014.
- MARONDE, D. N. et al. Influência da luz na composição do óleo essencial de eucalipto (*eucalyptus urograndis*). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 98082–98090, 2020.
- MARTYNOV, V. O. et al. Impact of essential oil from plants on migratory activity of *Sitophilus granarius* and *Tenebrio molitor*. **Regulatory Mechanisms in Biosystems**, v. 10, n. 4, p. 359–371, 2019.

MOHAMMADI, R. et al. Nanoemulsified *Mentha piperita* and *Eucalyptus globulus* oils exhibit enhanced repellent activities against *Anopheles stephensi*. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v. 12, n. 11, p. 520–527, 1 nov. 2019.

MOURA, A. C. T. et al. *Aphis gossypii* Glover, 1877 and *Aphis spiraecola* Patch, 1914 (Hemiptera: Aphididae) associated with *Eucalyptus* spp. **Ciencia Florestal**, v. 32, n. 4, p. 2404–2418, 2022.

NASCIMENTO, A.; PRADE, A. C. K. Aromaterapia: o poder das plantas e dos óleos essenciais. **Observa pics**, v. 2, 2020.

NATH, R.; SINGH, G.; DEEP, G. Efficacy of some botanical extracts against *Tribolium castaneum*: Coleoptera (Tenebrionidae). **Original Research Article Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology**, v. 20, n. 16, p. 660–666, 2019.

NGONGO-KAPENGA, J. et al. Use of essential oil of *Eucalyptus globulus* leaves against *Sitophilus zeamais* Motsch. **Asian Journal of Biology**, p. 74–82, 13 jan. 2021.

OJE, O. O. Efficacy of essential oils from five botanicals against *callosobruchus maculatus* and *sitophilus zeamais*. **Albert Lemobade Library**, mar. 2019.

OLIVEIRA, M. R. S.; DANTAS, J. O.; PIOVEZAN, T. G. Óleo essencial de eucalipto no controle de *zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera). **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

OMARA, Z.; MIRZAEI, S. Plant-derived insecticides for pest management. **Journal of Ethno-Pharmaceutical Products**, v. 4, n. 1, p. 40–58, 2024.

OSMAN, K.; EMAM, A. AL; MOUSTAFA, M. Secondary plant products against *Culex pipiens* (Linn.), with reference to some changes detected by scanning electron microscope. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, v. 30, n. 1, 1 dez. 2020.

PAVONI, L. et al. An overview of micro-and nanoemulsions as vehicles for essential oils: formulation, preparation and stability. **MDPI**, v. 10, n. 1, 1 jan. 2020.

PICOLLOTO, A. M. et al. Estabilidade térmica e vaporização do óleo essencial de tomilho. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 11, p. 175–189, jan. 2022.

PINEDA, M. et al. Low concentrations of *Eucalyptus* essential oil induce age, sex, and mating status-dependent stimulatory responses in *Drosophila suzukii*. **MDPI**, v. 13, n. 2, 1 fev. 2023.

PINTO, M. LO et al. Adulticidal activity of essential oils of *Mentha piperita* L., *Cupressus sempervirens* L., and *Eucalyptus globulus* Labill. against the tomato leafminer *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae). **Journal of Entomology and Zoology Studies**, v. 8, n. 6, p. 1721–1728, 2020.

PINTO, M. LO; VELLA, L.; AGRÒ, A. Oviposition deterrence and repellent activities of selected essential oils against *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae): laboratory

and greenhouse investigations. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 42, n. 5, p. 3455–3464, 1 out. 2022.

PINTO, M. et al. Herbicidal effects and cellular targets of aqueous extracts from young *eucalyptus globulus* Labill. Leaves. **MDPI**, v. 10, n. 6, 1 jun. 2021.

REN, Y. et al. Behavioral response, fumigation activity, and contact activity of plant essential oils against tobacco beetle (*Lasioderma serricornis* (F.)) Adults. **Frontiers in Chemistry**, v. 10, 24 mar. 2022.

RODRIGUES, V. H. et al. Similarity analysis of essential oils and oleoresins of *Eucalyptus globulus* leaves produced by distinct methods, solvents and operating conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 164, 1 jun. 2021.

ROLIM, C. M. DE M. et al. Eficácia in vitro do óleo essencial de *Corymbia citriodora* Hill e Johnson (*Eucalyptus citriodora* Hook) sobre *Bovicola ovis* (Schrank, 1781). **Archives of Veterinary Science**, 2022.

ROSA, P. V. S. et al. Atividade bactericida do óleo essencial e extrato hidroalcoólico das folhas de *Eucalyptus globulus*. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, 15 jun. 2020.

RUEDA, K. Y. P.; GONZÁLEZ, L. C.; CHAPARRO, A. L. Evaluación del efecto de formulados de aceites esenciales de especies *Eucalyptus* contra *Arion* spp. **INGE CUC**, v. 19, n. 2, p. 131–142, 10 jul. 2023.

SABBOUR, M. M.; EL-AZIZ, S. E.-S. A. Impact of certain nano oils against *Ephestia kuehniella* and *Ephestia cutella* (Lepidoptera-Pyralidae) under laboratory and store conditions. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 43, n. 1, dez. 2019.

SABZALIZADE, S. et al. Evaluation of nanoemulsion of *Eucalyptus globulus* oil as potent botanical larvicide against malaria vector, *Anopheles stephensi* and west Nile vector, *Culex pipiens* under laboratory and semi-field conditions. **Journal of Arthropod-Borne Diseases**, v. 15, n. 4, p. 380–388, 2021.

SADRAOUI-AJMI, I. et al. Usage of agricultural DAP-fertilizer and *Eucalyptus* essential oils as potential attractants against the mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Tephritidae). **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 25, n. 1, p. 101857, mar. 2022.

SAKHAMO, K. Plant extracts as insecticides for stored goods. Em: **Frontiers in Plant Protection - Current Status and Management**. Delhi, India: Ninetales Publishings, 2024. v. 3p. 89–100.

