

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
TROPICAL**

**ANA CAROLINA LOPES FRANCISCO DE
OLIVEIRA**

**EFICÁCIA DE ÓLEOS VEGETAIS, COMPOSTO
MAJORITÁRIO E EMULSÕES NO MANEJO DE
Neoleucinodes elegantalis Guenée, 1854
(LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)**

**São Mateus, ES
Fevereiro de 2025**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
TROPICAL**

**EFICÁCIA DE ÓLEOS VEGETAIS, COMPOSTO
MAJORITÁRIO E EMULSÕES NO MANEJO DE
Neoleucinodes elegantalis Guenée, 1854
(LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)**

**ANA CAROLINA LOPES FRANCISCO DE
OLIVEIRA**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal do Espírito
Santo, como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Agricultura Tropical, para a obtenção
do título de mestre em Agricultura
Tropical

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Pratissoli
Co-orientador: Profa. Dra. Délia Chaves Moreira dos Santos

**São Mateus - ES
Fevereiro de 2025**

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

L864e Lopes Francisco de Oliveira, Ana Carolina, 1999-
Eficácia de óleos vegetais, composto majoritário e emulsões
no manejo de *Neoleucinodes elegantalis* guenée, 1854
(Lepidoptera: Crambidae) / Ana Carolina Lopes Francisco de
Oliveira. - 2025.
75 p. : il.

Orientador: Dirceu Pratissoli.
Coorientadora: Délia Chaves Moreira dos Santos.
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário
Norte do Espírito Santo.

1. Manejo de Pragas. 2. Sustentabilidade. 3. Óleos Essenciais.
4. Manejo Fitossanitário. 5. Inseticidas Botânicos. 6. Broca
Pequena-do-Tomateiro. I. Pratissoli, Dirceu. II. Chaves Moreira
dos Santos, Délia. III. Universidade Federal do Espírito Santo.
Centro Universitário Norte do Espírito Santo. IV. Título.

CDU: 63


ANA CAROLINA LOPES FRANCISCO DE OLIVEIRA

**EFICÁCIA DE ÓLEOS VEGETAIS, COMPOSTO MAJORITÁRIO E
EMULSÕES NO MANEJO DE *Neoleucinodes elegantalis* Guenée,
1854 (LEPIDOPTERA: CRAMBIDAE)**

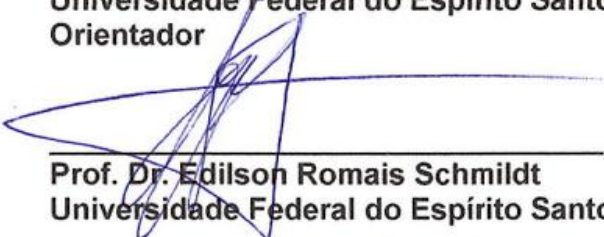
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 20 de fevereiro de 2025.


COMISSÃO EXAMINADORA




Prof. Dr. Dirceu Pratissoli
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. Edilson Romais Schmidt
Universidade Federal do Espírito Santo



Dr. Carlos Magno Ramos Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Anderson Mathias Holtz
Instituto Federal do Espírito Santo

Aos meus pais,
que carregaram o peso do mundo sob o calor do sol,
para que eu pudesse caminhar à sombra
apenas com livros, dedico.

AGRADECIMENTO

A Deus, aquele a quem eu recorro pedindo discernimento.

A minha família, fundamentalmente aos meus pais: Marcos Antônio de Oliveira e Regina Aparecida Lopes Francisco e minha irmã, Melina Lopes Francisco de Oliveira, pelo suporte.

Ao prof. Dr. Dirceu Pratissoli, pela orientação, confiança, exemplo e oportunidade.

A prof. Dra. Délia Chaves Moreira dos Santos, pelo direcionamento, conversas e acalento.

Aos professores do CEUNES/UFES Dr. Edney Leandro da Vitória e Edilson Romais Schmidt pela dedicação.

A Universidade Federal do Espírito Santo, campus CEUNES e CCAE, pela estrutura necessária para o desenvolvimento do projeto e a concessão da bolsa de estudos.

A todos colegas do CEUNES, em especial aos amigos: Thales Gomes dos Santos e Juliana Zambom Piassi por me ajudarem chegar até aqui e serem meus porta-voz em São Mateus.

A Ana Beatriz Mamedes Piffer, pela companhia na caminhada e, juntamente com a Fernanda Vieira de Oliveira, pelo lar.

A toda equipe do NUDEMAFI: Luana Matos Vidal, Marcelly Ramos Pereira, Mylena Ramos Pereira, Paulo Anibal Vimercati Oliveira, Vitória D'Agostini da Silva, Filipe Garcia Holtz e Aixelhe Pacheco Damascena pelo bom convívio e auxílio.

Ao LEMP, na pessoa da Giovanna Beatriz, pelo fornecimento do equipamento para as imagens de microscopia.

A Izaiene Lobato e Maxwell Feliciano por serem meu ponto de apoio nesse período.

A Adilson D'Angelo, Flaviane Lopes Francisco, Ricardo Alexandre Moreira e Isabella Lopes Henriques pelo amor.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a obtenção desta conquista.

EPÍGRAFE

“Eu quase que nada sei.
Mas desconfio de muita coisa”
Guimarães Rosa

RESUMO

O manejo sustentável de pragas agrícolas é uma estratégia essencial para reduzir os impactos ambientais e os riscos associados ao uso intensivo de inseticidas químicos sintéticos, especialmente na cultura do tomate, severamente afetada pela broca-pequena-do-tomateiro, *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (1854) (Lepidoptera: Crambidae). Essa praga pode causar perdas severas na produção, sendo prioritária para o desenvolvimento de alternativas de manejo. Os óleos vegetais, derivados de metabólitos secundários de plantas, apresentam propriedades que podem causar mortalidades em diversos organismos, o que os tornam promissores no controle de pragas, embora sejam limitados pela volatilização e degradação em campo. Este estudo investigou a eficácia de óleos vegetais de alho, graviola, neem e do composto majoritário D-Limoneno, tanto individualmente e em associação, bem como por emulsão com a associação de todos esses compostos, no controle de *N. elegantalis*. Foram realizados bioensaios laboratoriais com ovos e larvas de 1º instar de *N. elegantalis*, utilizando diluições de 2% em solução de Tween® 80 PS a 0,05%, bem como testes com emulsões em concentrações de 15% e 20% em casa de vegetação. Foram avaliadas mortalidades das fases de ovos e de larvas de primeiro instar submetidos a pulverização. Os resultados indicaram eficácia inseticida, com destaque para as formulações em emulsão, que aumentaram a estabilidade e persistência dos compostos e promoveram mortalidade acima de 50% de larvas em ambiente de casa de vegetação. A combinação dos óleos vegetais e do composto majoritário demonstrou-se promissora no manejo integrado, reduzindo a dependência de inseticidas químicos sintéticos, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis.

Palavras-chave: Manejo de Pragas. Sustentabilidade. Óleos Essenciais. Manejo Fitossanitário. Inseticidas Botânicos. Broca-Pequena-do-Tomateiro.

ABSTRACT

Sustainable agricultural pest management is an essential strategy to reduce environmental impacts and the risks associated with the intensive use of synthetic chemical insecticides, especially in tomato cultivation, which is severely affected by the tomato fruit borer, *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (1854) (Lepidoptera: Crambidae). This pest can cause severe production losses, making it a priority for the development of alternative management strategies. Vegetable oils, derived from plant secondary metabolites, exhibit properties that can induce mortality in various organisms, making them promising for pest control, although their effectiveness is limited by volatilization and degradation under field conditions. This study investigated the efficacy of garlic, soursop, and neem vegetable oils, as well as the major compound D-Limonene, both individually and in combination, as well as in emulsified formulations containing all these compounds, for controlling *N. elegantalis*. Laboratory bioassays were conducted with eggs and first-instar larvae of *N. elegantalis*, using 2% dilutions in a 0.05% Tween® 80 PS solution. Additionally, emulsions at 15% and 20% concentrations were tested under greenhouse conditions. Mortality rates of eggs and first-instar larvae subjected to spraying were evaluated. The results indicated insecticidal efficacy, with emulsified formulations standing out due to their increased stability and persistence, promoting larval mortality above 50% in greenhouse conditions. The combination of vegetable oils and the major compound proved to be a promising approach for integrated pest management, reducing reliance on synthetic chemical insecticides and promoting more sustainable agricultural practices.

Keywords: Pest Management. Sustainability. Essential Oils. Phytosanitary Management. Botanical Insecticides. Tomato Fruit Borer.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO I: Referencial Teórico	3
1.0. Aspectos Gerais da <i>Neoleucinodes elegantalis</i>	3
2.0. Manejo de Pragas	5
2.1. Manejo Fitossanitário de Pragas	6
2.2. Utilização de Óleos Vegetais no Manejo de Pragas	7
2.3. Óleos Essenciais e Fixos	7
2.4. Óleos para o Manejo de Pragas	8
2.4.1. Óleo de Alho	8
2.4.2. Óleo de Graviola	9
2.4.3. Óleo de Neem	9
2.4.4. Composto Majoritário D-Limoneno	10
2.5. Emulsões	10
3.0. Revisão Bibliométrica: Óleos Emulsionados na Agricultura ..	11
3.1. Introdução	11
3.2. Metodologia	12
3.2. Resultados	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18
CAPÍTULO II: Atividade inseticida de óleos vegetais e composto majoritário sob <i>Neoleucinodes elegantalis</i>	27
1. INTRODUÇÃO	29
2. MATERIAIS E MÉTODOS	30
2.1. Obtenção e Multiplicação de <i>N. elegantalis</i>	31
2.2. Obtenção dos óleos vegetais e composto majoritário	32
2.3. Bioensaio: Atividade inseticida dos óleos vegetais e composto majoritário	32
3. RESULTADO	33
3.1. Caracterização dos óleos vegetais e composto majoritário .	33
3.2. Bioensaio de mortalidade	33
4. DISCUSSÃO	35
5. CONCLUSÃO	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

CAPÍTULO III: Desenvolvimento de uma emulsão contendo óleos	
vegetais no manejo de <i>Neoleucinodes elegantalis</i>	42
1. INTRODUÇÃO	44
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	46
2.1. Obtenção e Multiplicação de <i>N. elegantalis</i>	46
2.2. Obtenção dos óleos vegetais.....	46
2.3. Preparo da emulsão concentrada	46
2.4. Análise microscópica	47
2.5. Bioensaio: Atividade inseticida da emulsão em laboratório .	48
2.6. Bioensaio: Atividade inseticida da emulsão em casa de vegetação	49
3. RESULTADO	50
3.1. Análise microscópica	50
3.2. Bioensaio: Atividade inseticida da emulsão em laboratório .	52
3.3. Bioensaio: Atividade inseticida da emulsão em casa de vegetação	54
4. DISCUSSÃO	55
5. CONCLUSÃO.....	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58

INTRODUÇÃO

A broca-pequena-do-tomateiro, *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (1854) (Lepidoptera: Crambidae), é uma das pragas de maior importância econômica nas culturas de solanáceas, especialmente no tomateiro (Silva et al., 2019; Arcanjo et al., 2021). Esse inseto é responsável por perdas significativas na produção direta dos frutos através de sua alimentação, que inviabiliza os mesmos para o consumo em até 90% (Arcanjo et al., 2021). Atualmente o seu controle é realizado majoritariamente através da aplicação de inseticidas químicos sintéticos e, devido hábito de desenvolvimento realizado no interior do fruto, o contato da praga com o inseticida é ainda mais difícil (Silva et al., 2020; AGROFIT, 2024). Assim, a praga se torna um alvo prioritário para o desenvolvimento de novas estratégias de manejo integrado.

O manejo sustentável de pragas agrícolas é uma abordagem moderna e necessária que vem ganhando atenção, e um dos desafios é a busca de soluções que minimizem os impactos negativos causados pelo uso intensivo de inseticidas químicos sintéticos (Pratissoli et al., 2019). Esses produtos, apesar de eficazes no curto prazo, estão associados a sérias consequências para a saúde humana, além de promoverem a resistência das pragas e afetarem negativamente os organismos benéficos e o meio ambiente (Gavrilescu, 2005). Por essa razão, a agricultura moderna tem voltado seus esforços para o desenvolvimento de alternativas que sejam eficazes e ambientalmente seguras.

Entre as alternativas promissoras para uma agricultura sustentável, destaca-se o uso de compostos naturais, especialmente os óleos vegetais. Esses compostos, extraídos de diversas partes das plantas, apresentam propriedades inseticidas que podem ser exploradas de maneira eficaz no controle de pragas agrícolas (Wink, 2003). Os óleos vegetais possuem compostos bioativos que, quando aplicados de forma adequada, interferem no ciclo de vida dos insetos, reduzindo suas populações sem causar os efeitos adversos dos pesticidas químicos convencionais, entretanto possuem obstáculos em sua aplicação, devida alta volatilidade desses compostos (Shocker, 2020).

Uma técnica que tem se mostrado promissora a este problema de volatilidade é a utilização da técnica de emulsão, que consiste na dispersão de pequenas gotas de óleo em um meio aquoso, formando uma suspensão estável (Lyon, 2022). Essa técnica permite a proteção do princípio ativo e uma aplicação mais uniforme e eficiente dos óleos vegetais sobre as plantas, melhorando a cobertura e, conseqüentemente, o controle das pragas (Miller, 2016; Li et al., 2020). Além disso, as emulsões reduzem o uso de solventes químicos e promovem uma liberação gradual dos compostos ativos, aumentando a persistência do efeito inseticida (Lyon, 2022).

O uso de óleos vegetais em forma de emulsão oferece diversas vantagens em relação às formulações tradicionais. Além de serem biodegradáveis e menos tóxicos, os óleos em emulsão podem ser ajustados para atender a diferentes necessidades agrônômicas, tornando-se uma solução flexível e adaptável para os desafios impostos pelas pragas agrícolas (Chaudhari, 2021; Oladipupo e Appel, 2022). Esses fatores tornam a emulsão uma técnica relevante na busca por práticas agrícolas mais sustentáveis.

Os avanços na produção e aplicação de óleos vegetais também têm sido impulsionados pela demanda crescente por produtos agrícolas menos agressivos e pela pressão regulatória para a redução do uso de produtos químicos sintéticos. A transição para práticas agrícolas sustentáveis é uma tendência global, e o desenvolvimento de alternativas como os óleos vegetais em emulsão representa um passo importante nessa direção.

Dessa maneira, o presente estudo se propõe a investigar a eficiência dos óleos vegetais e do composto majoritário, além de uma emulsão com a associação desses óleos vegetais e composto majoritário para o manejo da *Neoleucinodes elegantalis*. O objetivo é contribuir para o manejo sustentável das pragas, oferecendo uma solução que seja eficaz, segura e ambientalmente amigável.

CAPÍTULO I: Referencial Teórico

1.0. Aspectos Gerais da *Neoleucinodes elegantalis*

Neoleucinodes elegantalis Guenée (1854) (Lepidoptera: Crambidae), conhecida como broca-pequena-do-tomate, é uma das pragas mais importantes que afetam culturas da família Solanaceae, sendo amplamente distribuída no Hemisfério Ocidental, incluindo o Brasil (Maia et al., 2016; Silva et al., 2019). Suas características biológicas e comportamentais, aliadas à sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais e hospedeiros, tornam-na um desafio significativo para a agricultura (Moraes e Foerster, 2015; Da Silva et al., 2018).

A biologia de *N. elegantalis* revela um ciclo de vida que dura aproximadamente 33 dias, englobando cinco instares larvais (Aigaje e Yolanda, 2016). Os ovos são geralmente depositados no cálice ou no fruto em formação, em grupos de 3 a 15 unidades. Após a eclosão, realizada em até seis dias e sempre no início da manhã, as larvas penetram no fruto em até 30 minutos e se alimentam internamente de forma quase que imperceptível até o estágio de pupação (Eiras e Blackner, 2003). Essa estratégia de desenvolvimento interno dificulta o controle químico e biológico em fases avançadas do ciclo do inseto na infestação (Eiras e Blackmer, 2003; Silva et al., 2020). Após terminar o ciclo larval no interior do fruto, as pupas são formadas próximo ao solo com casulo no interior de resíduos de folhas (**Figura 1**) (Moraes et al., 2021). O comportamento alimentar e o desenvolvimento da praga variam de acordo com o hospedeiro, afetando sua sobrevivência e reprodução, e com os fatores ambientais, como a temperatura (Da Silva et al., 2018; Moraes e Foerster, 2021).



Figura 1 Ciclo de vida de *Neoleucinodes elegantalis*. (Fonte: Autor, 2024).

Os danos causados pelas larvas vão desde a redução da qualidade e produtividade dos frutos até a inutilização completa dos frutos, devido alimentação larval no interior do mesmo, o que requer um aumento e a dependência de intervenções fitossanitárias (Gallo et al., 1978). Campos comerciais podem chegar a perdas de até 90% na produtividade em culturas como tomate e os danos diretos podem levar a perdas de até 100% aos frutos (Oliveira et al., 2020; Arcanjo et al., 2021).

A adaptação da *N. elegantalis* a diferentes hospedeiros e condições climáticas, incluindo sua resposta a variações de temperatura, pode resultar em maior taxa de desenvolvimento e aumento no número de gerações da praga (Dos Santos & Marchioro, 2021). A adaptação da praga associada às mudanças climáticas amplia seu potencial de dispersão. Modelos preditivos, destacam maior abundância da praga em períodos de verão e outono, coincidindo com condições climáticas favoráveis (Silva et al., 2017). Outro aspecto relevante é a diversidade intraespecífica de *N. elegantalis*, evidenciada pela diferença na morfologia da genitália feminina, relacionada ao tamanho do fruto hospedeiro sugerindo assim, a presença de diferentes raças (Díaz-Montilla et al., 2015; Díaz-Montilla et al., 2017; Noboa et al., 2017).

N. elegantalis ataca principalmente os campos comerciais de tomate, berinjela, pimentão e jiló (Díaz-Montilla et al., 2015; Moraes e Foerster, 2021). Apesar da preferência, a broca-pequena também pode realizar seu ciclo de

vida em hospedeiros alternativos ou silvestres. Os hospedeiros silvestres desempenham um papel crucial como reservatórios, permitindo a sobrevivência da praga durante períodos de entressafra, e apesar de limitar o crescimento populacional, garantem sua permanência nos ecossistemas agrícolas, elucidando o potencial dessa praga (Moraes e Foerster, 2021).

O controle convencional da praga é realizado através do uso de inseticidas químicos sintéticos. Atualmente existem 203 produtos registrados no ministério da agricultura, pecuária e abastecimento para controle da praga apenas para a cultura do tomate (AGROFIT, 2024). Entretanto existem alternativas de manejo que possuem efetividade para o controle da *N. elegantalis*, como a destruição de frutos contaminados, remoção de plantas silvestres continuadoras de ciclo próximo aos campos, uso de parasitóides de ovos como *Trichogramma* e a proteção dos frutos com técnicas de ensacamento (Pratissoli et al., 2019; Pratissoli et al., 2021). Estudos recentes demonstram que o controle da *N. elegantalis* possui melhor efetividade quando feito com associações de métodos de manejo, usando diferentes técnicas e não apenas uma, como é feito em sistemas convencionais (Grecco et al., 2024).

2.0. Manejo de Pragas

O pesquisador Malthus, em seu trabalho intitulado “Ensaio Sobre o Princípio da População” propôs que o crescimento populacional e as condições de vida de insetos contrastam com o equilíbrio dinâmico observado nos sistemas naturais, o que mantém a estabilidade dessas populações (Serra et al., 2016; Gonçalves, 2020). No entanto, a seleção de espécies mais produtivas e a prática do monocultivo na agricultura contribuíram para o aumento populacional de insetos-praga no agroecossistema, através de um ambiente favorável com uma oferta abundante de hospedeiros e condições propícias ao desenvolvimento desses organismos (Vilela, Zucchi & Cantor, 2000; Gavrilesco, 2005; Serra et al., 2016).

