

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SAÚDE E AMBIENTE**

**JOHNY ADRIAN RODRIGUES NASCIMENTO OLIVEIRA**

**AVALIAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm. (Zingiberaceae) COMO AGENTE LARVICIDA FRENTE *Aedes aegypti* L.**

São Luís-MA

2025

JOHNY ADRIAN RODRIGUES NASCIMENTO OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm. (Zingiberaceae) COMO AGENTE LARVICIDA FRENTE *Aedes aegypti* L.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do título de Mestre em Saúde e Ambiente.

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dra. Denise Fernandes Coutinho Jordao

**Coorientador:** Prof. Dr. Tássio Rômulo Silva Araújo Luz

São Luís-MA

2025

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Oliveira, Johny Adrian Rodrigues Nascimento.

AVALIAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Alpinia zerumbet* Pers.  
B. L. Burtt & R. M. Sm. Zingiberaceae COMO AGENTE  
LARVICIDA FRENTE *Aedes aegypti* L / Johny Adrian Rodrigues  
Nascimento Oliveira. - 2025.

74 p.

Coorientador(a) 1: Tássio Rômulo Silva Araújo Luz.

Orientador(a): Denise Fernandes Coutinho Jordao.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em  
Saúde e Ambiente/ccbs, Universidade Federal do Maranhão,  
São Luís, 2025.

1. Controle Vetorial. 2. Larvicida Natural. 3.  
Toxicidade. 4. *Artemia Salina*. 5. Colônia. I. Araújo  
Luz, Tássio Rômulo Silva. II. Coutinho Jordao, Denise  
Fernandes. III. Título.

JOHNY ADRIAN RODRIGUES NASCIMENTO OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm. (Zingiberaceae) COMO AGENTE LARVICIDA FRENTE *Aedes aegypti* L.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do título de Mestre em Saúde e Ambiente.

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dra. Denise Fernandes Coutinho Jordao

**Coorientador:** Prof. Dr. Tássio Rômulo Silva Araújo Luz

Aprovado em:     /     /

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Profa. Dra. Denise Fernandes Coutinho Jordao**

(Orientadora - PPGSA/UFMA)

---

**Prof. Dr. Tássio Rômulo Silva Araújo Luz**

(Coorientador –IFTO)

---

**Profa. Dra. Carolina Rocha e Silva**

(Membro – PPGSA/UFMA)

---

**Prof. Dra. Nilviane Pires Silva**

(Membro Externo – Faculdade Florence)

---

**Prof. Dra. Crisálida Machado Vilanova**

(Membro Externo –UFMA)

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar a Deus, por ter dado forças e não ter deixado desistir desse sonho e ter mantido minha fé durante essa trajetória;

A minha família, sempre presente nos bons e ruins momentos, em especial a minha mãe, Giordana, e ao meu padrasto Gutemberg, pelo suporte emocional e por sempre acreditar em mim;

Aos meus amigos Profa. Ana Paula Muniz, Profa. Andrea, Prof. Alan, Katharyna Oliveira, Willany, Elian e Marcia.

Em especial, as minhas amigas Renara Correa e Mayra Froes por cada momento vivido nessa jornada

Aos meus orientadores Prof<sup>ª</sup>. Dra. Denise e Prof. Dr. Tássio, muito dedicados, atenciosos, amigos, que acreditaram em mim e confiaram que eu conseguiria tornar o projeto possível, vocês foram essenciais nessa conquista.

Aos discentes do Programa Saúde e Ambiente da UFMA, pelos momentos que passamos e os conhecimentos compartilhados durante o mestrado.

A todos que contribuíram, em algum momento para o desenvolvimento deste trabalho, minha eterna gratidão.

*“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo.  
Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas  
admiráveis”*

(José de Alencar)

## RESUMO

O aumento expressivo dos casos de arboviroses, como dengue, zika e chikungunya, constitui um dos principais desafios contemporâneos à saúde pública, sobretudo em regiões tropicais como o Brasil. A eficácia limitada dos inseticidas sintéticos convencionais, agravada pela crescente resistência apresentada por *Aedes aegypti* L., demanda o desenvolvimento de estratégias alternativas que sejam sustentáveis, eficazes e ambientalmente seguras. Nesse contexto, os produtos naturais têm se destacado como fontes promissoras de compostos bioativos com potencial para o controle vetorial. Este estudo teve como objetivo avaliar a atividade larvicida frente a *A. aegypti* do óleo essencial (OE) extraído das folhas de *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm. (Zingiberaceae) além de investigar sua toxicidade frente a organismo não-alvo. Esta dissertação foi dividida em dois capítulos. O capítulo I compreende uma revisão de literatura sobre os métodos de controle vetorial contra *A. aegypti*, destacando os avanços e limitações de estratégias físicas, químicas, biológicas e genéticas. Observou-se que, apesar dos progressos em diversas abordagens, ainda há barreiras quanto à eficácia prolongada, custo operacional e aceitação social, o que reforça a importância de soluções integradas e ambientalmente responsáveis. O capítulo II aborda a avaliação da atividade larvicida do óleo essencial da espécie *A. zerumbet*, onde suas folhas foram coletadas no município de São Luís (MA) e submetidas a processos de secagem, trituração e extração por hidrodestilação. A identificação botânica foi realizada no Herbário do Maranhão – UFMA. Foi realizada a caracterização morfoanatómica das folhas dessa espécie. A composição química do OE foi determinada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), destacando-se os monoterpenos p-cimeno (17,42%), 4-terpineol (14,25%) e 1,8-cineol (10,52%) como principais constituintes. Os ensaios larvicidas, conduzidos segundo protocolo da Organização Mundial da Saúde (OMS), demonstraram uma  $CL_{50}$  de  $50,80 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$  frente às larvas de *A. aegypti*, evidenciando atividade significativa. Paralelamente, a toxicidade frente a *Artemia salina* apresentou  $CL_{50}$  de  $293,11 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ , sendo classificado como atóxico. Dessa forma, os achados desta pesquisa demonstram a necessidade de desenvolvimento de alternativas seguras e eficazes para o controle das arboviroses e que evidencia o potencial do óleo essencial de *A. zerumbet* como agente larvicida natural, reunindo eficácia biológica e baixa toxicidade ambiental. Além disso as características morfoanatómicas determinadas irão servir para a avaliação de autenticidade dessas folhas. Tais características sustentam sua aplicação futura em programas de controle vetorial mais seguros e sustentáveis. Entretanto, a extrapolação para o uso em larga escala requer a realização de estudos adicionais em condições de campo, bem como o desenvolvimento de formulações tecnológicas que garantam estabilidade, viabilidade econômica e eficiência prolongada.

**Palavras-chaves:** Controle vetorial, Larvicida natural, Toxicidade, *Artemia salina*, Colônia

## ABSTRACT

The significant increase in arboviral diseases such as dengue, zika, and chikungunya represents one of the major contemporary challenges to public health, especially in tropical regions like Brazil. The limited effectiveness of conventional synthetic insecticides, aggravated by the growing resistance of *Aedes aegypti* L., highlights the need for alternative strategies that are sustainable, effective, and environmentally safe. In this context, natural products have emerged as promising sources of bioactive compounds with potential for vector control. This study aimed to evaluate the larvicidal activity of the essential oil (EO) extracted from leaves of *Alpinia zerumbet* (Pers.) B.L. Burt & R.M. Sm. (Zingiberaceae), as well as to assess its toxicity on non-target organisms. The dissertation was structured in two chapters. Chapter I presents a literature review on current vector control methods against *A. aegypti*, highlighting the advances and limitations of physical, chemical, biological, and genetic strategies. Despite the progress achieved in various approaches, persistent challenges remain regarding prolonged efficacy, operational costs, and social acceptance, reinforcing the importance of integrated and environmentally responsible solutions. Chapter II addresses the evaluation of larvicidal activity of the EO from *A. zerumbet*, whose leaves were collected in the municipality of São Luís (MA), and then subjected to drying, grinding, and hydrodistillation. Botanical identification was performed at the Maranhão Herbarium – UFMA. A morphoanatomical characterization of the leaves was also conducted to validate species authenticity. The chemical composition of the EO was determined by gas chromatography coupled with mass spectrometry (GC-MS), with p-cymene (17.42%), 4-terpineol (14.25%), and 1,8-cineole (10.52%) identified as the major constituents. Larvicidal assays, carried out according to World Health Organization (WHO) protocols, revealed an LC<sub>50</sub> of 50.80 µg·mL<sup>-1</sup> against *A. aegypti* larvae, indicating significant activity. In parallel, toxicity tests using *Artemia salina* showed an LC<sub>50</sub> of 293.11 µg·mL<sup>-1</sup>, classifying the EO as non-toxic. The findings of this study reinforce the need for safe and effective alternatives for arbovirus control and highlight the potential of *A. zerumbet* essential oil as a natural larvicidal agent, combining biological efficacy with low environmental toxicity. Furthermore, the morphoanatomical features established here contribute to the authentication and traceability of the plant raw material. These findings support its future application in safer and more sustainable vector control programs. However, large-scale implementation requires further field studies and the development of technological formulations that ensure stability, economic feasibility, and prolonged effectiveness.

**Keywords:** Vector control, Plant-based larvicide, *Artemia salina*, Shell ginger

## LISTA DE FIGURAS

### REFERENCIAL TEÓRICO

**Figura 1** - Estágios de desenvolvimento do *Aedes aegypti* L.....16

### CAPÍTULO II

**Figura 1**– Espécie *Alpinia zerumbet* no local da coleta (Bairro São Francisco).....45

**Figura 2**- Corte paradérmico das folhas da *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm. Pa- parede celular. Objetiva de 10x. Análise Microscópica.....46

**Figura 3** - Corte paradérmico das folhas da *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm. Face adaxial: cs – corpúsculo silicoso; csb – células subsidiárias; est – estômato. Objetiva de 100x. Análise Microscópica.....46

**Figura 4** - Corte paradérmico das folhas da *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm. Face abaxial: co – célula oleífera; est – estômato. Objetiva de 40x. Análise Microscópica.....47

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

<b>Tabela 1</b> – Estratégias tecnológicas para o controle de <i>Aedes aegypti</i> : funcionamento, benefícios e desafios.....	34
--	----

### CAPÍTULO II

<b>Tabela 1.</b> Percentagem dos constituintes químicos do óleo essencial de <i>Alpinia zerumbet</i> ....	48
<b>Tabela 2:</b> CL <sub>50</sub> do óleo essencial de folhas de <i>Alpinia zerumbet</i> (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm frente larvas do <i>Aedes aegypti</i> L.....	52
<b>Tabela 3.</b> Mortalidade das larvas do <i>Aedes aegypti</i> após 24 horas de exposição em várias concentrações do óleo essencial extraído das folhas de <i>Alpinia zerumbet</i> (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm.....	54
<b>Tabela 4:</b> Toxicidade e CL <sub>50</sub> do Óleo Essencial de <i>Alpinia zerumbet</i> (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm na ação contra <i>Artemia salina</i> Leach.....	55

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

(OE) - Óleo Essencial

(OEAZ) - Óleo essencial de *Alpinia zerumbet*

(OMS) - Organização Mundial da Saúde

(WHO) - World Health Organization

(NEEM) - *Azadirachta indica* A. Juss

(OC) - Organoclorados

(DDT) - Diclorodifeniltricloroetano

(CG-EM) - Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas

(PEAa) - Plano de Erradicação de *Aedes aegypti*

(PIACD) - Plano de Intensificação das Ações de Controle da Dengue

(PNCD) - Plano Nacional de Controle da Dengue

(ACS) - Agentes Comunitários de Saúde

(ACE) - Agentes de Combate às Endemias

(DECs) - Descritores em Ciências da Saúde

(AMDIS) - Automated Mass Spectral Deconvolution and Identification System

(CL<sub>50</sub>) - Concentração Letal

(FUNASA) - Fundação Nacional de Saúde

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1 Culicidae.....	15
2.2 Aspectos Gerais dos Mosquitos.....	15
2.3 Principais Enfermidades Veiculadas por Culicídeos.....	18
2.4 Fatores que Impedem a Erradicação dos Vetores.....	19
2.5 Resistência a inseticidas.....	20
2.6 Óleos essenciais.....	21
2.7 <i>Alpinia zerumbet</i> (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm.....	22
2.8 Atividade Biológica.....	23
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>26</b>
3.1 Objetivo geral.....	26
3.2 Objetivo específicos.....	26
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
4.1 Capítulo 1.....	27
4.2 Capítulo 2.....	38
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS</b>	

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre as inúmeras doenças reemergentes conhecidas, a dengue, febre amarela, zika, chikungunya são problemas de saúde pública, sendo mais comuns, em regiões tropicais do mundo. Essas infecções são ocasionadas por arbovírus, que necessitam de um vetor, sendo estas transmitidas por insetos da família Culicidae, destacando-se *Aedes aegypti*, considerado o vetor de maior importância (Luz *et al.*, 2022).

Este inseto, *A. aegypti*, tem grande capacidade de adaptação já descrita na literatura e é originária da África, tendo se difundido em outras regiões a partir do século XVII. Desde então, foram notificados casos de doenças transmitidas pelo *A. aegypti* em mais de um continente, só não tendo sido detectado na Antártida. (Santos *et al.*, 2020).

A incidência dessas doenças principalmente a dengue, tem aumentado nas últimas décadas. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) registrou-se mais de 7,5 milhões de casos prováveis em todo mundo (OMS, 2024). De acordo com o Ministério da Saúde brasileiro em 2024 foi registrado mais de 2,5 milhões de casos prováveis, um aumento significativo em relação ao ano de 2023 (1,6 milhão). Podemos ainda observar no Brasil o surgimento de novas doenças transmitidas por esse mosquito, como é o caso da chikungunya e a zika, que crescem de forma acelerado no país (Tajudeen., 2021).

Por não existir medicamentos antivirais específicos para essas doenças e só algumas apresentam vacinas (dengue e febre amarela), de acordo com a OMS a melhor forma de prevenção é o controle do vetor, sendo estas a medida de monitoramento mais utilizada para se evitar casos de arboviroses (OMS, 2024). Devido ao habitat dos mosquitos adultos serem em sítios de difícil acesso, o método de melhor controle é a eliminação de suas larvas (Luz *et al.*, 2020a; 2022).

Dentre os métodos mais usados para controle das larvas de *A. aegypti*, destaca-se o uso de larvicidas sintéticos como Pyriproxyfen que vem sendo utilizado pelo Ministério da Saúde, respaldado pela autorização da OMS. No entanto, este produto apresenta controvérsias quanto a sua toxicidade quando utilizado em águas que serão utilizadas para consumo humano, além das larvas estarem apresentando resistência a esse produto (Brasil, 2022)

Dessa forma, a busca por larvicidas mais seguros e eficazes é crescente, destacando-se os produtos naturais, principalmente de fontes vegetais. O Brasil é o país que apresenta uma das maiores biodiversidade do mundo, havendo uma estimativa de ter entre 350 e 550 mil

espécies vegetais no total. Assim, é considerado uns dos principais locais para desenvolvimentos de estudos de extratos e óleos essenciais com atividade larvicida frente *A. aegypti*. Diversos estudos vêm sendo realizados a partir de plantas com a possibilidade de se encontrar substâncias com propriedades larvicidas, ovicida e adulticida e ao mesmo tempo seletivas para serem utilizadas em formulações de um produto comercial (Luz *et al.*, 2020a, Orlanda, Mouchrek, 2021).

Dentre os produtos de origem vegetal temos os óleos essenciais (OE's), produtos obtidos por espécies vegetais aromáticas, compostos por uma mistura de substâncias principalmente monoterpenos, sesquiterpenos, fenilpropanóides e diversos óleos essenciais vem demonstrando ação larvicida frente esse mosquito. Dentre as espécies produtoras de OE's, pode-se destacar *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm (colônia), a espécie é de origem asiática, pertencente à família Zingiberaceae e seu óleo essencial vem sendo empregado para controle crises hipertensivas, além de apresentar potencial atividade larvicida frente esse vetor (Feng *et al.*, 2021).

Recentemente, foi lançado no mercado um produto larvicida frente mosquitos de *Aedes*, desenvolvido pelo óleo de uma espécie conhecida popularmente por neem (*Azadirachta indica*), sem haver a especificação de qual parte da planta esse óleo foi extraído. Diversos estudos vêm sendo realizados com esta espécie para ação frente as larvas de *A. aegypti*, havendo patentes registradas para esse produto (Islas *et al.*, 2020, Brasil, 2024).

Diante da resistência apresentada por populações de vetores aos inseticidas convencionais, torna-se necessária a busca por novos compostos bioativos, ainda pouco explorados, com potencial para uso no controle desses organismos. Nesse contexto, as plantas surgem como uma alternativa promissora, uma vez que, por coevolúrem com insetos e diversos microrganismos, desenvolveram mecanismos naturais de defesa. Esses organismos vegetais são fontes reconhecidas de substâncias inseticidas e antimicrobianas, produzidas como forma de proteção contra-ataques patogênicos como os causados por bactérias, fungos e vírus bem como contra a herbivoria (Santos *et al.*, 2020). Dessa forma a pesquisa tem como objetivo determinar o potencial larvicida da espécie *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm na forma de óleo essencial (OE) frente *A. aegypti* L.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Culicidae

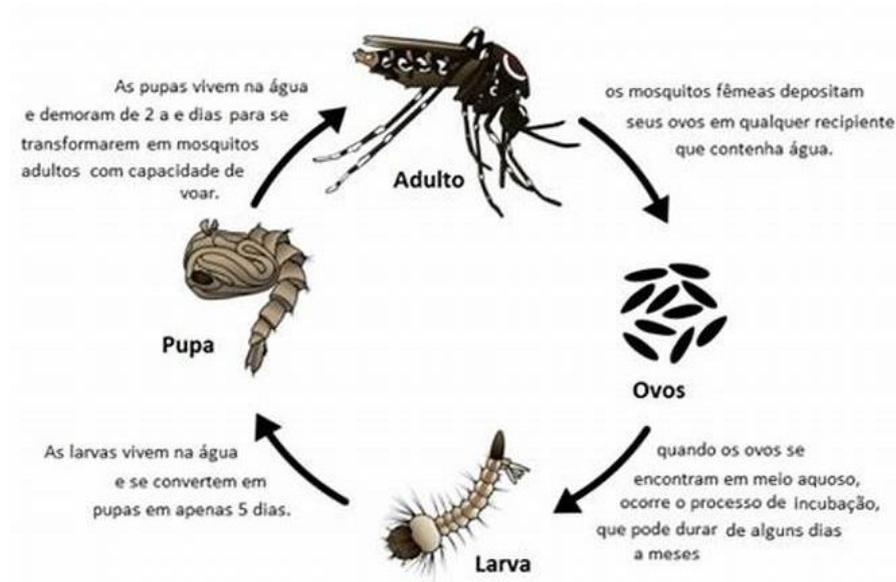
A ordem díptera é a quarta mais diversa da classe insecta, sendo composta por insetos holometábolos, e apresentando elevado número de espécies ao redor do mundo. Os insetos são os organismos mais abundantes, estão presentes nessa ordem cerca de 10.000 gêneros. E divide se em dois grupos: os dípteros inferiores como a família Culicidae (mosquitos) e Psychodidae (flebotomíneos); e os Diptera (moscas). A família Culicidae é composta por aproximadamente 3.552 espécies, organizadas em duas subfamílias: Anophelinae e Culicinae, distribuídas em 112 gêneros. O Brasil destaca-se como o país com o maior número de espécies de mosquitos registrados no mundo, totalizando 495 espécies distribuídas em 30 gêneros (Bueno; Santos; Santos, 2019). Culicidae, conhecidos popularmente como mosquitos, pernilongos, borrachudos, mutucas e varejeiras, distinguem-se de outros insetos alados por apresentarem um único par de asas funcionais e translúcidas, correspondendo ao par anterior encontrado em outras ordens. O par posterior, por sua vez, foi transformado em halteres, pequenas estruturas que desempenham um papel fundamental no equilíbrio do inseto durante o voo, permitindo maior estabilidade e controle de direção (May, 2018).

