








Influência da Variação Sazonal na Composição e Biopotencial do Óleo Volátil de *Psidium cattleyanum* (Myrtaceae) Contra Larvas de *Aedes aegypti* (Diptera:Culicidae)

Influence of Seasonal Variation on the Chemical and Biopotential Composition of Psidium cattleyanum (Myrtaceae) Volatile Oil Against Aedes aegypti Larvae (Diptera:Culicidae)

Fernanda Miguel de Oliveira,^a  Camila Aline Romano,^{a,b}  Adelair Helena dos Santos,^b  Jerônimo Raimundo de Oliveira Neto,^c  Luiz Carlos da Cunha,^c  Leonardo Luiz Borges,^d  José Realino de Paula^{a,*} 

^a Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Farmácia, Laboratório de Pesquisa de Produtos Naturais, CEP 74605-170, Goiânia-GO, Brasil

^b Universidade Federal de Goiás, Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública, Laboratório de Fisiologia e Biologia de Insetos, CEP 74605-050, Goiânia-GO, Brasil

^c Universidade Federal de Goiás, Faculdade de Farmácia, Núcleo de Estudos e Pesquisas Tóxico-Farmacológicas, CEP 74605-050, Goiânia-GO, Brasil

^d Universidade Estadual de Goiás, Campus Central Laboratório de Biotecnologia, CEP 75132-903, Anápolis-GO, Brasil

*E-mail: jose_realino@ufg.br

Submissão: 21 de Março de 2024

Aceite: 22 de Outubro de 2024

Publicado online: 5 de Novembro de 2024

Arbovíruses are among the main public health problems in Brazil. *Aedes aegypti* is the main vector of some of the most common diseases, such as dengue fever, for example. The efficient option to reduce the incidence of arbovíruses is vector control. To investigate more effective substances with less environmental impact to control *Ae. aegypti*, this research investigated the larvicidal potential of *P. cattleyanum* volatile oil, evaluating the influence of seasonal variation in chemical composition and its bioactivity. *P. cattleyanum* leaves were collected between May/2021 to April/2022 and subjected to hydrodistillation to obtain the volatile oil. The samples obtained were chemically characterized and grouped according to similar composition. The bioactive potential of the pooled samples was tested against *Ae. aegypti* larvae in third instar. The main components observed in the volatile oil were 1,8-cineole and β -caryophyllene. It was observed a higher percentage of monoterpenes in dry periods (cluster I) and in rainy periods (cluster II) a predominance of sesquiterpenes. Greater larvicidal potential was observed in samples with a predominance of monoterpenes. These results showed that the volatile oil of *P. cattleyanum* has larvicidal potential against *Ae. aegypti* variable depending on the meteorological condition. This information is useful for planning new studies.

Keywords: Monoterpenes; bioinseticide; vector control.

1. Introdução

As arbovíroses estão entre os principais problemas de saúde pública no Brasil. O principal vetor associado a transmissão de arbovírus no país é o mosquito *Aedes aegypti*.¹ As arbovíroses possuem manifestações clínicas que evoluem desde febre, mialgia e artralgia, a quadros hemorrágicos e complicações neurológicas.² As arbovíroses que apresentam maior circulação no Brasil são as febres dengue, chikungunya e zika.¹

Ae. aegypti é pertencente ao filo Arthropoda, a ordem Diptera e à família Culicidae. Ele se desenvolve no meio urbano em reservatórios artificiais que podem armazenar águas de chuvas como garrafas, latas e pneus.^{3,4} O ciclo evolutivo do *Ae. aegypti* compreende metamorfose completa (holometabolía) em quatro estágios, sendo eles: ovo, quatro estádios larvais, pupa e adulto. A transmissão dos arbovírus em humanos ocorre através da picada da fêmea adulta contaminada do *Ae. aegypti* no momento da hematofagia.⁴

As arbovíroses não possuem tratamento terapêutico específico, somente a febre amarela possui vacina eficaz atualmente. Dessa forma, a opção mais eficiente de controle das arbovíroses é o controle dos vetores. Para o *Ae. aegypti*, o controle pode ser realizado por meio de três mecanismos: mecânico (eliminação de criadouros), biológico e químico.⁵ O controle químico foi utilizado intensamente ao longo do tempo, favorecendo a ocorrência de linhagens resistentes a boa parte das substâncias ativas.¹ Dessa forma, essa medida têm se mostrado ineficaz frente a populações resistentes, e também perigosa, já que a maioria das substâncias utilizadas apresentam alto efeito residual e considerável toxicidade a organismos não alvo, incluído humanos.⁶

Outra alternativa para controlar o *Ae. aegypti* é a utilização de substâncias de origem vegetal. As plantas são fontes de substâncias bioativas com diferentes estruturas s que possuem atividades

contra insetos.⁷ Os extratos botânicos são utilizados por diversas comunidades tradicionais do mundo, podendo ser usados como repelentes e inseticidas.⁸ Os óleos essenciais são um exemplo de material de origem botânica que podem ser extraídos com finalidade inseticida ou repelente contra *Ae. aegypti*.⁹ As famílias botânicas Myrtaceae, Lamiaceae e Rutaceae são as mais frequentemente estudadas, devido suas propriedades inseticidas já comprovadas cientificamente.¹⁰

Psidium cattleianum Sabine (Myrtaceae) é conhecido popularmente como araçá, araçá-amarelo ou araçá-vermelho. Sua ocorrência abrange uma extensa área da costa atlântica brasileira.¹¹ Morfologicamente ele pode ser arbusto ou árvoreta, com altura de 3 a 6 m, com tronco tortuoso, casca fina e coloração castanha avermelhada. Suas folhas são simples, coriáceas, glabras. As flores são de coloração brancas e os frutos podem ser divididos em dois morfotipos, um com coloração amarela e outro vermelho.¹² Não há relatos na literatura sobre o potencial larvicida de materiais produzidos a partir de *P. cattleianum*. Considerando a necessidade de investigar novas substâncias mais eficazes e biodegradáveis para controlar populações de *Ae. aegypti*, esta pesquisa investigou o potencial larvicida do óleo essencial (OE) das folhas de *P. cattleianum*, avaliando também a influência da variação sazonal na composição e biopotencial do óleo volátil.