A busca para estratégias de proteção dos cultivos é uma prática que acompanha a agricultura desde sua implementação (Nodari e Guerra, 2015). Evidências indicam que chineses e japoneses já desenvolviam métodos de controle de pragas usando alternativas à base de substâncias naturais desde

os princípios da domesticação das plantas (Gavrilescu, 2005). Enxofre, óleos vegetais e animais, extratos aquosos vegetais e calda bordalesa foram estratégias que seguiram por muitos anos e controlaram diversas pragas em várias culturas diferentes. No entanto, com o aumento das áreas de produção e a descoberta de moléculas químicas como inseticidas e o uso desenfreado desses produtos começaram a trazer problemas ao meio ambiente e aos homens de forma geral, tornando-se necessário otimizar o controle de pragas, usando mais de um método, além de considerar os fatores ecológicos e a dinâmica das populações. (Waquil, 2002; Gavrilescu, 2005; Smith e Kennedy, 2009).

2.1. Manejo Fitossanitário de Pragas

O manejo fitossanitário de pragas (MFP) é uma nomenclatura atual para as técnicas que visam empregar sistemas de manejo baseado na interface da cultura, meio ambiente e comportamento da praga. Ele se baseia levando em conta toda cadeia produtiva da cultura, tendo uma visão holística de todo sistema e assim estabelecer a estratégia de manejo (Pratissoli et al., 2019). Essa nova abordagem se faz necessária, uma vez que os sistemas envolvendo as técnicas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) apresentam fraquezas como inconsistências em definições, práticas e políticas, além de envolvimento insuficiente dos agricultores no desenvolvimento de tecnologia e na compreensão de conceitos ecológicos (Deguine et al., 2021).

O MFP diferencia-se do MIP por adotar uma abordagem mais ampla e sistêmica. Enquanto o MIP foca no controle racional das populações de pragas específicas, combinando métodos biológicos, químicos e culturais para manter as pragas abaixo do nível de dano econômico, o MFP considera toda a cadeia produtiva e busca integrar práticas preventivas e corretivas, levando em conta as interações entre a cultura, o ambiente e o comportamento das pragas (Perron, 1999). Dessa forma, o manejo fitossanitário prioriza não apenas o controle das pragas, mas também a sustentabilidade do agroecossistema como um todo.

2.2. Utilização de Óleos Vegetais no Manejo de Pragas

Os óleos vegetais são uma realidade como inseticidas na agricultura e podem ser tão eficazes quanto inseticidas sintéticos em termos de rendimento de culturas, ao mesmo tempo em que conservam inimigos naturais e não deixam resíduos nos sistemas vegetais (Tembo et al., 2018; Haritha et al., 2021; Folake et al., 2023). Os compostos secundários são metabólitos sintetizados pelas plantas para funções ecológicas, como defesa contra pragas e atração de polinizadores, englobando alcaloides, flavonoides, terpenos e saponinas (Wink, 2003; Shocker, 2020). Entre esses, destacam-se os óleos essenciais e fixos, que são misturas extraídas por destilação ou prensagem, compostas principalmente por terpenos e fenóis (Shocker, 2020).

Os óleos essenciais possuem características aromáticas e alta volatilidade, sendo amplamente utilizados devido às suas propriedades inseticidas, repelentes e antimicrobianas (Zuzarte e Salgueiro, 2015; Hikal et al., 2017; Chaudhari, 2021; Moccia et al., 2023). Diferentemente, os óleos fixos são compostos por triglicerídeos e ácidos graxos e apresentam baixa volatilidade, atuando como reservas energéticas nas plantas (Costa et al., 2015). Apesar de menos voláteis, os óleos fixos também podem exibir atividades inseticidas, acaricidas e nematocidas, dependendo de sua composição (Tian et al., 2023).

2.3. Óleos Essenciais e Fixos

Os óleos essenciais e fixos têm ganhado atenção não apenas pela sua alta eficácia inseticida, mas também pela sua versatilidade no modo de ação, tais como efeitos fumigantes, toxicidade tóxica, antialimentares e repelentes, o que os torna ferramentas promissoras no manejo integrado de pragas (Regnault-Roger, 1997). Os diversos modos de ação presente nos compostos que formam os óleos reduzem a possibilidade de indução de resistência do inseto-praga (Isman e Miresmaill, 2011). Além disso, possuem perfis de segurança favoráveis para organismos não-alvo, como inimigos naturais, e são considerados alternativas sustentáveis e ecologicamente viáveis (Chaudhari, 2021; Oladipupo e Appel, 2022).

Os óleos essenciais e fixos podem conter uma variedade de compostos químicos, a depender da espécie e do local na planta em que foi

extraído (Simões, 2017; Huang et al., 2020). Esses compostos secundários podem ser produzidos em estruturas especializadas presentes em partes específicas ou em toda planta (Vitti e Brito, 2003). Apesar dos óleos e seus componentes serem promissores para o controle de insetos-praga na agricultura, as suas aplicações práticas são limitadas devido à alta volatilidade, baixa solubilidade em água e baixa estabilidade química (Lucia e Guzmán, 2020). Entretanto, esses óleos podem ser usados na agricultura através do uso de técnicas de encapsulamento do composto ativo afim de melhorarem a dispersão e limitam a degradação sem comprometer a atividade biológica (Lucia e Guzmán, 2020).

Uma das grandes inovações no uso de óleos no manejo fitossanitário é sua aplicação em emulsões de óleo em água, que melhoram a estabilidade, a eficácia e a segurança dos compostos durante a aplicação no campo (Lucia e Guzmán, 2020; Mustafa e Hussein, 2020). Essa tecnologia potencializa o efeito inseticida dos óleos e minimiza o impacto ambiental, tornando-os adequados para atender à produção agrícola sustentável (Mustafa e Hussein, 2020).

2.4. Óleos para o Manejo de Pragas

2.4.1. Óleo de Alho

O óleo vegetal de alho (*Allium sativum*) destaca-se como alternativa ao manejo de pragas, devido à sua composição química rica em compostos organossulfurados, como a alicina, o trissulfeto de dialila e o dissulfeto de metil alila (Huang et al., 2000; Zhu et al., 2017; Rezende et al., 2022). A alicina, principal composto bioativo presente no alho, é altamente reativa e possui excelente permeabilidade celular, permitindo que penetre a membrana plasmática de organismos-alvo e interfira em processos metabólicos essenciais. Essa característica permite que o óleo atue no comprometimento da integridade da membrana celular, induzindo estresse oxidativo e inibindo o crescimento de patógenos e pragas (Rezende et al., 2022). Além disso, estudos indicam que o trissulfeto de dialila apresenta efeitos tóxicos de contato, fumigantes e inibidores de alimentação em lagartas (Huang et al., 2000). O óleo vegetal de alho também demonstra ação ovicida, ao reduzir a eclosão de ninfas de larvas, e é observado atuando na inibição parcial de

enzimas relacionadas ao sistema imunológico dos insetos (Canazart et al., 2021). Além disso, apresenta propriedades repelentes, devido forte odor (Zhu et al., 2017; Baker et al., 2018).

2.4.2. Óleo de Graviola

O óleo vegetal de graviola (*Annona muricata*) apresenta grande potencial no manejo de pragas, devido à sua composição química rica em acetogeninas anonáceas, alcaloides, flavonoides e outros metabólitos secundários de ação bioativa (Rady et al., 2018). Dentre os compostos mais relevantes, destaca-se o palmitato de metila, que possui abundância de cerca de 40% nos extratos das sementes, e outros grupos como saponinas e triterpenoides, conhecidos por suas propriedades inseticidas (Komansilan et al., 2012). As sementes, além de conterem ciclopeptídeo anomuricataína A, são consideradas adstringentes e eméticas, reforçando seu uso como matéria-prima para a produção de extratos botânicos voltados ao controle de pragas (Dantas, 2007; Nova, 2008). Estudos mostram que a lectina presente nas sementes de *A. muricata* tem eficácia no combate a larvas, evidenciando seu potencial como agente inseticida para diversas pragas (Parthiban et al., 2020). Além disso, o efeito tóxico desse óleo vegetal pode ser atribuído à sinergia entre seus compostos químicos, atuando de forma específica na fisiologia das pragas e reduzindo a dependência de inseticidas sintéticos.

2.4.3. Óleo de Neem

O óleo vegetal de neem (*Azadirachta indica*) é amplamente reconhecido por sua eficácia no manejo de pragas, devido seus compostos bioativos, como triterpenos (limonoides), terpineol, β -terpinil acetato, eucaliptol e β -cadineno (Endris e Mekonnen, 2023; Muhammad e Kashere, 2020). O principal ingrediente ativo do óleo de neem, a azadiractina, atua como regulador de crescimento, antialimentar natural e inibidor de reprodução, interrompendo processos essenciais nos ciclos biológicos dos insetos (Isman et al., 1991; Nisbet, 2000). A azadiractina demonstra estabilidade relativa sob condições específicas de pH e temperatura, enquanto seus metabólitos contribuem para sua eficácia prolongada (Barrek et al., 2004). Estudos mostram que os limonoides presentes no óleo afetam negativamente a alimentação, a oviposição e o desenvolvimento, além de causar danos metabólicos e estruturais nos tecidos dos insetos (Muhammad

e Kashere, 2020). Além disso, o óleo de neem apresenta uma composição química com elevado teor de ácido linoleico, podendo chegar a mais de 40%, o que reforça sua ação inseticida (Siquieroli et al., 2021). Os produtos derivados do neem possuem características ecológicas e econômicas, como baixo custo, fácil produção e múltiplos mecanismos de ação, sendo eficazes no controle de uma ampla gama de pragas (Benelli et al., 2017).

2.4.4. Composto Majoritário D-Limoneno

O D-Limoneno é um monoterpene cíclico presente em grande maioria nas cascas de frutas cítricas, destacando-se como composto majoritário, desempenhando, desta forma, papel crucial na defesa contra insetos. Esse composto age de forma inseticida por contato e ingestão, reduzindo efetivamente populações de pragas, além de inibir a oviposição e a alimentação (Prates et al., 1998; Tripathi et al., 2003). Sua capacidade de repelência é mediada pelo receptor odorífero em insetos, mas também envolve mecanismos independentes desse receptor (Wang et al., 2021). Além disso, o D-Limoneno é reconhecido por sua versatilidade em aplicações agrícolas devido à combinação de sua toxicidade direcionada e baixa persistência no ambiente. Estudos demonstram que sua atuação como repelente é altamente eficiente, promovendo a dissuasão alimentar em diversas espécies de pragas (Showler et al., 2019).

2.5 Emulsões

As emulsões são sistemas dispersos compostos por dois líquidos imiscíveis, geralmente óleo e água, sendo amplamente utilizadas na formulação de agroquímicos devido à sua capacidade de melhorar a eficiência e a estabilidade de aplicações agrícolas (Bennion et al., 1997; Lyon, 2022). O uso de emulsificantes, agentes tensoativos responsáveis por diminuir a tensão superficial e estabilizar as emulsões, é essencial para subdividir as gotículas em partículas menores e formar barreiras protetoras, garantindo maior estabilidade e molhabilidade nas aplicações agrícolas (Miller, 2016; Li et al., 2020). Essas características são fundamentais para aumentar a uniformidade da pulverização, melhorar a adesão às superfícies foliares e reduzir os impactos ambientais (Li et al., 2020; Yang et al., 2023).

Além disso, os subprodutos vegetais, como polissacarídeos, têm apresentado efeitos emulsificantes eficazes, contribuindo para a estabilização e sustentabilidade das emulsões no manejo agrícola (Shao et al., 2020; Huc-Mathis et al., 2020). Tecnologias avançadas, como a produção de nanoemulsões, proporcionam melhorias na solubilidade e biodisponibilidade dos ingredientes ativos, aumentando a eficiência no controle de pragas e reduzindo a volatilidade e o tempo de ruptura em comparação às emulsões convencionais (Mustafa e Hussein, 2020; Zhao et al., 2017; Yang et al., 2023). Além disso, a incorporação de antioxidantes e otimização dos métodos de produção têm sido estudadas para melhorar a estabilidade oxidativa e prolongar o tempo de atividade das emulsões (Ghelichi et al., 2023). Assim, o uso de emulsões e nanoemulsões representa uma alternativa eficaz e ecologicamente correta para a agricultura, promovendo maior eficiência biológica e sustentabilidade no manejo de pragas e doenças (Ford, 1976; Tan e McClements, 2021).

3.0. Revisão Bibliométrica: Óleos Emulsionados na Agricultura

3.1 Introdução

Nas últimas décadas, o setor agrícola tem enfrentado o desafio de adotar práticas mais sustentáveis e eficazes no manejo das lavouras, visando atender à crescente demanda por alimentos e minimizar os impactos ambientais (Tilman et al., 2002; Lampridi et al., 2019; Dönmez et al., 2024). A evolução das tecnologias de formulação e aplicação de insumos agrícolas permitiu o desenvolvimento de soluções que combinam eficiência no controle de pragas e doenças com menor toxicidade ambiental (Souto et al., 2021; Shang et al., 2024). Dentre essas inovações, destaca-se o uso de óleos emulsionados, que vêm ganhando destaque na agricultura devido à sua versatilidade e potencial para aplicações direcionadas (Luo et al., 2017; Zhu et al., 2019).

As formulações baseadas em óleos emulsionados, que consistem em misturas estáveis entre óleo e água, apresentam vantagens significativas, como melhor adesão às superfícies vegetais, redução na deriva de produtos e maior eficiência na liberação de compostos ativos (Miller, 2016; Li et al.,

2020; Tan e Mcclements, 2021). Essas características fazem com que tais emulsões sejam utilizadas tanto no controle fitossanitário, como defensivos agrícolas naturais, quanto na nutrição foliar e proteção contra estresses abióticos (Huc-Mathis et al., 2020; Lyon, 2022). Assim, as emulsões têm sido apontadas como alternativas promissoras para substituir formulações convencionais, alinhando-se aos princípios da agricultura sustentável e da redução de resíduos químicos no ambiente.

A literatura científica evidencia um aumento no interesse pelo uso de óleos emulsionados, com pesquisas que exploram sua aplicação em diversas culturas e contextos. Estudos recentes mostram que esses compostos têm demonstrado eficiência no controle de patógenos, na proteção contra pragas e como carreadores de bioativos, contribuindo para a melhoria da produtividade agrícola e para a redução de impactos ambientais (Arnon-Rips et al., 2019; Ramadass et al., 2019; Dai et al., 2020; Mottola et al., 2023; Gharsan, 2024).

Nesse contexto, torna-se essencial analisar o panorama atual da produção científica relacionada aos óleos emulsionados na agricultura. Segundo Da Silva et al. (2011), a análise bibliométrica é uma ferramenta fundamental para mapear a evolução do conhecimento e desenvolvimento, identificar tendências e destacar lacunas na literatura (Shashi et al., 2021). A análise bibliométrica é um método para explorar e analisar grandes volumes de dados científicos, esclarecendo áreas emergentes e destacando as nuances evolutivas de um campo específico (Donthu et al., 2021). Esse método de mapeamento da produção científica pode, portanto, fornecer insights valiosos para o avanço das pesquisas e o desenvolvimento de novas tecnologias baseadas em óleos emulsionados.

Tendo em vista a importância de consolidar o conhecimento existente e de contribuir com os avanços nessa área, uma análise bibliométrica das publicações sobre o uso de óleos emulsionados na agricultura nos últimos 20 anos (2005–2024) foi realizada.

3.2 Metodologia

A escolha da base de dados Scopus para este estudo bibliométrico se deu por sua ampla cobertura internacional, sua abordagem multidisciplinar e

pela reconhecida confiabilidade na avaliação da produção científica em escala global (Pranckutė, 2021). A escolha se justifica pela capacidade da plataforma em fornecer dados detalhados sobre publicações, autores e instituições, além de oferecer recursos avançados para pesquisa e análise (Kotsemir & Shashnov, 2017).

A pesquisa foi realizada utilizando os termos “*agricu**”, “*emulsion*” e “*oil*” nos campos título, resumo e palavras-chave, de forma que o código gerado pela pesquisa ficou: “((TITLE-ABS-KEY(*agricu**) AND TITLE-ABS-KEY (*emulsion*) AND TITLE-ABS-KEY (*oil*))”. Foi usado o operador booleano AND para direcionar as pesquisas na base de dados para o tema de interesse. O uso do asterisco se justifica por permitir a busca de um termo e recuperar todas as palavras independente da variação dos sufixos. Essa combinação de termos permitiu abranger estudos relacionados ao uso de óleos emulsionados na agricultura. Para garantir a qualidade e a representatividade dos resultados, adotou-se o critério de recorte temporal, incluindo apenas publicações dos últimos 20 anos (2005 – 2024). Os dados foram coletados em dezembro de 2024 e exportados no formato .csv para posterior análise.

A análise bibliométrica segue um processo estruturado que inclui a coleta de dados, a extração e organização da rede de informações, além da normalização, visualização e análise de mapas temáticos e de conexões (Do Nascimento et al., 2022). Esse procedimento foi aplicado na pesquisa, utilizando a base de dados Scopus para o pré-processamento, o que resultou na identificação de 647 documentos. O software bibliométrico VOSviewer versão 1.6.19 (<https://www.vosviewer.com>) foi utilizado para o mapeamento e visualização das informações, permitindo identificar padrões e relações entre os elementos bibliográficos.

No mapa gerado, o tamanho dos rótulos foi definido de acordo com a frequência de ocorrência dos termos, e a distância entre os itens representou a proximidade e a força das conexões entre eles. Linhas mais espessas indicaram maior intensidade de co-ocorrência entre as palavras chaves, enquanto as cores foram utilizadas para organizar os grupos temáticos (Van Eck & Waltman, 2020; Moraes et al., 2023). A análise de palavras-chave foi realizada por meio de co-ocorrência, adotando um limite mínimo de 5 ocorrências, ou seja, uma palavra-chave precisava aparecer pelo menos cinco

vezes no conjunto de dados para ser considerada na análise. Essa abordagem permitiu mapear as principais tendências teóricas e temáticas relacionadas ao uso de óleos emulsionados na agricultura, destacando os avanços e as lacunas existentes na literatura científica.

3.2 Resultados

A busca por alternativas sustentáveis demonstra um crescente interesse em desenvolver tecnologias menos agressivas ao ambiente e assertivas ao alvo de interesse, demonstrada pelo aumento das publicações registradas no Scopus® sobre o uso de emulsões de óleos na agricultura. A análise bibliométrica mostrou a existência de 647 documentos, sendo 484 artigos, 52 revisões e 111 demais produções, como capítulos de livros e documentos de conferências, de 2005 a 2024 (Figura 2).

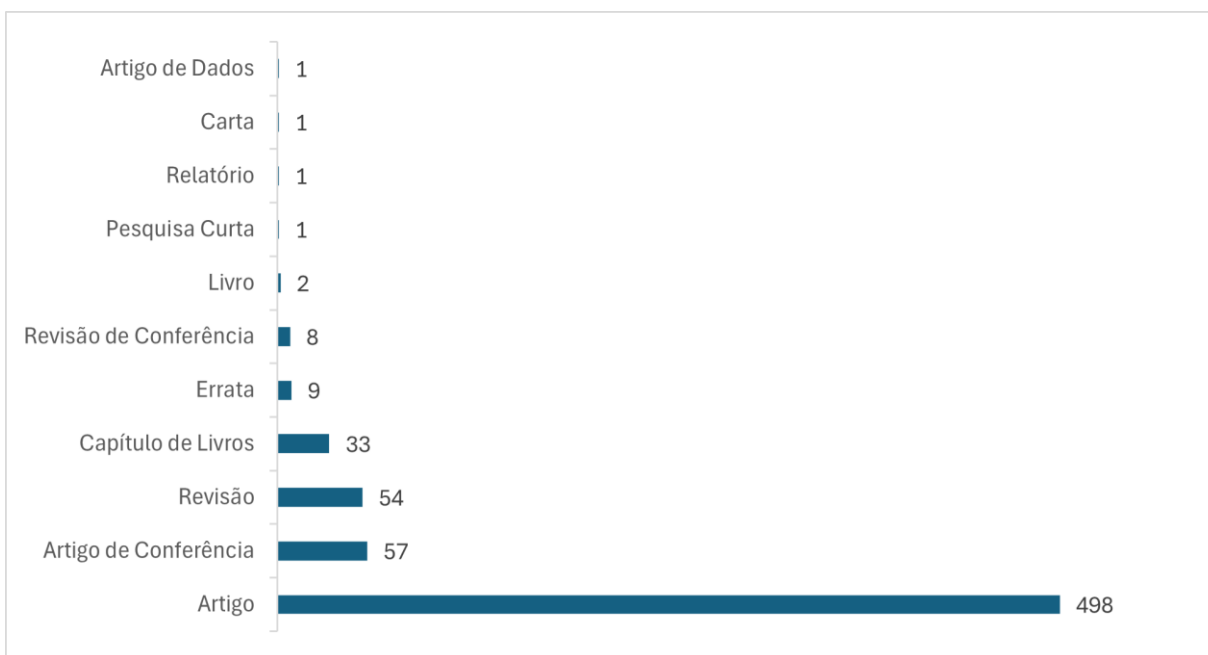


Figura 2. Tipo das publicações sobre emulsão de óleos na agricultura no Scopus® nos últimos 20 anos (Fonte: Scopus, 2024).

