

Efeito do óleo essencial de *Piper macedoi* Yunck no comportamento de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762): relato de caso

Effect of Piper macedoi Yunck essential oil on the behavior of Aedes (Stegomyia) aegypti (Linnaeus, 1762): case report

Ana Luiza Coutinho Matos Santana^{1*}, Natanael Falchetto de Sá Raposa², Victor Neves dos Santos³, Filipe Vieira Santos de Abreu⁴, Luanna Chacara Pires⁵, Gisele Lopes de Oliveira⁶

¹Bacharel em Saúde, Acadêmica do Curso de Medicina, Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), Mestranda do Programa de Pós-graduação Saúde, Ambiente e Biodiversidade (PPGSAB), Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB); ²Bacharel em Saúde, Acadêmico do Curso de Medicina, Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB); ³Bacharel em Saúde, Acadêmico do Curso de Medicina, Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB), Mestrando do Programa de Pós-graduação em Saúde, Ambiente e Biodiversidade (PPGSAB), Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB); ⁴Doutor em Biologia Parasitária, Instituto Oswaldo Cruz, Docente do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais; ⁵Doutora em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Docente da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB); ⁶Doutora em Biotecnologia Vegetal, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Docente da Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB).

Resumo

Objetivo: analisar e relatar o efeito do óleo essencial de *Piper macedoi* Yunck no comportamento de *Aedes aegypti*. **Metodologia:** o óleo essencial foi extraído de folhas frescas utilizando-se hidrodestilação. Os mosquitos foram obtidos a partir de ovos de *Aedes aegypti* fornecidos pelo criadouro da Embrapa (DF). Para avaliar o efeito do óleo, foram utilizados seis tratamentos com diferentes concentrações do óleo essencial: 1000, 500, 250, 100 e 50 ppm, e um controle negativo. **Resultados:** o óleo essencial apresentou um perfil químico de mais de 60 substâncias distribuídas entre monoterpenos (54,25%), sesquiterpenos (18,07%) e arilpropanoídeos (26,43%). Após o teste, ocorreu uma alteração no comportamento dos mosquitos, sendo observado um estímulo da atividade de acasalamento e agitação, nas concentrações de 1000 ppm e 500 ppm, durante o período de 03 horas após o teste. Pesquisas com culicídeos mostraram que alguns compostos químicos atuam como componentes de feromônios e podem estimular e modular o comportamento de acasalamento dos mosquitos, inclusive em condições de laboratório. **Conclusão:** assim, torna-se necessário mais pesquisas para aprofundar e elucidar os efeitos dos compostos bioativos do óleo essencial de *Piper macedoi* sobre a atividade reprodutiva de mosquitos de *Aedes Aegypti*.

Palavras-chave: Óleo essencial; *aedes aegypti*; comportamento de insetos; vetor biológico; *piper macedoi*.

Abstract

Objective: to analyse and report the effect of *Piper macedoi* Yunck essential oil on the behaviour of *Aedes aegypti*. **Methodology:** the essential oil was extracted from fresh leaves using hydrodistillation. The mosquitoes were obtained from *Aedes aegypti* eggs provided by the Embrapa (DF) breeding centre. To evaluate the effect of the oil, six treatments with different concentrations of the essential oil were used: 1000, 500, 250, 100 and 50 ppm, and a negative control. **Results:** the essential oil presented a chemical profile comprising more than 60 substances, distributed among monoterpenes (54.25%), sesquiterpenes (18.07%), and arylpropanoids (26.43%). After the test, a change in the behaviour of the mosquitoes occurred, with stimulation of mating activity and agitation observed at concentrations of 1000 ppm and 500 ppm for 3 hours after the test. Research with culicids has shown that some chemical compounds act as components of pheromones and can stimulate and modulate the mating behaviour of mosquitoes, even under laboratory conditions. **Conclusion:** therefore, further research is needed to deepen and elucidate the effects of the bioactive compounds of *Piper macedoi* essential oil on the reproductive activity of *Aedes Aegypti* mosquitoes.

Keywords: Essential oil; *Aedes aegypti*; Insect behaviour; Biological vector; *Piper macedoi*.

INTRODUÇÃO

As plantas possuem diversos compostos bioativos necessários à sua sobrevivência, especialmente para a defesa, na proteção contra patógenos e herbivoria¹⁻³. Al-

guns desses compostos são voláteis e também liberados para atrair agentes polinizadores, como os encontrados em óleos essenciais^{1,4}.