### 2.2 Aspectos Gerais dos Mosquitos

O ciclo de vida dos mosquitos inclui quatro estágios distintos: ovo, estágios larvais, pupa e adulto (Figura 1) (Viana *et al.*, 2021). Os ovos, frequentemente depositados na superfície da água, como ocorre com os gêneros *Aedes*, *Anopheles* e *Culex*, iniciam o processo. Após a eclosão, as larvas geralmente permanecem suspensas na superfície da água, respirando através de um sifão localizado no abdômen, semelhante a um snorkel. Durante os quatro estágios larvais, esses insetos alimentam-se de matéria orgânica dissolvida e microrganismos presentes no ambiente aquático onde se desenvolvem. No quarto estágio do desenvolvimento, as larvas evoluem para pupas. Com formato semelhante a uma vírgula, as pupas permanecem flutuando na superfície da água e respiram por meio de dois sifões localizados em sua extremidade anterior. Diferentemente das larvas, as pupas não se alimentam, concentrando seus recursos no processo de transformação para a fase adulta (Porto, 2021). Os mosquitos são classificados como organismos essencialmente aquáticos, pois passam a maior parte de seu ciclo de vida na água, migrando para o ambiente terrestre

apenas na fase adulta, quando ocorre a reprodução e a dispersão. Os machos possuem uma dieta estritamente vegetariana, alimentando-se de seiva, já que suas mandíbulas não são adaptadas para picar. Tanto machos quanto fêmeas consomem seiva como fonte de energia. No entanto, no caso dos mosquitos hematófagos, as fêmeas necessitam de sangue para completar a maturação de seus ovos, tornando o repasto sanguíneo indispensável para a reprodução.

**Figura 1** – Estágios de desenvolvimento do *Aedes aegypti* L



**Fonte:** CDC., 2017

Os locais de oviposição dos mosquitos abrangem uma ampla variedade de nichos aquáticos, que podem incluir criadouros naturais ou artificiais. Esses criadouros podem ser encontrados no solo ou em recipientes e podem ser permanentes, semipermanentes ou transitórios. A preferência pelo tipo de criadouro varia de acordo com o gênero. Por exemplo, mosquitos do gênero *Aedes* costumam escolher criadouros artificiais, geralmente formados durante períodos chuvosos. Já os do gênero *Culex* não apresentam uma preferência específica pela qualidade da água de seus criadouros, adaptando-se a diferentes condições (Campos, 2021).

Morfologicamente, os ovos apresentam formato oval ou elíptico, com uma estrutura alongada. Após a postura, geralmente adquirem uma coloração escura ou preta. Esses ovos são revestidos pelo córion, que consiste em duas camadas: uma externa, chamada exocório, e outra interna, conhecida como endocório, proporcionando proteção e suporte estrutural ao

ovo. Os ovos são depositados de maneira distinta entre os gêneros de mosquitos. No caso do gênero *Culex*, os ovos são agrupados e formam estruturas flutuantes chamadas "jangadas". Já no gênero *Aedes*, os ovos são colocados individualmente, de forma separada, em superfícies próximas à água (Yamany, 2024).

Além disso, o número de ovos depositados por fêmea pode variar de 50 a 500 unidades. Fatores como o tempo de eclosão não são precisos, pois dependem de elementos abióticos, como temperatura e composição química da água. No entanto, a eclosão ocorre ao final da embriogênese, quando o cório se rompe, criando uma abertura por onde a larva emerge (Viana *et al.*, 2021).

No estudo de Campos (2021), observa-se que as larvas dos culicídeos são eucéfalas e ápodas, deslocando-se ativamente na água por meio de movimentos irregulares. Seu corpo é segmentado em cabeça, tórax e abdome e contém aproximadamente 222 pares de cerdas de diferentes tamanhos, que desempenham uma função sensorial e auxiliam no equilíbrio durante a flutuação. Além disso, as larvas possuem um par de antenas e um par de olhos, que apresentam de 1 a 5 grupos de ocelos laterais. Enquanto os mosquitos adultos possuem um aparelho bucal adaptado à punção, nas fases imaturas, esse aparelho é do tipo mastigador-raspador.

No estágio pupal, a larva interrompe a alimentação e permanece em repouso até sua transformação em mosquito adulto. Morfologicamente, seu corpo apresenta um formato semelhante a uma vírgula, sendo composto pelo cefalotórax, que reúne cabeça e tórax, e pelo abdome. Embora sejam ágeis quando tocadas, as pupas geralmente permanecem imóveis na superfície da água, facilitando sua metamorfose para a fase alada. Além disso, sua coloração, inicialmente semelhante à da larva, vai escurecendo à medida que a eclosão se aproxima (Viana *et al.*, 2021).

O corpo do mosquito adulto é segmentado em cabeça, tórax e abdome, com comprimento médio de aproximadamente 6 mm. Apresentam corpo delgado, pernas longas e finas, sendo revestidos por escamas de diferentes tamanhos e tonalidades, que determinam sua coloração e são características essenciais para a identificação da espécie. Além disso, a presença de escamas nas veias das asas diferencia esses insetos de outros dípteros (Thangaraj *et al.*, 2022)

### 2.3 Principais Enfermidades Veiculadas por Culicídeos

As doenças transmitidas por vetores são causadas por diferentes agentes etiológicos, como bactérias, vírus, protozoários e helmintos, que necessitam obrigatoriamente de um hospedeiro invertebrado em parte de seu ciclo de vida antes de serem transmitidos ao hospedeiro definitivo (Rey, 2011). Os vetores biológicos são invertebrados, incluindo artrópodes e moluscos, com destaque para os mosquitos (Graul *et al.*, 2018).

Os vetores são responsáveis pela transmissão de doenças agudas, que podem se manifestar de forma assintomática, leve ou evoluir para quadros graves com risco à vida. Além disso, também podem causar doenças crônicas, resultando em incapacidades permanentes. Devido a esses impactos, os vetores contribuem significativamente para a carga global de doenças infecciosas e representam uma ameaça à saúde humana (FPI, 2020).

Entre as principais doenças transmitidas por vetores, destacam-se a malária, leishmanioses, filariose linfática, dengue, zika, chikungunya, febre amarela, tripanossomíase americana (doença de Chagas) e africana (doença do sono), além da peste bubônica e esquistossomose. Essas enfermidades são veiculadas tanto por mosquitos quanto por outros insetos (Graul *et al.*, 2018).

Os mosquitos do gênero *Aedes* são responsáveis pela transmissão de diversas doenças, incluindo chikungunya, dengue, febre do Vale do Rift, febre amarela e zika (Oms, 2022). Dentre eles, *A. aegypti* se destaca. Originário da África e pertencente à família *Culicidae*, esse mosquito está atualmente distribuído em grande parte do mundo. Devido à sua ampla presença, é considerado pela Agência Europeia para Prevenção e Controle de Doenças uma das espécies de mosquitos mais abundantes do planeta (Rossi *et al.*, 2021).

A dengue impõe uma carga econômica e social significativa, com estimativas indicando que 3,9 bilhões de pessoas em 128 países estão em risco de infecção. A maioria dos casos é assintomática, o que resulta em subnotificação e classificação incorreta. De acordo com estimativas recentes, ocorrem anualmente cerca de 390 milhões de infecções por dengue, com aproximadamente 20.000 mortes registradas (Who, 2020).

O vírus da dengue possui um alto potencial de disseminação, pois o *A. aegypti* adapta-se facilmente a ambientes urbanos em regiões tropicais e subtropicais. O *A. albopictus*, considerado o segundo vetor mais relevante da dengue, também se espalhou rapidamente para diversas áreas nos últimos anos. Além disso, a doença apresenta um padrão epidemiológico marcante, caracterizado pela hiperendemicidade dos múltiplos sorotipos do vírus em vários

países, resultando em um impacto alarmante tanto na saúde pública quanto nas economias (Who,2020).

A infecção pelo vírus zika é transmitida pela picada de mosquitos do gênero *Aedes*, incluindo *A. aegypti*, *A. albopictus*, *A. polynesiensis* e *A. hensilli*. Esse arbovírus pertence à família *Flaviviridae* e possui um genoma de RNA de fita simples, com duas linhagens principais identificadas: asiática e africana. A transmissão ocorre tanto em ambientes urbanos quanto em áreas selvagens, onde primatas não humanos podem atuar como reservatórios do vírus (Who, 2022).

Além disso, o vírus zika pode ser transmitido da mãe para o feto, resultando em microcefalia e na síndrome congênita do vírus zika, que causa diversas malformações. A microcefalia ocorre devido à perda de tecido cerebral ou ao desenvolvimento anormal do cérebro, com consequências que variam conforme a extensão dos danos neurológicos. Já a síndrome congênita do vírus zika inclui outras anomalias, como contraturas dos membros, hipertonia muscular, alterações oculares e surdez. O risco exato de malformações congênitas em bebês de mulheres infectadas durante a gravidez ainda é desconhecido, mas estima-se que entre 5% e 15% desses recém-nascidos apresentem complicações associadas ao vírus (Who, 2022).

As malformações congênitas podem ocorrer tanto em casos sintomáticos quanto assintomáticos de infecção pelo vírus zika. Além da transmissão por mosquitos, o vírus também pode ser disseminado por meio de relações sexuais. Em áreas com transmissão ativa, é essencial que todas as pessoas infectadas e seus parceiros, especialmente mulheres grávidas, recebam orientação sobre esse modo de transmissão. Já em regiões sem transmissão ativa, recomenda-se que homens e mulheres que retornem de locais onde o vírus circula adotem práticas sexuais mais seguras para evitar a disseminação. Além disso, há registros de transmissão do vírus por meio de transfusão de sangue (Cdc, 2019; Who, 2022)

#### **2.4 Fatores que Impedem a Erradicação dos Vetores**

A eliminação dos criadouros, impedindo a oviposição do mosquito, é considerada a estratégia mais eficaz para o controle do vetor, reduzindo a preocupação pública em relação às doenças transmitidas por mosquitos (Jones *et al.*, 2021; Selim *et al.*, 2020, 2021). Tradicionalmente, o controle de larvas e adultos é realizado por meio do uso de repelentes e inseticidas sintéticos, com o objetivo de reduzir as picadas dos vetores (Khater, 2019). No entanto, diversos fatores dificultam a erradicação desses mosquitos. Um dos principais

desafios é a diminuição do interesse político em países onde o vetor não está presente, resultando em uma redução progressiva da vigilância (Barros; Azevedo, 2021).

Além disso, as campanhas promovidas pelos órgãos governamentais têm enfrentado dificuldades no país devido à baixa adesão da população. A postura política e o comportamento coletivo acabam contribuindo para a formação de novos focos do vetor. Além disso, a centralização dos programas de controle resulta em atrasos na implementação de ações contra a reinfestação, favorecendo a reemergência do problema (Barros; Azevedo, 2021).

Isso leva ao uso contínuo de inseticidas sintéticos, que, embora eficazes, geram diversos impactos ambientais. Entre os principais problemas está o surgimento de cepas resistentes devido ao uso prolongado de larvicidas como os organoclorados (OC) e o diclorodifeniltricloroetano (DDT), exigindo concentrações cada vez maiores para manter a eficácia (Possel, 2019; Silva *et al.*, 2019). Além disso, esses compostos deixam resíduos tóxicos que não se degradam facilmente, acumulando-se no solo e causando danos a organismos não-alvo (Possel, 2019).

Além do controle vetorial com inseticidas sintéticos, existem métodos alternativos mais sustentáveis. O controle mecânico consiste na identificação e eliminação de possíveis criadouros das formas imaturas do vetor sempre que possível. Já o controle biológico utiliza organismos para reduzir a densidade populacional do mosquito. Outra alternativa é o controle químico natural, que emprega compostos biodegradáveis derivados de produtos naturais, oferecendo vantagens como menor toxicidade para animais e ecossistemas, além de maior sustentabilidade (Affeldt *et al.*, 2016).

## **2.5 Resistência a inseticidas**

A Organização Mundial da Saúde define resistência como a capacidade de um organismo sobreviver a uma dose letal de inseticida que seria suficiente para eliminar a maioria dos indivíduos de uma população. O número de registros de populações de mosquitos resistentes a inseticidas tem aumentado, sendo o uso excessivo de compostos químicos sintéticos um dos principais fatores para esse fenômeno. Esse cenário agrava o controle dos vetores e exige a adoção de estratégias alternativas para garantir a eficácia das medidas de combate (Braga; Valle, 2007; Marques, 2020).

Há diversos mecanismos de resistência a inseticidas, sendo os mais estudados a alteração do local-alvo e a resistência metabólica. No entanto, também são observados

mecanismos como a redução da penetração do inseticida e modificações comportamentais dos vetores (Marques, 2020; Schulte, 2020; Zalucki, Furlong, 2017).

A resistência por alteração do local-alvo ocorre devido a mutações pontuais nos genes que codificam determinadas proteínas, resultando em modificações estruturais que impedem ou reduzem a eficácia do inseticida. Esse mecanismo é comum em inseticidas que atuam sobre moléculas do sistema nervoso, como a acetilcolinesterase, o receptor do ácido gama-aminobutírico (GABA) e o canal de sódio operado por voltagem (Corbel *et al.*, 2021; Moyes *et al.*, 2017).

A resistência metabólica está relacionada ao aumento da atividade enzimática de desintoxicação, responsável pela degradação de compostos exógenos ao organismo, como os inseticidas. Esse processo de desintoxicação é dividido em três fases, sendo que, no contexto da resistência inseticida, as fases I e II são as mais relevantes. Na primeira fase, destacam-se as esterases e as enzimas do citocromo P450, cuja função é reconhecer e atuar diretamente sobre o inseticida. Esses compostos podem ser modificados por meio de reações de oxidação, hidrólise e redução (Corbel *et al.*, 2021).

As esterases são enzimas com a capacidade de hidrolisar compostos exógenos, como os inseticidas, além de atuarem na degradação de compostos endógenos resultantes do metabolismo do próprio organismo (Schulte, 2020). A alta expressão dessas enzimas está associada à resistência aos piretróides, carbamatos e organofosfatos. Os inseticidas pertencentes a essas classes contêm um grupo éster, que funciona como substrato para as esterases, permitindo a hidrólise dessas ligações (Marques, 2020).

## **2.6 Óleos essenciais**

O Brasil é reconhecido como o país com maior biodiversidade do mundo, abrigando cerca de 50 mil espécies de fungos, plantas e algas (Castro, Léda, 2023), das quais aproximadamente 38 mil são espécies vegetais (Flora do Brasil 2020, 2024). Esse número cresce consideravelmente a cada ano, com a constante catalogação de novas plantas.

As propriedades medicinais das plantas têm atraído a atenção de pesquisadores e da indústria farmacêutica, sendo frequentemente exploradas para o desenvolvimento de novos medicamentos (Santos; Moraes; Araújo; da Silva, 2019). O interesse por estudos aprofundados sobre as espécies vegetais está relacionado à longa tradição do uso de plantas na medicina popular, baseada em informações acumuladas ao longo de séculos (Castro; Léda, 2023).

Os óleos essenciais (OEs), extraídos de plantas, são compostos complexos e voláteis, caracterizados por seus odores e cores distintos. Sua composição diversificada, que inclui ésteres de ácidos graxos, mono e sesquiterpenos, álcoois, aldeídos e fenilpropanóides, origina-se de metabólitos secundários presentes em diferentes partes das plantas, como flores, galhos, caules, sementes, brotos, frutas e cascas (Almeida; Almeida; Gherardi, 2020, Luz *et al.*, 2020). Devido às propriedades antimicrobianas e antioxidantes das substâncias voláteis presentes nos OEs, eles são amplamente utilizados em embalagens ativas para alimentos, inseticidas e produtos de higiene (Almeida; Almeida; Gherardi, 2020).

Esses componentes são classificados com base em suas concentrações. Os componentes majoritários são aqueles presentes em quantidades relativamente altas, variando de 20% a 95%. Os constituintes secundários correspondem àqueles encontrados em menores proporções, entre 1% e 20%. Além disso, a mistura também contém componentes-traço, cuja concentração é inferior a 1% (Maleck *et al.*, 2021).

Os principais componentes dos óleos essenciais comuns podem ser classificados em duas famílias estruturais com base no esqueleto de hidrocarbonetos: os terpenoides e os fenilpropanóides. Os terpenoides são formados pela combinação de duas (monoterpenos), três (sesquiterpenos) ou quatro (diterpenos) unidades de isopreno (Nieto, 2017). Esses óleos essenciais são misturas complexas que incluem hidrocarbonetos sesquiterpênicos e monoterpênicos, além de seus derivados oxigenados, como álcoois, cetonas e aldeídos. Tanto os terpenoides quanto os fenilpropanóides compreendem compostos fenólicos, que, em alguns casos, são identificados como os principais componentes de diversos óleos essenciais (Nieto, 2017).

## **2.7 *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm**

A introdução no Brasil, da espécie *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm originária de regiões tropicais do sul e sudeste asiático ocorreu no século XIX de forma proposital ou por acaso, através dos rizomas com areia que se misturavam e servia de lastro às caravelas portuguesas que retornavam das Índias (Albuquerque, Neves, 2004), ou intencional, quando para presentear a princesa Isabel, a espécie foi transportada para o Jardim Botânico do Rio de Janeiro, logo após assinatura da Lei Áurea pela princesa Isabel, em 13 de maio de 1888 (Pio Corrêa, 1984). Popularmente são atribuídos inúmeros nomes à *A. zerumbet*, tais como colônia, paco-seroca, cuité-açu, gengibre concha, cardamomo do mato, cardamomo-falso, pacová dentre outros (Albuquerque, Neves, 2004).

A família Zingiberaceae é a maior da ordem Zingiberales, constituída de 53 gêneros e mais de 1.200 espécies, já gênero *Alpinia* o maior dessa família, com aproximadamente 230 espécies. *A. zerumbet* é erva terrestre com características de 1,5 a 2,5 metros de altura, apresentando folhas alternas, completas e simples, com caules aéreos e curtos agrupados em touceiras (Leite *et al.*, 2020). As flores são organizadas em cachos grandes e ligeiramente aromáticas, hermafroditas, zigomorfas. Com dois centímetros de diâmetro, o fruto é uma cápsula globosa e abriga inúmeras sementes. Sua disseminação ocorre por meio da divisão de rizomas (Kurniawati, Aswandi, 2021)

*A. zerumbet* é utilizada popularmente como diurética, estomáquicas, hipotensora, depurativa, antihistérica e vermífuga, dentre as partes vegetais mais empregadas estão as folhas, flores e rizomas (Lima *et al.*, 2022; Oliveira *et al.*, 2021; Oliveira, 2015). Alguns grupos vêm estudando essas potencialidades medicinais, que ajudam na profilaxia e no tratamento de diferentes doenças (Kumar *et al.*, 2020; Lahlou *et al.*, 2002, 2003; Lahlou *et al.*, 2003; Leal Cardoso *et al.*, 2004; Moura *et al.*, 2005; Pinho *et al.*, 2005). Segundo Chuang (2011), seus usos são diversos podendo ser utilizadas como remédios aromáticos, estomacais, sedativos, antibacteriano e assépticos, utilizada há centenas de anos na China.

Em Campina Grande, a colônia é utilizada pelos paraibanos como analgésicos ou quando estão com febre (Araújo *et al.*, 2014). Já em Pernambuco, fazem uso da colônia em casos para tratar hipertensão ou como calmante na comunidade de Muribeca localizada no município de Jaboatão dos Guararapes, são frequentadores os moradores do bairro e das proximidades do Centro de Saúde Alternativa da Muribeca (CESAM) (Oliveira, Andrade, 2015).

## **2.8 Atividades biológicas**

### **2.8.1 Anti-Inflamatória**

A inflamação envolve sinais químicos e uma série de compostos por isso é um processo complexo, que atuam juntos na defesa natural do organismo contra a invasores de ecossistemas e endógenos. Entretanto, vem ganhando um importante destaque a inflamação no desenvolvimento de inúmeras patologias como doenças cardiovasculares e neurodegenerativas. Portanto, o objetivo principal nas pesquisas está para esclarecer a função da inflamação em diversas doenças e também para encontrar moléculas de origem vegetal que tenham a capacidade de atuar como anti-inflamatório, dessa maneira, criando outras possibilidades terapêuticas (Amorim *et al.*, 2011)

Foi realizado por Xiao *et al.*, (2018), uma análise nove amostras diferentes de óleos essenciais da *A. zerumbet*, foram avaliadas referente ao seu efeito anti-inflamatório e analgésico in vivo, identificados por espectroscopia de massas exibindo em comum 17 picos (m/z). Para avaliação da atividade anti-inflamatória foi utilizado o método o edema de orelha de camundongos induzido por dimetilbenzeno, enquanto foi utilizado de contorções induzidas por ácido acético para avaliar atividade analgésica. Dessa forma, observou-se que foram capazes de diminuir significativamente o edema da orelha todas as amostras foram. Da mesma forma aconteceu para atividade analgésica, onde ocorreu uma diminuição na qual houve redução considerável do número de contorção, comparando todas as amostras ao controle negativo (Xiao *et al.*, 2018).