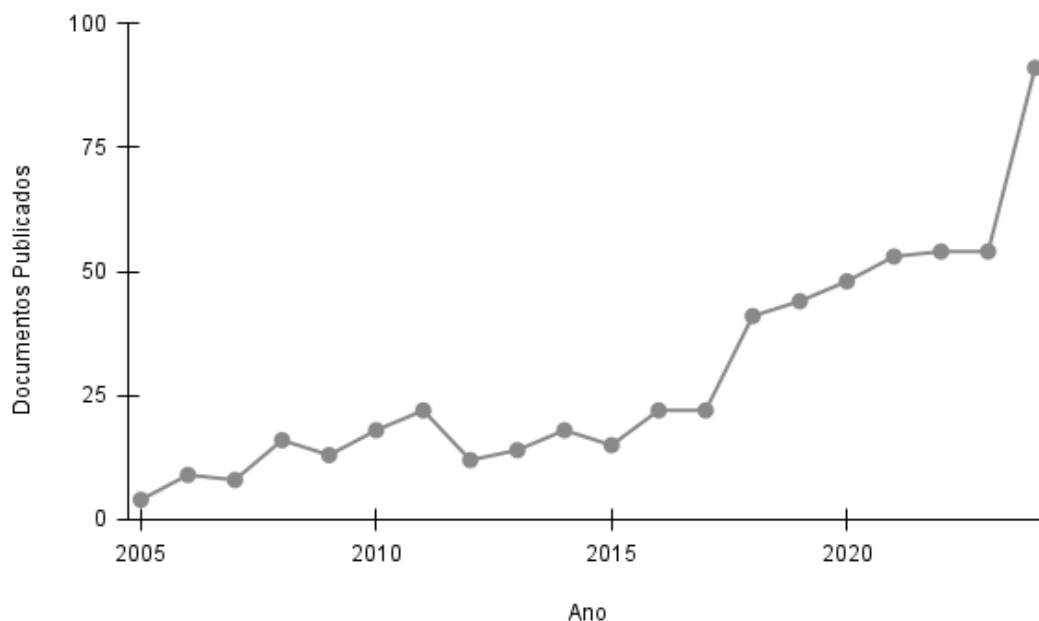


Figura 3. Evolução de publicações sobre emulsão de óleos na agricultura no Scopus® nos últimos 20 anos (Fonte: Scopus, 2024).

É possível observar um padrão de crescimento de publicações contínuo a partir de 2017, o que demonstra que o uso de óleos emulsionáveis na agricultura é uma tendência que está aumentando a cada ano que passa. Em 2024 teve um aumento de 67% de publicações quando comparado ao ano anterior, que saiu de 54 publicações para 90 (Figura 3). Esse aumento no número de publicações demonstra o progresso que a pesquisa tem e que é um foco para a agricultura sustentável, que pode ser justificada e associada à versatilidade da técnica e seus diferentes objetivos de uso, como na proteção de cultivos e em nutrição de plantas.

O desenvolvimento de produções dos últimos 20 anos foi realizado principalmente por China, Índia e Estados Unidos (Figura 4). Nos últimos 20 anos os três países foram responsáveis por 52% da produção total de documentos científicos. O progresso tecnológico, a mudança na eficiência da mistura e os fatores socioeconômicos são fatores-chave que influenciam o crescimento agrícola desses países (Rahman et al., 2022). Enquanto se aumenta a busca por novas tecnologias no meio agrícola, o setor cresce cerca de 2,5% ao ano na Índia, enquanto na China tem crescido de forma constante entre 4% e 5% nos últimos 15 anos (Gautam e Yu, 2015; Patel et al., 2020). Entretanto, apesar da grande produtividade desses países, mais 69 países

também publicaram estudos acerca desse tema, mostrando que apesar dos estudos avançarem em países específicos, ele é presente em grande parte do mundo (Elsevier, 2024).

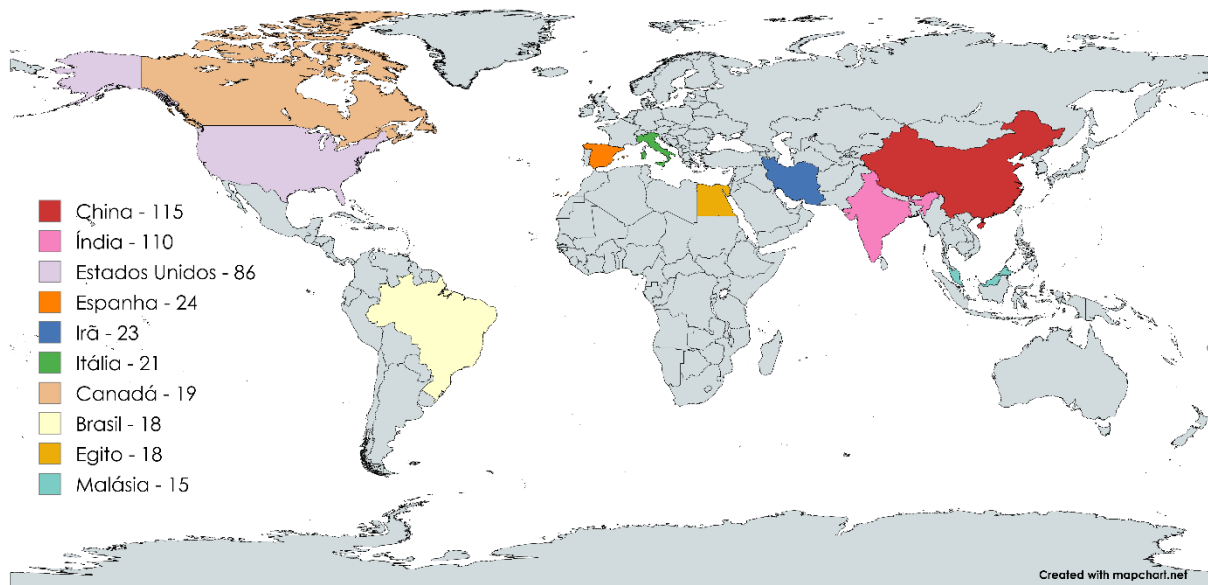


Figura 4. Número de documentos científicos sobre emulsões de óleos na agricultura por país presentes na base de dados Scopus® em um período de 20 anos (Fonte: Scopus, 2024).

Para o direcionamento do estudo, as palavras-chaves refletem a ideia principal dos tópicos abordados no estudo. Elas são usadas para abordar os assuntos do documento, orientando o leitor a busca pela informação relevante que deseja. A respeito do uso de óleos emulsionáveis na agricultura foram encontradas 252 palavras-chaves com pelo menos duas ocorrências, gerando a imagem da figura 3. A figura demonstra a intensidade de ocorrência das relações das palavras-chaves pela linha que conecta os rótulos (Carvalho et al., 2013).

Os termos “emulsão” “hidrofobicidade” “emulsificação” e “biorremediação” (tradução para o português) foram as palavras-chaves com as maiores ocorrências dentro dos documentos analisados (Figura 5). O termo “emulsão” está no centro das redes, ligando vários clusters e grupos de clusters. Pela imagem gerada, observa-se que as pesquisas em desenvolvimento possuem linhas que não se encontram ou tem finalidade em comum. Essas diferentes vertentes reafirmam a versatilidade da técnica de emulsão e seu uso na agricultura, já que as pesquisas focam desde o controle de patógenos até a biorremediação de compostos indesejados.

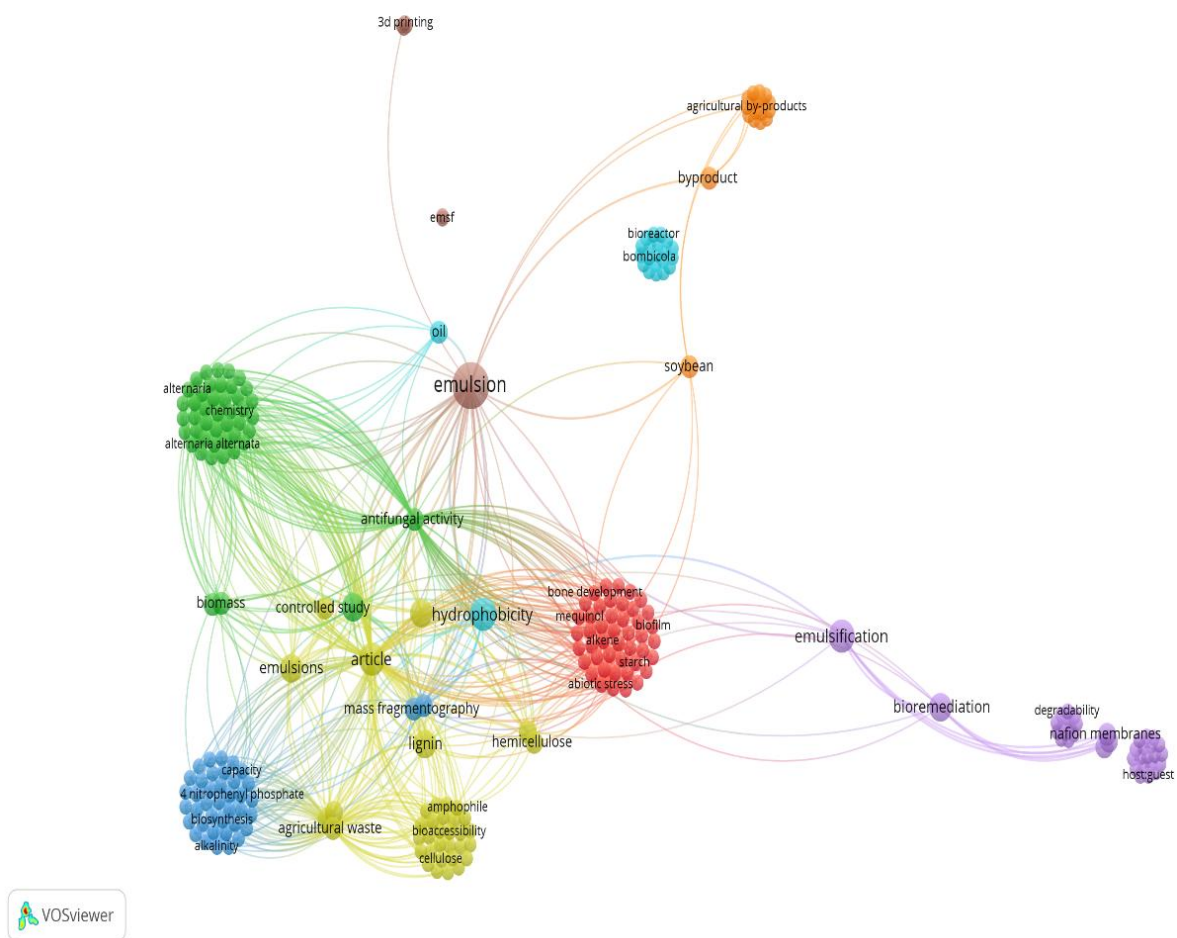


Figura 5. Palavra-chave que mais aparece entre os anos de 2015 a 2024. A escala de cores representa a predominância das palavras nos anos (Fonte: VOSviewer, 2024).

Assim, a análise bibliométrica sobre o uso de óleos emulsionados na agricultura revela um crescimento significativo na produção científica, destacando a crescente relevância dessa tecnologia na busca por práticas agrícolas mais sustentáveis. Embora países como China, Índia e Estados Unidos liderem a produção científica, o tema é globalmente abordado, refletindo a crescente demanda. O aumento das publicações e a diversidade de aplicações indicam um campo promissor, embora ainda existam desafios e lacunas que devem ser exploradas para otimizar sua utilização em diferentes contextos agrícolas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGROFIT (2024). Sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Available at: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons [accessed December 2024].
- Aigaje, T., Yolanda, A. (2016). Descripción etológica del gusano de la fruta del cultivo de naranjilla (*Solanum quitoense*) en laboratorio. Ceasa, sector Salache, provincia de Cotopaxi 2015. Ingeniería Agronómica. UTC. Latacunga. 94 p. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/3261>
- Arcanjo, L., Silva, É., Araújo, T., Crespo, A., Júnior, P., Gomes, G., & Picanço, M. (2021). Decision-making systems for management of the invasive pest *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) in commercial tomato crops according to insecticide spray method and plant stage. *Crop Protection*, 140, 105408. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2020.105408>.
- Arnon-Rips, H., Porat, R., & Poverenov, E. (2019). Enhancement of agricultural produce quality and storability using citral-based edible coatings; the valuable effect of nano-emulsification in a solid-state delivery on fresh-cut melons model. *Food chemistry*, 277, 205-212. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.117>.
- Baker BP, Grant JA, Garlic and Garlic Oil Profile, New York State: IPM Progr; 2018.
- Barrek, S., Paisse, O., & Grenier-Loustalot, M. (2004). Analysis of neem oils by LC–MS and degradation kinetics of azadirachtin-A in a controlled environment. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 378, 753-763. <https://doi.org/10.1007/S00216-003-2377-0>.
- Benelli, G., Canale, A., Toniolo, C., Higuchi, A., Murugan, K., Pavela, R., & Nicoletti, M. (2017). Neem (*Azadirachta indica*): towards the ideal insecticide?. *Natural Product Research*, 31, 369 - 386. <https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1214834>.
- Bennion, E., Bamford, G., & Bent, A. (1997). Emulsions and emulsifiers. 112-120. https://doi.org/10.1007/978-1-4757-6690-5_10.
- Canazart, D., Daquila, B., Schneider, L., Silva, C., Gigliolli, A., Ruvolo-Takasusuki, M., & Conte, H. (2021). Insecticidal effect of garlic essential oil on *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) eggs. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*. <https://doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2021.007.0038>.
- Carvalho, M. M.; Fleury, A.; Lopes, A. P. (2013). An overview of the literature on technology roadmapping (TRM): Contributions and trends. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 80, n. 7, p. 1418-1437. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.11.008>
- Chaud, M., Souto, E. B., Zielinska, A., Severino, P., Batain, F., Oliveira-Junior, J., & Alves, T. (2021). Nanopesticides in agriculture: Benefits and challenge in agricultural productivity, toxicological risks to human health and environment. *Toxics*, 9(6), 131. <https://doi.org/10.3390/toxics9060131>
- Chaudhari, A., Singh, V., Kedia, A., Das, S., & Dubey, N. (2021). Essential oils and their bioactive compounds as eco-friendly novel green pesticides for management of storage insect pests: prospects and retrospects. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 18918 - 18940. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-12841-w>.

Costa, C. L. Da; De Rezende França, E. T.; Santos, D. S.; Costa, M. C. P.; Barbosa, M. D. C. L.; Nascimento, M. D. D (2015). Caracterização físico-química de óleos fixos artesanais do coco babaçu (*Orbignya phalerata*) de regiões ecológicas do estado do Maranhão, Brasil. *Pesquisa em foco*, v. 20, n. 1, p. 27-38. [Link de Acesso](#)

Da Silva, É., Da Silva, R., Da Silva, L., Da Costa Gontijo, P., Da Silva Galdino, T., Picanço, M., & Bacci, L. (2018). Seasons of the year affect critical stage and key mortality factors for *Neoleucinodes elegantalis* in open field tomatoes. *Annals of Applied Biology*, 174, 133–141. <https://doi.org/10.1111/aab.12479>.

Da Silva, M. R.; Hayashi, C. R. M.; Hayashi, M. C. P. I. (2011). Análise bibliométrica e cientométrica: desafios para especialistas que atuam no campo. *INCID: revista de ciência da informação e documentação*, v. 2, n. 1, p. 110-129. <https://doi.org/10.11606/issn.2178-2075.v2i1p110-129>

Dai, T., Li, T., Li, R., Zhou, H., Liu, C., Chen, J., & McClements, D. (2020). Utilization of plant-based protein-polyphenol complexes to form and stabilize emulsions: Pea proteins and grape seed proanthocyanidins. *Food chemistry*, 329, 127219. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127219>.

Dantas I.C. (2007) O raizeira. 1ed Campina Grande: EDUEPB

Deguine, J., Aubertot, J., Flor, R., Lescourret, F., Wyckhuys, K., & Ratnadass, A. (2021). Integrated pest management: good intentions, hard realities. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00689-w>.

Díaz-Montilla, A., Gallego-Sánchez, G., Suárez-Baron, H., Cano-Calle, D., Arango-Isaza, R., Viera, W., & Saldamando-Benjumea, C. (2017). *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) Estrutura populacional e isolamento por distância na América Central e do Sul revelados com o gene do citocromo oxidase I (CO1). *Entomologista do Sudoeste*, 42, 753 - 768. <https://doi.org/10.3958/059.042.0314>

Díaz-Montilla, A., González, R., Solís, M., & Saldamando-Benjumea, C. (2015). Evidência de seleção sexual em *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae): Correlação entre a genitália da mariposa feminina e o tamanho do fruto hospedeiro de Solanaceae., 108, 272 - 281. <https://doi.org/10.1093/aesa/sav011>

do Nascimento, T. S., Ferreira, W. A., Borges, A. M., Barbosa, A. K. M., Ramos, E. P., Fardim, V. M., & da Vitória, E. L. (2022). Pesquisa, desenvolvimento, inovação e transferência de tecnologia no setor cafeeiro: Uma análise bibliométrica (2002-2022). *Ciências Rurais em Foco* Volume 8, 73. [Link de Acesso](#)

Dönmez, D., Isak, M. A., İzgü, T., & Şimşek, Ö. (2024). Green Horizons: Navigating the Future of Agriculture through Sustainable Practices. *Sustainability*, 16(8), 3505. <https://doi.org/10.3390/su16083505>

Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2021.04.070>.

Dos Santos, H. T., & Marchioro, C. A. (2021). Selection of models to describe the temperature-dependent development of *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) and its application to predict the species voltinism under future climate conditions. *Bulletin of Entomological Research*, 111(4), 476-484. <https://doi.org/10.1017/S0007485321000195>

Elsevier (2024). Número de publicações indexadas na Scopus sobre emulsões e óleos na agricultura. *Scopus*. Recuperado em 14 de março de 2025, de https://www.scopus.com/results/results.uri?s=%28TITLE-ABS-KEY%28agricu*%29+AND+TITLE-ABS-KEY%28emulsion%29+AND+TITLE-ABS-KEY%28oil%29%29&limit=10&origin=searchhistory&sort=plf-f&src=s&sot=a&sessionSearchId=03623bb79004066a87083ac48c702ed5

Endris, Y., & Mekonnen, K. (2023). Formulation of Neem Leaf and Croton Seed Essential Oils as a Natural Insecticide Tested on Mosquitoes and Cockroaches. *ACS Omega*, 8, 15052 - 15061. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c08026>.

Folake, A., Matthew, O., Adewale, A., & Ibrahim, M. (2023). Insecticidal activity of botanicals and their effectiveness in insects and pests control. *South Asian Journal of Agricultural Sciences*. <https://doi.org/10.22271/27889289.2023.v3.i2b.95>.