Os óleos essenciais são misturas complexas de substâncias lipofílicas, geralmente, odoríferas e líquidas, com aroma intenso e agradável, pertencentes, especialmente, aos grupos químicos monoterpenos, sesquiterpenos e arilpropanoídeos^{4,1}. Historicamente, eles são utilizados

Correspondente/Corresponding: *Ana Luiza Coutinho Matos Santana – End: Praça Joana Angélica, 58. São José, Teixeira de Freitas, Bahia, Brasil. CEP: 45996-108 – E-mail: analuiza.coutinho.santana@gmail.com

como repelentes de insetos e, atualmente, tem aumentado o interesse por seus compostos bioativos devido a seu potencial contra mosquitos vetores⁵.

Uma família botânica rica em óleos essenciais é a Piperaceae, com espécies responsáveis por interessantes propriedades biológicas, como inseticida e larvicida contra mosquitos, além de atividade nematocida, antimicrobiana, dentre outras⁶⁻⁸. O gênero *Piper* é o mais representativo, com espécies distribuídas por regiões tropicais em todo o mundo⁸, e, atualmente, tem recebido considerável atenção devido à sua diversidade química, propriedades biológicas, e pelo fato de óleos essenciais de algumas espécies se apresentarem potencialmente tóxicos contra *Aedes aegypti*^{8,9}.

Diante do potencial observado para os óleos essenciais de espécies de *Piper*, o presente grupo de pesquisa mostrou atividade acaricida e leishmanicida de *Piper macedoi* (nativa da Mata Atlântica e até então pouco conhecida do ponto de vista químico, biológico e farmacológico)^{10,11}. Considerando a problemática relacionada às arboviroses com a proliferação do *Aedes aegypti*, surgiu o interesse na ação inseticida desse óleo.

Os mosquitos vetores são considerados importante problema de saúde pública, devido à variedade de patógenos que podem transmitir em regiões tropicais e subtropicais⁹. Pesquisas indicam que *Aedes aegypti* é um inseto originalmente africano, introduzido no território brasileiro durante o tráfico de pessoas negras escravizadas¹². No Brasil, ele transmite os vírus de dengue, zika e chikungunya, e já transmitiu a febre amarela urbana, sendo, historicamente, o principal vetor em epidemias humanas dessas arboviroses¹³. Tal panorama tem fomentado, cada vez mais, a busca por alternativas de controle para esse vetor.

Assim, várias estratégias têm sido desenvolvidas para controlar a proliferação do *Aedes aegypti*, incluindo controles mecânicos, como eliminação de criadouros, drenagem de reservatórios, instalação de telas em portas e janelas, controles biológicos, com o uso de peixes e invertebrados que se alimentam de larvas, uso de fungos e bactérias que produzem toxinas contra ele, controles químicos, como uso de substâncias neurotóxicas, análogas ao hormônio juvenil ou inibidores da síntese de quitina desses vetores¹⁴, além do uso de inseticidas incluindo organofosforados e piretroides^{15,16}.

Apesar de muitas tentativas de controle, ainda não foi possível realizar um controle vetorial eficaz, e se faz necessário continuar com pesquisas em busca de novas substâncias com potencial larvicida e inseticida para minimizar os danos causados pelas arboviroses e com menor impacto ambiental¹⁴.

Assim, o presente estudo foi motivado durante a investigação do potencial inseticida do óleo essencial de *Piper macedoi*, quando foi possível perceber uma alteração no comportamento de mosquitos adultos de *Aedes aegypti*. Entendendo que o conhecimento sobre a espécie, incluindo o comportamento dos mosquitos e

as alterações provocadas por substâncias diversas, são importantes na busca por novos produtos, objetivou-se analisar e relatar o efeito do óleo essencial de *Piper macedoi* no comportamento do *Aedes aegypti*.

METODOLOGIA

Coleta e extração do óleo essencial de *Piper macedoi*

A *Piper macedoi* Yunck foi coletada em um fragmento de Mata Atlântica na Fazenda Palmeira, em Teixeira de Freitas, na Bahia (17°25'29.4"S 39°41'11.6"W), em outubro de 2019, horário matinal (9:00 h) com temperatura ambiente de 28 °C. Foi identificada pela Dra. Elsie Franklin Guimarães, herborizada e depositada no Herbário do Jardim Botânico do Rio de Janeiro sob voucher RB 732731. A coleta foi autorizada pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO – número 31544) e a pesquisa está cadastrada no Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético (SisGen, número A31FOC3).