SALAM, A. M. E. A. EL; SALEM, S. A. ELWAHED; RAHMAN, R. S. A. Fumigant and toxic activity of some aromatic oils for protecting dry dates from *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera: Silvanidae) in stores. **Bulletin of the National Research Centre**, v. 43, n. 1, p. 63, 17 dez. 2019.

SALEEM, U. et al. Determination of insecticidal potential of selected plant extracts against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) larvae. **Heliyon**, v. 10, n. 20, 30 out. 2024.

- SANDHU, K. K.; VASHISHAT, N.; KOCHER, D. K. Formulation of eucalyptus oil-zinc sulphide hybrid nanoemulsion and evaluation of its larvicidal potential against *Aedes aegypti*. **African Entomology**, v. 31, n. 1, 2023.
- SANTOS, A. L. DA S. et al. Composição química, atividade larvicida, inseticida e repelente e larvicida de óleos essenciais frente ao *Aedes aegypti*. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 2, 28 jan. 2022.
- SANTOS, J. K. S. et al. **Uso de inseticidas botânicos para o controle de pulgão: uma estratégia agroecológica**. Anais do XII Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Anais...Rio de Janeiro, RJ: nov. 2024**. Disponível em: <<https://cadernos.aba-agroecologia.org.br/cadernos/issue/view/14>>. Acesso em: 17 fev. 2025
- SHAFEAY, N. H. A. EL; AHMED, H. E. Evaluation of using essential oil constituents isolated from aromatic plants against insect pests attacking historical textiles in Egyptian Museums. **Egyptian Journal of Chemistry**, v. 65, n. 9, p. 139–146, 1 set. 2022.
- SHALA, A. Y.; GURURANI, M. A. Phytochemical properties and diverse beneficial roles of *Eucalyptus globulus* Labill.: a review. **MDPI**, v. 7, n. 11, 1 nov. 2021.
- SHARMA, A. D.; KAUR, I. By-product hydrosol of *Eucalyptus globulus* essential oil distillation as source of botanical insecticides: wealth from waste. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 13, n. 1, p. 10854, 1 fev. 2021.
- SHARMA, U. C.; HARIPRASAD, P.; SATYA, S. Efficacy evaluation of *Eucalyptus globulus* essential oil-based nanoemulsion- a green insecticide against *Callosobruchus maculatus*. **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 44, n. 5, p. 2361–2370, 14 ago. 2024.
- SHEIKH, Z. et al. Repellent efficacy of *Eucalyptus globulus* and *Syzygium aromaticum* essential oils against malaria vector, *Anopheles stephensi* (Diptera: Culicidae). **Iran J Public Health**, v. 50, n. 8, p. 1668–1677, 2021.
- SIDDIQUE, M. A. et al. Comparative toxic effects of *Eucalyptus globulus* L. (Myrtales: Myrtaceae) and its green synthesized zinc oxide nanoparticles (ZnONPs) against *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrichidae). **International Journal of Tropical Insect Science**, v. 42, n. 2, p. 1697–1706, 12 abr. 2022.
- SILVA, E. S. DA et al. Controle alternativo de insetos de importância agrícola com uso de extratos vegetais de *Azadirachta indica* (Nim), em Feira de Santana, Bahia, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 6579–6586, 2021.
- SILVA, M. E. D. DA et al. A eficácia do óleo de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) no controle de *Psoroptes ovis* em coelhos. **Fluminense de Extensão Universitária**, v. 14, n. 1, p. 20–47, 2024.

SILVA, V. A. DOS S.; BRUCH, K. L.; OLIVEIRA, L. DE. Dinâmica do mercado de óleos essenciais para uso individual no Brasil: um olhar sob a perspectiva dos atores da cadeia produtiva. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 41, 2024.

SILVEIRA, A. C. DA; LAZZAROTTO, M. Óleos essenciais de espécies de eucaliptos. Em: **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 723–750.

SINGH, K. D. et al. **Main plant volatiles as stored grain pest management approach: A review**. **Journal of Agriculture and Food Research** Elsevier B.V., , 1 jun. 2021.

SOHRABI, F.; ZIAEE, M. Lethal and sublethal effects of several plant compounds compared to spiromesifen against *Tetranychus turkestanii*. **Hellenic Plant Protection Journal**, v. 14, n. 2, p. 89–98, 1 jul. 2021.

SOONWERA, M.; SITTICHOK, S. Adulticidal activities of *Cymbopogon citratus* (Stapf.) and *Eucalyptus globulus* (Labill.) essential oils and of their synergistic combinations against *Aedes aegypti* (L.), *Aedes albopictus* (Skuse), and *Musca domestica* (L.). **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 16, p. 20201–20214, 1 jun. 2020.

SPLETOZER, A. G. et al. Plants with insecticide potential: Focus on amazon species. **Ciencia Florestal**, v. 31, n. 2, p. 974–997, 2021.

SU, X. L. et al. Active componets of 16 essential oils and their fumigation effects on *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae). **MDPI**, v. 15, n. 12, 1 dez. 2024.

SUBEKTI, N. et al. **Chlorpyrifos organophosphate and essential oils activities against *Callosobruchus maculatus* (F.) warehouse pests**. **Journal of Physics: Conference Series**. **Anais...IOP Publishing**, 16 dez. 2019.

SUWANNAYOD, S. et al. Synergistic toxicity of plant essential oils combined with pyrethroid insecticides against blow flies and the house fly. **MDPI**, v. 10, n. 6, p. 178, 21 jun. 2019.

TINE, S. et al. Insecticidal efficacy and physiological effects of *Eucalyptus globulus* essential oil and its constituent, 1,8-Cineole against *Tribolium confusum* (Jacquelin du Val, 1868) (Coleoptera, Tenebrionidae). **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 130, n. 4, p. 769–780, 6 ago. 2023.

TUROVSKY, J. A. B.; DESCAMPS, L. R.; CHOPA, C. S. Efectos de los aceites esenciales de *Eucalyptus globulus* y de *Mentha x piperita* sobre áfidos de alfalfa. **FAVE Sección Ciencias Agrarias**, v. 21, n. 2, p. 23–36, 29 ago. 2022.