Ford, R. (1976). The Use of Emulsions in the Application of Pesticides. 227-237. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-651250-2.50021-1>.

Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R. L., & De Batista, G. C. (1978). Manual de Entomologia Agrícola.

Gautam, M., & Yu, B. (2015). Agricultural productivity growth and drivers: a comparative study of China and India. *China Agricultural Economic Review*, 7, 573-600. <https://doi.org/10.1108/CAER-08-2015-0094>.

Gavrilescu, M. (2005). Fate of pesticides in the environment and its bioremediation. *Engineering in life sciences*, 5(6), 497-526. <https://doi.org/10.1002/elsc.200520098>

Gharsan, F. (2024). Bioactivity of Plant Nanoemulsions against Stored-Product Insects (Order Coleoptera): A Review1. *Journal of Entomological Science*. <https://doi.org/10.18474/jes23-84>.

Ghelichi, S., Hajfathalian, M., Yesiltas, B., Sørensen, A., García-Moreno, P., & Jacobsen, C. (2023). Oxidation and oxidative stability in emulsions. *Comprehensive reviews in food science and food safety*. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13134>.

Gonçalves, T. S. (2020). A teoria do caos na ecologia. *Diversitas Journal*, 5(4), 2571-2585. <https://doi.org/10.17648/diversitas-journal-v5i4-1194>

Grecco, E. D., Pratisoli, D., Piffer, A. B. M., de Oliveira, A. C. L. F., Damascena, A. P., de Oliveira, R. C., & Santos, M. R. (2024). Management of the *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) using different techniques. *Observatório De La Economía Latinoamericana*, 22(10), e7357-e7357. <https://doi.org/10.55905/oelv22n10-191>

Haritha, D., Ahmed, M., Bala, S., & Choudhury, D. (2021). Eco-Friendly Plant Based On Botanical Pesticides. *Plant Archives*, 21, 2197-2204. <https://doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2021.V21.S1.362>.

Hikal, W., Baeshen, R., & Ahl, H. (2017). Botanical insecticide as simple extractives for pest control. *Cogent Biology*, 3. <https://doi.org/10.1080/23312025.2017.1404274>.

Huang, Y., Chen, S., & Ho, S. (2000). Bioactivities of Methyl Allyl Disulfide and Diallyl Trisulfide from Essential Oil of Garlic to Two Species of Stored-Product Pests, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae)., 93, 537 - 543. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.2.537>.

- Huang, Y.; Lin, M.; Jia, M.; Hu, J.; Zhu, L. (2020) Chemical composition and larvicidal activity against *Aedes* mosquitoes of essential oils from *Arisaema fargesii*. *Pest management science*, Oxford, v. 76, n. 2, p. 534-542, 2020. <https://doi.org/10.1002/ps.5542>
- Huc-Mathis, D., Almeida, G., & Michon, C. (2020). Pickering emulsions based on food byproducts: A comprehensive study of soluble and insoluble contents. *Journal of colloid and interface science*, 581 Pt A, 226-237. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2020.07.078>.
- Isman, M. B.; Miresmailli, S. (2011) Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochemistry Reviews*, v. 10, n. 2, p. 197-204. <https://doi.org/10.1007/s11101-010-9170-4>
- Isman, M., Koul, O., Arnason, J., Stewart, J., & Salloum, G. (1991). Developing A Neem-Based Insecticide For Canada. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 123, 39-46. <https://doi.org/10.4039/ENTM123159039-1>
- Komansilan, A., Abadi, A. L., Yanuwadi, B., & Kaligis, D. A. (2012). Isolation and identification of biolarvicide from soursop (*Annona muricata* Linn) seeds to mosquito (*Aedes aegypti*) larvae. *Int J Eng Technol*, 12(03), 28-32. [Link de Acesso](#)
- Kotsemir, M., & Shashnov, S. (2017). Measuring, analysis and visualization of research capacity of university at the level of departments and staff members. *Scientometrics*, 112(3), 1659-1689. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2450-7>
- Lampridi, M. G., Sørensen, C. G., & Bochtis, D. (2019). Agricultural sustainability: A review of concepts and methods. *Sustainability*, 11(18), 5120. <https://doi.org/10.3390/su11185120>
- Li, Y., Feng, Y., Yu, G., Li, J., Zhou, Y., & Liu, Y. (2020). Preparation and characterization of oil-in-water emulsion based on eco-friendly emulsifiers. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 602, 125024. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.125024>.
- Liu, Y., Li, Y., Hensel, A., Brandner, J., Zhang, K., Du, X., & Yang, Y. (2020). A review on emulsification via microfluidic processes. *Frontiers of Chemical Science and Engineering*, 14, 350-364. <https://doi.org/10.1007/s11705-019-1894-0>.
- Lucia, A., & Guzmán, E. (2020). Emulsions containing essential oils, their components or volatile semiochemicals as promising tools for insect pest and pathogen management. *Advances in colloid and interface science*, 287, 102330. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2020.102330>.
- Luo, X., Zhou, Y., Bai, L., Liu, F., Zhang, R., Zhang, Z., ... & McClements, D. J. (2017). Production of highly concentrated oil-in-water emulsions using dual-channel microfluidization: Use of individual and mixed natural emulsifiers (saponin and lecithin). *Food Research International*, 96, 103-112. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.013>
- Lyon, M. (2022). Application of the HLD Framework to Agricultural Applications - Emulsion Concentrates. *Proceedings of 2022 AOCS Annual Meeting & Expo*. <https://doi.org/10.21748/rwx4603>.
- Maia, A., Almeida, C., Santoro, K., Melo, J., Oliveira, J., Guedes, R., & Badji, C. (2016). High-level phylogeographic structuring of *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (Lepidoptera, Crambidae) in Brazil: an important tomato

pest. *Revista Brasileira De Entomologia*, 60, 206-210. <https://doi.org/10.1016/J.RBE.2016.03.004>.

Miller, R. (2016). Emulsifiers: Types and Uses. In B. Caballero, P. M. Finglas, & F. Toldrá (Eds.), *Encyclopedia of food and health*. Academic Press., 498-502. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00249-X>.

Moccia, S., Crescente, G., Bouymajane, A., Cascone, G., Squillaci, G., & Morana, A. (2023). Essential oils: An Overview of Extraction Methods and Food Applications. *Current Nutraceuticals*. <https://doi.org/10.2174/2665978604666230601104713>.

Moraes, C., & Foerster, L. (2015). Thermal Requirements, Fertility, and Number of Generations of *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae). *Neotropical Entomology*, 44, 338 - 344. <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0293-6>.

Moraes, C., & Foerster, L. (2021). Desenvolvimento e sobrevivência de *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) em solanáceas silvestres e cultivadas. *Revista Brasileira de Entomologia*. <https://doi.org/10.1590/1806-9665-rbent-2020-0119>

Moraes, H. M. F. E., Furtado, M. R., Vitória, E. L. D., & Martins, R. N. (2023). A bibliometric and scientometric analysis on the use of UAVs in agriculture, livestock and forestry. *Ciência Rural*, 53(8), e20220130. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220130>

Mottola, M., Bertolino, M., Kourdova, L., Pérez, J., Bogino, M., Nocelli, N., Chaveriat, L., Martin, P., Vico, R., Fabro, G., & Fanani, M. (2023). Nanoemulsions of synthetic rhamnolipids act as plant resistance inducers without damaging plant tissues or affecting soil microbiota. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1195718>.

Muhammad, A., & Kashere, M. (2020). Neem, *Azadirachta indica* L. (A. Juss): an eco-friendly botanical insecticide for managing farmers' insects pest problems- a review. , 4, 484-491. <https://doi.org/10.33003/FJS-2020-0404-531>.

Mustafa, I., & Hussein, M. (2020). Synthesis and Technology of Nanoemulsion-Based Pesticide Formulation. *Nanomaterials*, 10. <https://doi.org/10.3390/nano10081608>.

Nisbet, Alasdair J. (2000). Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. 29, 615-632. <https://doi.org/10.1590/S0301-80592000000400001>.

Noboa, M., Viera, W., Díaz, A., Vásquez, W., & Ron, L. (2017). Genitalic Differentiations in *Neoleucinodes elegantalis* (Gueneé) (Lepidoptera: Crambidae) Associated with Solanaceae Crops in Ecuador. *Insects*, 8. <https://doi.org/10.3390/insects8030091>.

Nodari, R. O., & Guerra, M. P. (2015). A agroecologia: estratégias de pesquisa e valores. *Estudos avançados*, 29, 183-207. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142015000100010>

Nova, Nadja Soares Vila. Ação leishmanicida de alcalóides e acetogeninas extraídas de Annonaceae do estado do Ceará. 2008. 71 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico ou Profissional em 2008) - Universidade Estadual do Ceará, 2008. Disponível em: <http://siduece.uece.br/siduece/trabalhoAcademicoPublico.jsf?id=51164>

≥ Acesso em: 16 de dezembro de 2024

- Oladipupo, S., Hu, X., & Appel, A. (2022). Essential Oils in Urban Insect Management—A Review. *Journal of Economic Entomology*, 115, 1375 - 1408. <https://doi.org/10.1093/jee/toac083>.
- Oliveira, R., Pastori, P., Coutinho, C., Juvenal, S., & Aguiar, C. (2020). Natural parasitism of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) eggs on tomato (Solanales: Solanaceae) in the Northeast region, Brazil. *Brazilian journal of biology = Revista brasleira de biologia*. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.206676>.
- Parthiban, E., Arokiyaraj, C., Janarthanan, S., & Ramanibai, R. (2020). Purification, characterization of mosquito larvicidal lectin from *Annona muricata* and its eco-toxic effect on non-target organism. *Process Biochemistry*, 99, 357-366. <https://doi.org/10.1016/J.PROCBIO.2020.09.025>.
- Patel, S. K., Sharma, A., & Singh, G. S. (2020). Traditional agricultural practices in India: an approach for environmental sustainability and food security. *Energy, Ecology and Environment*, 5(4), 253-271. <https://doi.org/10.1007/s40974-020-00158-2>
- Perron, P. (1999). Protection intégrée des cultures: évolution du concept et de son application. *Cahiers Agricultures*, 8, 389-396. [Link de Acesso](#)
- Prates, H., Santos, J., Waquil, J., Fabris, J., Oliveira, A., & Foster, J. (1998). Insecticidal activity of monoterpenes against *Rhyzopertha dominica* (F.) and *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research*, 34, 243-249. [https://doi.org/10.1016/S0022-474X\(98\)00005-8](https://doi.org/10.1016/S0022-474X(98)00005-8).
- Pranckuté, R. (2021). Web of Science (WoS) and Scopus: The titans of bibliographic information in today's academic world. *Publications*, 9(1), 12. <https://doi.org/10.3390/publications9010012>
- Pratissoli, D., Bueno, R. C. O. F., Carvalho, J. R. (2019). *Trichogramma*: da coleta a pesquisa aplicada. Alegre, Unicopy. 211p.
- Pratissoli, D., Damascena, A. P., Fragoso, D. M. F., de Carvalho, J. R., Túler, A. C., Faria, L. V., & de Araujo Junior, L. M. (2021). Performance of entomopathogenic nematodes on *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée)(Lepidoptera: Crambidae). *Revista Acta Ambiental Catarinense*, 18(1), 205-215. <https://doi.org/10.24021/raac.v18i1.5575>
- Rady, I., Bloch, M., Chamcheu, R., Mbeumi, S., Anwar, R., Mohamed, H., Babatunde, A., Kuitaté, J., Noubissi, F., Sayed, K., Whitfield, G., Chamcheu, J., & Chamcheu, J. (2018). Anticancer Properties of Graviola (*Annona muricata*): A Comprehensive Mechanistic Review. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1826170>.
- Rahman, S., Anik, A., & Sarker, J. (2022). Climate, Environment and Socio-Economic Drivers of Global Agricultural Productivity Growth. *Land*. <https://doi.org/10.3390/land11040512>.
- Ramadass, M., Hakeem, S., Chandran, A., Vadivelu, G., & Thiagarajan, P. (2019). Formulation and Characterization of Cedrus deodara Oil Emulsion and studies on its activity against representative food and plant pathogens. *Research Journal of Pharmacy and Technology*. <https://doi.org/10.5958/0974-360X.2019.00223.3>.
- Regnault-Roger, C. (1997). The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integrated Pest Management Reviews*, 2, 25-34. <https://doi.org/10.1023/A:1018472227889>.

- Rezende, H. A., Vilela, G. B., de Paula, E. M. N., da Costa Silva, G. H., & Guimarães, J. P. N. Q. (2022). Principais Aspectos Das Propriedades Antifúngicas Do Óleo Essencial De Alho (*Allium sativum*). *Anais da Semana Universitária e Encontro de Iniciação Científica (ISSN: 2316-8226)*, 1(1).
- Serra, L. S., Mendes, M. R. F., Soares, M. D. A., & Monteiro, I. P. (2016). Revolução Verde: reflexões acerca da questão dos agrotóxicos. *Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB*, 1(4), 2-25.
- Shang, H., Li, C., Cai, Z., Hao, Y., Cao, Y., Jia, W., ... & Xing, B. (2024). Biosynthesized selenium nanoparticles as an effective tool to combat soil metal stresses in rice (*Oryza sativa* L.). *ACS nano*, 18(30), 19636-19648. <https://doi.org/10.1021/acsnano.4c04215>
- Shao, P., Feng, J., Sun, P., Xiang, N., Lu, B., & Qiu, D. (2020). Recent advances in improving stability of food emulsion by plant polysaccharides. *Food research international*, 137, 109376 . <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109376>.
- Shashi, S., Centobelli, P., Cerchione, R., & Merigó, J. (2021). Mapping Knowledge Management Research: A Bibliometric Overview. *Technological and Economic Development of Economy*. <https://doi.org/10.3846/tede.2021.14088>.
- Shoker, R. (2020). A Review Article: The Importance of the Major groups of Plants Secondary Metabolism Phenols, Alkaloids, and Terpenes. *International Journal For Research in Applied Sciences and Biotechnology*. <https://doi.org/10.31033/ijrasb.7.5.47>.
- Showler, A., Harlien, J., & De León, A. (2019). Effects of Laboratory Grade Limonene and a Commercial Limonene-Based Insecticide on *Haematobia irritans irritans* (Muscidae: Diptera): Deterrence, Mortality, and Reproduction. *Journal of Medical Entomology*, 56, 1064 - 1070. <https://doi.org/10.1093/jme/tjz020>.
- Silva, É., Crespo, A., Farias, E., Bacci, L., Queiróz, R., & Picanço, M. (2019). Conventional Sampling Plan for Scouting *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) Eggs on Tomato Fruits. *Journal of Economic Entomology*, 112, 2433 - 2440. <https://doi.org/10.1093/jee/toz158>.
- Silva, É., Silva, R., Gontijo, P., Rosado, J., Bacci, L., Martins, J., & Picanço, M. (2020). Climatic variables limit population abundance of *Neoleucinodes elegantalis*: Important neotropical tomato pest. *Crop Protection*, 138, 105325. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105325>.
- Silva, R., Kumar, L., Shabani, F., Da Silva, É., Galdino, T., & Picanço, M. (2017). Modelo climático dinâmico espaço-temporal para *Neoleucinodes elegantalis* usando CLIMEX. *Jornal Internacional de Biometeorologia*. 61, 785-795. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1256-2>
- Simões, C. M. O. *Farmacognosia: do Produto Natural ao Medicamento*. 1ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 502p.
- Siquieroli, A., Andaló, V., Duarte, J., Sousa, R., Felisbino, J., & Da Silva, G. (2021). Botanical insecticide formulation with neem oil and D-limonene for coffee borer control. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.PAB2021.V56.02000>.
- Smith, E. H., & Kennedy, G. G. (2009). History of entomology. In *Encyclopedia of insects* (pp. 449-458). Academic Press.

- Stark, J., & Walter, J. (1995). Neem oil and neem oil components affect the efficacy of commercial neem insecticides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 507-512. <https://doi.org/10.1021/JF00050A047>.
- Tan, C., & McClements, D. (2021). Application of Advanced Emulsion Technology in the Food Industry: A Review and Critical Evaluation. *Foods*, 10. <https://doi.org/10.3390/foods10040812>.
- Tembo, Y., Mkindi, A., Mkenda, P., Mpumi, N., Mwanauta, R., Stevenson, P., Ndakidemi, P., & Belmain, S. (2018). Pesticidal Plant Extracts Improve Yield and Reduce Insect Pests on Legume Crops Without Harming Beneficial Arthropods. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01425>.
- Tian, M., Bai, Y., Tian, H., & Zhao, X. (2023). A composição química e os benefícios de promoção da saúde dos óleos vegetais — uma revisão. *Molecules*, 28. <https://doi.org/10.3390/molecules28176393>.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677. <https://doi.org/10.1038/nature01014>
- Tripathi, A., Prajapati, V., Khanuja, S., & Kumar, S. (2003). Effect of d-Limonene on Three Stored-Product Beetles. 96, 990 - 995. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-96.3.990>.
- Van Eck, N., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *scientometrics*, 84(2), 523-538.
- Vilela, E. F., Zucchi, R. A., & Cantor, F. (Eds.). (2000). *Histórico e impacto das pragas introduzidas no Brasil* (pp. 48-50). Holos.
- Vitti, A. M. S.; Brito, J. O. Óleo essencial de eucalipto. In: Documentos florestais N°17. Piracicaba: Esalq/USP, 2003. p.1-26
- Wang, Q., Xu, P., Sanchez, S., Duran, P., Andrezza, F., Isaacs, R., & Dong, K. (2021). Behavioral and physiological responses of *Drosophila melanogaster* and *D. suzukii* to volatiles from plant essential oils. *Pest management science*. <https://doi.org/10.1002/ps.6282>.
- Waquil, J. M. (2002). Manejo integrado de pragas: revisão histórica e perspectivas. In: Congresso Nacional De Milho E Sorgo, 24., 2002, Florianópolis, SC. Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo:[resumos expandidos]. Sete Lagoas: ABMS: Embrapa Milho e Sorgo; Florianópolis: Epagri, 2002.
- Wink, M. (2003). Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry*, 64 1, 3-19. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00300-5](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00300-5)
- Yang, W., Zhong, W., Jia, W., Ou, M., Dong, X., Zhang, T., Ding, S., Jiang, L., & Wang, X. (2023). Study on atomization mechanisms and spray fragmentation characteristics of water and emulsion butachlor. *Frontiers in Plant Science*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1265013>.
- Zhao, X., Zhu, Y., Zhang, C., Lei, J., Y., & Du, F. (2017). Positive charge pesticide nanoemulsions prepared by the phase inversion composition method with ionic liquids. *RSC Advances*, 7, 48586-48596. <https://doi.org/10.1039/C7RA08653A>.
- Zhu, G., Luo, Y., Xue, M., Zhou, F., Zhao, H., Ji, G., & Liu, F. (2017). Resistance of Garlic Cultivars to *Bradysia odoriphaga* and Its Correlation with Garlic

Thiosulfinates. *Scientific Reports*, 7. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-03617-9>.

Zhu, Q., Pan, Y., Jia, X., Li, J., Zhang, M., & Yin, L. (2019). Review on the stability mechanism and application of water-in-oil emulsions encapsulating various additives. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 18(6), 1660-1675. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12482>

Zuzarte, M., & Salgueiro, L. (2015). *Essential Oils Chemistry*. 19-61. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19144-7_2.