O óleo essencial foi extraído de folhas frescas, utilizando-se hidrodestilação em aparelho tipo Clevenger por 2 horas, com um rendimento de 0,4% para 100g de folhas. Foi armazenado em frasco âmbar e refrigerado a – 4 °C até o uso.

Análise química do óleo essencial

A análise química foi realizada na Plataforma Analítica de Farmanguinhos, FIOCRUZ, Rio de Janeiro. O óleo essencial obtido foi diluído em diclorometano, 1 mg/ mL (Tedia, Brazil) e submetido à técnica de cromatografia em fase gasosa acoplada ao detector de ionização de chamas (CG-DIC) e por cromatografia em fase gasosa acoplada a espectrometria de massa (CGEM). As análises de GC-MS foram realizadas usando-se um cromatógrafo gasoso HP Agilent GC 6890 acoplado a um espectrômetro de massas Agilent MS 5973N, com 70 eV (modo positivo) de energia de ionização. A solução de óleo essencial foi injetada a 1 µL (splitless), com temperatura do injetor a 270 °C, e equipada com coluna capilar HP-5MS, com espessura de filme de 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm (Agilent J & W; GC Columns (EUA), programação de temperatura de 60 °C a 240 °C, com aumento de 3 °C.min⁻¹ (corrida total de 60 min), usando-se hélio (>99,99%) como gás de arraste a uma vazão de 1,0 mL/min, e com faixa de massa m/z 40–600 unidades de massa atômica (u).

As análises GC-FID foram realizadas usando-se cromatógrafo gasoso HP-Agilent 6890 GC-FID. Para essa análise, a solução de óleo essencial foi injetada a 1 µL (splitless), com temperatura do injetor a 270 °C, equipada com coluna capilar HP-5MS, com espessura de filme de 30 m x 0,25 mm x 0,25 µm (Agilent J & W; GC Columns, EUA), programação de temperatura de 60° C a 240° C, com aumento de 3 °C/min (corrida total de 60 min), utilizando hidrogênio como gás de arraste a uma vazão de 1,0 mL.min⁻¹. Os tempos de retenção (tR) foram medidos em minutos⁶.

Os índices de retenção (IR) foram determinados a partir do tempo de retenção de uma série homóloga de hidrocarbonetos (C8-C28), obtidos por CG-DIC, nas mesmas condições de análise dos óleos essenciais. Após a obtenção dos cromatogramas, as substâncias presentes no óleo essencial foram identificadas por comparação de seus espectros de massas com registro de banco de dados (WILEY7n) e por comparação dos Índices de Retenção (IR) calculados com aqueles da literatura¹⁷. A quantificação das substâncias no óleo essencial foi estimada pela área do cromatograma obtido por CG-DIC.

Criação de *Aedes aegypti*

Este estudo foi realizado no Laboratório Interdisciplinar da Universidade Federal do Sul da Bahia, utilizando-se ovos de *Aedes aegypti* fornecidos pelo criadouro da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia de Brasília (DF). O método de criação foi definido segundo Santana *et al.*¹⁸ (2021): os ovos foram postos para eclosão imersos em água mineral, a 28 °C ± 2 °C e pH neutro; após 24 horas, iniciou o aparecimento de larvas do 1º instar, as quais foram transferidas com o auxílio de pipeta de Pasteur para outro recipiente com água desclorada, sob as mesmas condições de temperatura e pH. Para alimentação, foram adicionados 5 gramas de ração úmida para filhotes de gatos (Whiskas®) na água, de sabor carne e comercialmente encontrada.

Larvas do 3º instar final ou 4º inicial foram separadas em grupos de 20, realocadas em recipientes com 50 mL de água desclorada e alimentadas com 1g de ração. A água, nos recipientes de criação, era substituída diariamente, removendo-se a espuma que se acumulava na superfície, para evitar o acúmulo de resíduos que poderiam prejudicar o desenvolvimento e a sobrevivência larval¹⁸.

As pupas formadas foram alocadas em gaiolas para mosquitos, também em grupos de 20, e mantidas em recipientes com água desclorada e ração. Ao todo, foram utilizadas 18 gaiolas, com arestas de madeira branca, dimensões 25 x 25 cm, revestidas completamente com tecido tipo microtule, com abertura em um lado para manipulação e piso de cor branca, para facilitar a visualização¹⁸.