VALADARES, G. M.; LANDAU, E. C.; MAIA, L. N. M. Evolução da Produção de Eucalipto. Em: **Dinâmica da Produção Agropecuária e da Paisagem Natural no Brasil nas Últimas Décadas**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2020. v. 3p. 1435.

VIVEKANANDHAN, P. et al. Comparative efficacy of *Eucalyptus globulus* (Labill) hydrodistilled essential oil and temephos as mosquito larvicide. **Natural Product Research**, v. 34, n. 18, p. 2626–2629, 16 set. 2020.

WAHBA, T. F.; ABD-ELATEF, E. A.; WAHBA, M. N. Field effectiveness of some essential oil emulsions against the whitefly *Bemisia tabaci* (GENN.) that infest potato plants in Egypt. **Journal of Plant Diseases and Protection**, 1 out. 2024.

WINK, C. et al. Influência de fatores climáticos e espaciais na produção de serapilheira do eucalipto em sistemas integrados. **Adv. For. Sci, Cuiabá**, n. 9, p. 1751–1760, 2022.

YAHIA, H. et al. Insecticidal activity of *Eucalyptus globulus* (Labill) essential oil against *Culiseta longiareolata* (M., 1838) (Diptera: Culicidae). **Allelopathy Journal**, v. 59, n. 1, p. 81–94, 1 maio 2023.

YAMADA, B. F. A. et al. Aromaterapia nos sintomas psicoemocionais e fadiga em profissionais de enfermagem no contexto da COVID-19. **Aquichan**, v. 22, n. 4, 2022.

## ARTIGO 2

**Potencial inseticida do óleo essencial de *Eucalyptus globulus* no manejo de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae)**

## RESUMO

O óleo essencial (OE) de *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae) é utilizado na agricultura moderna por conter, em sua estrutura química, compostos inseticidas como 1,8-cineol,  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno,  $\gamma$ -terpineno e D-limoneno. Este estudo avaliou a toxicidade do OE de *E. globulus* sobre diferentes estágios de desenvolvimento de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae), determinando as concentrações letais (CL<sub>50</sub>, CL<sub>90</sub> e CL<sub>99</sub>) para cada fase do ciclo de vida do inseto. O OE de *E. globulus* utilizado, foi adquirido comercialmente da WNF Indústria e Comércio Ltda, São Paulo, Brasil, em frascos âmbar contendo um volume de 10 ml do OE. Sua caracterização química foi realizada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS), sendo o 1,8-cineol o composto majoritário (94,4%). A mortalidade foi avaliada após 24 e 48 horas e os resultados mostraram que a susceptibilidade ao OE variou conforme o estágio de desenvolvimento dos insetos. O OE de *E. globulus* apresenta efeito tóxico significativo sobre *E. heros*, sendo as ninfas de 3º instar as mais vulneráveis (CL<sub>50</sub> = 0,03074  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ), enquanto as de 5º instar apresentaram maior tolerância (CL<sub>50</sub> = 0,41264  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ). Já os adultos demonstraram susceptibilidade intermediária (CL<sub>50</sub> = 0,12654  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ), embora com variabilidade significativa na resposta. Os achados sugerem que o OE de *E. globulus* tem potencial inseticida sobre *E. heros*.

**Palavras-chave:** Percevejo-marrom; Inseticidas Botânicos; Susceptibilidade; Toxicidade; Ninfas.

## ABSTRACT

The essential oil (EO) of *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae) is used in modern agriculture because it contains, in its chemical structure, insecticidal compounds such as 1,8-cineole,  $\alpha$ -pinene,  $\beta$ -pinene,  $\gamma$ -terpinene and D-limonene. This study evaluated the toxicity of *E. globulus* EO on different developmental stages of *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae), determining the lethal concentrations (LC50, LC90 and LC99) for each phase of the insect life cycle. The *E. globulus* EO used was commercially purchased from WNF Indústria e Comércio Ltda, São Paulo, Brazil, in amber bottles containing a volume of 10 ml of EO. Its chemical characterization was performed by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS), with 1,8-cineole being the major compound (94.4%). Mortality was assessed after 24 and 48 hours and the results showed that susceptibility to EO varied according to the development stage of insects. EO from *E. globulus* had a significant toxic effect on *E. heros*, with 3rd instar nymphs being the most vulnerable (LC50 = 0.03074  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ), while 5th instar nymphs showed greater tolerance (LC50 = 0.41264  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ). Adults demonstrated intermediate susceptibility (LC50 = 0.12654  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ), although with significant variability in response. The findings suggest that EO from *E. globulus* has insecticidal potential of *E. heros*.

**Keywords:** Brown Stink Bug; Botanical Insecticides; Susceptibility; Toxicity; Nymphs.

## INTRODUÇÃO

Popularmente conhecido como percevejo-marrom da soja, ou simplesmente como percevejo-marrom, *Euschistus heros* (Fabricius, 1789) (Hemiptera: Pentatomidae) é amplamente distribuído nas regiões produtoras de soja do Brasil, causando prejuízos significativos na produtividade e na qualidade dos grãos desta cultura (CORRÊA-FERREIRA et al., 2013). *Euschistus heros* é originário da região neotropical do continente americano, caracterizando-se por ser hemimetábolo, apresentar corpo ovoide, aparelho bucal do tipo picador-sugador, glândulas salivares bem desenvolvidas, cabeça pouco móvel, olhos grandes e salientes e antenas divididas em cinco segmentos (LIMA, 1953; LIMA et al., 2018).

Para chegar a fase adulta, este inseto passa por cinco estágios de desenvolvimento. No 1º estágio as ninfas não se alimentam, apresentam hábito gregário e medem aproximadamente 1,3 mm. No 2º estágio, as ninfas começam sua movimentação para realizar o forrageamento, abandonando o hábito gregário. Do 3º ao 5º estágio de desenvolvimento, as ninfas mudam de cor, passando de marrom claro à marrom escuro (SOUZA et al., 2021). Já na fase adulta, o corpo do *E. heros* apresenta uma meia lua branca no dorso, corpo marrom escuro, espinhos na parte lateral do pronoto e asas do tipo hemiélitro e membranosas (GRAZIA et al., 2024). Os ovos deste inseto são de coloração amarela em formato de barrilete ou barriliforme, tornando-se alaranjados quando próximos à eclosão das ninfas (IRAC, 2021). O ciclo de vida do *E. heros* dura aproximadamente 120 dias, com três gerações anuais (DALLEINNE et al., 2021).