CAPÍTULO II: Atividade inseticida de óleos vegetais e composto majoritário sob *Neoleucinodes elegantalis*

RESUMO

O manejo sustentável de pragas agrícolas é essencial para mitigar os impactos ambientais do uso de inseticidas sintéticos, especialmente na cultura do tomate, que sofre grandes perdas devido à broca-pequena-do-tomateiro, *Neoleucinodes elegantalis*. Apesar da eficácia dos inseticidas químicos sintéticos, populações resistentes de pragas e efeitos adversos ambientais limitam seu uso. Este estudo investiga a eficácia inseticida de óleos vegetais de alho, graviola, neem e do composto majoritário D-Limoneno, individualmente e em combinação, no controle de *N. elegantalis*. Foram realizados bioensaios com larvas de 1º instar e testes de ovicida, utilizando diluições de 2% dos óleos e do composto majoritário em uma solução de Tween® 80 PS a 0,05%. A combinação dos óleos vegetais e composto majoritário mostrou-se eficaz na mortalidade de *N. elegantalis*. Lagartas de 1º instar obtiveram mortalidade acima de 50% em todos os tratamentos submetidos, enquanto ovos a associação de todos os óleos encontraram resultados acima de 90% mortalidade do embrião. Os óleos vegetais estudados, em especial quando combinados, representam uma abordagem promissora para o manejo integrado de *N. elegantalis*, promovendo um controle eficiente e reduzindo os riscos ambientais associados aos produtos sintéticos.

Palavras-chaves: Manejo Pragas. Tomate. Broca-Pequena. Inseticidas Botânicos.

Insecticidal activity of vegetable oils and major compound on *Neoleucinodes elegantalis*.

ABSTRACT

Sustainable agricultural pest management is essential to mitigate the environmental impacts of synthetic insecticides, especially in tomato cultivation, which suffers significant losses due to the tomato leaf miner, *Neoleucinodes elegantalis*. Despite the effectiveness of synthetic chemical insecticides, resistant pest populations and adverse environmental effects limit their use. This study investigates the insecticidal efficacy of garlic, soursop, neem vegetable oils, and the major compound D-Limonene, both individually and in combination, for controlling *N. elegantalis*. Bioassays with 1st instar larvae and ovicidal tests were conducted using 2% dilutions of the oils and the major compound in a 0.05% Tween® 80 PS solution. The combination of vegetable oils and the major compound proved effective in causing mortality in *N. elegantalis*. First instar larvae showed mortality rates above 50% in all treatments, while eggs exposed to the combination of all oils exhibited over 90% embryo mortality. The studied vegetable oils, particularly in combination, represent a promising approach for integrated management of *N. elegantalis*, offering efficient control while reducing environmental risks associated with synthetic products.

Keywords: Pest Management. Tomato. Tomato Leaf Miner. Botanical Insecticides.

1. INTRODUÇÃO

O manejo sustentável de pragas agrícolas é um desafio crescente diante da intensificação dos cultivos e da preocupação com os impactos ambientais causados pelo uso excessivo de produtos sintéticos (Baker et al., 2020; Pratissoli et al., 2023). Alternativas com o uso de produtos naturais, como os compostos derivados de plantas, têm sido amplamente estudadas por seu potencial inseticida e menor toxicidade ao meio ambiente e à saúde humana (Pratissoli et al., 2023). Nesse contexto, a integração de óleos vegetais ao manejo fitossanitário tem se destacado como uma abordagem promissora (Damascena et al., 2023).

Óleos vegetais são produtos naturais derivados de plantas aromáticas, compostos por misturas complexas de metabólitos secundários (Simões, 2017; Huang et al., 2020). Esses óleos possuem propriedades inseticidas, sendo eficazes contra diversas espécies de pragas devido à sua ação repelente, antialimentar e tóxica por contato ou ingestão (Regnault-Roger, 1997; Shocker, 2020). Além disso, compostos majoritários como o D-Limoneno, extraído de diversas partes de plantas cítricas, e a alicina, presente no alho, exemplificam o potencial inseticida desses produtos, uma vez que atuam na supressão de populações de insetos, agindo na redução da oviposição e alimentação dessas pragas (Wang et al., 2021; Rezende et al., 2022).

A broca-pequena-do-tomateiro, *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (1854) (Lepidoptera: Crambidae), é uma importante praga presente na cultura do tomate, causando perdas significativas na produção em diversas regiões do Brasil (Fragoso et al., 2021). Seu dano ocorre diretamente no fruto, onde após a eclosão dos ovos, as larvas penetram e inicia o desenvolvimento do seu ciclo de vida no interior da polpa, inviabilizando o fruto para comércio. O controle convencional dessa praga é difícil, pois se trata de uma praga com hábito de desenvolvimento sem longos períodos de exposição ao ambiente e, frequentemente, envolve o uso intensivo de inseticidas químicos, o que pode desenvolver indivíduos com resistência, desequilíbrios ecológicos e contaminação ambiental (Pratissoli et al., 2021; Grecco et al., 2024). Dessa forma, alternativas baseadas em produtos naturais são essenciais para promover um controle mais sustentável e eficaz.

Entre as alternativas disponíveis, a aplicação de óleos vegetais e compostos majoritários em sistemas agrícolas tem mostrado resultados promissores (Isman et al., 2011; Raveau et al., 2020). Entre os óleos vegetais com eficácia inseticida comprovada, destacam-se os de alho, graviola e neem, bem como o composto D-Limoneno, cada um com modos de ação específicos sobre diferentes grupos de insetos (Benelli et al., 2017; Yusup et al., 2022; Zenoozi et al., 2022; Huang et al., 2023).

O óleo vegetal de alho (*Allium sativum*) atua como repelente, bem como é tóxico para diversos insetos, devido à presença de compostos sulfurados como a alicina, que interferem no sistema nervoso central e na respiração celular das pragas (Huang et al., 2000; Denoirjean et al., 2022). O óleo de graviola (*Annona muricata*) é rico em acetogeninas, que exibem atividades tóxicas por inibição do complexo I da cadeia respiratória mitocondrial, levando à morte celular dos insetos (Yusup et al., 2022). O óleo de neem (*Azadirachta indica*), amplamente estudado, contém azadiractina, um limonoide que regula o crescimento e desenvolvimento dos insetos, interferindo na ecdise e inibindo a reprodução (Benelli et al., 2017; Muhammad e Kashere, 2021). Por sua vez, o D-Limoneno, um monoterpene presente em óleos cítricos, atua como solvente na camada lipídica do exoesqueleto, causando desidratação e morte dos insetos por contato direto (Ibrahim et al., 2001; Zenoozi et al., 2022).

A combinação desses óleos e compostos constitui uma estratégia sinérgica no controle de pragas, ampliando o espectro de ação (Tak et al., 2017). Além disso, o uso integrado desses produtos pode otimizar a eficiência do manejo, promovendo uma abordagem sustentável e reduzindo a dependência de produtos químicos sintéticos (Pratissoli et al., 2023). Assim, o estudo teve como objetivo avaliar a eficácia inseticida e ovicida de óleos vegetais de alho, graviola, neem e do composto majoritário D-Limoneno, individualmente e em combinação, sobre *N. elegantalis*.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário (NUDEMAFI), localizado no setor de Entomologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), em Alegre/ES.

2.1. Obtenção e Multiplicação de *N. elegantalis*

Os insetos foram obtidos através de coletas realizadas em campos comerciais de tomate, situados na cidade de Venda Nova do Imigrante/ES, distrito de Alto Caxixe. Os frutos com sinais da presença da praga foram levados ao laboratório para captura das pupas e posterior continuação do ciclo. Esses frutos foram acondicionados em bandejas plásticas forradas com papel toalha para permitir a pupação do inseto. A multiplicação foi feita em sala climatizada com $25 \pm 2^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotófase de 12h. As pupas foram coletadas e alocadas em potes plásticos em câmara climatizada até a emergência dos adultos (Figura 1F). Esses adultos foram liberados em gaiolas de tela e alimentados com solução de mel a 10% (Figura 1A). Foi ofertado fruto de jiló diariamente para oviposição (Figura 1B). As massas de ovos eram redistribuídas com auxílio de pincel de cerdas macias para outros jilós, a fim de evitar superpopulação de um único fruto. Esses jilós foram/ acondicionados em bandejas plásticas com papel e tecido TNT para pupação das lagartas (Figura 1C e 1D). As bandejas eram inspecionadas diariamente e as pupas eram coletadas para que o ciclo pudesse ser realizado e a multiplicação da *N. elegantalis* fosse feita (Fragoso et al., 2021).

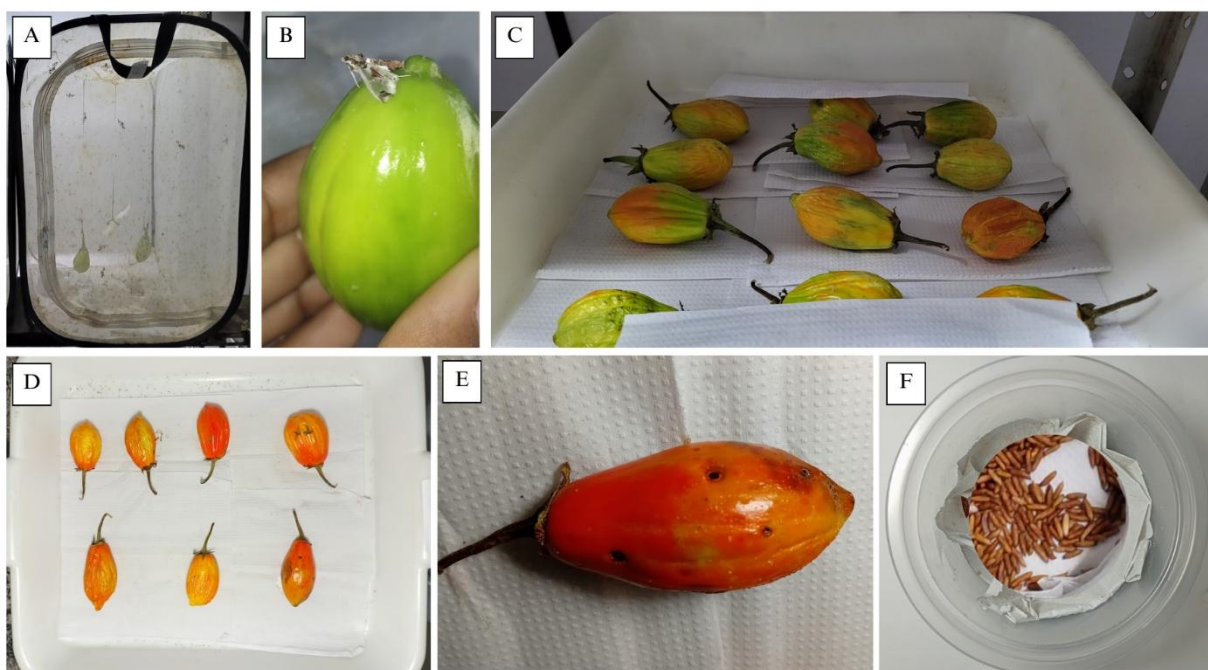


Figura 1. Manutenção da criação de *Neoleucinodes elegantalis*. Gaiolas de desenvolvimento e oviposições dos adultos, com fruto de jiló e solução de mel a 10% v/v (A). Adulto em momento de oviposição e ovos dispostos no fruto de jiló (B). Jilós com ovos inoculados para desenvolvimento larval (C e D). Fruto

de jiló no momento final do desenvolvimento da larva, com orifícios de saída (E). Pupas coletadas (F). (Fonte: Próprio autor, 2025).

2.2. Obtenção dos óleos vegetais e composto majoritário

Os óleos vegetais e composto majoritário usados foram óleos comerciais e produtos isolados obtidos comercialmente e sem nenhum tratamento posterior. Os óleos vegetais e compostos majoritário utilizados foram: óleo vegetal de alho (*Allium sativum* - Distriol lote 3362/27770), óleo vegetal de semente de graviola (*Annona muricata* – Destilaria Bauru lote DBPO-OVSG1119/25-02), óleo de neem (*Azadirachta indica* – Agroterra Fertilizantes) e D-Limoneno (composto isolado - K Forte lote KF00324).

2.3. Bioensaio: Atividade inseticida dos óleos vegetais e composto majoritário

Foram realizados experimentos para avaliação da atividade inseticida em larvas de 1º instar e testes para determinar o efeito ovicida. Os óleos de alho, graviola e neem e composto majoritário D-Limoneno foram diluídos individualmente a 2% (v/v) com Tween® 80 PS a 0,05% (v/v) e água destilada. Na associação dos óleos e do composto majoritário, foi realizada a mistura a 2% de cada composto supracitado com 0,05% de Tween® 80 PS. Para homogeneização a mistura foi agitada por 15 minutos em agitador magnético a 300 rpm. A testemunha consistiu em uma solução de água e Tween® 80 PS a 0,05% (v/v). Os estágios de desenvolvimento dos insetos testados tiveram como objetivo atuar nas fases da vida em que o *N. elegantalis* fica exposto ao ambiente antes de penetrar no fruto.

Para atividade inseticida em larvas de 1º instar, frutos de jiló foram imersos nas soluções e individualizados em potes plásticos descartáveis forrados com papel toalha. Esses foram dispostos em câmara de fluxo laminar até a secagem completa. Para inoculação das lagartas, massas com aproximadamente 10 ovos de aproximadamente 5 dias de desenvolvimento, que possuíam cápsula cefálica desenvolvida, foram inoculadas nos jilós tratados com diferentes soluções. Os potes foram fechados com tampa adaptada para oxigenação, contendo abertura com tela antiafídeos, sendo estes colocados em câmara climatizada com as condições ideais de desenvolvimento (25 ± 1 °C, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h). A avaliação

foi realizada cerca de 21 dias após a aplicação, onde foi contabilizado a quantidade de orifícios de saída e número de pupas viáveis. Os jilós foram cortados para confirmação da mortalidade e procura de lagartas vivas.

O efeito ovicida foi realizado adicionando uma massa de ovos com aproximadamente 10 ovos viáveis em tubo de ensaio de fundo reto forrado com papel vegetal. Com auxílio do aerógrafo foi aplicado 0,15 ml da solução correspondentes aos tratamentos, após seco o ensaio foi armazenado e mantido em câmara climatizada com as condições necessárias para o desenvolvimento do embrião. Diariamente o tubo era inspecionado e contabilizado o número de neonatas. A eficiência ovicida foi calculada a partir da diferença em porcentagem entre a redução da eclosão das lagartas em relação a testemunha.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e uma testemunha. Cada tratamento teve 10 repetições com 10 ovos por repetição, totalizando 60 unidades experimentais. Todos os experimentos foram realizados em duplicata. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o software R (R Core Team 2024).

3. RESULTADOS

3.1. Caracterização dos óleos vegetais e composto majoritário

O composto majoritário D-Limoneno possui nível de pureza de 98%. Os óleos de alho, óleo de graviola e óleo de neem são classificados como óleos fixos. Assim, é dispensada a caracterização química por cromatografia, uma vez que a determinação da composição é realizada através da determinação de composição de ácidos graxos.

3.2. Bioensaio de mortalidade

Todas as soluções testadas, em duplicatas (experimento 1 e experimento 2), usando os óleos de alho, o óleo de graviola, o óleo de neem ou o composto majoritário D-Limoneno, bem como a associação entre todos compostos causaram mortalidade em lagartas de 1ºinstar e no embrião (teste ovicida), quando aplicado diretamente sob o ovo (Tabela 1). No entanto, a

associação dos óleos mostrou melhor desempenho nos diferentes estágios de desenvolvimento de *N. elegantalis* (Tabela 1).

Tabela 1. Mortalidade corrigida (%) de *Neoleucinodes elegantalis* submetidos a aplicações de óleos vegetais e composto majoritário em diferentes estágios do inseto realizada em duplicata (experimento 1 e experimento 2).

Tratamento	Experimento 1		Experimento 2	
	1° instar	Ovo	1° instar	Ovo
Alho	54 c	18,2 d	58 b	31,8 b
Graviola	70 bc	41 b	64 b	36 b
Neem	54 c	23 cd	54 b	15,75 b
D-Limoneno	74 b	32 bc	68 b	31,4 b
Associação dos óleos	96 a	64,6 a	98 a	91,2 a
CV	14,65%	14,72%	16,57%	24,68%
p-valor	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em lagartas de 1º instar, a associação de todos os óleos mostrou desempenho de mortalidade acima de 90% em ambos os experimentos da duplicata, sendo estatisticamente o melhor tratamento. Em seguida, no experimento 1, o composto majoritário D-Limoneno apresentou mortalidade de 74% e não se diferiu do óleo de graviola, que apresentou 70% de mortalidade, enquanto os demais, óleo de alho e graviola, apresentaram mortalidade de cerca de 50%. No segundo experimento, todos os óleos usados de forma isolada foram estatisticamente iguais. Apesar de se observar diferença estatística entre a associação e os óleos de forma isolada, todos estes promoveram mortalidade acima de 50% das lagartas de *N. elegantalis* (Tabela 1).

Em ovos, os óleos desempenharam papel similar ao comportamento observado em lagartas de primeiro instar. A associação de todos os óleos apresentou o melhor resultado, no primeiro e segundo experimento com 64 e 92% de mortalidade respectivamente. A diferença entre os resultados nas duplicatas dos experimentos pode estar relacionada as diferentes gerações dos insetos que são usados, evidenciando as diferenças genéticas entre eles.

Os óleos de graviola e composto majoritário D-Limoneno apresentaram resultados similares nos dois experimentos, causando mortalidade um pouco acima de 30%. Já o óleo de alho, mostrou comportamento inferior que esses óleos e a associação e diferente nos dois experimentos, uma vez que se observou 18,2% de mortalidade no experimento 1 e 31,8% no experimento 2. Assim como o óleo de neem que proporcionou 23% de mortalidade no primeiro experimento e 15,75% no segundo experimento.

4. DISCUSSÃO

Os óleos vegetais são misturas de multicomponentes e possuem variação no teor e na composição química a depender de diversos fatores durante sua produção pela planta ou extração (Sodeifian et al., 2016; Bunse et al., 2022). Os óleos e o composto majoritário usados no presente estudo apresentaram potencial de controle, tanto sobre ovos quanto em lagartas de 1º instar de *N. elegantalis*, uma vez que causou mortalidade em níveis consideráveis e aceitáveis.

No experimento com aplicação sendo feita de forma individualmente, os óleos mostraram bons resultados. Entretanto, os óleos de graviola e composto majoritário D-Limoneno diferiram estatisticamente dos demais óleos, causando maiores mortalidades da broca-pequena-do-tomateiro, ficando atrás apenas da associação de todos os óleos. Os óleos de alho, graviola, neem e composto majoritário D-Limoneno possuem atividade inseticida comprovadas em diversos organismos (Yang et al., 2012; Chowdhury et al., 2016; Ali et al., 2017; Santos et al., 2023; Omura et al., 2024). Nos experimentos realizados, todos compostos demonstraram efeito de mortalidade sobre *N. elegantalis*, o que corrobora com todos os trabalhos que citam o efeito inseticida desses óleos e composto.

O composto D-Limoneno já foi descrito reduzindo a oviposição, eclosão e alimentação de insetos, indo de acordo com os resultados encontrados, que observaram os mesmos efeitos nos ovos e lagartas de 1º instar (Tripathi et al., 2003; Morais e Marinho-Prado, 2016; Zenoozi et al., 2022). Já o óleo de graviola, é formado por diversas acetogeninas, que possuem mecanismos que inibem a produção de energia na mitocôndria dos insetos, justificando o

bom desempenho nas fases iniciais de desenvolvimento de *N. elegantalis* (Correa e Vieira, 2007; Yusup et al., 2022).

O óleo de neem é conhecido por apresentar atividade repelente e antialimentar nas larvas, além de atuar como regulador de crescimento, o que afeta a reprodução da broca-pequena-do-tomateiro (Aguiar Menezes, 2005; Benelli et al., 2017; Muhammad e Kashere, 2021), assim como o alho, que também é um repelente, com características fumigante, e atua diretamente no sistema nervoso central, além de afetar a respiração celular e inibir a oviposição de insetos adultos (Huang et al., 2000; Yang et al., 2012; Denoirjean et al., 2022).

No tratamento com a mistura dos óleos de alho, graviola, neem e do composto majoritário D-Limoneno observou-se sinergismo para o manejo de *N. elegantalis*, obtendo-se, estatisticamente, os maiores resultados de mortalidade de lagartas de 1º instar e efeito ovicida. A elevada mortalidade na associação de todos os óleos demonstra a efetividade na estratégia de usar mais de um princípio ativo para se alcançar mais de uma via de mortalidade no inseto. A interação sinérgica dos óleos é obtida quando há uma interação positiva entre os componentes e o resultado tem a eficiência potencializada (Issam et al., 2015).