Na avaliação de Ji *et al.*, (2019) dos efeitos derivado do fruto da *A. zerumbet* na forma de óleo essencial em lesão celular endotelial aórtica, em camundongo apoptose in vitro e in vivo e inflamação envolvidas na aterosclerose. No entanto, o óleo demonstrou grande capacidade terapêutica para protegê-la de lesões e evitar a ativação de células endoteliais da aorta, causando inibição da via do NF-kB, reduzir a expressão do receptor toll-like 4 e moléculas de adesão já no tecido ativação da caspase-3 diminuir (Ji *et al.*, 2019)

## 2.8.2 Antioxidante

No desenvolvimento de diversas doenças como câncer, artrite, degeneração tecidual, aterosclerose o processo de oxidação e produção de radicais livres tem se mostrado envolvidos, como também na progressão de doenças neurodegenerativas, cardiovasculares e inflamatórias. Então os antioxidantes, desempenham papel de suma importância na defesa da saúde e são facilmente encontrados nos alimentos, mas em poucas concentrações. Segundo a literatura, diversas plantas são consideradas prováveis fontes de antioxidantes, surgindo como uma alternativa diferente para escapar dos inúmeros efeitos adversos dos antioxidantes sintéticos, como carcinogênese (Ayoub, Mehta, 2018).

Foi avaliado para atividade antioxidante o óleo essencial das folhas de *A. zerumbet* no sistema nervoso central utilizando o método de peroxidação lipídica relacionando com alterações nos níveis de óxido nítrico. Sendo assim, foi observado que in vitro, conseguiu diminuir de forma significativa a peroxidação lipídica o óleo essencial, atingido próximo de 80% comparando ao controle positivo. Além de que, o óleo essencial apresentou a capacidade de manter o teor de NO em homogenatos de cérebro submetidos ao estresse oxidativo. Estes resultados indicam um efeito antioxidante segundo os autores e a sua conservação permite

melhorar diversas patologias como transtorno bipolar, ansiedade e as que possuem um estado redox alterado como depressão e esquizofrenia (Araújo *et al.*, 2011)

Agentes oxidantes por meio da exposição contínua pode levar a produção crônica de espécies reativas pela pele. À vista disso, Chompoo *et al.*, (2012) analisaram sobre enzimas cutâneas os efeitos antioxidantes dos extratos aquoso e etanólico de partes diferentes da *A. zerumbet* e dos compostos isolados DK, DDK e labdadieno. Dentre os principais achados está o IC50 de 10,33µg/mL do extrato aquoso no ensaio de DPPH das sementes, baixo em relação ao controle positivo terc-butil hidroxitolueno (BHT) (11,74µg/mL) (Chompoo *et al.*, 2012).

### 2.8.3 Antimicrobiana

A capacidade que alguns compostos bioativos apresentarem em provocar a morte ou inibir o crescimento de agentes microbianos patógenos é conhecida como atividade antimicrobiana. Em relação aos fármacos antimicrobianos a maior problemática é a resistência desenvolvida por inúmeros micro-organismos, dessa maneira tem sido o principal motivo pela busca por novas alternativas terapêuticas. Constituem uma possível fonte para atividade antimicrobiana os produtos naturais pela rica diversidade de compostos ativos, fácil acesso e baixo custo, assim, visando encontrar potencial terapêutico nas plantas medicinais muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas (Sales Junior, 2019)

Avaliado por Mendes *et al.*, (2015) o óleo essencial das folhas de *A. zerumbet*, por sua vez, teve seu potencial antibacteriano, apresentando as mesmas características fitoquímicas que o relatado por Indrayan, Tyagi e Agrawal (2010). Entretanto, foi avaliado com o óleo essencial sozinho o efeito contra doze cepas (sete Gram negativas e cinco Gram positivas) e também em associação com antibióticos aminoglicosídeos (Mendes *et al.*, 2015).

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo geral

Avaliar a eficácia do óleo essencial de *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm como agente larvicida frente *Aedes aegypti* L.

#### 3.2 Objetivo específicos

- Realizar estudos morfoanatômico das folhas de *A. zerumbet* para fornecer parâmetros de identificação;
- Obter o óleo essencial das folhas de *A. zerumbet*;
- Determinar a composição química do óleo de *A. zerumbet*;
- Avaliar as atividades larvicida do óleo essencial da espécie estudada frente *A. aegypti*;
- Avaliar o potencial tóxico desse óleo para organismos não-alvo;

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Capítulo 1**

#### **MÉTODOS E PROCEDIMENTOS PARA O CONTROLE DE *Aedes Aegypti*: UMA REVISÃO**

Artigo a ser submetido a **Revista Scientia Plena**

(ISSN: 1808-2793)

# MÉTODOS E PROCEDIMENTOS PARA O CONTROLE DE *Aedes Aegypti*: UMA REVISÃO

METHODS AND PROCEDURES FOR THE CONTROL OF *Aedes Aegypti*: A REVIEW

<sup>1</sup>J. A. R. N. Oliveira; <sup>1</sup>R. F. R. Correa; <sup>1</sup>M. F. Froes; <sup>2</sup>E. C. Ribeiro; <sup>3</sup>W. C. C. Esposito, <sup>4</sup>T. R. S. A. Luz, <sup>5</sup>D. F. Coutinho

<sup>1</sup>Mestrando em Saúde e Ambiente, Universidade Federal do Maranhão, 65080-805, São Luís - MA, Brasil

<sup>2</sup>Mestra em Biociências aplicadas à saúde, Universidade Ceuma, 65075-120, São Luís - MA, Brasil

<sup>3</sup>Mestra em Ciência Animal, Universidade Estadual do Maranhão, 65055-310, São Luís - MA, Brasil

<sup>4</sup>Doutor em Ciências da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, 65080-805, São Luís - MA, Brasil

<sup>5</sup>Doutora em Produtos Naturais e Sintéticos e Bioativos, Universidade Federal da Paraíba, 58051-900, João Pessoa – PB, Brasil

## RESUMO

As Arboviroses transmitidas pelo mosquito *Aedes aegypti*, como dengue, zika e chikungunya, são consideradas doenças negligenciadas por atingirem países em desenvolvimento e despertarem pouco interesse da indústria para desenvolvimento de tratamentos. De acordo com a OMS, o controle das arboviroses continua sendo um desafio significativo, devendo ser concentrado no monitoramento do vetor. Mesmo com recursos disponíveis, os programas de combate ao vetor nem sempre obtêm os resultados esperados. Este estudo, de natureza qualitativa, trata-se de uma revisão de literatura sobre os principais métodos e procedimentos utilizados no controle desse mosquito. Diversas estratégias estão em desenvolvimento, baseadas em diferentes mecanismos de ação, como monitoramento seletivo, intervenções sociais, aplicação de inseticidas, uso de agentes biológicos e técnicas moleculares voltadas ao controle populacional. A possibilidade de combinar essas abordagens também vem sendo considerada. A avaliação da eficácia, viabilidade e custos dessas tecnologias é essencial para sua adoção como complemento às ações já previstas pelo Programa Nacional de Controle da Dengue existente no Brasil. A integração de estratégias compatíveis e adaptadas às realidades regionais se mostra uma alternativa promissora para a redução da infestação do mosquito e, conseqüentemente, da incidência das arboviroses por ele transmitidas. A revisão evidencia a importância de ações integradas e intersetoriais, apoiadas por políticas públicas, educação comunitária e avanços científicos, como caminhos para o enfrentamento das arboviroses e o fortalecimento das estratégias nacionais de vigilância em saúde.

**Palavras-chave:** Controle vetorial, Controle de Mosquitos, Arboviroses

## ABSTRACT

Arboviral diseases transmitted by the *Aedes aegypti* mosquito, such as dengue, Zika, and chikungunya, are considered neglected tropical diseases due to their prevalence in developing countries and the limited interest from the pharmaceutical industry in developing effective treatments. According to the World Health Organization (WHO), controlling arboviruses remains a significant global challenge, with efforts needing to focus primarily on vector surveillance. Despite the availability of resources, vector control programs often fail to achieve the desired outcomes. This qualitative study presents a literature review on the main methods and procedures used to control *Aedes aegypti*. Various strategies are under development, based on different mechanisms of action, including selective monitoring, social interventions, insecticide application, the use of biological agents, and molecular techniques aimed at reducing mosquito populations. The combination of these approaches is also being considered as a potential strategy. Evaluating the effectiveness, feasibility, and cost-efficiency of these technologies is crucial for their adoption as complementary measures to those already established under the National Dengue Control Program in Brazil. The integration of context-adapted strategies presents a promising alternative for reducing mosquito infestation and, consequently, the incidence of arboviral infections. The review emphasizes that integrated and regionally adapted strategies, grounded in scientific evidence, economic viability, and environmental safety, offer the most effective path toward reducing mosquito infestations and the incidence of arboviral diseases. Strategic planning, intersectoral coordination, and community engagement are essential to enhance the sustainability and success of national vector control initiatives.

**Keywords:** Vector control, Mosquito control, Arboviruses

### 1. INTRODUÇÃO

As arboviroses representam relevantes problemas de saúde pública em regiões tropicais e subtropicais, em razão de diversos fatores que favorecem tanto a transmissão quanto a replicação dos vírus responsáveis por essas doenças. Entre os principais elementos que contribuem para a disseminação e a permanência dos arbovírus no ambiente, destacam-se o crescimento populacional, as mudanças climáticas, a rápida destruição dos biomas, a urbanização desordenada e a expansão geográfica do vetor. Esses fatores, em conjunto, favorecem o surgimento de infecções com espectros clínicos preocupantes, ampliando o impacto dessas enfermidades nas populações afetadas [1-3].

No Brasil, o cenário das arboviroses tornou-se ainda mais desafiador devido à coexistência de múltiplos agentes virais transmitidos pelo *Aedes aegypti*. A circulação simultânea dos quatro sorotipos do vírus da dengue (DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4) já configurava uma situação epidemiológica preocupante, à qual se somou, em 2014, a introdução do vírus chikungunya, e, em 2015, a entrada do vírus Zika no território nacional. Esse contexto marcou o início da transmissão paralela de diferentes arbovírus, dificultando o controle das doenças e ampliando os desafios para os sistemas de saúde pública [4].

O controle do mosquito *Aedes aegypti* tem sido um grande desafio, especialmente em países em desenvolvimento. Mesmo quando os recursos destinados ao controle do vetor são adequados para a implementação de programas, o sucesso nem sempre é alcançado. Fatores como deficiências na infraestrutura urbana, incluindo a coleta inadequada de lixo e a intermitência no abastecimento de água, comprometem a eficácia dos métodos tradicionais de controle do Aedes [2].

Historicamente, o *Aedes* foi descrito pela primeira vez no Egito por Linnaeus, em 1762, e atualmente está amplamente distribuído nos trópicos e subtropicais, abrangendo grande parte do continente americano, o sudeste asiático e toda a Índia. Acredita-se que essa espécie tenha sido introduzida no Brasil durante o período colonial, entre os séculos XVI e XIX, por meio do comércio de escravos. Com a destruição dos habitats naturais devido às ações humanas, parte da população silvestre passou por um processo seletivo que favoreceu sua adaptação e sobrevivência em áreas urbanas. Duas principais espécies de mosquitos do gênero *Aedes* são capazes de transmitir, além da dengue, outras arboviroses como chikungunya, Zika e febre amarela: *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, destacando a primeira espécie pois é o principal vetor urbano de arboviroses, com maior adaptação a ambientes densamente povoados [5,6].

Raramente esses mosquitos são encontrados em ambientes semissilvestres ou em locais com pouca presença humana. Seus criadouros preferenciais são recipientes artificiais, tanto aqueles expostos ao ar livre, que acumulam água da chuva, quanto os utilizados para armazenamento de água para uso doméstico. A proximidade desses criadouros com áreas habitadas pelo homem favorece a rápida proliferação da espécie, devido às condições ideais para reprodução e à disponibilidade de fontes de alimentação [2].

As adaptações do *A. aegypti* favoreceram sua proliferação em áreas urbanas e facilitaram sua dispersão para outras regiões por meio do transporte humano. Isso aumentou sua competência vetorial, ou seja, sua capacidade de ser infectado por um vírus, replicá-lo e transmiti-lo. Além disso, a fêmea realiza múltiplas ingestões de sangue durante um único ciclo gonadotrófico, ampliando sua capacidade de se infectar e propagar os vírus, o que a torna um vetor altamente eficiente. Outro fator que contribui para a persistência da espécie é a quiescência dos ovos, permitindo a manutenção do ciclo na natureza mesmo diante de variações climáticas sazonais. Os ovos do *Aedes aegypti* podem permanecer viáveis por até 492 dias em condições de seca, eclodindo assim que entram em contato com a água [7,8,9,10].

Atualmente, o Brasil enfrenta uma alta incidência de arboviroses como dengue (DEN), chikungunya (CHIK) e zika, com dados epidemiológicos indicando um número alarmante de casos graves e óbitos. Além disso, a relação do vírus Zika com a síndrome de Guillain-Barré e, sobretudo, com a transmissão vertical, resultando em casos de microcefalia, tem gerado preocupação tanto em nível nacional quanto internacional [11].

A principal estratégia para a erradicação de mosquitos consiste no uso de inseticidas sintéticos, como organofosforados (temefós), carbamatos (cabaril e carbofurano) e piretroides (Cielo). No entanto, a exposição prolongada desses organismos aos produtos químicos pode levar ao desenvolvimento de resistência, dificultando o controle das populações de mosquitos e favorecendo a disseminação de doenças [12]. Além disso, devido à alta toxicidade desses inseticidas e seus efeitos cumulativos no ecossistema, seu uso prolongado pode resultar em impactos negativos tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente [13,14].

Diante dos desafios no controle do vetor e do cenário preocupante causado pela expansão das arboviroses em nível global, este estudo torna-se essencial ao descrever a adoção de estratégias específicas de controle de *A. aegypti*. Isso requer maiores investimentos em métodos eficazes que garantam a sustentabilidade das ações implementadas pelas redes de vigilância, além de possibilitar a avaliação contínua de sua efetividade

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa qualitativa do tipo revisão de literatura sobre métodos e procedimentos usados no controle do *Aedes aegypti*. A busca dos artigos científicos em português, inglês e espanhol foram realizados nas bases de dados PubMed, *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), Google acadêmico, além do uso de livros e dissertações de mestrado e doutorado. Os descritores utilizados foram consultados no DECS (Descritores em Ciência da Saúde): na pesquisa foram: Controle vetorial, Controle de Mosquitos, Insetos, *Aedes aegypti*, empregando boleador “and”.

Para o presente estudo foi estabelecido os seguintes critérios de inclusão: artigos científicos disponíveis em texto completo, artigos disponíveis nos idiomas português, espanhol e inglês, além de dissertações, teses e livros que abordassem os principais métodos e procedimentos usados no controle do *Aedes aegypti*, com período de publicação de 1997 a 2025 [15].

Já os critérios de exclusão, foram os artigos que não estavam de acordo com o objetivo da pesquisa ou sem pontos relevantes sobre o tema e que não se adequava no período de publicação estabelecida da pesquisa ou estarem repetidos ou em outras línguas além da indicadas na inclusão [15].

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Programas de controle de *A. aegypti* no Brasil

A partir de 1996, o Ministério da Saúde implementou o Plano de Erradicação de *Aedes aegypti* (PEAa), que propunha uma ação multissetorial e um modelo descentralizado com a participação dos três níveis de governo, tendo como objetivo principal a redução dos casos de dengue hemorrágica. Contudo, apesar dos esforços para estruturar o combate ao vetor nos municípios, o PEAa não alcançou a efetiva atuação multissetorial, o que pode ser apontado como um dos fatores responsáveis pelo insucesso na contenção do aumento dos casos de dengue e pela expansão da infestação por *Aedes aegypti* [16,17].

Em 2001, o governo mudou sua abordagem, implementando o Plano de Intensificação das Ações de Controle da Dengue (PIACD), com foco nos municípios de maior incidência da doença. No ano seguinte, diante do aumento do risco de epidemias, do crescimento dos casos graves de dengue e da reintrodução e rápida disseminação do sorotipo 3 no país, foi desenvolvido o Plano Nacional de Controle da Dengue (PNCD) [18].

Com o apoio do Ministério da Saúde e dos governos estaduais, as secretarias municipais de saúde assumiram a gestão e a execução das ações do Plano Nacional de Controle da Dengue (PNCD). O plano abrangia dez componentes principais: vigilância epidemiológica, controle do vetor, atendimento aos pacientes, integração com a atenção básica, ações de saneamento ambiental, educação em saúde, comunicação e mobilização social, capacitação de profissionais, regulamentação por meio de legislação, sustentação político-social e monitoramento e avaliação das ações implementadas [19,17,20].

Dessa forma, o programa deixou de se concentrar exclusivamente no combate ao vetor e passou a incorporar adaptações conforme as particularidades locais, incluindo a possibilidade de desenvolver planos sub-regionais [21].

#### 3.2 Estratégias de controle

No Brasil, os Agentes Comunitários de Saúde (ACS) e os Agentes de Combate a Endemias (ACE), em colaboração com a população, exercem um papel essencial no controle tanto mecânico quanto químico do vetor. Suas atividades são direcionadas à identificação, eliminação e ao manejo adequado de reservatórios naturais ou artificiais de água que possam funcionar como criadouros do *Aedes aegypti*. Além disso, o Ministério da Saúde orienta que, durante as visitas domiciliares, os agentes realizem ações educativas, com o intuito de estimular os moradores a manterem, de forma contínua, a eliminação de possíveis focos, contribuindo assim para a interrupção da cadeia de transmissão das arboviroses [22].

O controle de *A. aegypti* pode ser realizado por meio de quatro principais mecanismos: mecânico, biológico, genético e químico. O controle mecânico consiste na adoção de práticas que eliminam o vetor e seus criadouros ou reduzem o contato do mosquito com o ser humano, como a remoção ou destinação adequada de recipientes que possam acumular água, a drenagem de reservatórios e a instalação de telas em portas e janelas. O controle biológico baseia-se no uso de predadores naturais e microrganismos para reduzir a população do mosquito, incluindo peixes e invertebrados aquáticos que

se alimentam de larvas e pupas, além de patógenos como bactérias, fungos e parasitas, que liberam toxinas letais para o vetor [22, 23, 24].

A terapia gênica baseia-se na transferência de material genético para o interior das células de um indivíduo, visando corrigir genes associados a características patológicas. Para a eficácia dessa abordagem, é essencial assegurar tanto a entrega eficiente quanto a expressão adequada dos genes terapêuticos [25].

Já o controle químico envolve a aplicação de substâncias específicas, como neurotóxicos, análogos do hormônio juvenil e inibidores da síntese de quitina, para eliminar larvas e mosquitos adultos. No entanto, essa estratégia deve ser utilizada de forma racional e segura, pois o uso indiscriminado pode favorecer a seleção de vetores resistentes e gerar impactos ambientais. Por esse motivo, o controle químico deve ser empregado como uma medida complementar às ações de vigilância e manejo ambiental [22, 23, 24].

O tratamento perifocal consiste na aplicação de uma camada de inseticida de ação residual nas superfícies externas dos criadouros localizados em pontos estratégicos, utilizando um aspersor manual. Essa medida é indicada para áreas recentemente infestadas, funcionando como uma ação complementar ao tratamento focal em locais estratégicos [22,26].

A aspersão aeroespacial de inseticidas em ultrabaixo volume (UBV) é realizada por meio de equipamentos portáteis costais ou acoplados a veículos, tendo como principal objetivo eliminar os mosquitos *Aedes aegypti* na fase adulta. Esse método deve ser empregado exclusivamente para o bloqueio da transmissão e no controle de surtos ou epidemias. No entanto, a nebulização não é seletiva, afetando qualquer mosquito presente no ambiente, e seu uso indiscriminado para o combate de outros insetos não é recomendado [19].