Para alimentação e sobrevivência dos mosquitos, em cada gaiola, foi colocado algodão embebido com 1,5 ml de solução de açúcar cristal e água destilada (90g/L), com reposição a cada 48 horas¹⁸. As fêmeas não realizaram repasto sanguíneo durante o experimento. A contagem da mortalidade dos mosquitos, bem como a identificação do sexo foram realizadas diariamente.

Ensaio: comportamento do *Aedes aegypti* após contato com o óleo essencial de *Piper macedoi*

Para avaliar o efeito de *Piper macedoi* sobre mosquitos *Aedes aegypti* adultos, foram utilizados seis tratamentos, com diferentes concentrações do óleo essencial: 1000, 500, 250, 100 e 50 ppm, e um controle negativo, com água destilada a 2% de DMSO (dimetilsulfóxido). As

diluições do óleo essencial foram feitas de forma seriada, utilizando-se, como emulsificador, o DMSO a 2%. O delineamento foi inteiramente casualizado e realizado em triplicata.

Para a aplicação, utilizou-se um atomizador acoplado a uma bomba a vácuo, que continha as soluções com cada tratamento, em cada gaiola com 20 mosquitos, sem distinção de machos e fêmeas, durante 30 segundos ininterruptos. Foram borrifados 10,869 mL de solução em cada gaiola. Como o óleo essencial é volátil, para garantir a concentração no ambiente da gaiola, evitar a dispersão no ambiente e não interferir em outra, cada gaiola foi colocada em uma caixa plástica fechada por 5 minutos, para a aplicação de cada tratamento. Após esse processo, foi observado que algumas das soluções aplicadas provocaram alteração de comportamento nos mosquitos por cerca de 3 horas.

Análise estatística

Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado, os dados foram submetidos ao teste ANOVA, e os valores foram comparados usando-se o teste Tukey ($p < 0,05$), com o auxílio do *software* BioEstat5.3.

RESULTADOS

Perfil químico do óleo essencial

O óleo essencial das folhas de *Piper macedoi* apresentou um perfil químico de mais de 60 substâncias distribuídas entre monoterpenos (54,25%), sesquiterpenos (18,07%) e arilpropanoides (26,43%), sendo as majoritárias os arilpropanoides apiol (14,89%) e dilapiol (11,54%), e os monoterpenos 1,8-cineol (14,08%) e cânfora (10,19%). Outros compostos encontrados em concentrações significativas foram α -pineno (6,26%), canfeno (6,95%), β -Pineno (5,86%) e Cis-Calamen-10-ol (3,53%) (Tabela 1).

Tabela 1 – Substâncias identificadas no óleo essencial das folhas de *Piper macedoi*.

Substâncias	RI	Rlit	Porcentagem relativa
Tricicleno	926	928	0.04
α -Pineno	939	938	6.26
Canfeno	954	952	6.95
Sabineno	975	975	0.04
β -Pineno	979	579	5.86
Mirceno	990	992	0.92
α -Felandreno	1002	1006	0.1
α -Terpineno	1017	1017	0.05
o-Cimino	1026	1025	0.13
Limoneno	1029	1029	1.66
1,8-Cineol	1031	1031	14.08