Durante a alimentação, *E. heros* causa injúrias nas plantas de soja ao introduz as estruturas do seu aparelho bucal (VASCONCELLOS et al., 2023). Esses danos ocorrem devido à sucção de seiva das hastes e vagens verdes, resultando em retenção foliar (NAVA et al., 2018). Além disso, o ataque deste percevejo é acentuado na fase de enchimento dos grãos de soja, comprometendo o rendimento da safra (MOREIRA; ARAGÃO, 2009). O principal método de controle de *E. heros* é o uso de inseticidas dos grupos químicos dos piretróides, neonicotinóides e organofosforados (SOUZA et al., 2021; JESUS; GOMES; FERREIRA, 2020). No entanto, o uso indiscriminado de moléculas químicas resulta na seleção de indivíduos resistentes, desequilíbrio ecológico e contaminação ambiental, representando riscos à saúde humana e à biodiversidade local (WOCHNER; DORCE; SCHLINDWEIN, 2022).

Nesse contexto, os OEs se destacam como alternativas bio-rationais, por apresentarem propriedades inseticidas e repelentes. Os OEs são misturas de complexos metabólitos secundários vegetais, com ação sobre diferentes vias fisiológicas nos insetos. Dentre os OEs

mais promissores, destaca-se o de *E. globulus* (Myrtaceae), amplamente cultivado no Brasil e com atividade inseticida comprovada, por conter 1,8-cineol,  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno,  $\gamma$ -terpineno e D-limoneno em sua composição química (SALEEM et al., 2024; SHARMA; KAUR, 2021), no entanto, não há pesquisas de toxicidade desse OE sobre *E. heros*.

Assim, este estudo teve como objetivo determinar as Concentrações Letais ( $CL_{50}$ ,  $CL_{90}$ ,  $CL_{99}$ ) do OE de *E. globulus* e avaliar a suscetibilidade de *E. heros* em diferentes estágios de desenvolvimento (2º, 3º, 4º, 5º e adultos), quando exposto a diferentes concentrações do OE. A hipótese do estudo é que a toxicidade do OE de *E. globulus* sobre *E. heros*, varia de acordo com o estágio de desenvolvimento do inseto.

## METODOLOGÍA

### 1. Local do experimento

O estudo foi realizado no Departamento de Entomologia da Escola de Ciências Agrárias (ESAL) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Minas Gerais, Brasil. Os bioensaios foram conduzidos no Laboratório de Entomologia Molecular e Ecotoxicologia (MEET).

O OE de *E. globulus* utilizado, foi adquirido comercialmente da WNF Indústria e Comércio Ltda, São Paulo, Brasil, em frascos âmbar contendo um volume de 10 ml do OE (Figura 1). Sua caracterização química foi analisada no Departamento de Química da UFLA, por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS), sendo o 1,8-cineol o principal constituinte (94,4%), seguido por  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno e outros terpenos em menores concentrações. Essa análise foi essencial para assegurar a uniformidade e a qualidade dos bioensaios.



Figura 1. OE de *Eucalyptus globulus* (Myrtaceae) obtido da empresa WNF Indústria e Comércio Ltda para o bioensaio.

### 2. Coleta e manutenção dos insetos

Exemplares de *E. heros* foram coletados na lavoura de soja da Fazenda experimental Muquém, pertencente à UFLA, incluindo insetos adultos e ninfas. Esses insetos passaram por uma triagem e quarentena de 12 dias, sendo mantidos em laboratório sob condições controladas de temperatura ( $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ), umidade relativa do ar ( $60\% \pm 10\%$ ) e fotofase de 12 horas.

A criação foi conduzida utilizando uma dieta natural composta por grãos (sementes de soja (*Glycine max*), amendoim (*Arachis hypogaea*) e girassol (*Helianthus annuus*), vagens de feijão (*Phaseolus vulgaris*) e quiabo (*Abelmoschus esculentus*) (Figura 2). Os insetos foram mantidos em recipientes plásticos com as tampas perfuradas cobertas com tecido *voil*, contendo

no interior pedaços do mesmo tecido, os quais serviam como substrato de oviposição. A manutenção da criação dos insetos foi realizada semanalmente.

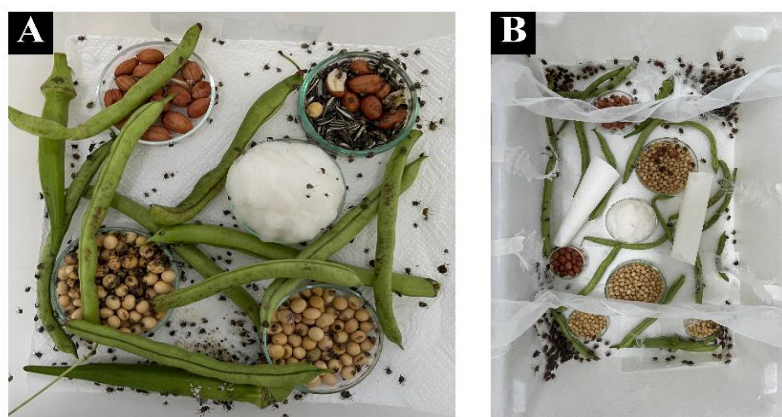


Figura 2. Visão geral dos recipientes utilizados na criação de ninfas (A) e adultos (B) de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae)

### 3. Bioensaios

Os bioensaios foram realizados em unidades experimentais compostas por placas de Petri (3,0 cm de diâmetro × 1,5 cm de altura), revestidas com papel filtro (Figura 3 A). O OE de *E. globulus* foi diluído em acetona e as concentrações iniciais determinadas através de ensaios preliminares (Figura 3 B). Além disso, as concentrações empregadas nos bioensaios foram estabelecidas a partir das concentrações iniciais (Tabela 1).

**Tabela 1.** Concentrações do OE de *Eucalyptus globulus* ( $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ ) utilizadas nos bioensaios de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae), para cada estágio de desenvolvimento.