Diversas tecnologias têm sido desenvolvidas como alternativas para o controle do *Aedes aegypti*, empregando diferentes mecanismos de ação. Essas estratégias incluem medidas sociais, monitoramento seletivo da infestação, dispersão de inseticidas, novos agentes de controle químico e biológico, além de abordagens moleculares voltadas para a regulação populacional dos mosquitos, muitas vezes combinando múltiplas técnicas para maior efetividade.

### 3.3 Mapeamento de risco

O mapeamento de risco é uma estratégia promissora para identificar e avaliar áreas com maior potencial de transmissão de arboviroses em determinados territórios, utilizando estatísticas espaciais locais. Ao integrar dados espaciais com informações da vigilância entomológica como presença, características e índices de infestação do vetor, além da eficácia dos métodos de controle, da vigilância epidemiológica, da rede laboratorial e do saneamento, é possível direcionar de forma mais eficiente as ações de controle vetorial para áreas prioritárias [2].

### 3.4 Compostos naturais

Como alternativa ao controle químico convencional, compostos naturais, como os óleos essenciais extraídos de plantas, têm sido estudados por seu potencial atividade larvicida contra *A. aegypti*. As propriedades de determinados grupos químicos presentes em sua estrutura, assim como a combinação entre esses compostos, podem influenciar significativamente no aumento ou na redução da eficácia larvicida e adulticida [5].

Essa área de pesquisa tem despertado grande interesse, considerando a necessidade de desenvolver inseticidas que sejam ao mesmo tempo eficazes e seguros para a população e para o meio ambiente. Em um estudo conduzido por Santos et al., (2020) [27] observou-se que determinados compostos apresentaram boa atividade larvicida contra o *Aedes aegypti*, sendo que a potência foi ainda maior entre aqueles com grupamentos químicos de maior lipofilicidade.

Esses compostos são considerados seguros, uma vez que muitos já são utilizados como aditivos aromatizantes em alimentos destinados ao consumo humano como é o caso do limoneno, presente na casca de frutas cítricas como laranjas e limões. É importante destacar que, além de apresentarem atividade larvicida, esses novos compostos também devem demonstrar efeito residual prolongado nos locais onde são aplicados. Essa característica é fundamental para que possam ser adotados em ações de controle vetorial em campanhas de saúde pública [27].

### 3.5 *Wolbachia*

Como estratégia de controle biológico do vetor, vem sendo estudado o uso da *Wolbachia*, uma bactéria simbiote intracelular, inofensiva para seres humanos e animais domésticos, que ocorre naturalmente em mais de 60% das espécies de insetos. *Wolbachia* tem a capacidade de reduzir significativamente a expectativa de vida dos mosquitos adultos e de induzir incompatibilidade citoplasmática completa, resultando em uma progênie estéril [28].

A técnica consiste em introduzir cepas específicas da bactéria *Wolbachia* em mosquitos *Aedes aegypti*, com o objetivo de interromper seu ciclo reprodutivo. Quando machos infectados com *Wolbachia* acasalam com fêmeas não infectadas, os ovos gerados não se desenvolvem, impedindo a eclosão. Por outro lado, quando tanto o macho quanto a fêmea possuem a bactéria, ela é transmitida às próximas gerações. Com o tempo, a expectativa é que a maioria da população de mosquitos esteja infectada, reduzindo a transmissão dos vírus e, conseqüentemente, controlando a propagação das arboviroses [28].

### 3.6 Mosquitos dispersores de inseticidas

Mosquitos dispersores de inseticidas têm sido utilizados com sucesso em experimentos como uma estratégia inovadora de controle de *A. aegypti*. A técnica baseia-se na atração das fêmeas até pequenas armadilhas conhecidas como estações de disseminação, que contêm o inseticida piriproxifeno em pó. Ao entrarem nessas estações, as partículas do produto aderem ao corpo dos mosquitos, que posteriormente as transportam para criadouros situados em um raio de até 400 metros. Quando as fêmeas pousam nesses locais para depositar seus ovos, acabam transferindo o inseticida para a água, tornando os criadouros letais para as larvas [29].

### 3.7 Dispositivos com inseticidas

Uma alternativa prática para uso em ambientes domiciliares são os dispositivos plásticos com inseticidas de liberação lenta e contínua, cujo efeito pode durar até 20 dias. Essa estratégia tem se mostrado eficaz tanto na prevenção das picadas quanto na eliminação das fêmeas do *Aedes aegypti*. A exposição dos mosquitos a formulações com 5% ou 10% de metoflutrina praticamente elimina sua capacidade de picar. Em questão de minutos, as fêmeas do *Aedes aegypti* ficam desorientadas e passam a se recolher em áreas de repouso [19].

### 3.8 Mosquitos transgênicos

As abordagens genéticas para o controle de vetores vêm sendo aprimoradas e, em geral, envolvem duas etapas principais. A primeira consiste na supressão ou eliminação da população de mosquitos por meio da inserção de genes letais ou que induzam esterilidade. A segunda etapa foca na modificação genética da população remanescente, com a introdução de genes que impeçam ou reduzam a capacidade de transmissão de patógenos pelos insetos [25].

No caso dos mosquitos, a criação em larga escala para posterior liberação no ambiente requer o uso de tecnologias de sexagem, pois somente os machos devem ser liberados. Isso se deve ao fato de que os machos não se alimentam de sangue, ao contrário das fêmeas, o que minimiza o risco de picadas e, conseqüentemente, de transmissão de doenças [25].

Em abril de 2014, a cepa OX513A, composta por mosquitos transgênicos desenvolvidos pela empresa britânica Oxitec, obteve aprovação técnica da Comissão Técnica Nacional da Segurança.

### 3.9 Roupas impregnadas com inseticidas

Uma estratégia complementar de controle vetorial direcionada ao público infantil envolve o uso de uniformes escolares impregnados com inseticidas. Essa tecnologia, originalmente desenvolvida para uso militar em operações em ambientes de selva, tem como objetivo prevenir a exposição às picadas de mosquitos durante o período em que as crianças permanecem no ambiente escolar. Contudo, sua eficácia é limitada ao tempo de uso dos uniformes, restringindo-se aos dias letivos e ao horário

escolar. Apesar dessa limitação, trata-se de uma tecnologia promissora, especialmente no contexto da proteção de gestantes contra o vírus Zika, agente etiológico associado à microcefalia e a outras malformações do sistema nervoso central [29].

### 3.10 Telas impregnadas com inseticidas

As telas impregnadas com inseticidas são instaladas em janelas e portas de residências, escolas e unidades de saúde localizadas em áreas com elevada incidência de casos notificados. Essas telas contêm deltametrina e apresentam proteção contra radiação ultravioleta, o que contribui para a sua durabilidade. No entanto, uma limitação importante dessa tecnologia é sua implementação bem-sucedida apenas em contextos específicos principalmente em domicílios situados em regiões de baixo a médio nível socioeconômico e com baixa densidade de edificações verticalizadas o que compromete sua aplicabilidade em áreas com diferentes características urbanas [6].

### 3.11 Abordagem social

A abordagem social caracteriza-se pela união entre educação social e cuidado ambiental como estratégias complementares no controle do mosquito *Aedes*. Essa perspectiva se apoia em três elementos centrais: a transdisciplinaridade, que propõe uma visão integrada e inclusiva dos problemas de saúde relacionados ao ecossistema; o envolvimento ativo de diversos atores, especialmente da comunidade local, promovendo uma atuação colaborativa; e a equidade, que busca garantir a participação justa de homens, mulheres e diferentes grupos sociais nas ações de prevenção e combate [2].

Essa abordagem, na prática, é realizada de forma colaborativa por diferentes setores da comunidade, combinando ações de educação em saúde e ambiental com o uso de estratégias mecânicas, sem depender de inseticidas para o controle do mosquito. Materiais educativos social e culturalmente adequados são criados e utilizados por diversos grupos, como mulheres, estudantes, gestores e novos voluntários engajados na causa da saúde ambiental. As atividades se concentram principalmente na remoção de locais com acúmulo de água, na vedação de recipientes que oferecem condições para a reprodução do mosquito e na colocação de telas em portas e janelas como barreiras físicas de proteção [29,2].

A tabela 1 reúne as principais vantagens e limitações das tecnologias consideradas promissoras para o controle do *Aedes aegypti*, destacando tanto as estratégias de controle vetorial recomendadas pelo Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD) quanto aquelas com potencial para complementar as ações desenvolvidas no Brasil. Ainda que não tenha como objetivo apresentar todas as abordagens existentes ou em fase de desenvolvimento no mundo, o levantamento oferece um panorama das alternativas disponíveis. Contudo, é importante salientar que as ações adotadas pelos municípios, conforme as diretrizes do PNCD, têm apresentado resultados limitados na redução da infestação pelo mosquito em grande parte do território nacional, o que tem contribuído para o aumento dos casos de dengue, chikungunya e Zika.

Para que uma tecnologia seja considerada apropriada para o controle vetorial, ela deve ser eficaz e segura, permitir aplicação ampla em tempo oportuno, ser compatível com as práticas já adotadas, ter custos viáveis para implementação e manutenção contínua, apresentar sustentabilidade a longo prazo e gerar o menor impacto possível ao meio ambiente e à saúde da população [28].

*Tabela 1 – Estratégias tecnológicas para o controle de Aedes aegypti: funcionamento, benefícios e desafios*

Categoria	Forma de Controle	Mecanismo	Principais Vantagens	Principais Desafios	Referência
Mapeamento e	Mapeamento	Ações	Integração com	Depende da	Who, 2022;

<b>Categoria</b>	<b>Forma de Controle</b>	<b>Mecanismo</b>	<b>Principais Vantagens</b>	<b>Principais Desafios</b>	<b>Referência</b>
<b>Monitoramento</b>	de risco	específicas baseadas em análise geoespacial de risco	outras tecnologias; Otimiza alocação de recursos.	qualidade dos dados; Integração complexa de fontes de dados.	MS Brasil, 2023
<b>Métodos Biológicos</b>	Compostos naturais	Uso de extratos vegetais com efeito larvicida	Alternativa segura aos inseticidas sintéticos; Menor impacto ambiental.	Falta de padronização; Necessidade de validação científica ampla.	Sousa et al., 2022; Silva et al., 2023
	<i>Wolbachia</i>	Bactéria que impede a transmissão de arbovírus ao colonizar mosquitos	Método autossustentável; Sem uso de químicos tradicionais.	Sucesso dependente de fatores ambientais; Protocolos de soltura ainda em padronização.	Moreira et al., 2022; Who, 2023
<b>Disseminação Controlada</b>	Mosquitos dispersores de larvicida	Mosquitos liberam larvicidas em criadouros ocultos	Alcança criadouros inacessíveis; Reduz esforço manual.	Potencial para seleção de resistência; Requer formulações específicas.	Devine et al., 2022; MS Brasil, 2023
<b>Controle Químico Localizado</b>	Dispositivos impregnados com inseticidas	Liberação lenta de inseticidas dentro de ambientes	Alta eficácia em ambientes fechados; Praticidade de uso.	Substituição periódica; Risco de resistência.	Achee et al., 2015; Who, 2022
<b>Controle Genético</b>	Mosquitos transgênicos	Introdução de genes letais ou bloqueadores de transmissão	-Redução da população de vetores; Sem necessidade de inseticidas.	Alta dependência de produção contínua; Necessidade de sexagem eficaz.	Carvalho et al., 2022; Oxitec, 2022
<b>Barreiras Físicas com Agentes Químicos</b>	Roupas impregnadas com inseticida	Proteção pessoal contra picadas de mosquitos	Prolonga proteção individual; Alternativa segura para gestantes.	Contato químico prolongado; Aderência limitada em longo prazo.	CDC, 2022; Who, 2022
	Telas	Barreira física	Proteção	Custo elevado;	Who, 2023;

<b>Categoria</b>	<b>Forma de Controle</b>	<b>Mecanismo</b>	<b>Principais Vantagens</b>	<b>Principais Desafios</b>	<b>Referência</b>
	impregnadas com inseticida	combinada com ação inseticida	doméstica sustentável; Reduz uso de sprays.	Necessidade de manutenção constante.	Ministério da Saúde, 2022
<b>Mobilização Comunitária</b>	Abordagem social	Engajamento comunitário para remoção de criadouros	- Sustentabilidade a longo prazo; Reduz dependência de químicos.	Requer educação e mobilização permanentes; Resultados graduais.	MS Brasil, 2023; OPAS, 2022

**Fonte:** Autor

#### 4. CONCLUSÃO

A combinação de diferentes estratégias de controle vetorial que sejam compatíveis e eficazes, levando em conta as tecnologias disponíveis e as particularidades regionais, mostra-se uma alternativa viável para reduzir a infestação de mosquitos e a incidência das arboviroses por eles transmitidas. Isso se deve ao fato de não existir, no contexto brasileiro, uma solução única e definitiva para o controle do *Aedes aegypti*.

Sob a perspectiva do planejamento estratégico e contínuo, ganham destaque em nível nacional os estudos de revisão da evidência científica e as avaliações econômicas abrangentes, que têm como objetivo identificar ações integradas de controle vetorial viáveis, associadas às inovações tecnológicas, além de valorizar a atuação coordenada entre diferentes setores da sociedade. Essas revisões são fundamentais para orientar e aprimorar as medidas adotadas nos programas já existentes de vigilância em saúde, especialmente diante do cenário recorrente de epidemias de dengue, zika e chikungunya.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa, fundamentais para a realização deste trabalho. Estendo meus agradecimentos à Universidade Federal do Maranhão (UFMA), pela excelência na formação acadêmica, pelo suporte institucional e pelas oportunidades de desenvolvimento científico e profissional proporcionadas ao longo desta jornada.

#### REFERÊNCIAS

1. Girard M, et al. Arbovírus: uma ameaça global à saúde pública. *Vacina*;38: 3989–3994.2020
2. Almeida LS, et al. Saneamento, Arboviroses e Determinantes Ambientais: impactos na saúde urbana. *Ciência & Saúde Coletiva*, 25: 3857-3868. 2020
3. Tajudeen YA, et al. Enfrentando a ameaça global à saúde dos arbovírus: uma avaliação das três abordagens holísticas para a saúde. *Promoção de Saúde.Perspectiva*,11:371–381; 2021
4. Sousa SSS et al. Características clínicas e epidemiológicas das arboviroses epidêmicas no Brasil: Dengue, Chikungunya e Zika. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, v. 23, n. 7, p. e13518, 31 jul. 2023

5. Luz, TRSA et al. Essential oils and their chemical constituents against *Aedes aegypti* L.(Diptera: Culicidae) larvae. *Acta Tropica*, v. 212, p. 105705, 2020.
6. Rossi, EM.et al. Métodos de controle do *Aedes Aegypti* e das doenças associadas: conhecimento da população de São Miguel do Oeste – SC **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 6, p. 55087–55099, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n6-084.
7. Christophers SR. *Aedes aegypti* (L.): the yellow fever mosquito: its life history, bionomics and structure [Internet]. London: Cambridge University Press; 1960 [cited 2016 Feb 28]. 750 p
8. Kraemer MUG, et al. The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* [Internet]. *Elife*. 2015 jun;4:e08347
9. Consoli RAGB, OLIVEIRA RL. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil [Internet]. Rio de Janeiro: FioCruz; 1994 [citado 2016 mar 03]. 228 p
10. Brasil, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Monitoramento dos casos de dengue, febre de chikungunya e febre pelo vírus Zika. 2024;
11. Spletzer, AG et al. Plantas com potencial inseticida: enfoque em espécies amazônicas. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v. 31, n. 2, p. 974-997, 2021. DOI 10.5902/1980509832244
12. Achee, NL et al. Spatial repellents: from discovery and development to evidence-based validation. *Malaria Journal*, v. 14, n. 1, p. 1-9, 2015
13. Marques, CS. Mecanismos moleculares da resistência a inseticidas químicos na população de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) da cidade do Funchal, Ilha da Madeira. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Biomédicas). Instituto de Higiene e Medicina Tropical, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2020.
14. Figueiredo, BK. Caracterização química dos óleos essenciais de *Lavandula angustifolia* e *Lavandula dentata*, ensaios “in vitro” e aplicação em nanoemulsões. 2019.
15. Pereira AS, Shitsuka DM, Parreira FJ, Shitsuka R. Metodologia da Pesquisa Científica. [e-book]. Ed. UAB/NTE/UFMS. Santa Maria/RS. 2018
16. Braga IA, VALLE D. *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. **Epidemiol Serv Saude**.16(2):113–8, 2007
17. Brasil, Ministério da saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Diretrizes nacionais para a prevenção e controle de epidemias de dengue. Brasília: Ministério da Saúde; (Série A. Normas e Manuais Técnicos.). 2009
18. Zara, ALSA et al. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. **Epidemiol. Serv. Saude**, Brasília, 25(2):391-404, abr-jun 2016
19. Figueiró AC et al. Análise da lógica de intervenção do Programa Nacional de Controle da Dengue. **Rev Bras Saude Matern Infant.**;10 Supl 1:S93–106. 2010
20. Brasil, Ministério da saúde; Fundação Nacional de Saúde. Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD). Brasília: Ministério da Saúde; 32 p. 2002
21. World health organization (WHO). Chemical methods for the control of vectors and pests of public health importance [Internet]. Geneve: World Health Organization; 1997
22. Manrique-saide P et al. Use of insecticide-treated house screens to reduce infestations of dengue virus vectors, Mexico. *Emerg Infect Dis* 2015 fev;21(2):308–11
23. Serejo, APM et al. Alternativas genéticas no controle das arboviroses: revisão sistemática. **Observatório de La economía Latinoamericana**, [S. l.], v. 22, n. 5, p. e4452, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n5-008
24. Brasil, Ministério da saúde; Fundação Nacional de Saúde. Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD). Brasília: Ministério da Saúde; 32 p. 2002
25. Brasil, Ministério da saúde; Fundação Nacional de Saúde. Dengue: instruções para pessoal de combate ao vetor: manual de normas técnicas [Internet]. 3 ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, Ministério da Saúde; 2001
26. Santos, ABS et al. Óleos essenciais de *Cinnamomum zeylanicum* Blume e *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng como agentes larvicidas frente as larvas do *Aedes aegypti*. **Brazilian Journal of Development**, Paraná, v. 6, n. 4, p. 22355-22369, 2020.
27. Angotti, AA et al. Revisão sistemática rápida: Efetividade da estratégia *Wolbachia* para enfrentamento às arboviroses. **Rev Panam Salud Publica**.48:e98; 2024. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2024.98>
28. Barros FB. Potencial inseticida das sementes como alternativa ao controle sustentável do *aedes aegypti* l. (diptera: culicidae). 2021
29. Neto, TSC et al. Levantamento de potenciais criadouros de *Aedes aegypti* no Campus do Itaperi da Universidade Estadual do Ceará. **Revista da Medicina Veterinária (UFRPE)**, v. 13, n. 1, p. 43-48, 2019.

## 4.2 Capítulo 2

**POTENCIAL DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Alpinia zerumbet* (Pers.) B.L. Burtt & R.M. Sm. (ZINGIBERACEAE) NO CONTROLE DE *Aedes Aegypti* L.: ABORDAGENS BOTÂNICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS**

Artigo a ser submetido ao **Brazilian Journal of Pharmacognosy**

(ISSN: 1981-528X)

**POTENCIAL DO ÓLEO ESSENCIAL DE *Alpinia zerumbet* (Pers.) B.L. Burtt & R.M. Sm. (ZINGIBERACEAE) NO CONTROLE DE *Aedes aegypti* L.: ABORDAGENS BOTÂNICAS, QUÍMICAS E BIOLÓGICAS**

<sup>1</sup>Johney Adrian Rodrigues Nascimento Oliveira, <sup>1</sup>Renara Fabiane Ribeiro Correa, <sup>1</sup>Mayra Fernanda Froes, <sup>2</sup>Eliana Chaves Ribeiro, <sup>3</sup>Wilany Chagas Cardoso Esposito, <sup>4</sup>Tássio Rômulo Silva Araujo do Amaral, <sup>5</sup>Denise Fernandes Coutinho

<sup>1</sup>Mestrando em Saúde e Ambiente, Universidade Federal do Maranhão 65080-805, São Luís - MA, Brasil

<sup>2</sup>Mestra em Biociências aplicadas à saúde, Universidade Ceuma, 65075-120, São Luís - MA, Brasil

<sup>3</sup>Mestra em Ciência Animal, Universidade Estadual do Maranhão, 65055-310, São Luís - MA, Brasil

<sup>4</sup>Doutor em Ciências da Saúde, Instituto Federal do Tocantins, 77826-170Araguaína - TO, Brasil

<sup>5</sup>Doutora em Produtos Naturais e Sintéticos e Bioativos, Universidade Federal da Paraíba 58051-900, João Pessoa – PB, Brasil

## RESUMO

O aumento expressivo de arboviroses como dengue, zika e chikungunya tem impulsionado a busca por alternativas sustentáveis no controle do vetor *Aedes aegypti*. Neste estudo, investigou-se o potencial larvicida e citotóxico do óleo essencial (OE) extraído das folhas de *Alpinia zerumbet* (Zingiberaceae), uma planta medicinal de uso tradicional no Brasil. As folhas foram coletadas em São Luís-MA e submetidas a processos de secagem, trituração e extração por hidrodestilação. A composição química do OE foi determinada por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM), identificando 45 compostos, com predominância de monoterpenos como p-cimeno (17,42%), 4-terpineol (14,25%) e 1,8-cineol (10,52%). A atividade larvicida foi avaliada contra larvas de *A. aegypti*, revelando uma CL<sub>50</sub> de 50,80 µg·mL<sup>-1</sup>. A toxicidade foi analisada com o teste de *Artemia salina*, apresentando CL<sub>50</sub> de 293,11 µg·mL<sup>-1</sup>, sendo classificado como atóxico. As análises morfoanatômicas da planta reforçaram sua autenticidade botânica. Os resultados indicam que o OE de *A. zerumbet* apresenta promissora ação larvicida com baixa toxicidade ambiental, sendo uma alternativa viável e ecologicamente segura para o controle do vetor. A variação química observada em diferentes estudos destaca a influência de fatores ambientais na composição do óleo, sugerindo a necessidade de padronização para aplicações em saúde pública.