Verificou-se que a associação dos óleos de *Brassica carinata* e *Camelina sativa*, que ao serem usados como matéria-prima para a produção de biopesticidas, desenvolve amplo espectro de mecanismos de ação, reduzindo o índice de pragas no meio ambiente e comprovando a eficácia do seu sinergismo (Rzyska et al., 2024). Assim como a combinação dos óleos vegetais de *Pimenta racemosa* e *Citrus sinensis* reduziu efetivamente a dose aplicada de inseticida sintético e controlou efetivamente o gorgulho do milho *Sitophilus zeamais* (Brito et al., 2020). O sucesso no aumento da mortalidade usando a associação de óleos pode ser explicado devido a interação complexa entre os compostos majoritários que afetam as características do composto e elevam a toxicidade na praga em questão (Martins et al., 2017).

A diferença encontrada nos resultados das duplicatas, principalmente no tratamento com ovos, pode ser justificada por, apesar de se tratarem de óleos fixos, a composição dos óleos de mesma espécie, podendo ser causada por fatores como condições da planta, forma de extração e armazenamento,

pode levar a obtenção de diferentes resultados em ensaios com mesmo organismo e óleos (Ataide et al., 2020).

5. CONCLUSÃO

O uso de óleos vegetais de alho, graviola e neem e compostos majoritário D-Limoneno apresentaram atividade inseticida sobre lagartas e ovos de *N. elegantalis*.

A associação de óleos de alho, graviola e neem e o compostos majoritário D-Limoneno, em uma única solução, é uma estratégia promissora para o manejo de *N. elegantalis*, causando mortalidade em ovos e em lagartas de 1º instar a níveis satisfatórios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar Menezes, E.L.M. Inseticidas Botânicos: Seus Princípios Ativos, Modo de Ação e Uso Agrícola. Seropédica/RJ: Embrapa Agrobiologia. 2005. 58 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos 205).
- Ali, A., Mohamed, D., Shaurub, E., & Elsayed, A. (2017). Antifeedant activity and some biochemical effects of garlic and lemon essential oils on *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of entomology and zoology studies*, 5, 1476-1482.
- Ataide, J. O., Pratisoli, D., Fragoso, D. F. M., & Pinheiro, P. F. (2020). Caracterização e atividade inseticida do óleo essencial de *Zingiber officinale* Roscoe-Zingiberaceae sobre *Duponchelia fovealis* Zeller, 1847 (Lepidoptera: Crambidae). *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 13(2), 693-705. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2020v13n2p693-705>
- Baker, B., Green, T., & Loker, A. (2020). Biological control and integrated pest management in organic and conventional systems. *Biological Control*. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104095>.
- Benelli, G., Canale, A., Toniolo, C., Higuchi, A., Murugan, K., Pavela, R., & Nicoletti, M. (2017). Neem (*Azadirachta indica*): towards the ideal insecticide?. *Natural Product Research*, 31, 369 - 386. <https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1214834>.
- Brito, V., Achimón, F., Pizzolitto, R., Sanchez, A., Torres, E., Zygodlo, J., & Zunino, M. (2020). An alternative to reduce the use of the synthetic insecticide against the maize weevil *Sitophilus zeamais* through the synergistic action of *Pimenta racemosa* and *Citrus sinensis* essential oils with chlorpyrifos. *Journal of Pest Science*, 94, 409-421. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01264-0>.
- Bunse, M., Daniels, R., Gründemann, C., Heilmann, J., Kammerer, D., Keusgen, M., Lindequist, U., Melzig, M., Morlock, G., Schulz, H., Schweiggert, R., Simon, M., Stintzing, F., & Wink, M. (2022). Essential Oils as Multicomponent Mixtures and Their Potential for Human Health and Well-Being. *Frontiers in Pharmacology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.956541>.
- Chowdhury, H., Gotyal, B., Selvaraj, K., & Sarkar, S. (2016). Bioefficacy of plant extracts on stem rot, *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid and Bihar hairy caterpillar, *Spilosoma obliqua* Walker in jute crop. *Journal of Applied and Natural Science*, 8, 191-195. <https://doi.org/10.31018/JANS.V8I1.772>.
- Corrêa, A. G.; Vieira, P. C. (2007) Produtos naturais no controle de insetos – (Série de textos da escola de verão em química, vol. III) 2 ed., EdUFSCar, 150p.
- Damascena, A. P., Junior, L. M. D. A., Tamashiro, L. A. G., Vicente, D. N., Menini, L., & Pratisoli, D. (2023). Efficiency of essential oils and pure compounds in the management of *Plutella xylostella*, *Spodoptera eridania* and *Diaphania hyalinata*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 106, 104549. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2022.104549>
- Denoirjean, T., Rivière, M., Doury, G., Goff, G., & Ameline, A. (2022). Behavioral disruption of two orchard hemipteran pests by garlic essential oil. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 170, 782 - 791. <https://doi.org/10.1111/eea.13203>.
- Fragoso, D. F., Túler, A. C., Pratisoli, D., Carvalho, J. R., Valbon, W. R., de Queiroz, V. T., ... & Bueno, R. C. (2021). Biological activity of plant extracts on

the small tomato borer *Neoleucinodes elegantalis*, an important pest in the Neotropical region. *Crop Protection*, 145, 105606. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105606>

Grecco, E. D., Pratisoli, D., Piffer, A. B. M., de Oliveira, A. C. L. F., Damascena, A. P., de Oliveira, R. C., & Santos, M. R. (2024). Management of the *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) using different techniques. *Observatório De La Economía Latinoamericana*, 22(10), e7357-e7357. <https://doi.org/10.55905/oelv22n10-191>

Huang, L., Liu, Z., Wang, J., Fu, J., Jia, Y., Ji, L., & Wang, T. (2023). Bioactivity and health effects of garlic essential oil: A review. *Food Science & Nutrition*, 11, 2450 - 2470. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3253>.

Huang, Y., Chen, S., & Ho, S. (2000). Bioactivities of Methyl Allyl Disulfide and Diallyl Trisulfide from Essential Oil of Garlic to Two Species of Stored-Product Pests, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). 93, 537 - 543. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-93.2.537>.

Huang, Y.; Lin, M.; Jia, M.; Hu, J.; Zhu, L. (2020). Chemical composition and larvicidal activity against *Aedes* mosquitoes of essential oils from *Arisaema fargesii*. *Pest management science*, Oxford, v. 76, n. 2, p. 534-542. <https://doi.org/10.1002/ps.5542>

Ibrahim, M., Kainulainen, P., Aflatuni, A., Tiilikkala, K., & Holopainen, J. (2001). Insecticidal, repellent, antimicrobial activity and phytotoxicity of essential oils: With special reference to limonene and its suitability for control of insect pests. *Agricultural and Food Science*, 10, 243-259. <https://doi.org/10.23986/AFSCI.5697>.

Isman, M., Miresmailli, S., & Machial, C. (2011). Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochemistry Reviews*, 10, 197-204. <https://doi.org/10.1007/s11101-010-9170-4>.

Issam, A. A.; Zimmermann, S.; Reichling, J.; Wink, M. (2015). Pharmacological synergism of bee venom and melittin with antibiotics and plant secondary metabolites against multi-drug resistant microbial pathogens. *Phytomedicine*, v. 22, n. 2, p. 245-255. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2014.11.019>

Martins, G. D. S. O.; Zago, H. B.; Costa, A. V.; De Araujo Junior, L. M.; De Carvalho, J. R. Caracterização química e toxicidade de óleos essenciais cítricos sobre *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Revista Caatinga*, v. 30, n. 3, p. 811-817, 2017. <https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n330rc>

Morais, L. A. S.; Marinho-Prado, J. S. Plantas com atividade inseticida. In: Halfeld-Vieira, B. A. et al. *Defensivos agrícolas naturais: uso e perspectivas*. Brasília, DF: Embrapa, 2016. p. 542-593.

Muhammad, A., & Kashere, M. (2021). Neem, *Azadirachta Indica* L. (A. Juss): An Eco-Friendly Botanical Insecticide For Managing Farmers' Insects Pest Problems - A Review. *Fudma Journal Of Sciences*. <https://doi.org/10.33003/fjs-2020-0404-506>.

Omura, S., Silva, S., Barbosa, P., & Assis, R. (2024). D-limonene combined with *Bacillus thuringiensis* against *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*. <https://doi.org/10.34188/bjaerv7n2-014>.

Pratissoli, D., Damascena, A. P., Fragoso, D. M. F., de Carvalho, J. R., Túler, A. C., Faria, L. V., & de Araujo Junior, L. M. (2021). Performance of entomopathogenic nematodes on *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée)(Lepidoptera: Crambidae). *Revista Acta Ambiental Catarinense*, 18(1), 205-215. <https://doi.org/10.24021/raac.v18i1.5575>

R Core Team (2024) R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <http://www.Rproject.org>

Raveau, R., Fontaine, J., & Sahraoui, L. (2020). Essential Oils as Potential Alternative Biocontrol Products against Plant Pathogens and Weeds: A Review. *Foods*, 9. <https://doi.org/10.3390/foods9030365>.

Regnault-Roger, C. (1997). The potential of botanical essential oils for insect pest control. *Integrated Pest Management Reviews*, 2, 25-34. <https://doi.org/10.1023/A:1018472227889>.

Rezende, H. A., Vilela, G. B., de Paula, E. M. N., da Costa Silva, G. H., & Guimarães, J. P. N. Q. (2022). Principais Aspectos Das Propriedades Antifúngicas Do Óleo Essencial De Alho (*Allium sativum*). *Anais da Semana Universitária e Encontro de Iniciação Científica* (ISSN: 2316-8226), 1(1).

Rzyska, K., Stuper-Szablewska, K., & Kurasiak-Popowska, D. (2024). Diverse Approaches to Insect Control: Utilizing *Brassica carinata* (A.) Braun and *Camelina sativa* (L.) Crantz Oil as Modern Bioinsecticides. *Forests*. <https://doi.org/10.3390/f15010105>

Santos, I., Rodrigues, A., Amante, E., & Silva, L. (2023). Soursop (*Annona muricata*) Properties and Perspectives for Integral Valorization. *Foods*, 12. <https://doi.org/10.3390/foods12071448>.

Shoker, R. (2020). A Review Article: The Importance of the Major groups of Plants Secondary Metabolism Phenols, Alkaloids, and Terpenes. *International Journal For Research in Applied Sciences and Biotechnology*. <https://doi.org/10.31033/ijrasb.7.5.47>.

Simões, C. M. O. *Farmacognosia: do Produto Natural ao Medicamento*. 1ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 502p.

Sodeifian, G.; Sajadian, S.A.; Ardestani, N.A. (2016). Extraction of *Dracocephalum kotschy* Boiss using supercritical carbon dioxide: Experimental and optimization. *Journal of Supercritical Fluids*. v. 107, n. 1, p. 137–144, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2015.09.005>

Tak, J., Jovel, E., & Isman, M. (2017). Effects of rosemary, thyme and lemongrass oils and their major constituents on detoxifying enzyme activity and insecticidal activity in *Trichoplusia ni*. *Pesticide biochemistry and physiology*, 140, 9-16 . <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2017.01.012>.

Tripathi, A., Prajapati, V., Khanuja, S., & Kumar, S. (2003). Effect of d-Limonene on Three Stored-Product Beetles. 96, 990 - 995. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-96.3.990>.

Wang, Q., Xu, P., Sanchez, S., Duran, P., Andrezza, F., Isaacs, R., & Dong, K. (2021). Behavioral and physiological responses of *Drosophila melanogaster* and *D. suzukii* to volatiles from plant essential oils. *Pest management science*. <https://doi.org/10.1002/ps.6282>

Yang, F., Zhu, F., & Lei, C. (2012). Insecticidal activities of garlic substances against adults of grain moth, *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Insect Science*, 19. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2011.01446.x>.

Yusup, I., Kurniawan, D., Julianti, D., Fakhriah, L., & Awalliyah, L. (2022). Biopestisida Dari Ekstrak Dedaunan Untuk Memasmi Hama Tanaman Di Jawa Barat. *Agrotek: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*. <https://doi.org/10.33096/agrotek.v5i2.164>.

Zenoozi, Z., Soltaninezhad, B., Hashemi, M., & Noori, S. (2022). A review of effective essential oils and their biologically active compounds to protect the safety of food stored against insect pests. *Journal of Essential Oil Research*, 34, 111 - 122. <https://doi.org/10.1080/10412905.2022.2032420>.

CAPÍTULO III: Desenvolvimento de uma emulsão contendo óleos vegetais no manejo de *Neoleucinodes elegantalis*

RESUMO

Os óleos vegetais, derivados dos metabólitos secundários de plantas, são conhecidos por suas propriedades aromáticas, voláteis e bioativas, apresentando potenciais inseticidas e antimicrobianos. No entanto, sua aplicação agrícola é limitada pela volatilização e degradação sob condições de campo. A técnica de emulsão, que mistura óleo e água estabilizados por surfactantes, aumenta a estabilidade e eficácia desses óleos, promovendo o uso sustentável em cultivos orgânicos. Este estudo avaliou a eficácia de uma emulsão composta por óleos de alho, graviola, neem e o composto majoritário D-Limoneno no controle da broca-pequena-do-tomateiro, *Neoleucinodes elegantalis*. Foram realizados bioensaios em laboratório com ovos e larvas de 1º instar e testes em casa de vegetação, usando as melhores concentrações encontradas em laboratório. Os resultados indicaram alta eficácia inseticida, com destaque para as concentrações de 15% e 20%, sugerindo que essas formulações podem ser integradas em programas de manejo sustentável de pragas, reduzindo a dependência de inseticidas químicos sintéticos.

Palavras-chaves: Controle de Pragas. Sustentabilidade. Óleos Emulsionados. Manejo Fitossanitário de Pragas.

**Development of an emulsion containing vegetable oils in the
management of *Neoleucinodes elegantalis***

ABSTRACT

Vegetable oils, derived from plant secondary metabolites, are known for their aromatic, volatile, and bioactive properties, exhibiting insecticidal and antimicrobial potentials. However, their agricultural application is limited by volatilization and degradation under field conditions. The emulsion technique, which mixes oil and water stabilized by surfactants, enhances the stability and efficacy of these oils, promoting their sustainable use in organic crops. This study evaluated the efficacy of an emulsion composed of garlic, soursop, neem oils, and the major compound D-limonene in controlling the tomato pinworm, *Neoleucinodes elegantalis*. Laboratory bioassays were conducted with eggs and 1st instar larvae, as well as greenhouse tests, using the best concentrations found in the laboratory. The results indicated high insecticidal efficacy, with emphasis on the 15% and 20% concentrations, suggesting that these formulations may be integrated into sustainable pest management programs, reducing the dependence on chemical insecticides synthetics.

Keywords: Pest Control. Sustainability. Emulsified Oils. Phytosanitary Pest Management.

1. INTRODUÇÃO

Os óleos vegetais são substâncias produzidas pelos metabólitos secundários das plantas, podendo ser encontradas em flores, folhas, casca, raiz e sementes (Zuzarte e Salgueiro, 2015; Sharifi-Rad et al., 2017). São conhecidas por serem altamente concentradas, voláteis e aromáticas e podem ser chamadas de essências, por conter a essência da planta, mantendo o aroma, sabor e propriedades (Schimitberger et al., 2018; Baptista-Silva et al., 2020). Além de propriedades antioxidante, anti-inflamatórias e imunomoduladoras, esses compostos podem desenvolver características antimicrobianas e de proteção contra insetos ou atração de polinizadores e inimigos naturais (Valdivieso-Ugarte et al., 2019).

Na agricultura, a eficácia do uso dos óleos vegetais pode ser afetada devido a degradação e volatilização desses compostos quando submetidos as condições encontradas no campo (Gupta et al., 2023). Assim, para que esses compostos tenham a proteção necessária, viabilizando seu uso no campo, além de melhorar a dispersão no meio aquoso e promover a liberação controlada do princípio ativo, estratégias de encapsulamento de moléculas devem ser desenvolvidas e adotadas (Aguiar et al., 2020).

A técnica de emulsão proporciona a mistura de óleo e água, estabilizadas a partir de surfactantes, e pode ser utilizada em diversas aplicações, além de ser valorizada por suas propriedades biodegradáveis e não agressivas ao meio ambiente (Arab et al., 2018). Na agricultura os concentrados emulsionáveis de óleo vegetal podem ser aplicados na produção orgânica de plantas, sendo biodegradáveis e seguros para humanos e animais. A emulsificação promove um aumento nos efeitos inseticidas, antibacterianos, anti-inflamatórios e antioxidantes de óleos vegetais, uma vez que aumenta a solubilidade da formulação e diminui as gotículas (Karaca et al., 2023).

Com o intuito de buscar novas alternativas para o manejo de pragas e promover produtos sustentáveis e mais seguros, estudos sugerem que óleos vegetais têm potencial como inseticida (Pratissoli et al., 2023; Damascena et al., 2023). As propriedades tóxicas, repelentes e de sinergia entre os compostos presentes nos óleos oferecem uma alternativa mais segura e

sustentável aos pesticidas químicos convencionais, além de evitar o surgimento de populações resistentes de insetos (Shocker, 2020).

Os óleos de alho, graviola e neem, e o composto majoritário D-Limoneno possuem eficácia inseticida comprovada e cada um tem um mecanismo distinto de ação sobre a praga. O óleo de alho atua principalmente como repelente, enquanto o óleo de graviola atua na respiração celular do inseto. O óleo de neem atua na reprodução dos insetos e no desenvolvimento de fases jovens, como lagartas e o D-Limoneno causa desidratação e morte por contato (Benelli et al., 2017; Yusup et al., 2022; Zenoozi et al., 2022; Huang et al., 2023). Assim, a atuação dos compostos em diferentes sítios fisiológicos enaltece o potencial promissor de se explorar o efeito sinérgico destes óleos vegetais e composto majoritário (Tak et al., 2017; Pratissoli et al., 2023).

A broca-pequena-do-tomateiro, *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (1854) (Lepidoptera: Crambidae) é uma praga que afeta plantios comerciais de tomate em todo Brasil (Fragoso et al., 2021). Seu dano se dá com a alimentação da lagarta, que é realizado no interior do fruto e inviabiliza o comércio. Em populações elevadas, o prejuízo pode chegar a 90% da produção (Arcanjo et al., 2021). O método de controle mais usado é o uso de inseticidas químicos sintéticos aplicados frequentemente, uma vez que o desenvolvimento da lagarta na polpa do fruto dificulta o contato da praga com o produto (Pratissoli et al., 2021; Grecco et al., 2024). Devido a necessidade das aplicações recorrentes, surge também a preocupação de resíduo nos frutos, uma vez que por se tratar de uma cultura majoritariamente consumida em natura, é bastante monitorada e tem baixa tolerância na presença de resíduos de agrotóxicos (Costa et al., 2023).

O objetivo deste estudo foi desenvolver uma formulação e avaliar a eficácia dessa emulsão composta pela associação dos óleos de alho, óleo de graviola, óleo de neem e o composto majoritário D-Limoneno no manejo de *N. elegantalis* para ovos e larvas de 1º instar, e determinar a concentração ideal de diluição para casa de vegetação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Núcleo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Manejo Fitossanitário (NUDEMAFI), localizado no setor de Entomologia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), em Alegre/ES.

2.1. Obtenção e Multiplicação de *N. elegantalis*

A multiplicação foi feita em sala climatizada com $25 \pm 2^\circ\text{C}$, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h. As pupas foram mantidas em potes plásticos em câmara climatizada até a emergência dos adultos. Os adultos foram liberados em gaiolas de acrílico e alimentados com solução de mel a 10%. Foi ofertado fruto de jiló diariamente para oviposição. As massas de ovos foram redistribuídas com auxílio de pincel de cerdas macias para outros frutos de jilós, a fim de evitar superpopulação de um único fruto. Posteriormente esses frutos de jilós foram colocados em bandejas plásticas com papel e tecido TNT para pupação das lagartas de *N. elegantalis*. As bandejas foram inspecionadas diariamente e as pupas coletadas para que o ciclo pudesse ser realizado e, conseqüentemente a multiplicação da broca-pequena-do-tomate fosse feita (Fragoso et al., 2021).