Estádio de desenvolvimento	Concentrações ( $\mu\text{L}/\text{cm}^2$ )
2°	0.5000; 0.1000; 0.0200; 0.0100; 0.0010
3°	0.1800; 0.0900; 0.0360; 0.0180; 0.0018
4°	1.0000; 0.7000; 0.5000; 0.2000; 0.1000
5°	1.0000; 0.5000; 0.3600; 0.0800
Adultos	0.8000; 0.7000; 0.2000; 0.1000; 0.0200

O tratamento controle consistiu no uso exclusivo de acetona. Posteriormente, com auxílio de uma micropipeta, foram aplicados 500  $\mu\text{L}/\text{cm}^2$  da solução sobre o papel filtro, aguardando-se 15 minutos para a secagem completa antes da introdução dos insetos (Figura 3). Cada tratamento teve seis repetições, com cinco insetos por unidade amostral (Figura 3 C). Indivíduos que não reagiram ao estímulo com pincel de cerdas macias, foram considerados mortos. A mortalidade dos insetos foi avaliada em 24 e 48 horas após a aplicação dos tratamentos.

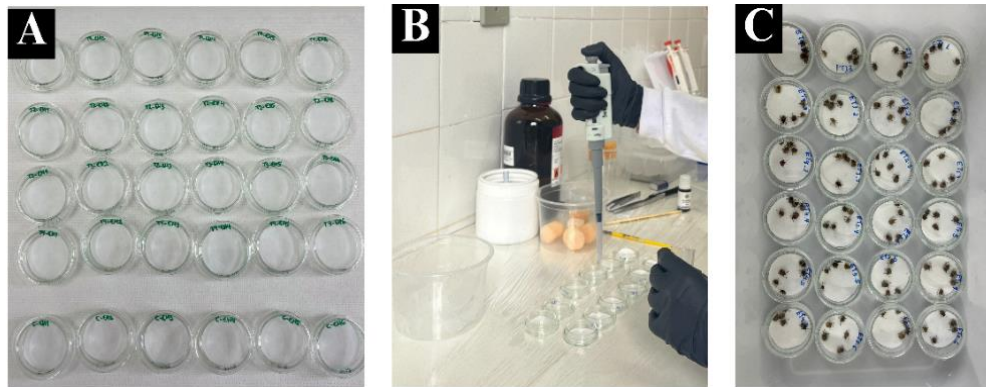


Figura 3. Unidades experimentais (A); aplicação da solução (B); Disposição dos insetos nas unidades experimentais (C).

#### 4. Análise estatística

Cada concentração testada representou um tratamento e para determinar as  $CL_{50}$ ,  $CL_{90}$  e  $CL_{99}$ , os dados de mortalidade foram submetidos a análise Probit utilizando o software SAS 9.00. A verificação das diferenças entre as concentrações foi feita mediante a análise de variância (ANOVA), sendo que para o ajuste no modelo de regressão foram considerados os graus de liberdade (GL), o teste Qui-quadrado ( $\chi^2$ ) e o p-valor ( $\rho$ -valor). Além disso, foram analisadas e apresentadas as curvas das CLs em cada estágio de desenvolvimento de *E. heros*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da toxicidade do OE de *E. globulus* sobre os diferentes estágios de desenvolvimento de *E. heros* revelou variações significativas na susceptibilidade aos tratamentos. No 2º estágio ninfal foi registrada a maior  $CL_{99} = 3.43777 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  (0.97778 - 80.46113  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) (Tabela 2 e Figura 4), indicando a necessidade de concentrações elevadas do OE para alcançar a mortalidade máxima do estágio.

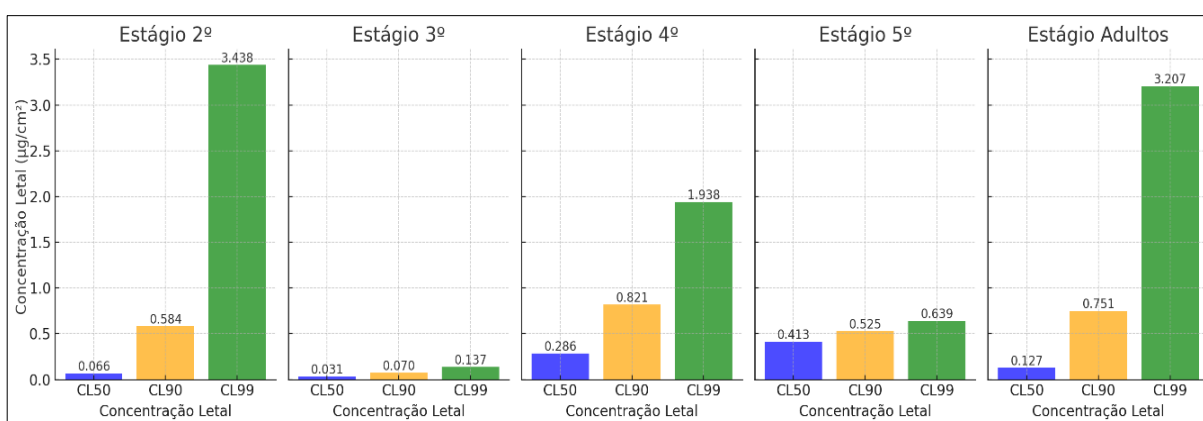


Figura 4. Determinação das concentrações letais ( $CL_{50}$ ,  $CL_{90}$  e  $CL_{99}$ ) do OE de *E. globulus*, por estágio de desenvolvimento de *E. heros* (Hemiptera: Pentatomidae).

Uma possível explicação para essa menor susceptibilidade observada no 2º instar é o fato de que, nessa fase, os insetos provavelmente já desenvolveram glândulas exócrinas responsáveis pela produção de substâncias com atividades defensivas. De acordo com Palottini (2014) e Arias et al. (2019), essas glândulas são ativadas desde os primeiros estágios de desenvolvimento em *E. heros*, podendo interferir na absorção dos compostos bioativos. Silva et al. (2015), também sugerem que essas secreções exógenas podem alterar o pH do microambiente tegumentar e reduzir a eficácia dos compostos dos OEs. Portanto, embora sugira-se que as ninfas jovens sejam mais vulneráveis, os dados obtidos neste trabalho indicam que o 2º instar apresenta suscetibilidade reduzida ao OE de *E. globulus*. Esse comportamento também pode ser atribuído hábito gregário presente nesta fase.