**Palavras-chave:** *Aedes aegypti*; *Alpinia zerumbet*; Arboviroses; Controle biológico; Óleos essenciais

## ABSTRACT

The significant increase in arboviral diseases such as dengue, Zika, and chikungunya has intensified the search for sustainable alternatives to control the *Aedes aegypti* mosquito. This study investigated the larvicidal and cytotoxic potential of the essential oil (EO) extracted from the leaves of *Alpinia zerumbet* (Zingiberaceae), a medicinal plant traditionally used in

Brazil. Leaves were collected in São Luís, Maranhão, and subjected to drying, grinding, and hydrodistillation for oil extraction. The chemical composition of the EO was determined by gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS), identifying 45 compounds, mainly monoterpenes such as p-cymene (17,42%), 4-terpineol (14,25%), and 1,8-cineole (10,52%). Larvicidal activity was evaluated against *A. aegypti* larvae, revealing an LC<sub>50</sub> of 50.80 µg·mL<sup>-1</sup>. Toxicity was assessed using the *Artemia salina* bioassay, yielding an LC<sub>50</sub> of 293.11 µg·mL<sup>-1</sup>, classifying the EO as non-toxic. Morphoanatomical analyses confirmed the botanical identity of the species. The findings suggest that *A. zerumbet* essential oil demonstrates promising larvicidal efficacy with low environmental toxicity, supporting its potential as an ecologically safe alternative for mosquito control. The observed chemical variation across studies reinforces the influence of environmental factors on oil composition, highlighting the need for standardization in public health applications.

**Keywords:** *Aedes aegypti*; *Alpinia zerumbet*; Arboviruses; Biological control; Essential oils

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a crescente incidência de enfermidades veiculadas por culicídeos tem se consolidado como uma das principais ameaças à saúde pública global, refletindo-se em um desafio contínuo para os sistemas de vigilância e controle epidemiológico (Senthil nathan, 2020). Tal avanço epidemiológico repercute negativamente tanto no âmbito clínico quanto econômico, ampliando as fragilidades já existentes nos serviços de saúde e contribuindo para a emergência e propagação de epidemias, sobretudo em contextos de infraestrutura precária (Tajudeen.,2021).

Esse cenário é resultado de rápidas alterações climáticas ou ambientais, da ocupação desordenada das zonas urbanas e das precárias condições de saneamento, que criam um ambiente propício para a disseminação e transmissão viral dessas doenças. Assim, o controle das enfermidades transmitidas por mosquitos torna-se um desafio crucial para a saúde pública (Almeida *et al.*,2020; Luz *et al.*, 2020).

Além da dengue, o *A. aegypti* destaca-se como o principal vetor de outras duas importantes arboviroses: o vírus zika e o vírus Chikungunya. O vírus zika foi identificado pela primeira vez em 1947, em macacos da floresta de zika, em Uganda, no continente africano, tendo o *A. aegypti* como principal agente transmissor. As manifestações clínicas da infecção incluem mialgia, artralgia com inchaço, febre de baixa intensidade, exantema e prurido cutâneo generalizado (Masmajan *et al.*, 2020).

O saber cultural acumulado ao longo dos séculos tem contribuído significativamente para a difusão de práticas terapêuticas fundamentadas no uso de plantas medicinais. Além de exercerem papel central nas medicinas tradicionais, essas espécies vegetais têm desempenhado um papel estratégico no avanço da pesquisa farmacêutica, influenciando diretamente o desenvolvimento de novos fármacos (Matos *et al.*, 2024). Seus

compostos bioativos são amplamente explorados em investigações científicas, seja de forma direta, seja como modelos estruturais para a síntese de derivados sintéticos e semissintéticos. Estimativas indicam que aproximadamente 80% da população mundial recorre a terapias baseadas em plantas medicinais, sustentadas principalmente no conhecimento popular tradicional (Oliveira *et al.*, 2021).

Nesse contexto, os óleos essenciais se destacam como produtos naturais de grande relevância terapêutica. São sintetizados e armazenados em estruturas secretoras presentes em todos os órgãos da planta. Sua composição pode variar dependendo da região onde a planta se desenvolve. Altamente complexos em sua composição química, os óleos essenciais podem apresentar de 20 - 200 componentes distintos (Marques, 2020). E a atividade biológica, normalmente, pode estar relacionada ao sinergismo ou ao seu componente majoritário (Santos *et al.*, 2020).

Entre as plantas medicinais produtoras de óleos essenciais (OE), destaca-se *Alpinia zerumbet* (Pers.) B.L. Burtt & R.M. Sm., espécie pertencente à família Zingiberaceae e originária da Ásia. Na literatura científica, essa planta é frequentemente referida por diferentes sinônimos botânicos, incluindo *Alpinia speciosa* K. Shum, *Costus zerumbet* Pers., *Languas speciosa* Small e *Zerumbet speciosum* J.C. Wendel (Moreira *et al.*, 2020; Nishidono; Tanaka, 2024). Popularmente conhecida como colônia, é amplamente encontrada na região Nordeste do Brasil, sendo tradicionalmente utilizada por suas propriedades anti-hipertensiva, diurética e febrífuga (Carrujo *et al.*, 2024)

Do ponto de vista fitoquímico, *A. zerumbet* apresenta classes de compostos como alcaloides e flavonoides, sendo seus óleos essenciais predominantemente compostos por monoterpenos, com destaque para o 1,8-cineol e o terpinen-4-ol como principais constituintes. Diversos estudos têm demonstrado a significativa atividade antimicrobiana desses componentes (Nishidono; Tanaka, 2024)

Dessa forma, torna-se essencial desenvolver alternativas ecologicamente sustentáveis, utilizando materiais vegetais biologicamente ativos com potencial larvicida, que reduzam o acúmulo de resíduos prejudiciais a organismos não-alvo e ao meio ambiente, devido à sua capacidade de biodegradação natural (Marques, 2020). Assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o potencial larvicida do óleo essencial (OE) extraído da espécie *Alpinia zerumbet* (Pers.) B.L. Burtt & R.M. Sm. contra larvas do mosquito *Aedes aegypti* L., bem como, caracterizar a sua composição química e avaliar sua segurança frente organismo não alvo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

## **2.1 Obtenção do material vegetal e identificação botânica**

As folhas de *A. zerumbet* (jardineira, colônia), foram coletadas no município de São Luís, Maranhão, Brasil, nas seguintes coordenadas: [lat: -2.529720 long: -44.302799 err: ±33693 WGS84] durante as primeiras horas da manhã de 23/08/2023. Ramos floridos foram utilizados para preparação da exsicata e realizar sua confirmação botânica; A exsicata foi registrada no Herbário do Maranhão – UFMA (MAR) sob o N° de tomo 15065. Logo após a coleta, as folhas foram transportadas para o Laboratório de Farmacognosia II do Departamento de Farmácia - UFMA, onde as folhas foram submetidas a secagem à temperatura ambiente e a estufa até 45°C. Após secas foram pulverizadas em moinhos de facas para obtenção de pó grosso (Brasil, 2019).

## **2.2 Estudo morfoanatômico**

As folhas da espécie em estudo foram submetidas a análise morfológica e anatômica para determinação de parâmetros de autenticidade, essenciais para a avaliação de controle da qualidade desses materiais.

Para a descrição morfológica (macroscópico) foram analisadas características de forma, consistência, cor, tamanho, ápice, base, nervação e margem. Para análise anatômica (microscópica), foram realizados cortes paradérmicos e transversais nas regiões intermediárias das lâminas foliares, estes foram descorados com solução de hipoclorito de sódio, depois lavados, corados com azul de metileno e/ou fucsina básica e montados. As lâminas foram analisadas em microscópio óptico e registrados por micrografia (Brasil, 2019)

## **2.3 Obtenção do óleo essencial (OE)**

Para extração do OE, foi utilizada a técnica de hidrodestilação com um extrator de Clevenger utilizando uma proporção planta;água de 1:10 durante 4 horas. Após esse período, o óleo essencial foi separado por centrifugação e seco com sulfato de sódio anidro (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Este foi acondicionado em frasco de cor âmbar e mantido em geladeira a 4°C. ). O rendimento OE foi expresso em porcentagem na relação massa/volume pela medida de densidade descrita pela quarta edição da Farmacopeia Brasileira (2019).

## **2.4 Análise Química do Óleo essencial**

Para a caracterização da composição química, o óleo foi analisado por Cromatografia de fase gasosa acoplada a Espectrometria de Massas (CG-EM) em sistema Shimadzu QP 2010 ultra com a injeção de 1 µl de solução 3:500 de óleo em hexano (Auto injetor AOC-20i), foi usado uma coluna capilar de sílica Rtx-5MS (Restek, EUA) de 30 m de comprimento x 0,25 mm de diâmetro interno revestido com 5%-difênil/95%-dimetilpolisiloxano (0,25 µm de espessura do filme).

A temperatura do forno do CG foi programada de 60°C a 240°C (10 min) a 3°C/min, as temperaturas do injetor (split 1:20), linha de transferência e câmara de ionização foram de 250, 250 e 200°C, respectivamente. Hélio foi usado como gás de arraste a com fluxo de 1mL/min. Os espectros de massas foram obtidos por impacto eletrônico a 70 eV com scans automáticos (varredura) na faixa de 35 a 400 daltons a 0,30 scans/s.

A identificação dos componentes foi baseada no tempo e índice de retenção linear (série de *n*-alcanos C8-C40), na interpretação e comparação dos espectros de massas obtidos com as bibliotecas Adams 2006, Nist 2011 e FFNSC 2.

## **2.5 Avaliação de atividade larvicida frente *Aedes aegypti***

A captura dos ovos do *A. aegypti* ocorreu por meio de armadilhas denominadas ovitrampa utilizando paletas de Eucatex de tamanho 15 x 4 cm e vasos plásticos pretos de 15 cm de diâmetro por 15 de profundidade em bairros da cidade de São Luís/MA com alta incidência de arboviroses (Dias; Moraes, 2014, Luz *et al.*, 2020b; Luz *et al.*, 2022). Em laboratório, as placas contendo os ovos, foram submersas em recipiente contendo água mineral a temperatura ambiente A identificação da espécie foi realizada conforme a metodologia previamente descrita por Forattini (1962). Após 24 a 48h, os ovos eclodiram e as larvas obtidas foram alimentadas com ração de gato conforme a metodologia de Luz (2020b) até atingirem o terceiro estágio, fase em que foram feitos os experimentos.

Com as larvas desenvolvidas, os ensaios de avaliação da atividade larvicida foram conduzidos conforme a metodologia adaptada proposta por Who (2005). Foram preparadas soluções de óleo essencial e Dimetilsulfoxido (DMSO) 2 nas concentrações 25, 50, 75, 100, 150 e 200 mg/L. A cada concentração serão adicionadas 08 larvas na proporção 1 ml por larva, totalizando 8 ml.

Todos os testes foram realizados em triplicata e como controle negativo foi utilizado uma solução formada de DMSO 2%, e como controle positivo, uma solução de temefós (O,O,O',O'-tetrametil O,O'-tiodi-p-fenileno bis (fosforotioato) a 1,0 mg/L, equivalente a concentração utilizada pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) para o controle larvicida do vetor, além do Novaluron ((RS)-1-[3-chloro-4-(1,1,2-trifluoro-2-

trifluoro methoxyethoxy) phenyl] 3-(2,6-difluoro benzoyl) urea) a 0,02 mg/L, dose adotada pelo ministério da Saúde. Após 24 horas foi realizado contagem de vivas e mortas, sendo consideradas mortas, as larvas que não reagiram ao toque após 24 horas do início do experimento. Para quantificação da eficiência do óleo essencial foi aplicado o teste estatístico de Probit. A análise estatística para o ensaio de toxicidade e atividade larvicida ocorreu de acordo com o método de Reed & Muench (1938).

## 2.6 Teste de citotoxicidade

Para a avaliação de citotoxicidade, foi realizado o teste de *Artemia salina* Leach, utilizando a metodologia descrita por Meyer *et al.* (1982). Inicialmente, foi preparada solução salina estoque dos óleos essenciais na concentração de 10.000 mg/L e 0,02 mL de DMSO 2%. Aliquotas de 5, 50 e 500 µL desta foram transferidas para tubos de ensaio e completados com solução salina já preparadas anteriormente até 5 mL, obtendo-se no final concentrações de 10, 100 e 1000 mg/L, respectivamente. Todos os ensaios foram realizados em triplicatas, onde dez larvas na fase náuplio foram transferidas para cada um dos tubos de ensaio.

Para o controle positivo foi utilizada solução de  $K_2Cr_2O_7$  e para o controle negativo 5 mL de uma solução DMSO 2%. Após 24 horas de exposição, foi realizada a contagem das larvas vivas, considerando-se mortas aquelas que não se movimentaram durante a observação e nem com a leve agitação do frasco. A Concentração Letal 50% ( $CL_{50}$ ) para o óleo essencial foi calculada por regressão linear,

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Análise morfoanatômico das folhas de *Alpinia zerumbet*

As principais características morfológicas da *Alpinia zerumbet* é que são herbáceas, perene, podendo atingir 2,5m em altura, rizomatosa, com caule aéreo curto, as folhas são curto-pecioladas, com longa bainha aberta e lígula desenvolvida, também lanceoladas em disposição dística (Figura 1) pubescentes nos bordos, de base aguda e ápice cuspidado. Um pseudo-caule é originado a partir da sobreposição das bainhas.

Em lâmina foliar, a vista frontal apresentou formato poligonal para ambas as faces as células, com parede celular reta e espessa (Figura 2, 3 e 4), obtendo um tamanho menor e um contorno arqueado em relação a direção das nervuras. Possuem também células de tamanho menor e formato arredondado em comparação as

demais células epidérmicas estão presente corpúsculo silicoso de forma arredondada, além de encontrar nas células subsidiárias dos estômatos gotículas de óleo (Figura 2, 3 e 4).

A epiderme, em secção transversal é uniestratificada revestida por uma cutícula densa e lisa, parede espessa anticlinal e periclinal externa. As células da face abaxial são arredondadas enquanto as da face adaxial assumem formato retangular.

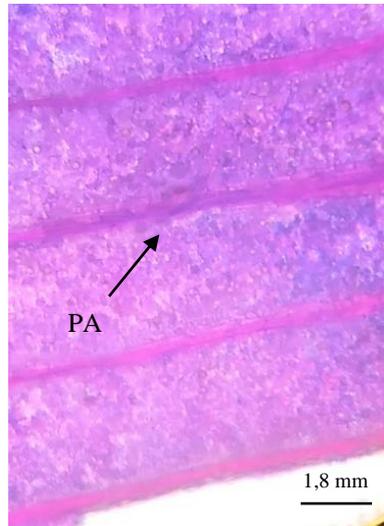
Encontra se presentes na face adaxial tricomas tectores em região da nervura mediana de folhas adultas, entretanto, os tricomas estão presentes no ápice delas em ambas as faces sendo que na face abaxial a quantidade é maior.

**Figura 1**– Espécie *Alpinia zerumbet* no local da coleta (Bairro São Francisco)



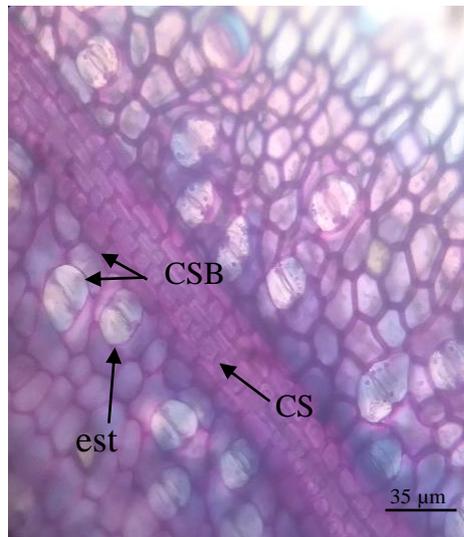
**Fonte:** Autor

**Figura 2-** Corte paradérmico das folhas da *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burt & R. M. Sm. Pa- parede celular. Objetiva de 10x. Análise Microscópica



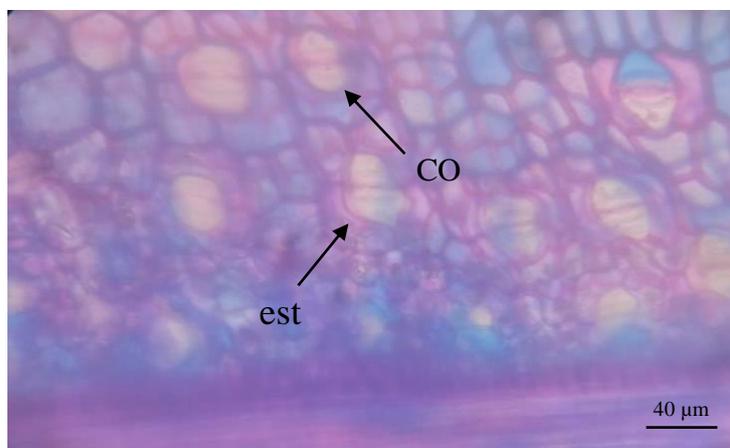
**Fonte:** Autor

**Figura 3** - Corte paradérmico das folhas da *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burt & R. M. Sm. Face adaxial: cs – corpúsculo silicoso; csb – células subsidiárias; est – estômato. Objetiva de 100x. Análise Microscópica



**Fonte:** Autor

**Figura 4** - Corte paradérmico das folhas da *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burt & R. M. Sm. Face abaxial: co – célula oleífera; est – estômato. Objetiva de 40x. Análise Microscópica



**Fonte:** Autor

A organização do mesofilo possui dorsiventral, constituído por três ou quatro estratos de parênquima lacunoso e um estrato de parênquima paliçádico, os quais por meio de um estrato células coletoras se comunicam. Encontram-se células oleíferas e cristais prismáticos de oxalato de cálcio por todo o mesofilo. Já os feixes vasculares do tipo colateral encontram-se circundados por bainha parenquimática com prolongamento de natureza esclerenquimática. A comunicação que ocorre das células do parênquima lacunoso com a bainha parenquimática do feixe dispõe-se radialmente, parecendo a uma coroa

O sistema vascular da nervura organizar-se em três níveis. Feixes de pequeno porte que estão relacionados à face adaxial e envolvidos por bainha esclerenquimática. Guarnecidos por casquetes de fibras, os feixes de médio porte em relação à porção xilemática são mais volumosos, encontra-se ao nível mediano do parênquima fundamental posicionados, enquanto acham-se relacionados à face abaxial os feixes mais calibrosos, apresentando também guarnecidos por casquetes de fibras, entretanto, maior desenvolvidos em relação ao floema.