(Z)-β-Ocimeno	1037	1037	0.86
(E)-β-Ocimeno	1050	1047	2.24
γ – Terpineno	1059	1059	0.16
Óxido de linalool Cis (furanóide)	1072	1073	0.33
Terpineno	1088	1091	0.15
Linalol	1096	1102	1.06
Trans-Tujona	1114	1109	0.11
Alo-Ocimeno	1132	1130	0.11
Cis-β-Terpeneol	1144	1148	0.21
Cânfora	1146	1144	10.19
Borneol	1169	1166	0.53
Terpinen-4-ol	1177	1177	0.3
α-Terpeneol	1188	1190	1.73
Acetato de isobornila	1285	1283	0.09
Acetato de Neo Verbenol	1321	1321	0.05
D-elemeno	1338	1335	0.71
α-Copaeno	1376	1376	0.04
Acetato de Trans mirtranol	1386	1384	0.04
β – Elemeno	1390	1391	0.69
α-Gurjuneno	1409	1410	0.13
(E)-Cariofileno	1419	1419	1.11
Aromadendreno	1441	1440	0.08
α-Humuleno	1454	1455	0.46
Alo-Aromadendreno	1460	1463	0.27
Trans-cadina-1(6),4-dieno	1476	1477	0.12
γ-Muuroleno	1479	1480	0.09
Germacreno D	1481	1484	0.28
β-Selineno	1490	1489	0.08
Trans-Muurola-4(14), 5 dieno	1493	1495	0.07
Biclogermacreno	1500	1501	2.57
α-Muuroleno	1500	1504	0.38
Trans-β-guaieno	1502	1499	0.41
γ-Cadineno	1513	1517	0.59
Cis-Diidroagarofurano	1520	1521	0.06
δ-Cadineno	1523	1525	1.08
Trans-cadina-1,4-dieno	1534	1532	0.06
Elemicina	1557	1555	0.11
(E)-Nerolidol	1563	1560	0.45
Maaliol	1567	1562	0.11
Longipinanol	1569	1569	0.14
Epóxido de α-Cedreno	1575	1571	0.16
Espatuleno	1578	1576	0.61
Óxido de Cariofileno	1583	1583	0.14
Thujopsan-2-β-ol	1589	1585	0.09
Guaiol	1600	1559	1.00
Butanoato de Geranila 2-methyl	1601	1597	0.11
1,10-Di-epi-cubenol	1619	1612	0.15
Dilapiol	1620	1617	11.54
Epi-α-muurolol	1642	1632	1.51
Cubenol	1646	1638	0.24
α-Cadinol	1654	1646	1.05
Cis-calamenen-10-ol	1661	1665	3.53

Apiol	1678	1679	14.89
Germacra-4(15),5,10(14) – trien-1-α-ol	1686	1684	0.14
Monoterpenos			54.25
Sesquiterpenos			18.07
Arilpropanóides			26.43
Total			98.75

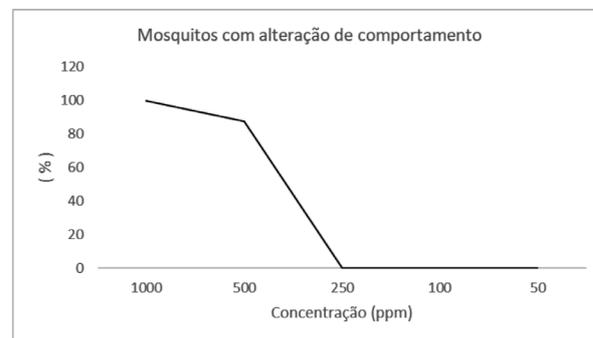
Legenda: RI = Índice de retenção; Rlit = Índice de retenção da literatura.

Fonte: dados da pesquisa

Comportamento de *Aedes aegypti* após contato com o óleo essencial de *Piper macedoi*

O óleo essencial de *Piper macedoi* produziu uma alteração no comportamento de mosquitos *Aedes Aegypti*, sendo observado um estímulo da atividade de acasalamento e agitação. Essa alteração foi observada em 100% dos mosquitos na concentração de 1000 ppm e de 88,35 % dos mosquitos na concentração de 500 ppm expostos à solução de óleo essencial, durante o período de 03 horas após o teste, apresentando diferenças significativas entre si e entre os demais tratamentos ($p < 0,01$). Não foi observada alteração no comportamento dos mosquitos nas concentrações inferiores: 250, 100 e 50 ppm (Figura 1).

Figura 1 – Mosquitos de *Aedes aegypti* com alteração no comportamento após exposição a diferentes concentrações do óleo essencial de *Piper macedoi*. (Diferença significativa entre os tratamentos com $p < 0,01$).



Fonte: elaborada pelos autores.

Os insetos, expostos às concentrações de 1000 e 500 ppm do óleo essencial por cinco minutos, ficaram muito agitados durante um período de três horas após a aplicação e começaram um processo de acasalamento diversas vezes e com vários parceiros. Foi possível observar o acasalamento entre três mosquitos ao mesmo tempo. Também foi possível observar uma repulsão dos insetos em pousar nas áreas onde foram aplicadas as soluções de óleo essencial.

DISCUSSÃO

Os terpenos formam um importante grupo do metabolismo especial dos vegetais, com uma diversidade de

substâncias de importância ecológica como defensivos, sendo os monoterpenos e sesquiterpenos os que mais atuam na defesa das plantas contra herbivoria¹⁹. A toxicidade de alguns monoterpenos isolados foi avaliada contra insetos (*Rhizophagus díspar*, *Formica rupa* e *Tenebrio molito*), dentre os quais se incluem o α -pineno, β -pineno, 3-careno, limoneno, mirceno, α -terpineno e canfeno, evidenciando potencial efeito inseticida²⁰.