Em contraste, o 3º instar apresentou a menor  $CL_{50} = 0.03074 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  (0.02298 - 0.03872) (Tabela 2 e Figura 4), indicando uma alta susceptibilidade ao OE de *E. globulus*. Este dado demonstra que o 3º instar é o mais vulnerável entre todos os estágios testados, o que tem implicações práticas no planejamento das intervenções fitossanitárias. A alta eficácia observada neste estágio pode ser atribuída a múltiplos fatores. Rossi e Palacios (2015) destacam que

compostos como o 1,8-cineol e o  $\alpha$ -pineno, presentes no OE de *E. globulus*, atuam de forma eficaz nas fases imaturas dos insetos por ainda apresentarem cutícula fina, facilitando a penetração dos compostos bioativos.

Nossos resultados são consistentes com os estudos de Turchen et al. (2016), que observaram elevada mortalidade de ninfas de *E. heros* nessa fase, ao utilizar OE de *Annona mucosa* (Annonaceae) onde, os estágios juvenis, apresentaram maior taxa de mortalidade quando expostos ao OE de *Eucalyptus citriodora* (Myrtaceae). Desta forma, o 3º estágio de desenvolvimento de *E. heros*, torna-se ponto estratégico para o controle populacional da praga, sendo particularmente relevante em estratégias de MIP.

No 4º instar observou-se a maior  $CL_{90} = 0.82068 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  (0.63433 - 1.20671) (Tabela 2 e Figura 4) e, uma ampla dispersão entre os valores de  $CL_{50}$  e  $CL_{99}$ . Esses dados indicam um aumento considerável na tolerância dos indivíduos ao OE de *E. globulus*, revelando um estágio fisiologicamente transitório e desafiador, no contexto do controle da praga. Esse comportamento pode estar relacionado a um ponto de inflexão fisiológico de desenvolvimento dos insetos. Assim, o 4º instar é marcado por intensas modificações internas, como o espessamento progressivo da cutícula, ativação de vias metabólicas mais complexas e o início do aumento da expressão de genes detoxificantes. Entretanto, essas mudanças ocorrem de forma não uniforme entre os indivíduos.

Segundo Santana et al. (2024) em *Nezara viridula* (Hemiptera: Pentatomidae), esse estágio apresenta alta variação na atividade enzimática individual, o que ajuda a explicar a grande dispersão nos intervalos de confiança das CLs observadas neste estudo. Adicionalmente, há um descompasso entre a maturação cuticular e o sistema de detoxificação, o que cria inconsistências na capacidade de neutralização dos compostos exógenos. Enquanto alguns indivíduos já conseguem lidar com o produto por mecanismos bioquímicos ou estruturais, outros permanecem mais vulneráveis. Esse tipo de heterogeneidade intraestágio também foi relatado por Filomeno et al. (2017) em *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae), sob ação de OEs. Outro ponto relevante é a presença de comportamentos defensivos intermediários.

Essas observações estão em conformidade com dados da literatura. Nascimento et al. (2020) observaram resposta variável de ninfas de 4º instar de *Dysdercus peruvianus* (Hemiptera: Pyrrhocoridae) ao OE de *Ocotea elegans* (Lauraceae). Da mesma forma, Guerreiro et al. (2018) destacaram o 4º estágio como o de maior desvio padrão nas taxas de mortalidade ao OE de *Eupatorium buniifolium* (Asteraceae) em *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae). Do ponto de vista do MIP, o 4º instar representa um desafio, pois não responde

bem às doses eficazes no 3º instar, mas também não pode ser ignorado, já que antecede fases críticas do ciclo da praga.

O 5º instar registrou a maior  $CL_{50} = 0.41264 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  (0.36986 - 0.44886) (Tabela 2 e Figura 4) entre as ninfas, demonstrando maior tolerância ao OE. Esse padrão pode ser atribuído à maturação plena dos mecanismos de defesa, tanto estruturais quanto bioquímicos e comportamentais. A cutícula espessa e rígida, com maior deposição de quitina e lipoproteínas, atua como barreira à penetração dos compostos lipofílicos, dificultando sua absorção cuticular. Paralelamente, as glândulas dorsais (exócrinas) estão totalmente desenvolvidas e liberam secreções com potencial repelente ou neutralizante, como apontado por Chapman, (2013). Além disso, neste estágio há pico de expressão das enzimas detoxificantes, como glutathione S-transferase (GST) e citocromo P450, que degradam os princípios ativos antes que provoquem efeitos letais, fenômeno confirmado por Cossolin et al. (2019), que observaram até três vezes mais atividade dessas enzimas em ninfas de estágios avançados. Estudos de Gokturk (2021), com *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) apontaram padrões semelhantes, reforçando que a redução na eficácia de OEs no último instar é comum entre pentatomídeos.

Nos percevejos adultos observou-se elevada  $CL_{50} = 0.12654 \mu\text{g}/\text{cm}^2$  (0.36986 - 0.44886), com ampla dispersão entre os valores de  $CL_{90}$  e  $CL_{99}$  (Tabela 2 e Figura 4), sugerindo uma resposta heterogênea aos tratamentos. Essa variabilidade pode estar relacionada ao endurecimento do exoesqueleto, à menor absorção cuticular dos compostos voláteis e à maior atividade das enzimas detoxificantes já plenamente expressas em insetos adultos. Cremonez et al. (2024) destacam a importância do tegumento como barreira física em adultos de *E. heros* (Hemiptera: Pentatomidae). A maior reserva energética, característica da fase reprodutiva, e a pressão seletiva ambiental também contribuem para o aumento da tolerância a xenobióticos. Estudos como o de Ahmed et al. (2021) verificaram o mesmo padrão em *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) demonstrando que, insetos adultos exigiam concentrações elevadas dos OEs testados, em comparação aos estágios juvenis. Do ponto de vista prático, embora o controle de adultos com OE de *E. globulus* seja possível, ele exige formulações mais concentradas ou com adjuvantes sinérgicos, como óleo de neem ou surfactantes, bem como ajustes na frequência de aplicação e integração com estratégias complementares, como controle biológico ou armadilhas atrativas (KAURA et al., 2019). No contexto do MIP, o uso do OE deve ser preferencialmente focado nos estágios ninfais mais suscetíveis, reduzindo a população antes que atinja a fase reprodutiva, onde a eficácia é naturalmente reduzida.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que o OE de *E. globulus* apresenta atividade inseticida variável sobre *E. heros*, com diferenças marcantes de suscetibilidade ao longo dos estágios de desenvolvimento ninfal e adultos. Essa variação reflete a complexidade biológica da espécie e a forma em como os mecanismos de defesa fisiológicos e comportamentais evoluem durante o ciclo de vida dos percevejos.