2.2. Obtenção dos óleos vegetais

Os extratos usados foram óleos comerciais e produtos isolados obtidos comercialmente e sem nenhum tratamento posterior. Os óleos vegetais e compostos isolados utilizados foram: óleo vegetal de alho (*Allium sativum* - Distriol lote 3362/27770), óleo vegetal de semente de graviola (*Annona muricata* – Destilaria Bauru lote DBPO-OVSG1119/25-02), óleo fixo de neem (*Azadirachta indica* – Agroterra Fertilizantes lote não informado) e D-Limoneno (composto isolado - K Forte lote KF00324).

2.3. Preparo da emulsão concentrada

A emulsão foi preparada pela técnica de emulsão a quente, de acordo com metodologia de Santos et al. (2017). As fases foram separadas pelas características dos componentes, sendo elas uma fase aquosa (Fase A), uma fase oleosa (Fase B) e os óleos interessadas (Fase C) (Figura 1).

Todos os componentes foram pesados de acordo com sua fase separadamente em balança analítica nas porcentagens listadas na tabela. A Fase A e a Fase B foram aquecidas até chegarem de forma simultânea a temperatura de 70°C, sob agitação suave e constante, emulsão a quente segundo a metodologia de Santos et al. (2017).

Figura 1: Quadro descritivo dos produtos e as concentrações em porcentagem usados no preparo das emulsões.

Produtos	Concentrações
FASE A	
Glicerina	5,0%
Goma guar	0,5%
EDTA	0,1%
Maltodextrina	0,1%
Água destilada	Qsp*
FASE B	
Álcool cetosteárilico	4,0%
Tween 80	8,0%
Vaselina líquida	5,0%
FASE C	
Óleo de Alho	2,0%
Óleo de Graviola	2,0%
Óleo de Neem	2,0%
D-Limoneno	2,0%

*Qsp – Quantidade suficiente para 100%.

Após atingirem a temperatura, as duas fases foram vertidas. Os componentes da fase aquosa (Fase A) foram inseridos na fase oleosa (Fase B), a fim de se obter uma solução de óleo em água, e foi mantida a agitação manual até o resfriamento. Quando atingido os 40 °C, a Fase C, composta pelos óleos de alho, óleo de graviola, óleo de neem e D-Limoneno, foram adicionadas e incorporada de forma suave, por mistura manual até a temperatura ambiente.

2.4. Análise microscópica

Com auxílio de uma pipeta a emulsão foi diluída em água destilada nas concentrações de 1%, 5%, 10%, 15%, 20% e 25% e amostras foram retiradas das alíquotas e feitas lâminas para visualização em microscópio. As lâminas foram analisadas em microscópio (Leica DM500), com câmera acoplada, em lentes de aumento de 10x, a fim de verificar a formação de gotículas. Além da

análise microscópica, a verificação da estabilidade da emulsão foi feita visualmente, onde os aspectos de estabilidade, incluindo a aparência, a cor, a consistência, a separação visível de fases, bem como a sedimentação ou formação de grumos foram inspecionados de acordo com o Guia de Controle de Qualidade de Produtos Cosméticos (ANVISA, 2008).

2.5. Bioensaio: Atividade inseticida da emulsão em laboratório

Foram realizados experimentos para avaliação da atividade inseticida da emulsão da associação dos diferentes tipos de óleos e do composto majoritário D Limoneno sobre larvas de 1º instar de *N. elegantalis*.

A emulsão concentrada foi diluída em 1%, 5%, 10%, 15%, 20% e 25% (v/v) em água destilada e misturada manualmente. A testemunha consistia em uma solução de água e Tween® 80 PS a 0,05% (v/v) (Figura 2A).

Para atividade inseticida em larvas de 1º instar, frutos de jiló foram imersos nas soluções (Figura 2B) e individualizados em potes plásticos descartáveis forrados com papel toalha (Figura 2C), sendo posteriormente dispostos em câmara de fluxo laminar até a secagem completa. Para inoculação dos indivíduos, massas com aproximadamente 10 ovos de aproximadamente 5 dias de desenvolvimento, que possuíam cápsula cefálica desenvolvida, foram inoculadas nos jilós tratados. Os potes foram fechados com tampa adaptada para oxigenação, contendo abertura com tela antiafídeos e foram alocadas em câmara climatizada com as condições ideais de desenvolvimento (25 ± 1 °C, UR de $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12h) (Figura 2C). A avaliação foi realizada cerca de 21 dias depois, onde foi contabilizado a quantidade de orifícios de saída e número de pupas viáveis (Figura 2D). Os jilós foram cortados para confirmação da mortalidade e procura de lagartas vivas.

Para atividade ovicida, massas de ovos, com aproximadamente 10 ovos viáveis, foram colocados em tubo de ensaio de fundo reto forrado com papel vegetal (Figura 2E). Com auxílio do aerógrafo foi aplicado 0,15 ml da solução correspondentes aos tratamentos. Após secarem o ensaio foi armazenado e mantido em câmara climatizada com as condições necessárias (conforme descrição anterior) para o desenvolvimento do embrião. Diariamente o tubo foi inspecionado e contabilizado o número de neonatas. A

eficiência ovicida foi calculada a partir da diferença em porcentagem entre a redução da eclosão das lagartas em relação a testemunha.

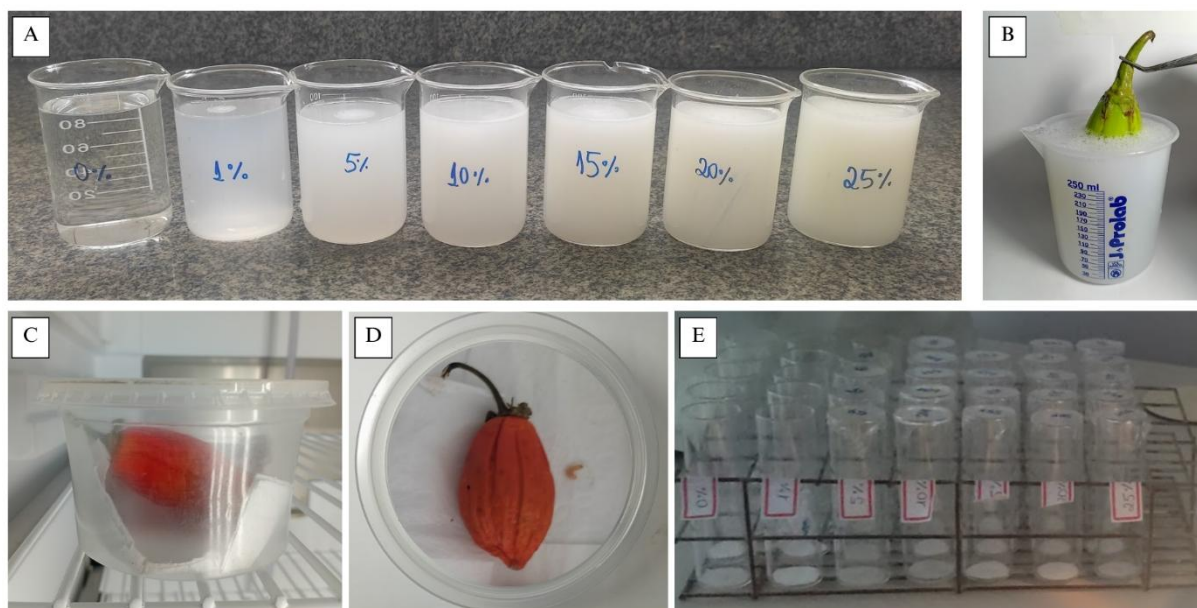


Figura 2. Emulsão diluída nas concentrações correspondentes (A). Imersão dos jilós para posterior inoculação dos ovos (B). Armazenamento dos frutos individualizados em câmara climatizada (C). Desenvolvimento dos insetos durante o ciclo (D). Tubos contendo experimento do bioensaio para efeito ovicida (E) (Fonte: Próprio autor, 2025).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com seis tratamentos e uma testemunha, sendo eles a concentração de 0% (testemunha), 1%, 5%, 10%, 15%, 20% e 25%. Cada tratamento teve 10 repetições com 10 ovos por repetição. Todos os experimentos foram realizados em duplicata. Os dados de ovos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, e os dados de lagartas foram submetidos a análise de regressão, utilizando-se o software R (R Core Team 2024).

2.6. Bioensaio: Atividade inseticida da emulsão em casa de vegetação

Após determinar as concentrações que apresentaram o melhor resultado no teste anterior, que avaliou a atividade inseticida e ovicida em laboratório, seguiu-se com testes em casa de vegetação. Foi realizado um teste preliminar para determinar a possibilidade de fitotoxicidade da emulsão em plantas de jiló na casa de vegetação a fim de observar o comportamento

das emulsões nas condições ambientais que se assemelham ao campo. Foram testadas as concentrações de 15, 20 e 25% como inseticida de contato, pois tiveram melhor desempenho nos testes de laboratório, entretanto, a concentração de 25% foi descartada, devido aparecimento de clorose nas folhas, indicando possível efeito fitotóxico pela concentração usada.

Após o teste de fitotoxicidade, as concentrações de 15 e 20% foram selecionadas para o teste de mortalidade em casa de vegetação. Vasos contendo plantas de jiló com as folhas completamente expandidas foram usados como planta hospedeira para o experimento. Foram inoculadas massas contendo aproximadamente 10 ovos com cerca de 5 dias de idade, ou seja, aqueles que apresentavam embriões com a cápsula cefálica da lagarta bem desenvolvida. Após a inoculação foram pulverizadas cerca de 2 ml por planta da solução, contendo a emulsão diluída nas concentrações correspondentes. A testemunha consistiu na pulverização de água destilada. A avaliação foi feita de forma visual e diariamente a fim de identificar a larva ou a mortalidade da mesma até o fim do ciclo.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, por se tratar de um experimento instalado em vasos na casa de vegetação. Foram usados 2 tratamentos, as concentrações de 15 e 20%, e uma testemunha. Cada tratamento foi composto por 10 repetições, formado pelo vaso de planta, com 10 ovos por repetição, totalizando 30 unidades experimentais. Todos os experimentos foram realizados em duplicata. Foi realizada análise de regressão para os dados de mortalidade de larva e os dados de mortalidade de embrião foram submetidos à análise de variância e teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, utilizando-se o software R (R Core Team 2024).

3. RESULTADOS

3.1. Análise microscópica

De acordo com os testes visuais, a estabilidade da emulsão foi mantida, uma vez que não apresentou mudança de coloração e formação de fase (Figura 3). Após a diluição da emulsão em 1%, 5%, 10%, 15%, 20% e 25%, a análise microscópica mostrou o padrão visual do sistema, onde os glóbulos de óleo emulsionados se encontram distribuídos de maneira uniforme e proporcional a concentração da diluição (Figura 4).



Figura 3. Emulsão estabilizada 90 dias após a fabricação (Fonte: Próprio autor, 2025).

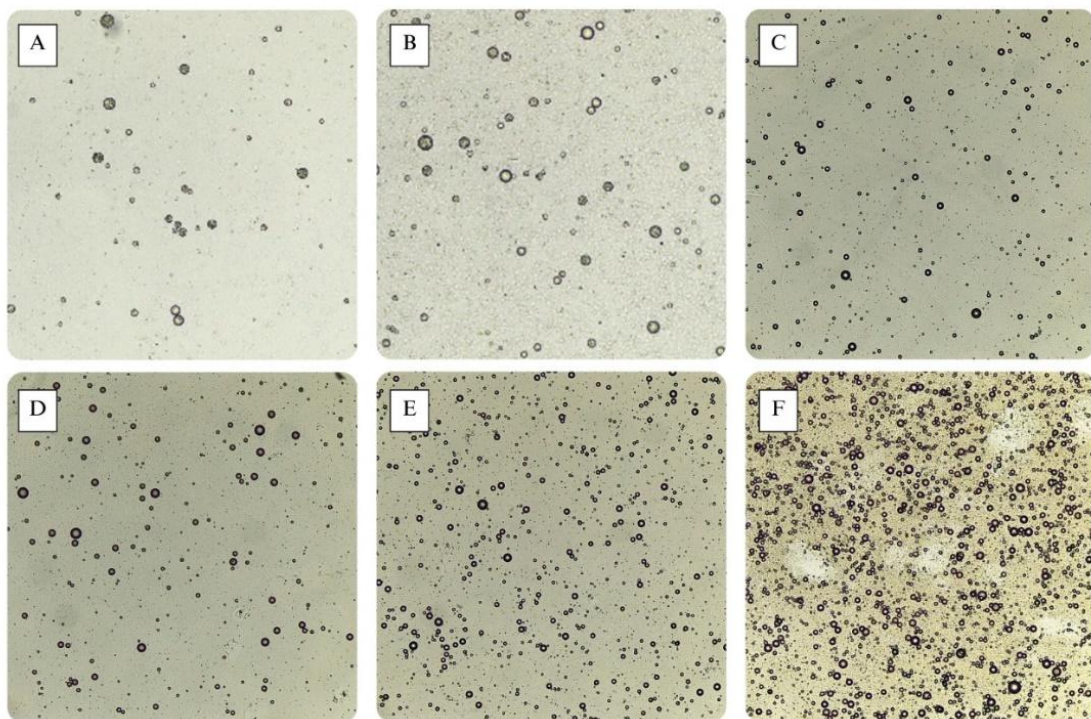


Figura 4. Microestrutura de emulsões estabilizadas nas concentrações de 1% (A), 5% (B), 10% (C), 15% (D), 20% (E) e 25% (F) após o preparo, em microscópio óptico com lente de aumento de 10X (Fonte: Próprio autor, 2025).

A emulsão concentrada permaneceu estável por 90 dias, o que indica que a emulsificação cumpriu com seu objetivo de manter o sistema, composto por água e óleo, estável por mais tempo.

3.2. Bioensaio: Atividade inseticida da emulsão em laboratório

A emulsão apresentou efeito inseticida, uma vez que causou mortalidade e inibição da eclosão de lagartas de *N. elegantalis* em ambiente laboratorial (Figura 5). Para lagartas de 1º instar, ambos experimentos seguiram comportamento similar, ou seja, a mortalidade dos insetos aumentou com o incremento das concentrações da emulsão (Figura 6A e 6B).



Figura 5. Mortalidade de lagartas, pré pupas e pupas após aplicação em fase inicial de desenvolvimento da emulsão em laboratório (Fonte: Próprio autor, 2025).

No primeiro experimento (Figura 6A), a equação da reta foi $Y=40,535+1,642X$, com um coeficiente de determinação (R^2) de 94,97%, sugerindo uma forte correlação entre a concentração e a mortalidade. A inclinação de 1,642 indica que cada aumento de 1% na concentração da emulsão resulta em um aumento de aproximadamente 1,642% na mortalidade, mostrando boa eficácia mesmo em baixas concentrações. No segundo experimento (Figura 6B), a equação da reta foi $Y=17,142+2,068X$, com $R^2 = 83,15\%$. A inclinação de 2,068 reflete que a mortalidade aumenta cerca de 2,068% para cada incremento de 1% na concentração da emulsão, evidenciando sua efetividade crescente.

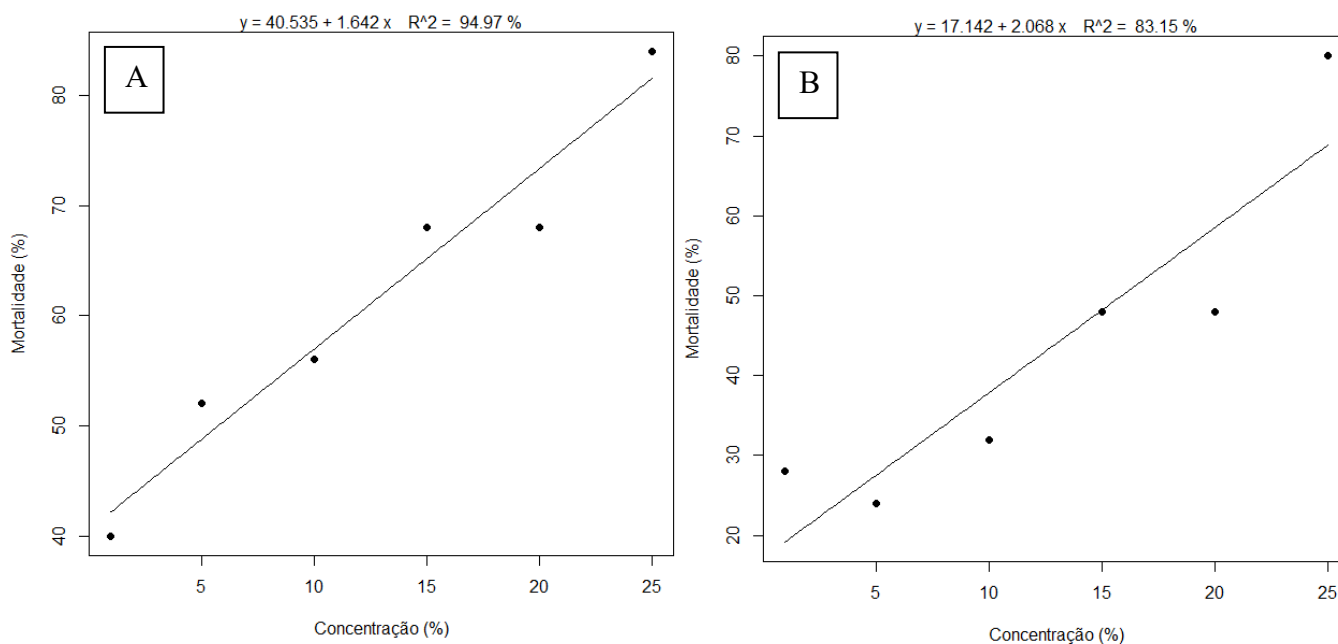


Figura 6. Mortalidade corrigida (%) de lagartas de 1º instar de *Neoleucinodes elegantalis* submetido a aplicação da emulsão diluída em 1; 5; 10; 15; 20 e 25% (v/v) realizado em duplicata, experimento 1 (A) e experimento 2 (B).

Para o efeito ovicida, constatou-se mortalidade dos embriões em todas as concentrações usadas, sendo a melhor resultado em ambos os experimentos usando a maior concentração (25%) obtendo-se a máxima eficiência (Figura 7A e 7B). No entanto, as concentrações de 15% e 20% se mostraram estatisticamente iguais no experimento 1 (Figura 7A) e iguais entre si no experimento 2 (Figura 7B).

De forma geral, em ambiente laboratorial com as condições controladas, a emulsão desenvolvida, independente da concentração e do estágio de desenvolvimento do inseto, apresentou efeito de mortalidade em lagartas de 1º instar e ovicida.