Estudos também apontam que o monoterpeno 1,8-cineol, ao interagir com a camada lipídica da cutícula de um inseto, permite a entrada de outras substâncias, como a cânfora²¹, e indicam que, em óleos essenciais com considerável concentração de 1,8-cineol, essa substância pode ser a responsável pela atividade inseticida e repelente contra o vetor *Aedes aegypti*, podendo ser potencializada em sinergia com outros compostos voláteis^{6,22}.

Alguns compostos voláteis, presentes em espécies vegetais, podem ser constituintes comuns dos feromônios de insetos, como, por exemplo, o linalol, encontrado em flores e em feromônios de abelhas²³. Os voláteis da planta podem induzir produção ou liberação de feromônios em alguns insetos, e a sinergia dos compostos pode aumentar suas respostas sexuais e promover efeitos inibitórios ou repelentes²³, mostrando a importância de se conhecer o comportamento do inseto associado ao perfil químico do óleo essencial, uma vez que os voláteis estão presentes, de forma abundante, nos ambientes naturais.

O comportamento dos mosquitos machos e fêmeas de *Aedes aegypti*, após a aplicação do óleo essencial de *P. macedoi*, não pode ser considerado comum e está sujeito a levantamento de hipóteses. Sabe-se que as substâncias voláteis, presentes em um óleo essencial, podem ser inaladas, ingeridas ou também absorvidas pelo tegumento dos insetos, causando diversas reações. Os efeitos de toxicidade de óleos e extratos vegetais nem sempre resultam na morte dos insetos. Podem causar, por exemplo, repelência, deterrência, declínio do consumo alimentar, prolongamento de um estágio de vida, deformações, esterilidade, além da deficiência respiratória ou diminuição de fecundidade²⁴.

Em um estudo com o extrato aquoso de *Indigofera suffruticosa* Mill (Fabaceae), por exemplo, houve alteração no comportamento reprodutivo de *Aedes Aegypti* exposto ao extrato, com maior frequência de cópulas, embora com redução da fertilidade e (ou) oviposição²⁵.

Nessa perspectiva, o comportamento de agitação e acasalamento contínuo evidenciado pelos insetos, neste estudo, sugerem que o óleo essencial de *Piper macedoi* apresenta, em alguma medida, toxicidade contra adultos *Aedes aegypti*. Pesquisas com culicídeos mostraram que alguns compostos químicos atuam como componentes de feromônios e podem estimular e modular o comportamento de acasalamento dos mosquitos, inclusive em condições de laboratório²⁶. Cabe lembrar que a capacidade de produzir e a de reconhecer feromônios, quanto a frequência de batimento de asas, são parâmetros cruciais para o acasalamento do *Aedes*²⁶.

Alguns compostos voláteis, encontrados em óleos essenciais de plantas, como os terpenos, podem funcionar para atrair insetos polinizadores, por exemplo, os quais se orientam, principalmente, através de estímulos químicos presentes no ambiente. Em contrapartida, esses compostos também podem interferir negativamente na reprodução de alguns insetos a partir da diminuição da aptidão reprodutiva²⁷. Sendo assim, é possível que alguns compostos presentes no óleo essencial de *Piper macedoi* tenham possibilitado interação química com os sensores dos insetos e resultaram em agitação e comportamento de cópula, funcionando como uma espécie de feromônio sexual.

A atividade de repelência está, de alguma forma, relacionada aos receptores olfativos de insetos via um grupo de neurônios que detectam estímulos químicos atraentes, ativação de receptores que promovem comportamentos inapropriados, ativação de receptores de odores nocivos e perda de mensageiros atraentes. O mecanismo de ação repelente das substâncias químicas naturais ainda não está bem esclarecido, mas sabe-se que a repelência está associada ao comportamento dos artrópodes²⁸.

Tal resultado permite pensar em estudos posteriores para elucidar tais efeitos, visto que, se o óleo essencial de *Piper macedoi* age como feromônio sexual, é possível que seja utilizado para atrair os insetos para armadilhas e ser utilizado como ferramenta de controle vetorial. Além disso, fica um questionamento ecológico: será que a reprodução dos mosquitos, em determinadas áreas, também pode ter relação com as substâncias voláteis das espécies vegetais daquele ambiente? Entretanto, da mesma forma, os óleos essenciais podem produzir efeito inverso e impedir ou inibir a comunicação sexual e o acasalamento, como ocorre com o óleo essencial de Nim²⁹, sugerindo mais estudos com esse viés para o controle de vetores.