A maior susceptibilidade observada no 3º instar, com a menor  $CL_{50}$  entre todos os estágios ( $0,03074 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ), revela que este é estágio mais vulnerável para intervenção com OEs. Este estágio combina características como cutícula ainda fina, baixa expressão de enzimas detoxificantes e alta taxa de atividade comportamental, favorecendo a absorção do composto inseticida.

Tabela 2. Concentrações letais (CLs<sub>50</sub>, CLs<sub>90</sub> e CLs<sub>99</sub>) do OE de *Eucalyptus globulus* sobre diferentes estágios de desenvolvimento de *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae).

Estágio	Nº	CL <sub>50</sub> (µg/cm <sup>2</sup> ) (IC 95%)	CL <sub>90</sub> (µg/cm <sup>2</sup> ) (IC 95%)	CL <sub>99</sub> (µg/cm <sup>2</sup> ) (IC 95%)	GL	χ <sup>2</sup>
2º	120	0.06626 (0.03233 - 0.12178)	0.58350 (0.26582 - 3.46519)	3.43777 (0.97778 - 80.46113)	3	48.341
3º	120	0.03074 (0.02298 - 0.03872)	0.06999 (0.05323 - 0.1166)	0.13687 (0.08978 - 0.33684)	3	27.131
4º	120	0.28598 (0.22796 - 0.34956)	0.82068 (0.63433 - 1.20671)	1.93835 (1.29707 - 3.73226)	3	35.546
5º	120	0.41264 (0.36986- 0.44886)	0.52491 (0.47667 - 0.65881)	0.63870 (0.55088 - 0.95853)	2	0.3566
Adultos	120	0.12654 (0.08654 - 0.17623)	0.75091 (0.48373 - 1.49099)	3.20685 (1.59003 - 10.52093)	3	53.193

Nº: número de insetos testados; CL50: concentração letal 50; CL90: concentração letal 90; CL99: concentração letal 99; IC: intervalo de confiança; GL: Grau de Liberdade; χ<sup>2</sup>: Qui-quadrado.

Nossos resultados reforçam o potencial do OE de *E. globulus* como uma alternativa sustentável no manejo de *E. heros*, por apresentar compostos bioativos com propriedades inseticidas comprovadas como o 1,8-cineol.

Apesar dos resultados obtidos serem promissores, é crucial realizar estudos para avaliar a persistência do OE no ambiente, sua compatibilidade com outros métodos de controle e os possíveis impactos sobre organismos não-alvo. Contudo, investigações sobre os aspectos comportamentais dos insetos frente à exposição de OEs visando compreender e entender seus mecanismos de ação, também são importantes. Além do mais, a formulação de emulsões pode representar um avanço na aplicação do produto, aumentando sua eficiência e estabilidade no campo. Assim sendo, a integração do uso de OEs em programas de controle alternativo de pragas, pode contribuir para a redução da dependência de inseticidas sintéticos e promover práticas agrícolas mais seguras e ecológicas.

## CONCLUSÃO

A  $CL_{50}$  ( $0.03074 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) de OE de *E. globulus* possui atividade inseticida contra o 3º instar de *E. heros*.

## REFERÊNCIAS

- AHMED, Q. et al. Evaluation of aphicidal effect of essential oils and their synergistic effect against *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). **Molecules**, v. 26, n. 10, p. 3055, 20 maio 2021.
- ARIAS, M. G. M. et al. Volatile compounds emitted by the stink bug *Antiteuchus innocens* (Hemiptera: Pentatomidae). **Florida Entomologist**, v. 102, n. 2, p. 431–434, 1 jun. 2019.
- CHAPMAN, R. F. **The insects: structure and function**. 1. ed. [s.l.: s.n.]. v. 5
- CORRÊA-FERREIRA, B. S. et al. MIP-Soja: resultados de uma tecnologia eficiente e sustentável no manejo de percevejos no atual sistema produtivo da soja. **Embrapa**, ago. 2013.
- COSSOLIN, J. F. S. et al. Cytotoxicity of *Piper aduncum* (Piperaceae) essential oil in brown stink bug *Euschistus heros* (Heteroptera: Pentatomidae). **Ecotoxicology**, v. 28, n. 7, p. 763–770, 1 set. 2019.
- CREMONEZ, P. S. G. et al. Toxic effects of sublethal Pyriproxyfen on baseline hemolymph biochemical balance in *Euschistus heros*. **Applied Sciences**, v. 14, n. 20, p. 9388, 15 out. 2024.
- DALLEINNE, Y. P. H. et al. Parâmetros biológicos de *Euschistus heros* (Fabricius, 1794) alimentado com diferentes dietas. **Revista Agraria Acadêmica**, v. 4, n. 1, p. 152–159, 1 jan. 2021.
- FILOMENO, C. A. et al. *Corymbia* spp. and *Eucalyptus* spp. essential oils have insecticidal activity against *Plutella xylostella*. **Industrial Crops and Products**, v. 109, p. 374–383, dez. 2017.
- GOKTURK, T. Chemical composition of *Satureja spicigera* essential oil and its insecticidal effectiveness on *Halyomorpha halys* nymphs and adults. **Zeitschrift fur Naturforschung - Section C Journal of Biosciences**, v. 76, n. 11, p. 451–457, 1 nov. 2021.
- GONDWAL, M.; SINGH GAUTAM, B. P.; SHAH, G. C. Essential oils as biorational insecticides. Em: **Biorationals and Biopesticides**. [s.l.] De Gruyter, 2024. p. 335–354.
- GRAZIA, J. et al. Hemiptera Linnaeus, 1758. Em: RAFAEL, J. A. et al. (Eds.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. 2. ed. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2024. p. 368–456.
- GUERREIRO, A. C. et al. Assessment of the insecticidal potential of the *Eupatorium buniifolium* essential oil against *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae). A Chiral recognition approach. **Neotropical Entomology**, v. 47, n. 3, p. 418–428, 23 jun. 2018.
- IRAC. **Neotropical Brown Stink bug *Euschistus heros***. Disponível em: <<https://www.irac-br.org/euschistus-heros>>. Acesso em: 19 mar. 2025.