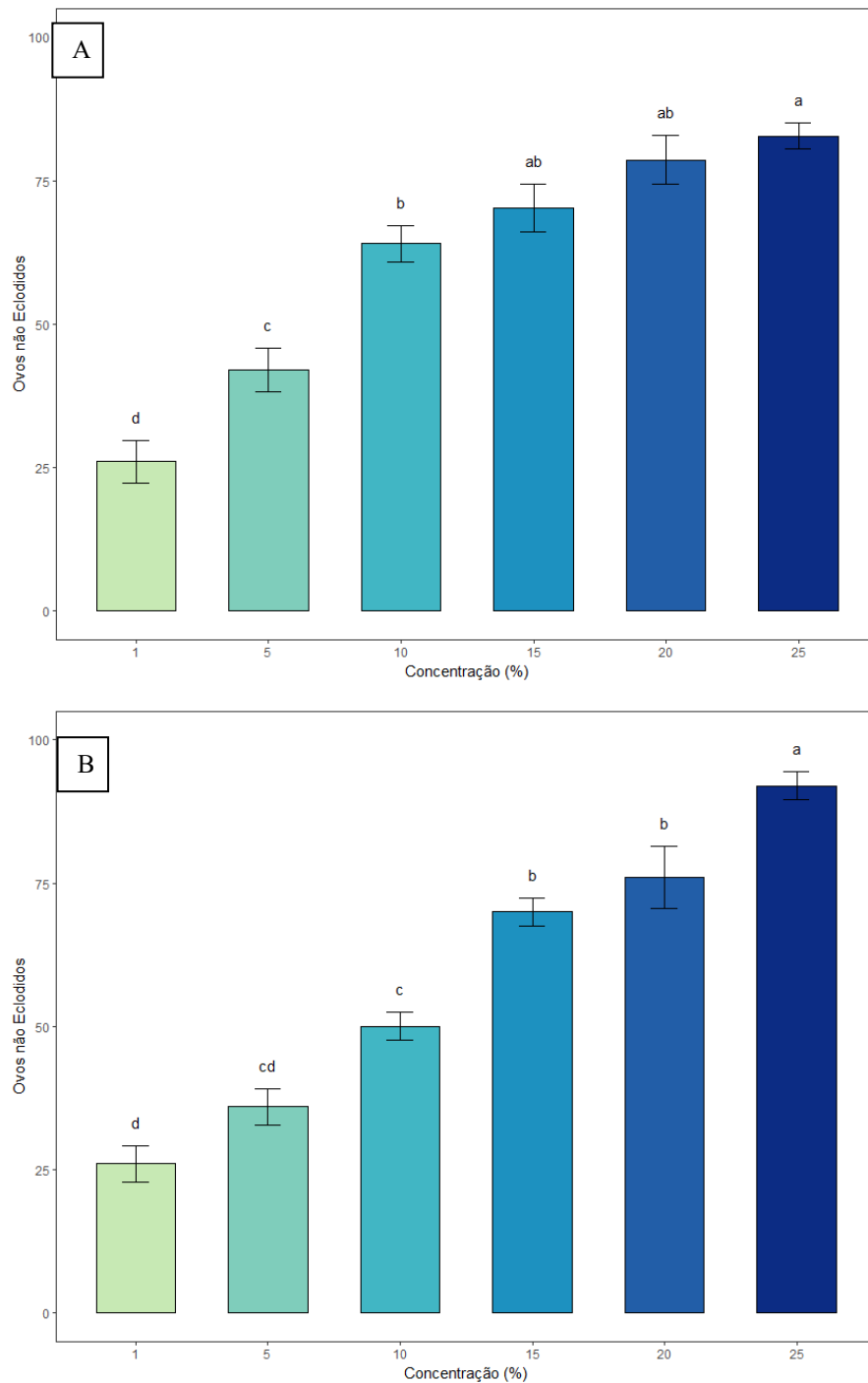


Figura 7. Mortalidade corrigida de embriões de *Neoleucinodes elegantalis* submetido a aplicação da emulsão diluída em 1; 5; 10; 15; 20 e 25% (v/v), realizado em duplicata, experimento 1 (A) e experimento 2 (B). Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3.3. Bioensaio: Atividade inseticida da emulsão em casa de vegetação

Para os testes em casa de vegetação, as concentrações testadas foram 15% e 20%, escolhidas com base em todos os resultados anteriores. As concentrações não apresentaram diferença estatística entre elas, e foram

superiores ao resultado de mortalidade do tratamento controle (Tabela 1). Após dois dias da inoculação e pulverização dos tratamentos foram observados a presença de neonatas. Para todos os experimentos em ambas as concentrações foram encontradas aproximadamente 46% de insetos vivos.

Tabela 1. Mortalidade (%) de *Neoleucinodes elegantalis* submetidos a aplicações da emulsão em casa de vegetação.

Tratamento	Experimento 1	Experimento 2
	Mortalidade	Mortalidade
Controle	0 ± 0 b	0 ± 0 b
15%	51,7 ± 2,31 a	55,4 ± 2,95 a
20%	50,3 ± 2,90 a	57,7 ± 1,82 a
CV	5,15%	4,34%
p-valor	<0,05	<0,05

* Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4. DISCUSSÃO

A avaliação visual para determinar a estabilidade da emulsão com base em sua aparência é um método de detecção da confirmação, pois é através dela que se verifica a instabilidade do sistema com a formação de fases (Idson, 1993; Lange et al., 2009).

As imagens realizadas por microscopia, possibilitaram visualizar como estava organizado e disperso o sistema da emulsão após a diluição, que permaneceu ordenada e estável durante todo período. Os tamanhos das gotículas, a estabilidade e a qualidade geral da emulsão determinam diretamente a vida útil do produto, sendo um indicador do tempo de prateleira da emulsão (Gupta, et al., 2016; Brasil, 2019; Stinguel et al., 2025). Estudos de Vieira et al. (2017) e Pereira (2023) comprovam que a estabilidade pode ser inferida a partir da distribuição uniforme dos glóbulos através da observação para o microscópio. Além disso, as emulsões mantem o princípio ativo por mais tempo no campo, uma vez que essa alta estabilidade promove uma baixa volatilidade dos óleos, e permite maior dispersão das moléculas (Lucia e Guzmán, 2020).

Os resultados em laboratório mostraram que a emulsão com óleos vegetais possui grande potencial, uma vez que inibiu a eclosão de lagartas, agindo como ovicida, bem como a mortalidade sobre lagartas de 1º instar de *N. elegantalis*. O efeito dos óleos foi potencializado pela técnica da emulsão, uma vez que os resultados usando apenas óleo e Tween 80® obtidos no capítulo 2 dessa dissertação, com 2% de óleo quando testado de forma individual e 8% no tratamento contendo a associação dos quatro óleos, encontrou mortalidade similar em lagartas e superior em ovos com menos óleo, já que na diluição de 15% da emulsão a concentração final de óleos encontrada era de 6,96%.

Além disso, o aumento da concentração letal com uma quantidade menor de produto pela técnica de encapsulamento foi corroborado através de estudos de Adak et al. (2020), onde nanoemulsões de óleo de eucalipto tiveram mais mortalidade que o óleo de eucalipto contra pragas de grãos armazenados, corroborando que emulsões de óleo em água são ferramentas promissoras para controlar insetos e patógenos devido à sua alta estabilidade e bioatividade (Lucia e Guzmán, 2020). Estudos de Marouf e Harras (2022) também encontraram que emulsões de óleos essenciais foram mais eficazes do que óleos essenciais tradicionais contra larvas do bicho-mineiro, *Tuta absoluta*, que possui comportamento similar ao da *N. elegantalis*, com a maior proporção de mortalidade causada por altas concentrações.

Atualmente, estudos para o manejo alternativo de *N. elegantalis* vem sendo desenvolvidos a fim de diminuir o uso de inseticidas químicos sintéticos. O uso de inimigos naturais atuando na predação e no parasitismo, como nematoides entomopatogênicos causando mortalidade de pupas no solo e *Trichogramma* inviabilizando ovos, já é uma realidade (Da Silva et al., 2017; Pratisoli et al., 2021; Grecco et al., 2024). Soluções para pulverização também estão sendo desenvolvidas, como uso de extratos comerciais de tabaco, que apresentou atividade inseticida de controle em até 100% de lagartas de acordo com trabalhos realizados por Fragoso et al. (2021). E a associação dos óleos de alho, graviola, neem e D-Limoneno emulsionados mostrou uma alternativa viável para o manejo e controle de *N. elegantalis*, se tornando mais uma opção aos produtos químicos sintéticos no manejo da praga.

Entretanto, o uso de óleos vegetais pulverizados no campo deve ser feito de forma consciente, uma vez que esses compostos são facilmente volatilizados ou podem apresentar efeitos fitotóxicos nas plantas potencializados pelas condições climáticas encontradas no ambiente (Abd-ElGawad et al., 2020). Em contrapartida, as emulsões de óleo em água podem reduzir a fitotoxicidade, a ecotoxicidade e a toxicidade dérmica, tornando-as mais seguras para a proteção de plantas, além de facilitar a penetração do produto na cutícula foliar, por se tratar de moléculas com tamanho reduzido (Bondada et al., 2007; Gašić et al., 2012).

5. CONCLUSÃO

As emulsões a base dos óleos de alho, graviola, neem e composto majoritário D-Limoneno demonstraram ação inseticida no manejo de *N. elegantalis*.

As concentrações de diluição encontradas que promoveram mortalidade e não apresentou fitotoxicidade foram 15% e 20% pulverizadas em casa de vegetação.

A emulsão desenvolvida tem potencial para ser integrada em programas de manejo de *N. elegantalis*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abd-ElGawad, A., Gendy, A., Assaeed, A., Al-Rowaily, S., Alharthi, A., Mohamed, T., Nassar, M., Dewir, Y., & Elshamy, A. (2020). Efeitos fitotóxicos de óleos essenciais de plantas: uma revisão sistemática e relação estrutura-atividade com base em análises quimiométricas. *Plants*, 10. <https://doi.org/10.3390/plants10010036>
- Adak, T., Barik, N., Patil, N., Govindharaj, G., Gadratagi, B., Annamalai, M., Mukherjee, A., & Rath, P. (2020). Nanoemulsion of eucalyptus oil: An alternative to synthetic pesticides against two major storage insects (*Sitophilus oryzae* (L.) and *Tribolium castaneum* (Herbst)) of rice. *Industrial Crops and Products*, 143, 111849. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111849>.
- Aguiar, M. C. S., das Gracias Fernandes da Silva, M. F., Fernandes, J. B., & Forim, M. R. (2020). Evaluation of the microencapsulation of orange essential oil in biopolymers by using a spray-drying process. *Scientific reports*, 10(1), 11799. <https://doi.org/10.1038/S41598-020-68823-4>.
- ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária). Guia de controle de qualidade de produtos cosméticos; Brasília, Brasil, 2008.
- Arab, D., Kantzas, A., & Bryant, S. (2018). Nanoparticle stabilized oil in water emulsions: A critical review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 163, 217-242. <https://doi.org/10.1016/J.PETROL.2017.12.091>
- Arcanjo, L., Silva, É., Araújo, T., Crespo, A., Júnior, P., Gomes, G., & Picanço, M. (2021). Decision-making systems for management of the invasive pest *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae) in commercial tomato crops according to insecticide spray method and plant stage. *Crop Protection*, 140, 105408. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2020.105408>.
- Baptista-Silva, S., Borges, S., Ramos, O., Pintado, M., & Sarmiento, B. (2020). The progress of essential oils as potential therapeutic agents: a review. *Journal of Essential Oil Research*, 32, 279 - 295. <https://doi.org/10.1080/10412905.2020.1746698>.
- Benelli, G., Canale, A., Toniolo, C., Higuchi, A., Murugan, K., Pavela, R., & Nicoletti, M. (2017). Neem (*Azadirachta indica*): towards the ideal insecticide?. *Natural Product Research*, 31, 369 - 386. <https://doi.org/10.1080/14786419.2016.1214834>.
- Bondada, B., Sams, C., Deyton, D., & Cummins, J. (2007). Emulsões de óleo aumentam o movimento transcuticular de captan em folhas de maçã. *Crop Protection*, 26, 691-696. <https://doi.org/10.1016/J.CROPRO.2006.06.007>.
- BRASIL, T. A. Análise microscópica e avaliação quantitativa do processo de desestabilização de emulsões água-em-óleo com aplicação de campo elétrico. 2019.132f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019
- Costa, F., Maia, P., Da Silva, F., Nobre, C., Silva, R., & Milhome, M. (2023). Analysis of Residues of Pesticides in Tomato Processed Foods. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20230140>.
- Da Silva, É., Da Silva, R., Rodrigues-Silva, N., Milagres, C., Bacci, L., & Picanço, M. (2017). Assessment of the natural control of *Neoleucinodes elegantalis* in tomato cultivation using ecological life tables. *Biocontrol Science and Technology*, 27, 525 - 538. <https://doi.org/10.1080/09583157.2017.1319911>.

- Damascena, A. P., Junior, L. M. D. A., Tamashiro, L. A. G., Vicente, D. N., Menini, L., & Pratissoli, D. (2023). Efficiency of essential oils and pure compounds in the management of *Plutella xylostella*, *Spodoptera eridania* and *Diaphania hyalinata*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 106, 104549. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2022.104549>
- Fragoso, D. F., Túler, A. C., Pratissoli, D., Carvalho, J. R., Valbon, W. R., de Queiroz, V. T., ... & Bueno, R. C. (2021). Biological activity of plant extracts on the small tomato borer *Neoleucinodes elegantalis*, an important pest in the Neotropical region. *Crop Protection*, 145, 105606. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105606>
- Gašić, S., Brkić, D., Radivojević, L., & Tomašević, A. (2012). Desenvolvimento de Sistema de Agrotóxicos à Base de Água. *Pesticidi I Fitomedicina*, 27, 77-81. <https://doi.org/10.2298/PIF1201077G>
- Grecco, E. D., Pratissoli, D., Piffer, A. B. M., de Oliveira, A. C. L. F., Damascena, A. P., de Oliveira, R. C., & Santos, M. R. (2024). Management of the *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Crambidae) using different techniques. *Observatório De La Economía Latinoamericana*, 22(10), e7357-e7357. <https://doi.org/10.55905/oelv22n10-191>
- Gupta, A.; Eral, H.B.; Hatton, T.A.; Doyle, P.S. (2016) Nanoemulsions: formation, properties and applications. *Soft Matter*, v. 12, n. 11, p. 2826-2841. <https://doi.org/10.1039/C5SM02958A>
- Gupta, I., Singh, R., Muthusamy, S., Sharma, M., Grewal, K., Singh, H., & Batish, D. (2023). Plant Essential Oils as Biopesticides: Applications, Mechanisms, Innovations, and Constraints. *Plants*, 12. <https://doi.org/10.3390/plants12162916>.
- Huang, L., Liu, Z., Wang, J., Fu, J., Jia, Y., Ji, L., & Wang, T. (2023). Bioactivity and health effects of garlic essential oil: A review. *Food Science & Nutrition*, 11, 2450 - 2470. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3253>.
- Idson, B. 1993. Stability testing of emulsions, I. *Drug & Cosmetics Industry*, v. 151, n. 1, p. 27-30.
- Karaca, N., Demirci, B., Gavahian, M., & Demirci, F. (2023). Enhanced Bioactivity of Rosemary, Sage, Lavender, and Chamomile Essential Oils by Fractionation, Combination, and Emulsification. *ACS Omega*, 8, 10941 - 10953. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c07508>.
- Lange, K. M.; Heberlé, G.; Milão, D. (2009) Avaliação de estabilidade e atividade antioxidante de uma emulsão base não-iônica contendo resveratrol. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 45, n. 1, p. 145-151. <https://doi.org/10.1590/S1984-82502009000100018>
- Lucia, A., & Guzmán, E. (2020). Emulsions containing essential oils, their components or volatile semiochemicals as promising tools for insect pest and pathogen management. *Advances in colloid and interface science*, 287, 102330. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102330>.
- Marouf, A., & Harras, F. (2022). Efficacy of Three Plant Oil Extracts and their Nano-Emulsions on the Leaf Miner, *Tuta absoluta* Larvae (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Plant Protection and Pathology*. <https://doi.org/10.21608/jppp.2022.153798.1090>.
- Pereira, J. B. (2023). Toxicidade e deterrência de extratos pirolenhosos e óleos vegetais sobre *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae).
- Pratissoli, D., Damascena, A., Fragoso, D., Carvalho, J., Túler, A., Faria, L., & A., L. (2021). Performance Of Entomopathogenic Nematodes On

Neoleucinodes elegantalis (Guenée) (Lepidoptera: Crambidae). Acta Informatica, 18, 205-215. <https://doi.org/10.24021/RAAC.V18I1.5575>.

Pratissoli, D., Oliveira, A., Oliveira, R. C., Piffer, A. B. M., Holtz, F. G. (2023) Manejo Integrado de Pragas: Uso do controle químico. In: Ensaios Nas Ciências Ambientais E Agrárias: Pesquisa e Desafios e Perspectivas. ISBN: 978-65-5368-318-1.

R Core Team (2024) R: A language and environment for statistical computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <http://www.Rproject.org>

Santos, D. C. M. dos, de Souza, M. L. S., Teixeira, E. M., Alves, L. L., Vilela, J. M. C., Andrade, M., Aguiar, M. M. G. (2017). A new nanoemulsion formulation improves antileishmanial activity and reduces toxicity of amphotericin B. Journal of Drug Targeting, 26(4), 357–364. <https://doi.org/10.1080/1061186X.2017.1387787>

Schimitberger, V. M. B., de Almeida Pratti, D. L., Cavalcanti, L. C., Ramalho, V. F., da Costa, A. P. F., Scherer, R., ... & da Silva, A. G. (2018). Volatile compounds profile changes from unripe to ripe fruits of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolia* Raddi). *Industrial Crops and Products*, 119, 125-131. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2018.04.011>

Sharifi-Rad, J., Sureda, A., Tenore, G., Daglia, M., Sharifi-Rad, M., Valussi, M., Tundis, R., Sharifi-Rad, M., Loizzo, M., Ademiluyi, A., Sharifi-Rad, R., Ayatollahi, S., & Iriti, M. (2017). Biological Activities of Essential Oils: From Plant Chemoecology to Traditional Healing Systems. *Molecules : A Journal of Synthetic Chemistry and Natural Product Chemistry*, 22. <https://doi.org/10.3390/molecules22010070>.

Shoker, R. (2020). A Review Article: The Importance of the Major groups of Plants Secondary Metabolism Phenols, Alkaloids, and Terpenes. *International Journal For Research in Applied Sciences and Biotechnology*. <https://doi.org/10.31033/ijrasb.7.5.47>.

Stinguel, P., Pratissoli, D., de Oliveira, R. C., Menini, L., Piffer, A. B. M., & de Oliveira, A. C. L. F. (2025). Characterization, Formulation, and Toxicity of Plant Oils on *Duponchelia fovealis* Caterpillars Zeller 1847 (Lepidoptera: Crambidae). *Neotropical Entomology*, 54(1), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s13744-024-01229-3>

Tak, J., Jovel, E., & Isman, M. (2017). Effects of rosemary, thyme and lemongrass oils and their major constituents on detoxifying enzyme activity and insecticidal activity in *Trichoplusia ni*. *Pesticide biochemistry and physiology*, 140, 9-16 . <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2017.01.012>.

Valdivieso-Ugarte, M., Gómez-Llorente, C., Plaza-Díaz, J., & Gil, Á. (2019). Antimicrobial, Antioxidant, and Immunomodulatory Properties of Essential Oils: A Systematic Review. *Nutrients*, 11. <https://doi.org/10.3390/nu11112786>.

Vieira, I. S., Sales, J. S., Cerqueira-Coutinho, C. D. S., Hellmann, T., De Sousa, B. S., Lopes, J. T., ... & dos Santos, E. P. (2017). Development and in vivo evaluation of the moisturising potential of cosmetic formulations containing Babassu (*Orbignya phalerata* Martius) oily extract. *Journal Biomedical and Biopharmaceutical Research*, 14(2), 204-219. <https://doi.org/10.19277/BBR.14.2.163>

Yusup, I. R., Kurniawan, D., Julianti, D. R., Fakhriah, L., & Awalliyah, L. N. (2021). Biopestisida Dari Ekstrak Dedaunan Untuk Membasmi Hama

Tanaman Di Jawa Barat. *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 5(2), 24-29. <https://doi.org/10.33096/agrotek.v5i2.164>.

Zenoozi, Z., Soltaninezhad, B., Hashemi, M., & Noori, S. (2022). A review of effective essential oils and their biologically active compounds to protect the safety of food stored against insect pests. *Journal of Essential Oil Research*, 34, 111 - 122. <https://doi.org/10.1080/10412905.2022.2032420>.

Zuzarte, M., & Salgueiro, L. (2015). Essential oils chemistry. *Bioactive essential oils and cancer*, 19-61. https://doi.org/10.1007/978-3-319-19144-7_2.