CONCLUSÃO

O óleo essencial de *Piper macedoi*, nas concentrações de 1000 e 500 ppm, produziu uma alteração de 100% e 88,35% no comportamento de mosquitos *Aedes aegypti*, respectivamente. Os mosquitos também apresentaram uma repulsão em pousar nas áreas onde foram aplicadas as soluções de óleo essencial, sugerindo, assim, potencial ação repelente. Dessa forma, tornam-se necessárias mais pesquisas para aprofundar e elucidar os efeitos dos compostos bioativos do óleo essencial de *Piper macedoi* sob a atividade reprodutiva de mosquitos de *Aedes Aegypti*.

REFERÊNCIAS

1. Simões CMO, Schenkel EP, Mello JCP, Mentz LA, Petrovick PR. Farmacognosia: do produto natural ao medicamento. Porto Alegre: Artmed, 2017. 486 p.
2. Silva LL de S, Fernandes KM, Miranda FR, Silva SCC, Coelho LCBB, Navarro DM do AF, 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. *Ecotoxicol Environ Saf.* 2019;183:109583. doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.109583
3. Rodrigues AM, Martins VEP, Morais SM. Larvicidal efficacy of plant extracts and isolated compounds from Annonaceae and Piperaceae against *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Asian Pac J Trop Med.* 2020;13(9):384-96. doi:10.4103/1995-7645.290583
4. Wolffenbüttel AN. Base da química dos óleos essenciais e aromaterapia. Abordagem técnica e científica. Belo Horizonte: Editora Laszlo; 2016. p. 466.
5. Vasantha-Srinivasan P, Thanigaivel A, Edwin ES, Ponsankar A, Senthil-Nathan S, Selin-Rani S, et al. Toxicological effects of chemical constituents from *Piper* against the environmental burden *Aedes aegypti* Liston and their impact on non-target toxicity evaluation against biomonitoring aquatic insects. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2018 Apr; 25(11):10434-46. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9714-x>
6. Oliveira GL, Cardoso SK, Lara Junior CR, Vieira TM, Guimarães EF, Figueiredo LS, et al. Chemical study and larvicidal activity against *Aedes aegypti* of essential oil of *Piper aduncum* L. (Piperaceae). *An Acad Bras Ciênc.* 2013;85(4):1227-34. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201391011>
7. Jaramillo-Colorado BE, Pino-Benitez N, González-Coloma A. Volatile composition and bioicidal (antifeedant and phytotoxic) activity of the essential oils of four Piperaceae species from Choco-Colombia. *Ind Crops Prod.* 2019;138(5):111463. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.06.026>
8. Salehi B, Zakaria ZA, Gyawali R, Ibrahim SA, Rajkovic J, Shinwari ZK, et al. *Piper* Species: A Comprehensive Review on Their Phytochemistry, Biological Activities and Applications. *Molecules.* 2019;24:1364. doi:10.3390/molecules24071364
9. França LP, Amaral ACF, Ramos AS, Ferreira JLP, Maria ACB, Oliveira KMT, et al. *Piper capitarianum* essential oil: a promising insecticidal agent for the management of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2021 Feb; 28(8):9760-76. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11148-6>
10. Santos VN, Oliveira GL de, Moreira DL, Deus RG de, De Almeida RM, Fujiwara RT, et al. Leishmanicidal Activity of the Volatile Oil of *Piper macedoi*. *Revista Brasileira de Farmacognosia.* 2021;31(3):342-6. doi: <https://doi.org/10.1007/s43450-021-00155-4>
11. Bezerra VM, Ferreira EGS, Santos GW, Oliveira GL, Moreira DL, Vieira TM, et al. Acaricide activity of *Piper macedoi* Yunck essential oil against *Rhipicephalus Sanguineus*. *Res Soc Devel.* 2022;11(1):e18911124610. doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i1.24610>
12. Powell JR, Gloria-Soria A, Kotsakiozi P. Recent history of *Aedes aegypti*: Vector genomics and epidemiology records. *Bioscience.* 2018;68(11):854-60. doi: <https://doi.org/10.1093/biosci/biy119>
13. Souza-Neto JA, Powell JR, Bonizzoni M. *Aedes aegypti* vector competence studies: A review. *Infect Genet Evol.* 2029;67:191-209. doi: <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2018.11.009>