A região mediana do pecíolo mostra secção transversal plano-convexa, na face adaxial observa-se projeção mais ou menos destacado dos bordos. As células epidérmicas, apresentam forma retangular, na face adaxial, em secção transversal, com paredes consistentes, em grau superior as anticlinais e periclinais internas. O revestimento das células nas porções laterais e abaxial do pecíolo podem, porém, demonstra em todas as paredes celulares um espessamento uniforme

No rizoma, a epiderme é uniestratificada em secção transversal revestida por cutícula grossa com parede periclinal externa e anticlinal densas. Possuindo córtex amplo, formado por células de formato isodiamétrico parenquimáticas com parede celular densa, com presença de diversos grãos de amido simples e idioblastos consequentemente conteúdo amarelado sem morfologia estando dispostos de forma irregular os feixes vasculares

No estudo de Oliveira *et al.* (2020), *A. zerumbet* foi caracterizada por apresentar folhas diferenciadas em lâmina, ser uma planta rizomatosa com pecíolo curto, lígula e bainha características também encontradas no presente estudo. São organização histológica homogênea na maioria das lâminas das monocotiledôneas do mesofilo, dessa maneira reforçando a origem peciolar da estrutura. Entretanto *A. zerumbet*, possui organização dorsiventral, característico das lâminas das dicotiledôneas e podendo ser explicada aqui em relação ao posicionamento das folhas

### 3.2 Análise Química do Óleo essencial

Observou-se que o rendimento médio obtido para o OE de *Alpinia zerumbet* foi de 0,67% , valor inferior ao reportado por Rezende *et al.* (2011), que indicaram um rendimento de 0,74%. A densidade do OE nesta análise foi estimada em 0,69 g·mL<sup>-1</sup>, sendo também inferior à registrada por Cunha *et al.* (2012), de 0,88 g·mL<sup>-1</sup>. Adicionalmente, Rezende *et al.* (2006) relataram variações no rendimento do OE dessa espécie entre 0,69% e 0,77%. De acordo com Barcelos *et al.* (2010), o OE obtido de folhas secas de *A. zerumbet* apresenta coloração amarelada e odor amadeirado refrescante característico. O rendimento obtido por esses autores foi de 0,25 ± 0,03% (m/m), corroborando os dados encontrados neste estudo e evidenciando a proximidade dos resultados mesmo diante de possíveis variações em condições ambientais, metodológicas e de coleta.

As análises de CG-EM/DIC do OE das folhas de *A. zerumbet* permitiram a identificação de 45 compostos voláteis, correspondendo a aproximadamente 87,44% da constituição química, em termos de área relativa dos picos (Tabela 1).

**Tabela 1.** Percentagem dos constituintes químicos do óleo essencial de *Alpinia zerumbet*

Pico	Componente	IR <sub>C</sub>	F.M	Área relativa (%)
1	α-tujeno	925	C10H16	2,82
2	α-pineno	932	C10H16	1,3
3	Canfeno	947	C10H16	0,16
4	Sabinene	972	C10H16	2,77
5	β-pineno	976	C10H16	1,46
6	Mirceno	989	C10H16	0,57
7	p-cimeno	1024	C10H14	17,42

8	Limoneno	1027	C10H16	2,7
9	1,8-cineol	1030	C10H18O	10,52
10	Cis-hidrato de sabineno	1064	C10H18O	1,86
11	Óxido de cis-linalol (furano)	1069	C10H18O2	0,13
12	Trans-hidrato de sabineno	1097	C10H18O	1,87
13	Linalol	1098	C10H18O	1,16
14	Cis-p-ment-2-en-1-ol	1119	C10H18O	1,44
15	Trans-p-ment-2-en-1-ol	1137	C10H18O	0,87
16	E- epóxido de ocimeno	1143	C10H16O	0,46
17	Isoborneol	1164	C10H18O	0,33
18	4-terpineol	1177	C10H18O	14,25
19	p-Cimen-8-ol	1183	C10H14O	0,77
20	$\alpha$ -terpineol	1189	C10H18O	2,35
21	Ascaridol	1236	C10H16O2	0,55
22	Trans-Ascaridolglicol	1266	C10H18O2	0,38
23	p-Cimen-7-ol	1288	C10H14O	0,25
24	Carvacrol	1300	C10H14O	0,43
25	Isoascaridol	1302	C10H16O2	0,31
26	E- Cariofileno	1418	C15H24	0,94
27	$\alpha$ - trans-Bergamotene	1434	C15H24	0,23
28	6,9-Guaiadieno	1441	C15H24	0,17
29	$\alpha$ -Humuleno	1452	C15H24	0,19
30	Aristolochene	1483	C15H24	0,33
31	Viridifloreño	1491	C15H24	0,14
32	4-epi-cis-di-hidroagarofurano	1497	C15H26O	0,57
33	$\beta$ -Bisabolene	1507	C15H24	0,19
34	$\gamma$ -Cadineno	1512	C15H24	1,09
35	Elemol	1547	C15H26O	0,12
36	E- Nerolidol	1562	C15H26O	1,11
37	Óxido de cariofileno	1582	C15H24	8,9
38	Epóxido de humuleno II	1607	C15H24O	1,29
39	$\gamma$ -Eudesmol	1630	C15H26O	0,85
40	Cariofila-4(12),8(13)-dien-5-ol	1634	C15H24O	0,48
41	Hinesol	1637	C15H26O	0,14
42	$\beta$ -Eudesmol	1648	C15H26O	1,04
43	Cariofileno, 14-hidroxi	1656	C15H24O	0,34
44	14-Hidroxi-9-epi-(E)-cariofileno	1669	C15H24O	0,61
45	Fitoeno	1843	C40H64	0,24
	Monoterpenos oxigenados			29,20%
	Monoterpenos hidrocarbonetos			35,31%

Sesquiterpenos oxigenados	3,28%
Sesquiterpenos hidrocarbonetos	15,45%
N. I	12,56%
Rendimento	100%

**IR<sub>C</sub>**: Índice de retenção calculado

**F.M**: Forma molecular

**N. I**: Não Identificados

**Fonte**: Autor

O OE de *A. zerumbet* foi constituído basicamente por 25 monoterpenos, sendo p-cimeno (17,42%), 4-terpineol (14,25%) e 1,8-cineol (10,52%) os constituintes majoritários, além de 19 sesquiterpenos, enquanto 1 composto foi classificado como diterpenoide (fitoeno) Além dos compostos caracterizados, o óleo essencial apresentou 12,56% de frações não identificadas, que podem corresponder a traços de substâncias em baixas concentrações ou a componentes cuja estrutura não pôde ser elucidada por CG-EM Segundo dados da literatura, 1,8-cineol e 4-terpineol são comumente os principais componentes do óleo essencial dessa planta, resultados similares foram encontrados por Castro *et al.* (2016) sendo os constituintes majoritários p-cimeno (32,72%), 1,8-cineol (24,05%) e 4-terpineol (20,23%), além de 2 sesquiterpenos., enquanto p-cimeno, em teores significativos, também foi detectado resultado semelhante encontrado por Murakami *et al.*, (2009) em espécies cultivadas na ilha de Okinawa, Japão. Onde a análise do óleo essencial identificou 17 compostos. Mostrou a presença predominante de constituintes monoterpênicos, representando 95% do óleo essencial. p-cimeno foi o composto mais abundante semelhante ao estudo, seguido por 1,8-cineol, terpinen-4-ol, alfa-pineno, beta-pineno e limoneno. A quantidade de conteúdo sesquiterpênico do óleo essencial foi pequena, representada principalmente por beta-cariofileno e alfa-cariofileno.

Monoterpenos oxigenados são indicados como os principais responsáveis pela atividade antimicrobiana de óleos extraídos de *A. zerumbet*. Atribuindo a 4-terpineol e 1,8-cineol a capacidade de inibir vários microorganismos (Victório *et al.*, 2009).

Foram identificados por Rosa *et al.*, (2021) os constituintes p-cimeno (40,15%) e 1,8-cineol (26,70%). Resultados semelhantes desse estudo apresentando o p-cimeno (19,33%), 4-terpineol (15,67%) e 1,8-cineol (12,72%) como maioria, corroborando as análises deste estudo.

No estudo de Morais *et al.*, (2025) a composição do óleo essencial das folhas de *A. zerumbet* do Rio de Janeiro (Sudeste do Brasil) apresentou variações no conteúdo e na composição do que foram encontrados no presente estudo, sendo os principais constituintes identificados os terpinen-7-al (40,5%) e hidrato de sabineno (15,4%); e em período diferente, os principais componentes identificados foram terpinen-4-ol (29,4%) e 1,8-cineol (23,1%), resultados semelhantes, encontrados no estudo. A presença de terpinen-7-al não foi encontrada e

diferenças nas concentrações de compostos principais e compostos secundários são comuns em plantas cultivadas em diferentes condições ambientais.

Secundo o estudo Canuto *et al.*, (2015) os principais constituintes encontrados foram os terpinen-4-ol (23,92%), 1,8-cineol (19,01%),  $\gamma$ -terpineno (16,63%) e sabineno (10,14%), composto semelhantes foram encontrados como terpinen-4-ol (15,67%) e 1,8-cineol (12,72%) em quantidades inferiores. Estudos realizados no estado do Ceará também demonstraram uma composição química semelhante para o óleo essencial de *Alpinia zerumbet* (OEAZ), com coletas realizadas em seis diferentes horários ao longo do dia. Embora a composição qualitativa dos constituintes tenha se mantido estável, observaram-se variações nos rendimentos relativos entre os compostos identificados. Nessa investigação, o sabineno destacou-se como o componente majoritário, apresentando concentrações que oscilaram entre 25,4% e 21,48%. Esses resultados contribuem para um melhor entendimento da composição química da planta, abrindo possibilidades para investigações adicionais sobre as propriedades terapêuticas e potenciais aplicações do óleo essencial de *A. zerumbet* e, especialmente considerando a diversidade e o sinergismo dos compostos presentes.

Na análise de Souza *et al.*, (2025) resultou na identificação de 14 compostos quantidade inferior encontrada no estudo, sendo o Terpineno-4-ol com porcentagem de 27,68% o composto majoritário, resultado semelhante encontrado por Canuto *et al.*, (2015), seguido pelo Eucaliptol com 24,08%, Sabineno (11,99%) e  $\gamma$ -Terpineno(11,33%), Esses resultados indicam uma composição química diversificada, destacando a relevância do Terpineno-4-ol como o principal componente do óleo essencial analisado.

O OEAZ apresentou o componente Terpineno-4-ol como majoritário com 27,68% dos compostos, indo de encontro aos dados encontrados por Mendes *et al.*, (2015) e Moreira *et al.*, (2020) quando também encontraram em seu trabalho o mesmo componente majoritário com 32,9% e 19,23%, respectivamente, diferente dos dados encontrado por Castro *et al.*, (2016) e no presente estudo em que o p-cimeno (19,33%) foi o componente com maior abundância. Tais variações podem ser atribuídas a fatores como diferenças nas condições de cultivo, época de colheita, método de extração e localização geográfica das amostras analisadas.

A predominância de monoterpenos oxigenados (35,31%) e monoterpenos hidrocarbonetos (29,20%) reforça o perfil típico do gênero *Alpinia*, especialmente para a espécie *A. zerumbet*, conforme já reportado por Murakami *et al.* (2009), Castro *et al.* (2016) e Rosa *et al.* (2021). Os sesquiterpenos oxigenados (15,45%) e hidrocarbonetos (3,28%) foram encontrados em menores proporções, com destaque para o óxido de cariofileno (8,9%) e o epóxido de humuleno II (1,29%). A distribuição percentual desses grupos está apresentada na Tabela 1.

Embora variações na composição sejam comuns devido a fatores edafoclimáticos, localização geográfica, época de coleta e parte da planta utilizada, os compostos p-cimeno, 1,8-cineol e terpinen-4-ol são frequentemente descritos como componentes centrais da atividade biológica do OEAZ. Estudos comparativos reforçam esse padrão: Rosa *et al.* (2021) identificaram p-cimeno (40,15%) e 1,8-cineol (26,70%) como majoritários; Canuto *et al.* (2015) relataram terpinen-4-ol (23,92%) e 1,8-cineol (19,01%); enquanto Souza *et al.* (2025) encontrou o terpinen-4-ol como o composto mais abundante (27,68%).

Esses resultados corroboram estudos anteriores com a espécie, indicando certa estabilidade no perfil químico, apesar das possíveis variações sazonais, geográficas e metodológicas. A presença significativa de compostos oxigenados é frequentemente associada à bioatividade de óleos essenciais, incluindo ações larvicida, antibacteriana e antifúngica, atribuídas especialmente ao terpinen-4-ol, 1,8-cineol e ao p-cimeno. Tais compostos, de baixa massa molecular e alta volatilidade, têm potencial para interferir em processos fisiológicos vitais de insetos, atuando na desestruturação da membrana celular, no estresse oxidativo e na modulação do sistema neuromuscular.

Portanto, os achados deste estudo fortalecem o entendimento de que o óleo essencial de *A. zerumbet* é uma fonte natural rica em metabólitos bioativos, com destaque para os monoterpenos oxigenados, que desempenham papel central na eficácia larvicida da espécie frente ao *A. aegypti*.

### 3.3 Atividade larvicida frente *Aedes aegypti*

A atividade larvicida do óleo essencial extraído das folhas de *Alpinia zerumbet* foi avaliada em seis diferentes concentrações: 25, 50, 75, 100, 150 e 200  $\mu\text{g mL}^{-1}$ . O número de larvas de *Aedes aegypti* utilizadas em cada ensaio larvicida foi representado por *n*, totalizando 8 larvas por ensaio.

Os testes para cada concentração foram realizados em duplicatas. O número de larvas vivas e mortas foi determinado a partir da média dos resultados obtidos nas duas repetições para cada uma das seis concentrações testadas.

**Tabela 2:**  $CL_{50}$  do óleo essencial de folhas de *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm frente larvas do *Aedes aegypti* L

Log de Intersecção das curvas	CL <sub>50</sub>
1,61	50,80 $\mu\text{g mL}^{-1}$

**Fonte:** Autor

Conforme apresentado na Tabela 2, o óleo essencial de *Alpinia zerumbet* demonstrou uma CL<sub>50</sub> de 50,80 µg mL<sup>-1</sup>, com intervalo de confiança de 95% entre 38,81 µg·mL<sup>-1</sup> (inferior) e 72,01 µg·mL<sup>-1</sup> (superior) contra as larvas do *Aedes aegypti*, destacando seu potencial como agente larvicida. No entanto, os estudos disponíveis na literatura sobre a atividade larvicida do óleo essencial dessa espécie ainda são limitados e pouco difundidos.

A literatura reforça o potencial larvicida desse óleo essencial Chan *et al.* (2017), ao investigarem a atividade larvicida das sementes do OE de *A. zerumbet*, constataram sua eficácia contra as larvas do mosquito *Aedes aegypti*, com valores de CL<sub>50</sub> de 125 e 87 µg mL<sup>-1</sup>. Já os OE's extraídos das folhas apresentaram CL<sub>50</sub> de 64 e 32 µg mL<sup>-1</sup>. De acordo com Freitas (2010), o óleo essencial de *Alpinia speciosa* demonstrou alto potencial larvicida contra larvas de 3º e 4º estádios de *A. aegypti*, atingindo 100% de mortalidade nas concentrações de 2,5 mL<sup>-1</sup> em 5 minutos e 0,5 mL<sup>-1</sup> em 24 horas. Esses resultados confirmam a eficácia desse OE no combate ao mosquito transmissor da dengue, chikungunya e zika.

Cavalcanti *et al.* (2004) demonstraram a atividade larvicida das folhas e ramos de *A. zerumbet* contra *Aedes aegypti*, com uma CL<sub>50</sub> de 313 ppm. Da mesma forma, Freitas *et al.* (2010) avaliaram a atividade larvicida das folhas secas de *A. speciosa*, registrando uma CL<sub>50</sub> de 0,94 µg mL<sup>-1</sup>.

O potencial tóxico dos óleos essenciais (OEs) e seus compostos contra *Aedes aegypti* pode variar significativamente devido a fatores intrínsecos e extrínsecos. Essa variação está relacionada à espécie vegetal, parte da planta utilizada, tempo de fabricação, quimiotipos e condições geográficas, como estação do ano, precipitação, umidade, temperatura, luz solar e altitude no momento da coleta. Além disso, a origem das larvas e os métodos empregados no estudo também influenciam as respostas larvais observadas (Dias; Moraes, 2014 Luz *et al.*, 2020a; Luz *et al.*, 2020b).

De acordo com a Tabela 3, a concentração de 25 µg mL<sup>-1</sup> do óleo essencial das folhas de *A. zerumbet* apresentou a menor atividade larvicida, matando, em média, uma larva, o que corresponde a 10% de mortalidade. Na concentração de 50 µg mL<sup>-1</sup> apresentou uma mortalidade de 50 %. A partir da concentração de 75 µg mL<sup>-1</sup> do óleo essencial a atividade larvicida começou a crescer e se manteve até a concentração de 100 µg mL<sup>-1</sup>, até provocar a morte de 75% dos indivíduos testados com a concentração de 150 e 200 µg mL<sup>-1</sup>, ou seja, 6 larvas.

A presença de monoterpenos oxigenados, como terpinen-4-ol e 1,8-cineol, é de particular interesse, pois esses compostos estão amplamente associados à atividade larvicida de óleos essenciais. Estudos apontam que o 1,8-cineol exerce efeitos neurotóxicos em larvas, atuando por mecanismos que envolvem a inibição da acetilcolinesterase. O terpinen-4-ol, por sua vez, é descrito como capaz de comprometer a integridade da membrana celular das larvas, provocando desidratação e morte celular por colapso osmótico. Além disso, o p-cimeno, embora menos potente isoladamente, potencializa os efeitos de outros terpenos e contribui com ação sinérgica sobre o sistema nervoso central do vetor.

A eficácia larvicida do OE pode ser atribuída à ação combinada de seus principais compostos, cujos mecanismos envolvem não apenas efeitos neurotóxicos, mas também a modulação do sistema oxidativo das larvas, ruptura de tecidos epiteliais e desorganização dos processos metabólicos. Além disso, o sinergismo entre compostos majoritários e minoritários pode potencializar a bioatividade do óleo, mesmo quando os constituintes não são os mais expressivos em concentração.

Dessa forma, os dados obtidos evidenciam que o óleo essencial de *Alpinia zerumbet* apresenta potencial promissor como agente larvicida natural, com destaque para os efeitos atribuídos a monoterpenos oxigenados, especialmente o terpinen-4-ol e o 1,8-cineol. A associação desses resultados à composição química observada permite concluir que a eficácia larvicida da espécie está fortemente relacionada à sua constituição química, corroborando o uso de óleos essenciais no controle alternativo do *Aedes aegypti*, vetor de arboviroses de grande relevância em saúde pública.

**Tabela 3.** Mortalidade das larvas do *Aedes aegypti* após 24 horas de exposição em várias concentrações do óleo essencial extraído das folhas de *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burt & R. M. Sm

<b>Dose <math>\mu\text{g}</math> mL-1</b>	<b>Mortos</b>	<b>Vivos</b>	<b>Mortalidade (%)</b>
<b>200</b>	6	2	75%
<b>150</b>	6	2	75%
<b>100</b>	5	3	62,5%
<b>75</b>	5	3	62,5%
<b>50</b>	4	4	50%
<b>25</b>	1	7	10%

Número de larvas (n=08)

**Fonte:** Autor

### 3.5 Teste de citotoxicidade

A Tabela 4 apresenta os resultados do ensaio de toxicidade e a Concentração Letal 50% (CL<sub>50</sub>) do óleo essencial contra *A. salina* Leach., juntamente com sua classificação de acordo com o critério de Dolabela (1997).

**Tabela 4:** Toxicidade e CL<sub>50</sub> do Óleo Essencial de *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burt & R. M. Sm na ação contra *Artemia salina* Leach

OE	CL <sub>50</sub>	CLASSIFICAÇÃO
<i>Alpinia zerumbet</i>	293,11 µg mL <sup>-1</sup>	Atóxico

**Fonte:** Autor

Com base na Tabela 4, a CL<sub>50</sub> para a ação do óleo essencial de *A. zerumbet* foi determinada em 293,11 µg mL<sup>-1</sup>, sendo classificada como atóxica segundo o critério de Dolabela (1997). Cavalcanti *et al.* (2012) também observaram que o óleo essencial das folhas de *A. zerumbet*, em concentrações entre 50 e 300 µg L<sup>-1</sup>, apresenta comportamento atóxico. Resultados semelhantes foram reportados por Santos *et al.* (2010) para o extrato dessa espécie, com uma CL<sub>50</sub> de 740 mg L<sup>-1</sup> (ppm), e por Júnior *et al.* (2020), que determinaram uma CL<sub>50</sub> de 321,15 mg L<sup>-1</sup>, um valor significativamente superior ao encontrado neste estudo. Rosa *et al.* (2021) apresentou resultados inferior ao estudo de CL<sub>50</sub> de 284,15 µg mL<sup>-1</sup> diante de larvas de *A. salina*.

### CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que o óleo essencial extraído das folhas de *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burt & R. M. Sm apresenta atividade larvicida eficaz contra larvas de *Aedes aegypti*, associada a uma baixa toxicidade ambiental, conforme evidenciado pelo teste com *Artemia salina*. A composição química, rica em monoterpenos como p-cimeno, 4-terpineol e 1,8-cineol, reforça o potencial inseticida natural da espécie, que já é tradicionalmente utilizada na medicina popular.

Além disso, a análise morfoanatômica confirmou a identidade botânica do material vegetal utilizado, conferindo segurança à padronização das amostras. Considerando os desafios no combate às arboviroses e o aumento da resistência dos vetores aos inseticidas convencionais, o óleo essencial de *A. zerumbet* se apresenta como uma alternativa promissora, sustentável e de baixo custo para ações de controle vetorial.

Contudo, é recomendável que estudos futuros sejam conduzidos para avaliar o desempenho do óleo em condições de campo, assim como a sua estabilidade, formulação e viabilidade em programas públicos de saúde. A padronização de métodos de extração e análise química também se faz necessária para garantir reprodutibilidade e eficácia em larga escala.

## AGRADECIMENTO

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa, fundamentais para a realização deste trabalho. Estendo meus agradecimentos à Universidade Federal do Maranhão (UFMA), pela excelência na formação acadêmica, pelo suporte institucional e pelas oportunidades de desenvolvimento científico e profissional proporcionadas ao longo desta jornada.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. C; ALMEIDA, P. P; GHERARDI, S. R. M. Potencial antimicrobiano de óleos essenciais: uma revisão de literatura de 2005 a 2018. **Nutritime Revista Eletrônica**, Sandra Regina Marcolino Gherardi, v. 17, p. 8623-8633, fev. 2020.

BRASIL, Farmacopeia Brasileira. 6. ed. Brasília: ANVISA, 2019

CARRUJO, R *et al.* Eficácia do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* no Tratamento da Acne vulgaris.

**Revista Portuguesa de Ciências e Saúde**, v. 5, n. 01, p. 22-55, 2024.

CAVALCANTI, E. S. B., MORAIS, S. M. D., LIMA, M. A. A., SANTANA, E. W. P. Larvicidal activity of essential oils from Brazilian plants against *Aedes aegypti* L. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 99(5), 541-544. 2004

CASTRO KNC *et al.* Composição química e eficácia do óleo essencial e do extrato etanólico de *Alpinia zerumbet* sobre *Staphylococcus aureus* **Arq. Inst. Biol.**, v.83, 1-7, e0192014, 2016.

CANUTO, KM. *et al.* Influência do horário de colheita das folhas na composição química do óleo essencial de colônia (*Alpinia zerumbet*). *Boletim de Pesquisae Desenvolvimento/Embrapa Agroindústria Tropical*. 2015

DIAS, CN., MORAES, DFC. Essential oils and their compounds as *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) larvicides: review. **Parasitology Research**, 113(2), 565-592, 2014

DOLABELA, MF. Triagem in vitro para atividade antitumoral e anti *Trypanosoma cruzi* de extratos vegetais, produtos naturais e substâncias sintéticas. 1997. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

FREITAS, F. P., FREITAS, S. P., LEMOS, G. C. S., VIEIRA, I. J. C., GRAVINA, G. A., LEMOS, F. J. A. Comparative larvicidal activity of essential oils from three medicinal plants against *Aedes aegypti* L. **Chemistry & Biodiversity**, 7(11), 2801-2807. 2010

GOMES, PRB *et al.* Avaliação da atividade larvicida do óleo essencial do *Zingiber officinale Roscoe* (gengibre) frente ao mosquito *Aedes aegypti*. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v.18, n.2, supl. I, p.597-604, 2016

LUZ, TRS.A *et al.* Essential oils and their chemical constituents against *Aedes aegypti* L.(Diptera: Culicidae) larvae. *Acta Tropica*, v. 212, p. 105705, 2020.

LUZ, TRSA *et al.* Essential oils and their chemical constituents against *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) larvae. **Acta Tropica**, v. 212, p. 105705, dez. 2020a.

LUZ, TR.SA *et al.* Seasonal variation in the chemical composition and biological activity of the essential oil of *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze. **Industrial Crops and Products**, v. 153, p. 112600, 1 out. 2020b.

MARQUES, CS. Mecanismos moleculares da resistência a inseticidas químicos na população de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) da cidade do Funchal, Ilha da Madeira. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciências Biomédicas). Instituto de Higiene e Medicina Tropical, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2020.

MATOS, RC *et al.* Evidence for the efficacy of anti-inflammatory plants used in Brazilian traditional medicine with ethnopharmacological relevance. **Journal of Ethnopharmacology**. 2024.

MASMEJAN S *et al.* Zika Virus. **Pathogens** 2020, 9, 898; doi:10.3390/pathogens9110898

MOREIRA, ACD *et al.* Actividad antimicrobiana del aceite esencial de las hojas de *Alpinia zerumbet* (colonia) y efecto modulador sobre antibióticos de uso clínico. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 25, n. 2, 2020.

- MURAKAMI, S *et al.* Composition and seasonal variation of essential oil in *Alpinia zerumbet* from Okinawa Island. **Journal of Natural Medicines**, v.63, n.2, p.204-208, 2009
- MORAIS, SM *et al.* Potential of the essential oil of *alpinia zerumbet* (pers.) b.l. burtt & r. m. sm. (colonia) against alzheimer's disease, through antioxidant and anticholinesterase activity in vitro and in silico studies. **Revista aracê**, São José dos Pinhais, v.7,n.1, p.2516-2534,2025
- MENDES, FRS *et al.* Essential oil of *Alpinia zerumbet* (Pers.) BL Burtt. & RM Sm.(Zingiberaceae): chemical composition and modulation of the activity of aminoglycoside antibiotics. **Journal of Essential Oil Research**, v. 27, n. 3, p. 259-263, 2015.
- MOREIRA, ACD *et al.* Actividad antimicrobiana del aceite esencial de las hojas de *Alpinia zerumbet* (colonia) y efecto modulador sobre antibióticos de uso clínico.**Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 25, n. 2, 2020
- NISHIDONO, Y; TANAKA, K. Phytochemicals of *Alpinia zerumbet*: A Review. **Molecules**,v.29, n.12, p.2845. 2024.
- OLIVEIRA, CBS *et al.* As riquezas da caatinga e seu potencial farmacológico: uma revisão sistemática. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**,v. 8, n. 1, p. 771–791, 2021
- OLIVEIRA, AS *et al.* Morpho-anatomical and histochemical characterization of leaves of *Alpinia zerumbet* (Pers.) B.L. Burtt & R.M. Sm. (Zingiberaceae). **South African Journal of Botany**, v. 135, p. 191–198, 2020.
- ROSA PVS *et al.* Chemical constituents, larvicidal activity and molluscicidal from fresh leaves of *Alpinia zerumbet* (Pers.) and *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. **Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm.**, Vol. 50(2), 571-589, 2021
- SENTHIL-NATHAN S. A Review of Resistance Mechanisms of Synthetic Insecticides and Botanicals, Phytochemicals, and Essential Oils as Alternative Larvicidal Agents Against Mosquitoes. **Frontiers in Physiology**, v. 10:1591, 2020
- SOUZA FW *et al.* Composição química e eficácia do óleo essencial de *Alpinia zerumbet* sobre *Staphylococcus aureus* *Staphylococcus epidermidis* **Cuadernos de educación y desarrollo**, v.17, n.4, p. 01-18, 2025
- SANTOS, ABS *et al.* Óleos essenciais de *Cinnamomum zeylanicum* Blume e *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng como agentes larvicidas frente as larvas do *Aedes aegypti*. **Brazilian Journal of Development**, Paraná, v. 6, n. 4, p. 22355-22369, 2020.

TAJUDEEN YA, *et al.* Enfrentando a ameaça global à saúde dos arbovírus: uma avaliação das três abordagens holísticas para a saúde. *Promoção de Saúde.Perspectiva*, 11:371–381; 2021

VICTÓRIO, CP *et l.* Chemical composition of the leaf oils of *Alpinia zerumbet* (Pers.) Burt et Smith and *A. purpurata* (Vieill.) K. Schum. from Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Essential Oil Research**, 22, 52–54. 2010  
<https://doi.org/10.1080/10412905.2010.9700264>

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidenciou o potencial do óleo essencial (OE) extraído das folhas de *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. Burtt & R. M. Sm como agente larvicida eficaz contra larvas de *A. aegypti*, vetor responsável por importantes arboviroses como dengue, zika e chikungunya. A atividade larvicida verificada, com uma  $CL_{50}$  de  $50,80 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ , aliada à baixa toxicidade ambiental identificada no bioensaio com *Artemia salina*, cuja  $CL_{50}$  foi de  $293,11 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ , indica que o OE da espécie pode representar uma alternativa promissora e ambientalmente segura aos inseticidas sintéticos convencionais, os quais enfrentam crescente resistência por parte das populações de mosquitos.

A análise cromatográfica revelou uma composição química dominada por monoterpenos, com destaque para p-cimeno, 4-terpineol e 1,8-cineol, compostos amplamente associados à atividade inseticida e antimicrobiana na literatura. Além disso, a identificação morfoanatómica da planta garantiu a autenticidade do material vegetal utilizado, conferindo confiabilidade aos resultados obtidos.

Tendo em vista a complexidade no controle vetorial e os impactos das arboviroses na saúde pública, os dados aqui apresentados reforçam a relevância da investigação de produtos naturais como ferramentas complementares às estratégias convencionais. A utilização de espécies vegetais com histórico de uso tradicional, como *A. zerumbet*, permite o alinhamento entre o conhecimento popular e a pesquisa científica aplicada, promovendo inovação com base sustentável.

Entretanto, são necessários estudos adicionais que envolvam condições de campo, formulações estáveis, testes toxicológicos em organismos não-alvo e análises econômicas, a fim de viabilizar a incorporação do OE em programas de controle vetorial em larga escala. A padronização dos métodos de extração e análise química também se mostra essencial para garantir a reprodutibilidade dos resultados e a eficácia do produto final.

Dessa forma, este trabalho contribui para o avanço do conhecimento sobre o uso de óleos essenciais no combate a vetores de importância médica e destaca o papel da biodiversidade como fonte de soluções inovadoras para a saúde coletiva.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, ESB. Anatomia foliar de *Alpinia zerumbet* (Pers.) Burt & Smith (Zingiberaceae). **Acta bot. bras.** 18(1): 109-121, 2004
- ALBUQUERQUE, UP. et al. Medicinal and magic plants from a public market in northeastern Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v.110, p.76-91, 2007
- AMORIM, JA *et al.* Ação anti-inflamatória da própolis. In: FREITAS, G. B. L. **Bioética e Saúde Pública**. Editora Pasteur, p. 208-221, 2011
- ARAÚJO, FYR *et al.* Inhibition of ketamine-induced hyperlocomotion in mice by the essential oil of *Alpinia zerumbet*: possible involvement of an antioxidant effect. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 63, n. 8, p. 1103-1110, 2011.
- ARAÚJO, CRF *et al.* Perfil e prevalência de uso de plantas medicinais em uma unidade básica de saúde da família em Campina Grande, Paraíba, Brasil. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**. v. 35, p. 233-238, 2014.
- ARUMUGAM, G; SWAMY, MK.; SINNIAH, UR. *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng: botanical, phytochemical, pharmacological and nutritional significance. **Molecules**, v. 21, n. 4, p. 369, 2016.
- AYOUB, Z; MEHTA, A. Medicinal plants as potential source of antioxidant agents: a review. **Asian Journal of Pharmacy and Clinical Research**, v. 11, n. 6, p. 50-56, 2018.
- AFFELDT, PES *et al.* Avaliação da atividade inseticida de látex e extratos vegetais frente culicídeos. **Revista Biociências**, v. 22, n. 1, p. 61-67, 2016.
- ALMEIDA, JC; ALMEIDA, PP; GHERARDI, SRM. Potencial antimicrobiano de óleos essenciais: uma revisão de literatura de 2005 a 2018. **Nutritime Revista Eletrônica**, Sandra Regina Marcolino Gherardi, v. 17, p. 8623-8633, fev. 2020.
- BRAGA, IA; VALLE, D. *Aedes aegypti*: insetiidas, mecanismos de ação e resistência. **Revista Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 16 n. 4, 2007.
- BARROS, FB; AZEVEDO, FR. Potencial Inseticida das Sementes como Alternativa ao Controle Sustentável do *Aedes aegypti* L.(*diptera: culicidae*). 2021
- BUENO, GM.; SANTOS, D; SANTOS, CMD. Divergências entre hipóteses filogenéticas: um ensaio sobre a filogenia de diptera. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 6, n. 5, p. 44-59, 2019
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Programa Nacional de Controle da Dengue: guia para a gestão da saúde pública. Brasília: Ministério da Saúde, 2009.
- BRASIL, Farmacopeia Brasileira. 6. ed. Brasília: ANVISA, 2019.

BRASIL. Patente BR PI9104459-2 A: Inseticida e bactericida à base de óleo essencial de flor de malmequer. Depositante: Morita, D. Publicação: 04/05/1992.

BRASIL. Painel de Monitoramento das Arboviroses. [2024]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/transparencia/dados-abertos/paineis-dinamicos/paineis-de-vigilancia-em-saude/doencas-de-notificacao/arboviroses>. Acesso em: 19 jun. 2024.

CASTRO KNC *et al.* Composição química e eficácia do óleo essencial e do extrato etanólico de *Alpinia zerumbet* sobre *Staphylococcus aureus* **Arq. Inst. Biol.**, v.83, 1-7, e0192014, 2016.

CORBEL, V *et al.* Insecticide resistance mechanisms in *Aedes aegypti*: an update on target-site and metabolic resistance. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 170, p. 104666, 2021.

CDC [Centros de Controle e Prevenção de Doenças]. Vigilância e controle de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* nos Estados Unidos. Baltimore, 2017, MD: Disponível a partir de: <https://www.cdc.gov/chikungunya/pdfs/surveillance-and-control-of-aedes-aegypti-and-aedes-albopictus-us.pdf>.

CANUTO, KM. *et al.* Influência do horário de colheita das folhas na composição química do óleo essencial de colônia (*Alpinia zerumbet*). Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento/Embrapa Agroindústria Tropical. 2015

CHOMPOO, J *et al.* Antiatherogenic properties of acetone extract of *Alpinia zerumbet* seeds. **Molecules**, v. 17, n. 6, p. 6237-6248, 2012.

CHAAR, JS. Estudos analíticos e modificação química por acetilação do linalol contido no óleo essencial da espécie *Aniba duckei Kostermans*. 150 p. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-graduação em Química, UFSCar, São Carlos, 2000

CHUANG, CM *et al.* Hypolipidemic effects of different angiocarp parts of *Alpinia zerumbet*. **Pharmaceutical biology**, v. 49, n. 12, p. 1257-1264, 2011

CRONQUIST, A. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, New York, 1981

CDCP [Centers for Disease Control and Prevention]; 2019

CAMPOS, JAR. **Diversidade de mosquitos (Diptera: Culicidae) com ênfase na fauna de importância epidemiológica da área do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil**. Tese de Doutorado. 2021

CHOMPOO, J *et al.* Effect of *Alpinia zerumbet* components on antioxidant and skin diseases-related enzymes. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v. 12, n. 1, p. 106, 2012.

COLLER, BAG.; CLEMENTS, DE. Lymphocyte activation: regulation by cytoskeletal signaling pathways. **Current Opinion in Immunology**, v. 23, n. 3, p. 391-395, 2011.

CATRO, MR.; LÉDA, PH. Plantas Medicinais e Fitoterápicos: conhecimento tradicional e científico das espécies nativas do Brasil. **REVISE-Revista Integrativa em Inovações Tecnológicas nas Ciências da Saúde**, 11,191-209, 2023

CAVALCANTI, ESB; MORAIS, SMD; LIMA, MAA; SANTANA, EWP. Larvicidal activity of essential oils from Brazilian plants against *Aedes aegypti* L. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, 99(5), 541-544. 2004

DOLABELA, MF. Triagem in vitro para atividade antitumoral e anti *Trypanossoma cruzi* de extratos vegetais, produtos naturais e substâncias sintéticas. 1997. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997.

DIAS, CN; MORAES, DFC. Essential oils and their compounds as *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) larvicides: review. **Parasitology Research**, 113(2), 565-592, 2014

DICK, OB *et al.* The History of Dengue Outbreaks in the Americas. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 87:4, p. 584–593, 2012

FENG, YX *et al.* **The potential contribution of cymene isomers to insecticidal and repellent activities of the essential oil from *Alpinia zerumbet*. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 157, p. 105138, fev. 2021. DOI: 10.1016/j.ibiod.2020.105138.**

FOLEY, DH.; RUEDA, LM.; WILKERSON, RC. Insight into global mosquito biogeography from country species records. **J Med Entomol**, v. 44, n. 4, p. 554-67, Jul 2007.

FREITAS, FP; FREITAS, SP; LEMOS, GCS; VIEIRA, IJC; GRAVINA, GA., LEMOS, FJ A. Comparative larvicidal activity of essential oils from three medicinal plants against *Aedes aegypti* L. **Chemistry & Biodiversity**, 7(11), 2801-2807. 2010

FURTADO, RF *et al.* Atividade Larvicida de Óleos Essenciais Contra *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 5, p. 843-847, 2005.

FERREIRA, LCF. Culicídeos vetores diferenças e semelhanças fisiológicas e estruturais relacionadas ao processo de resistência dos ovos à dessecação. 117 f. Tese (Doutorado em Biologia Parasitária) - Fundação Oswaldo Cruz, Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2014.

FIP. Federação Internacional Farmacêutica. Doenças transmitidas por vetores: um manual para os farmacêuticos. Prevenção, controlo, gestão e tratamento de doenças. Haia: Federação Internacional Farmacêutica; 2020.

GUSMÃO, F. Anatomia dos órgãos vegetativos de *Alpinia zerumbet* (Pers.) B. L. BURTT & SMITH (ZINGIBERACEAE), *Pyrostegia venusta* (KER. GAWL) MIERS (BIGNONIACEAE) e *Solidago chilensis* MEYEN (ASTERACEAE). Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas), 2016.

GRAULT, CE *et al.* Políticas públicas para doenças transmitidas por vetores: situação atual e educação como alternativa. **Revista de Políticas Públicas**, v. 22, p. 1171- 1194, 2018.

GOMES, PRB *et al.* Avaliação da atividade larvicida do óleo essencial do *Zingiber officinale Roscoe* (gengibre) frente ao mosquito *Aedes aegypti*. **Rev. Bras. Pl. Med.**, Campinas, v.18, n.2, supl. I, p.597-604, 2016

ISLAS, JF *et al.* An overview of Neem (*Azadirachta indica*) and its potential impact on health. **Journal of Functional Foods**, v. 74, p. 104171, 2020.

JI, YP *et al.* Essential oil from Fructus *Alpinia zerumbet* (fruit of *Alpinia zerumbet* (Pers.) Burt. *et Smith*) protected against aortic endothelial cell injury and inflammation *in vitro* and *in vivo*. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 237, p. 149-158, 2019.

JONES, RT *et al.* Vol. 376. **The Royal Society**, 2021

KHATER, HF *et al.* Malaria. **IntechOpen**, 2019.

KRESS, WJ; PRINCE, LM; WILLIAMS, K.J. The phylogeny and a new classification of the gingers (Zingiberaceae): evidence from molecular data. **American Journal of Botany** 89(10): 1682-1696, 2002

KUMAR, D *et al.* Phytochemistry and pharmacological activities of *Alpinia zerumbet* (Pers.) B.L. Burt. & R.M. Sm.: A review. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 131, p. 110721, 2020

KURNIAWATI, E; ASWANDI, H. *Taxonomic and morphological study of the genus Alpinia in Borneo*. **Biodiversitas**, v. 22, n. 1, p. 401–408, 2021

LAHLOU, S *et al.* Antihypertensive effects of the essential oil of *Alpinia zerumbet* and its main constituent, terpinen-4-ol, in DOCA-salt hypertensive conscious rats. **Fundamental & Clinical Pharmacology**, v.17, n.3, p.323- 30, 2003.