JESUS, R. S. DE; GOMES, E. S.; FERREIRA, D. C. Controle químico de percevejos da soja no Vale de São Patricio. **Ipê Agronomic Journal**, v. 4, n. 2, p. 1–11, 3 dez. 2020.

KAURA, T. et al. Utilizing larvicidal and pupicidal efficacy of *Eucalyptus* and neem oil against *Aedes* mosquito: An approach for mosquito control. **Tropical Parasitology**, v. 9, n. 1, p. 12–17, 1 jan. 2019.

LIMA, Â. M. DA C. **Insetos do Brasil**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1953. v. 2

LIMA, N. E. DE et al. Caracterização e história biogeográfica dos ecossistemas secos neotropicais. **Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v. 69, n. 4, p. 2209–2222, dez. 2018.

MARTYNOV, V. O. et al. Impact of essential oil from plants on migratory activity of *Sitophilus granarius* and *Tenebrio molitor*. **Regulatory Mechanisms in Biosystems**, v. 10, n. 4, p. 359–371, 2019.

MOREIRA, H. J. DA C.; ARAGÃO, F. D. **Manual de pragas da soja**. Campinas, SP, 2009.

NASCIMENTO, L. M. et al. Effects of nanoemulsion and essential oil from the leaves of *Ocotea elegans* against *Dysdercus peruvianus*. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, 19 set. 2020.

NAVA, D. E. et al. Insetos fitófagos associados à cultura do pinhão-mansão no Rio Grande do Sul. **Embrapa**, 2018.

PALOTTINI, F. **Feromona de alarma de *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae). Aspectos químicos y comportamentales**. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas)—Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires, 2014.

PESSOA, G. C. D. **Perfil da suscetibilidade a deltametrina em populações de *Triatoma sordida* (Hemiptera: Reduviidae) do Estado de Minas Gerais procedentes de áreas com infestação persistente**. Tese (Doutorado em Parasitologia)—Belo Horizonte, MG: Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

ROSSI, Y. E.; PALACIOS, S. M. Insecticidal toxicity of *Eucalyptus cinerea* essential oil and 1,8-cineole against *Musca domestica* and possible uses according to the metabolic response of flies. **Industrial Crops and Products**, v. 63, p. 133–137, jan. 2015.

SALEEM, U. et al. Determination of insecticidal potential of selected plant extracts against fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) larvae. **Heliyon**, v. 10, n. 20, 30 out. 2024.

SANTANA, R. DA R. et al. Use of plant extracts (*Ricinus communis*) to control undesirable insects in the cultivation of caupi beans. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 22, n. 2, p. e3245, 16 fev. 2024.

SHARMA, A. D.; KAUR, I. By-product hydrosol of *Eucalyptus globulus* essential oil distillation as source of botanical insecticides: wealth from waste. **Notulae Scientia Biologicae**, v. 13, n. 1, p. 10854, 1 fev. 2021.

SILVA, R. A. DA et al. Unveiling chemical defense in the rice stalk stink bug against the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 127, p. 93–100, 1 maio 2015.

SOUZA, P. N. DE et al. Aspectos principais sobre a biologia e o controle químico do percevejo marrom na cultura da soja. **Brazilian Journals e Editora**, v. 1, n. 1, 2021.

TURCHEN, L. M. et al. Potencial fitoinseticida de *Annona mucosa* (Annonaceae) no controle do percevejo-marrom. **Original Article Biosci. J**, v. 32, n. 3, p. 581–587, 2016.

VASCONCELLOS, M. C. et al. Estratégias de controle de pragas em soja e suas implicações na comunidade de artrópodes e na rentabilidade da cultura. **Nativa**, v. 11, n. 1, p. 28–43, 12 fev. 2023.

WOCHNER, D.; DORCE, C. L.; SCHLINDWEIN, M. M. Custo ambiental do uso de defensivos químicos no manejo de pragas no cultivo da soja. **Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER**, ago. 2022.

## CONSIDERAÇÃO FINAL

A realização desta pesquisa permitiu observar a relevância do OE de *E. globulus* no controle de insetos-praga. No contexto agrícola, esse OE é promissor por controlar *E. heros* em instares iniciais, reduzindo a voracidade do ataque nas plantas. Em contrapartida, a variação de eficiência nos diferentes estágios, pode representar uma limitação ao emprego deste OE.

Os resultados obtidos demonstram os avanços das pesquisas para o desenvolvimento de formulações específicas, tornando esse OE uma ferramenta potencialmente eficaz no MIP. No entanto, fatores como o estágio de desenvolvimento dos insetos e a forma de exposição ao OE, são aspectos determinantes na formulação de produtos.

Contudo, é importante destacar que, para potencializar os efeitos inseticidas e repelentes do OE de *E. globulus*, é fundamental observar o comportamento dos insetos de *E. heros* quando criados e mantidos em condições laboratoriais, pois essas observações podem-nos revelar como o OE pode ser processado e aplicado, de forma eficaz e eficiente, no controle dessa praga. Finalmente, esta pesquisa reforça a importância da investigação holística por alternativas sustentáveis e ecologicamente corretas no controle de insetos-praga, alinhando inovação e conservação ambiental.