14. Zara LSA, Santos AM dos, Fernandes-Oliveira S, Carvalho SEG, Coelho RE. *Aedes aegypti* control strategies: a review. *Epidemiol Serv Saúde.* 2016;25(2):1-2. doi: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742016000200017>
15. Tauil PL. Perspectivas de controle de doenças transmitidas por vetores no Brasil. *Rev Soc Bras Med Trop.* 2006;39(3):275-7. doi: <https://doi.org/10.1590/S0037-86822006000300010>
16. López-Solís AD, Castillo-Vera A, Cisneros J, Solís-Santoyo F, Penilla-Navarro RP, Black IV WC, et al. Resistencia a insecticidas en *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) de Tapachula, Chiapas, México. *Salud Publica Mex.* 2020;62:439-46. doi: <https://doi.org/10.21149/10131>
17. Adams RP. Identification of essential oil components by gas chromatography/ mass spectrometry. 4. ed. Carol Stream, Illinois: Allured Publishing Corporation; 2007. 809 p.
18. Santana ALCM, Oliveira GL, Pires LC, Raposa NFS, Santos VN, Ferreira SR, et al. Protocolo adaptado de eclosão e manutenção de *Aedes aegypti* à fase adulta. *Revista NBC.* 2021;11(22):1-13.
19. Fernandes FL, Alves FM, Lima ELF, Fernandes ME de S, Soares WS, Davi Júnior S de M. Defesa química de plantas, artrópodes herbívoros e inimigos naturais: estratégias para a sobrevivência. In: Lopes EA, Carvalho Filho A, Nobre DAC, Mendes FQ, Fernandes FL, Pinto FG, editores, et al. *A Química na Produção Vegetal.* Rio Parnaíba, MG: Dos autores; 2017. 399 p.
20. Viegas Júnior C. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. *Quím Nova.* 2003;26(3):390-400. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422003000300017>
21. Lima MEC, Oliveira H, Monteiro AFM, Fazolin M. Avaliação inseticida de composições químicas por adição de monoterpenos, sesquiterpenos e fenilpropanoides ao dilapiol. In: Seminário da Embrapa Acre de Iniciação científica e Pós-graduação. Acre: Embrapa Acre; 2019.
22. Santos AE dos. Importância química e biológica dos óleos voláteis de espécies do gênero *Eucalyptus*. *Sci Nat.* 2021;3(1):370-83. doi: <https://doi.org/10.29327/269504.3.1-30>
23. Marín-Loaiza JC, Céspedes CL. Compuestos volátiles de plantas. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro. *Rev Fitotec Mex.* 2007;30(4):327-51.
24. Mata RF, Lomonaco C. Toxicidade, deterrência e repelência de extratos aquosos de *Cabralea canjerana* ssp. polytricha (A. Juss.) Penn. (Meliaceae) sobre o curuquerê-da-couve *Ascia monuste orseis* (Godart)(Lepidoptera: Pieridae). *Revista Árvore.* 2013;37: 361-8. doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000200018>
25. Silva TMS, Silva AW, Sobreira RCB, Costa MAS, Silva JAG, Pontes WJT, et al. Effects of *Indigofera suffruticosa* Mill (Fabaceae) on the developmental reproductive biology of *Aedes aegypti*. *Braz J Dev.* 2021;4(1):2384-99. doi: <https://doi.org/10.34119/bjhrv4n1n191>
26. Vaníčková L, Canale A, Benelli G. Sexual chemoeology of mosquitoes (Diptera, Culicidae): current knowledge and implications for vector control programs. *Parasitol Int.* 2017;66(2):190-5. doi: <https://doi.org/10.1016/j.parint.2016.09.010>
27. Santos AA, Wanderley-Teixeira V, Dos Santos Cruz G, Dutra K de A, Navarro DM do AF, Oliveira JV de, et al. Essential oil toxicity on biological and reproductive parameters of *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Erebididae). *Acta Histochem.* 2021;123(4):151714. doi: <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2021.151714>
28. Katsambas AD, Lotti TM, Dessinioti C, D'Erme AM, editors. *European Handbook of Dermatological Treatments.* 3. ed. New York: Springer; 2015.
29. Deleito CSR. Inseticidas alternativos no controle de moscas sinantrópicas [tese doutorado em Ciências]. Rio de Janeiro: Instituto de Biologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; 2008.

SUBMISSÃO: 23/03/2024
ACEITE: 11/06/2025