LAHLOU, S *et al.* Cardiovascular effects of the essential oil of *Alpinia zerumbet* leaves and its main constituent, terpinen-4-ol, in normotensive rats: role of the autonomic nervous system. *Planta Medica*, v.68, n.12, 1097-102, 2002

LEAL-CARDOSO, JH *et al.* Effects of essential oil of *Alpinia zerumbet* on the compound action potential of the rat sciatic nerve. *Phytomedicine*, v.11, p.549-53, 2004.

LUZ, TRSA *et al.* Essential oils and their chemical constituents against *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) larvae. **Acta Tropica**, v. 212, p. 105705, dez. 2020a.

LUZ, TRSA. *et al.* Seasonal variation in the chemical composition and biological activity of the essential oil of *Mesosphaerum suaveolens* (L.) Kuntze. **Industrial Crops and Products**, v. 153, p. 112600, 1 out. 2020b.

LUZ, TRSA *et al.* Seasonal variation in the chemical composition and larvicidal activity against *Aedes aegypti* L. of essential oils from Brazilian Amazon. **Experimental Parasitology**, v. 243, p. 108405, dez. 2022.

LEITE, JP *et al.* Morpho-anatomical and histochemical characterization of leaves of *Alpinia zerumbet* (Pers.) B.L. Burt. & R.M. Sm. (Zingiberaceae). **South African Journal of Botany**, v. 135, p. 191–198, 2020

- LOURENÇO, AF; RODRIGUES, FM. Doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) no Brasil nos últimos dez anos. **Revista Estudos–Vida e Saúde**, Goiânia, v. 44, p. 72-77, 2017
- LIMA, MFS *et al.* Traditional uses, chemical composition and biological properties of *Alpinia zerumbet*: a systematic review. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 293, 115263, 2022
- MURAKAMI, S *et al.* Composition and seasonal variation of essential oil in *Alpinia zerumbet* from Okinawa Island. **Journal of Natural Medicines**, v.63, n.2, p.204-208, 2009
- MORAIS, SM *et al.* Potential of the essential oil of *alpinia zerumbet* (pers.) b.l. burtt & r. m. sm. (colonia) against alzheimer's disease, through antioxidant and anticholinesterase activity in vitro and in silico studies. **Revista aracê**, São José dos Pinhais, v.7, n.1, p.2516-2534,2025
- MENDES, FRS *et al.* Essential oil of *Alpinia zerumbet* (Pers.) BL Burtt. & RM Sm.(Zingiberaceae): chemical composition and modulation of the activity of aminoglycoside antibiotics. **Journal of Essential Oil Research**, v. 27, n. 3, p. 259-263, 2015.
- MOREIRA, ACD *et al.* Actividad antimicrobiana del aceite esencial de las hojas de *Alpinia zerumbet* (colonia) y efecto modulador sobre antibióticos de uso clínico. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v. 25, n. 2, 2020
- MOURA, RS *et al.* Antihypertensive and endotheliumdependent vasodilator effects of *Alpinia zerumbet*, a medicinal plant. **Journal of Cardiovascular Pharmacology**, v.46, n.3, p.288-94, 2005.
- MALECK, M *et al.* Óleos essenciais–um breve relato. **Revista Eletrônica TECCEN**, v. 14, n. 2, p. 43-49, 2021.
- MENDES, FRS *et al.* Essential oil of *Alpinia zerumbet* (Pers.) BL Burtt. & RM Sm.(Zingiberaceae): chemical composition and modulation of the activity of aminoglycoside antibiotics. **Journal of Essential Oil Research**, v. 27, n. 3, p. 259-263, 2015.
- MAY, GJG. Diversidade espacial e temporal de mosquitos (*diptera: culicidae*) e a sua importância médica em áreas verdes urbanas e residenciais associadas em Fortaleza. 2018.
- MOYES, CL *et al.* Contemporary status of insecticide resistance in the major *Aedes* vectors of arboviruses infecting humans. **Plos Neglected Tropical Diseases**, v. 11, n. 7, p. e0005625, 2017
- MARQUES, CS. **Mecanismos moleculares da resistência a inseticidas químicos na população de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) da cidade do Funchal, Ilha da Madeira.** Dissertação (Mestrado em Ciências Biomédicas). Instituto de Higiene e Medicina Tropical, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2020
- MONTELLA, IR; SCHAMA, R.; VALLE, D. The classification of esterases: An important gene family involved in insecticide resistance - A review. **Memórias Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 107:4, p. 437–449, 2012

- MOUCHREK FILHO, V.E. Estudos Analíticos e modificações químicas por metilação e acetilação do eugenol contido no óleo essencial extraído das folhas da espécie Pimenta dioica Lindl. 124p. Tese (Doutorado em Química) - Programa de Pós-graduação em Química, UFSCar, São Carlos, 2000
- NIETO, G. Biological activities of three essential oils of the Lamiaceae family. **Medicines**, v. 4, n. 3, p. 63, 2017
- OLIVEIRA, SF. Atividade antioxidante e antimicrobiana de óleos essenciais aplicados na conservação de linguça frescal de frango. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2017.
- OLIVEIRA, G.L.; OLIVEIRA, A.F M.; ANDRADE, L. H. C. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. v. 14, n. 6, p. 470-483, 2015
- OLIVEIRA, AS *et al.* Phytochemical profile and pharmacological potential of *Alpinia zerumbet*: emphasis on antioxidant, antimicrobial, and antihypertensive activities. **South African Journal of Botany**, v. 138, p. 318–326, 2021
- OLIVEIRA, AS *et al.* Morpho-anatomical and histochemical characterization of leaves of *Alpinia zerumbet* (Pers.) B.L. Burtt & R.M. Sm. (Zingiberaceae). **South African Journal of Botany**, v. 135, p. 191–198, 2020.
- OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Doenças transmitidas por vetores, 2022. Disponível em: <https://www.rets.epsjv.fiocruz.br/doencas-transmitidas-porvetores#:~:text=Doen%C3%A7as%20transmitidas%20por%20vetores%20s%C3%A3o,em%20risco%20de%20contrair%20dengue>. Acesso em: 09, jul., 2024
- OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. *Global Arbovirus Initiative*. [2024]. Disponível em: <https://www.who.int/initiatives/global-arbovirus-initiative>. Acesso em: 19 jun. 2024.
- ORLANDA, JFF; MOUCHREK, AN. Larvicidal effect of the essential oil from the leaves of *Ruta graveolens* LINNAEU in control of *Aedes aegypti* (LINNAEU, 1762) (Diptera: Culicidae). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, p. e115101220028, 2021.
- PAULA, J. A. M. D. et al. Gênero *Pimenta*: aspectos botânicos, composição química e potencial farmacológico. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 12, n. 3, p. 363-379, 2010.
- PORTO, MCF. **Avaliação da atividade larvicida da microbiota intestinal cultivável de mosquitos *Aedes spp.*** Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidades Estadual de São Paulo UNESP, São Paulo, 2021.
- POSSEL, RD. Atividade inseticida e repelente de plantas do cerrado no controle alternativo do mosquito *Aedes Aegypti*. 113p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Tocantins, Gurupi, 2019.
- PIO CORRÊA, M. Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e IBDF, v.6, 4200p. 1984

PINHO, FSVA. *et al.* Antinociceptive effects of the essential oil of *Alpinia zerumbet* on mice. *Phytomedicine*, v.12, p.482-6, 2005

REY, L. Bases da Parasitologia médica. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011

ROSA PVS *et al.* Chemical constituents, larvicidal activity and molluscicidal from fresh leaves of *Alpinia zerumbet* (Pers.) and *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. **Rev. Colomb. Cienc. Quím. Farm.**, Vol. 50(2), 571-589, 2021

ROSSI, EM *et al.* Métodos de controle do *Aedes Aegypti* e das doenças associadas: conhecimento da população de São Miguel do Oeste – SC **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 6, p. 55087–55099, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n6-084

SALES JUNIOR, JH. Avaliação da atividade antimicrobiana do extrato hidroetanólico de *Talisia esculenta* Radlk.. Dissertação (Mestrado em Saúde do Adulto e da Criança) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.

SCHULTE, HL. **Estudos químicos, biológicos e ecotoxicológicos de *Schinus terebinthifolia* Raddi para o controle de *Aedes aegypti***. 120 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) —Universidade de Brasília, Brasília, 2020

SILVA, LLS *et al.* Exposure of mosquito (*Aedes aegypti*) larvae to the water extract and lectin-rich fraction of *Moringa oleifera* seeds impairs their development and future fecundity. *Ecotoxicology and environmental safety*, v. 183, n. 01, p. 109583, 2019

SELIM, A *et al.* The recent update of the situation of west Nile fever among equids in Egypt after three decades of missing information. **Pakistan Veterinary J.** 2020.

SELIM, A *et al.* West Nile virus seroprevalence and associated risk factors among horses in Egypt. **Sci. Rep.** 2021

SOUZA, TA. Avaliação da atividade biológica dos óleos essenciais de espécies do gênero *alpinia em rhodnius nasutus* e potencial alimentício associado. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas a Produtos para Saúde) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2017.

SOUZA FW *et al.* Composição química e eficácia do óleo essencial de *Alpinia zerumbet* sobre *Staphylococcus aureus* e *Staphylococcus epidermidis* **Cuadernos de educación y desarrollo**, v.17, n.4, p. 01-18, 2025

SANTOS, DL; MORAES, JS; ARAÚJO, ZTS; DA SILVA, IR. Saberes tradicionais sobre plantas medicinais na conservação da biodiversidade amazônica. **Ciências em Foco**, Campinas, SP, v. 12, n. 1, 2019.

SANTOS, ABS *et al.* Óleos essenciais de *Cinnamomum zeylanicum* Blume e *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng como agentes larvicidas frente as larvas do *Aedes aegypti*. **Brazilian Journal of Development**, Paraná, v. 6, n. 4, p. 22355-22369, 2020.

TAJUDEEN YA, *et al.* Enfrentando a ameaça global à saúde dos arbovírus: uma avaliação das três abordagens holísticas para a saúde. *Promoção de Saúde.Perspectiva*,11:371–381; 2021

- THANGARAJ, A *et al.* Developmental stage-specific transcriptome of *Aedes aegypti* reveals key regulators during larval-pupal-adult metamorphosis. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, v. 146, 103777, 2022.
- VICTÓRIO, CP *et al.* Chemical composition of the leaf oils of *Alpinia zerumbet* (Pers.) Burt et Smith and *A. purpurata* (Vieill.) K. Schum. from Rio de Janeiro, Brazil. **Journal of Essential Oil Research**, 22, 52–54. 2010 <https://doi.org/10.1080/10412905.2010.9700264>
- VIANA, JL *et al.* **Biological aspects of *Aedes aegypti* and its implications for vector control strategies.** *Acta Tropica*, v. 221, 106020, 2021.
- WRBU. Walter Reed Biosystematics Unit-Mosquito Catalog. USA, 2016.
- WHO. World Health Organization. Zika virus; 2022. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/zika-virus>
- WHO. World Health Organization. Malaria; 2020
- XIAO, RY *et al.* Screening of analgesic and anti-inflammatory active component in Fructus *Alpinia zerumbet* based on spectrum–effect relationship and GC–MS. **Biomedical Chromatography**, v. 32, n. 3, p. e4112, 2018.
- YAMANY, AS *et al.* Morphological description of the pupa of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) using a scanning electron microscope. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.76, n.1, p.43-54, 2024
- ZALUCKI, MP; FURLONG, MJ. Behavior as a mechanism of insecticide resistance: evaluation of the evidence. **Current opinion in insect science**, v. 21, p. 19-25, 2017

**ANEXOS**



Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

- A contribuição é original e inédita, não sendo avaliada para publicação por outra revista.
- O arquivo principal para submissão está em formato Microsoft Word (limite de 2MB). Figuras e tabelas devem estar inseridas diretamente no texto nesse arquivo (não trabalhamos com "material suplementar").
- O arquivo principal deve ser apresentado seguindo o arquivo-modelo disponível em Diretrizes para Autores.
- O nome completo de todos os autores, bem como a sua afiliação institucional, foram cadastrados de acordo com a ordem de autoria apresentada no arquivo principal (campo Metadados). Trabalhos com 09 ou mais autores devem apresentar uma carta de anuência, assinada digitalmente por todos os autores, sobre o conteúdo e a submissão para a revista (campo "Comentários para o editor").
- Foram indicadas, no campo Metadados, a área e subárea de conhecimento do trabalho.
- Foram indicados, no campo Comentários para o Editor, três possíveis avaliadores para a submissão (nome completo, email e afiliação institucional).

## **Diretrizes para Autores**

A revista Scientia Plena aceita submissões de artigos originais e inéditos em Português, Inglês ou Espanhol. Os artigos devem ser redigidos e submetidos por pesquisadores vinculados a instituições de ensino e/ou de pesquisa nacionais ou internacionais.

A submissão deve estar em formato ".doc" (limite de 2MB). **ATENÇÃO:** utilizar o arquivo-modelo abaixo para inserir o texto de sua submissão:

[Template do arquivo para submissão](#)

**Submissões que se apresentarem fora das normas da revista serão arquivadas.**

**Recomendamos atenção na adequação do texto à essas normas, principalmente no que diz respeito ao estilo de citação (tipo Vancouver) e padronização das referências bibliográficas. Não serão consideradas citações de trabalhos acadêmicos (dissertações, teses, monografias, TCCs) e/ou apresentados em eventos científicos.**

No ato da submissão do arquivo o autor deve obrigatoriamente:

- 1) Indicar a área do conhecimento, de acordo com a lista a seguir, e uma subárea, de preenchimento livre (campo Metadados).

Áreas do conhecimento:

Ciências Agrárias - Ciências Biológicas - Ciências da Saúde - Ciências Exatas e da Terra - Ciências Humanas, Letras e Artes - Ciências Sociais Aplicadas - Engenharias e Computação - Multidisciplinar

2) Cadastrar o nome completo de todos os autores, bem como sua afiliação institucional, no campo Metadados de acordo com a ordem de autoria apresentada no trabalho. **Não será permitida a alteração da ordem, inclusão e/ou exclusão de autor(es) após a submissão. Trabalhos com 09 ou mais autores devem apresentar uma carta de anuência, assinada digitalmente por todos os autores, sobre o conteúdo e a submissão para a revista (campo "Comentários para o editor").**

3) Indicar três nomes de avaliadores (nome completo, email e afiliação institucional) no campo "Comentários para o Editor". Os avaliadores indicados devem ser pesquisadores de reconhecida competência no tema do trabalho e que não tenham participado do desenvolvimento do artigo submetido. **Não indicar avaliadores da mesma instituição de origem do(s) autor(es) da submissão, visando evitar conflito de interesses. Editores da revista Scientia Plena não deverão ser indicados como avaliadores.**

Um tutorial para auxiliar no processo de submissão pode ser obtido no link: "[Tutorial para Submissão de manuscrito](#)"

**ATENÇÃO:** Trabalhos que utilizaram seres humanos como objeto de estudo ou realizaram experimentação animal devem indicar no texto do manuscrito o número da aprovação do projeto pelos respectivos Comitês de Ética. Estudos que envolvem a aplicação de questionários devem informar a utilização do “Termo de consentimento livre e esclarecido”. Estudos com captura e/ou coleta de grupos biológicos devem indicar o número da licença de autorização para atividades com finalidade científica (IBAMA, SISBIO ou órgão estadual/municipal).

O resumo deve ser inserido aqui e não pode ultrapassar 250 palavras.

Palavras-chave: Indicar, no máximo, três palavras-chave, separadas por vírgula.

Idem para o resumo em língua inglesa. Se o trabalho estiver na língua inglesa, um título, resumo e palavras chave devem ser apresentados em português ou espanhol

Todo o corpo do texto deve ser redigido em Times New Roman, tamanho 11, justificado e com espaçamento simples. As margens das páginas devem ser de 2,5 cm (superior e inferior) e 3,0 cm (esquerda e direita). Todos os parágrafos devem apresentar tabulação de 0,5 cm. Ao longo do texto deve ser utilizado o sistema internacional de unidades (SI) para indicação de medidas.

As informações apresentadas no texto devem indicar as devidas citações. Para a citação das referências, utilizar o Estilo Vancouver com a numeração entre colchetes. Exemplos:

“... obtidos para determinados valores [1], ...”

“Segundo Meneton et al. (2005) [2] ...”

“... para estudos de germinação, conforme Silva e Souza (2013) [3].”

“... segundo o tamanho da amostra [4, 5].”

“Pereira (2020) [12] e Carvalho et al. (2022) [17] consideram que as variações ...”

Essa numeração deve ser sequencial, iniciando em 1. Não serão consideradas citações de trabalhos acadêmicos (monografias, dissertações, teses, etc.) e de trabalhos apresentados em eventos científicos.

Não usar notas de rodapé.

Na seção Introdução, o autor deve descrever o estado-da-arte do problema, além de justificar e apresentar os objetivos do seu trabalho.

Tabelas e Figuras devem ser citadas no corpo do texto (ex: Figura 1; Tabela 1), centralizadas, com título objetivo e autoexplicativo em itálico, tamanho 10. Tabelas não devem apresentar linhas verticais secundárias



## **Manuscript Submission**

Submission of a manuscript implies: that the work described has not been published before; that it is not under consideration for publication anywhere else; that its publication has been approved by all co-authors, if any, as well as by the responsible authorities – tacitly or explicitly – at the institute where the work has been carried out. The publisher will not be held legally responsible should there be any claims for compensation.

## **Permissions**

Authors wishing to include figures, tables, or text passages that have already been published elsewhere are required to obtain permission from the copyright owner(s) for both the print and online format and to include evidence that such permission has been granted when submitting their papers. Any material received without such evidence will be assumed to originate from the authors.

## **Online Submission**

Please follow the hyperlink “Submit manuscript” and upload all of your manuscript files following the instructions given on the screen.

## **Source Files**

Please ensure you provide all relevant editable source files at every submission and revision. Failing to submit a complete set of editable source files will result in your article not being considered for review. For your manuscript text please always submit in common word processing formats such as .docx or LaTeX.

## **Types of articles**

The Brazilian Journal of Pharmacognosy accepts for publication original scientific work, reviews and communication articles written only in English.

- **Original papers:** Original papers are research articles describing original experimental results. The manuscript should be arranged in the following order: Graphical abstract, Title, Abstract, Keywords, Introduction, Material and methods, Results, Discussion, Authors’ contributions, Acknowledgements, References, Figures with Legends, Tables, Structural Formulae and Supplemental files (if applicable). Results and Discussion sections may appear as a combined ‘Results and Discussion’ section. The normal length of the main text of an Original Paper (excluding references, tables, figures and figure legends) is approximately 3,000 words. Longer manuscripts may be accepted only in exceptional and well justified cases.
- **Short communications:** This section will cover mainly the isolation of known compounds from new neotropical sources, or complementary results of on-going work. The text should be arranged as follows: Graphical abstract, Title, Abstract of 200 words, Keywords, Introductory Remarks, Material and Methods with brief experimental details without subheadings, Results and Discussion as one body of text without headlines, Acknowledgements, Authorship,

References (up to 20 citations) and Figures and/or Tables (up to 3). The text should not exceed 2,000 words.

•Reviews: Authors are invited to submit a review article that provides concise and critical updates on a subject, and with around 100 references. The main purpose of reviews is to provide a concise, accurate introduction to the subject matter and inform the reader critically of the latest developments in the field. Review articles should be designed to give an interesting insight into a hot topic in Pharmacognosy, focusing on the key developments that have shaped a field rather than giving a very comprehensive overview of a very specific topic. They should be concise and include details of the search strategy used, such as time frame, search terms, used databases. A review should be an article that produces knowledge and not just a survey of the existing literature. The review must be a response to an initial question. Reviews of a particular herbal drug will be considered if they contain the newest issue and a perspective on future directions.

Authors are strongly recommended to prepare a manuscript using a A4-sized paper, double-spaced, with Times New Roman size-12 font, fully justified, with margins of 2 cm.