2. Experimental

2.1. Coleta e preparo do material botânico

Folhas de *P. cattleianum* foram coletadas no Condomínio de Chácaras Miraflores, zona rural de Hidrolândia-Goiás (16°54'01.0" S e 49°15'32.5" W). Uma exsiccata foi depositada no Herbário da Unidade de Conservação da UFG, voucher número 34809 e código de cadastro no SISGEN, A803D7B. Para avaliar a influência dos fatores abióticos na composição dos óleos essenciais, a amostragem foi realizada entre os meses de maio/2021 a abril/2022, com coletas matutinas, realizadas sempre na primeira semana de cada mês, em quatro indivíduos cultivados na mesma localidade e sob igual condição. Os dados climáticos foram obtidos nos registros meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), disponível em <https://portal.inmet.gov.br/>.

As folhas de *P. cattleianum* foram dessecadas em estufa de ventilação forçada à temperatura de 40 °C (Fabbe-Primar) e posteriormente trituradas. A amostra pulverizada foi imediatamente submetida à hidrodestilação em aparelho de Clevenger por duas horas. Os óleos essenciais (OEs) obtidos foram dessecados com sulfato de sódio anidro, transferido para frascos âmbar e armazenados sob refrigeração a -20 °C até a realização das análises cromatográficas e bioensaios. O rendimento do processo extrativo foi calculado a partir da relação entre a massa de óleo obtido e a massa de droga vegetal utilizada no processo.

2.2. Composição e variabilidade sazonal

A composição dos OEs de *P. cattleianum* foi investigada por Cromatografia a Gás acoplada à Espectrometria de Massas (CG/EM) em cromatógrafo Shimadzu GC-MS QP2010A, com coluna de capilar de sílica DB-5 (30 m × 0,25 mm × 0,25 m) e temperatura programada da seguinte forma: 60-240 °C a 3 °C/min, 280 °C e 10 °C/min. O gás transportador utilizado foi hélio, com fluxo de 1 mL/min, e o modo dividido na proporção de 1:20. A porta de injeção foi ajustada a 225 °C. Parâmetros operacionais do espectrômetro de massa quadripolar significativos: temperatura da interface 240 °C; ionização por impacto de elétrons a 70 eV com faixa de massa de varredura de 40-350 *m/z* a uma taxa de amostragem de 1 varredura/s. Os componentes químicos do óleo volátil foram identificados por comparação dos espectros de massas e índices de retenção com os relatados na literatura para os componentes mais comuns de óleos essenciais.¹³ Os índices de retenção foram calculados através da coinjeção de uma mistura de hidrocarbonetos, C₉ – C₂₈, e utilização da equação de Van Den Dool e Kratz.^{13,14}

Antes das análises estatísticas, os dados foram normalizados em relação à média e desvio padrão (a média de cada variável foi transformada para 0 e o desvio padrão para 1, conforme Equação 1). O agrupamento dos óleos quimicamente semelhantes foi obtido estatisticamente pela análise de Componentes Principais (APC) por meio de uma matriz de covariância. Os agrupamentos hierárquicos foram organizados pelo método de Ward.¹⁵ Os majoritários β-cariofileno, α-humulene, α-copaeno, α-pineno, δ-cadineno e 1,8-cineol foram considerados discriminantes para avaliação. Em posse do resultado da análise estatística, as amostras foram agrupadas conforme os *clusters* obtidos. Todas as análises foram realizadas no software STATISTICA 7.0.

$$\mu = \frac{x - xm}{\sigma} \quad (1)$$

em que: μ = variável transformada; x = valor original de cada variável; xm = média para cada variável; σ = desvio padrão da variável transformada.

As amostras resultantes da formação dos *clusters* foram reunidas por meio da adição de 20 µL de cada amostra para obtenção da amostra final formada pelos óleos voláteis quimicamente semelhantes. Os dois materiais foram utilizados nos bioensaios para investigação da atividade larvicida.

2.3. Bioensaio larvicida

Os bioensaios foram realizados em larvas de terceiro estágio (L₃) obtidas da criação de *Ae. aegypti* do Laboratório de Biologia e Fisiologia de Insetos (IPTSP/UFG), seguindo o protocolo estabelecido pela Organização Mundial da Saúde.¹⁶ Para a realização dos bioensaios, uma alíquota do

óleo volátil de *P. cattleyanum* e de tensoativo polissorbato 80 (p/p) foram utilizadas para preparar uma solução aquosa à 200 µg/mL. A partir desta da solução-mãe foram feitas diluições de 200 a 20 µg/mL. Foram empregadas 20 larvas para cada concentração testada. As larvas foram mantidas em 20 mL de solução, em copos de poliestireno com capacidade para 50 mL. Para o controle negativo foram utilizadas soluções aquosas contendo apenas tensoativo em proporção equivalente a solução-teste, e no controle positivo empregou-se a solução de temefós na concentração diagnóstica de 0,012 µg/mL. A mortalidade foi verificada pela inércia das larvas mediante ao estímulo mecânico e escurecimento da cápsula cefálica. Todos os ensaios foram realizados com três repetições. As concentrações letais (CLs) para obtenção de 50 e 90% de mortalidade foram estimadas por Probit,¹⁷ no software STATISTICA 7.0.

3. Resultados e Discussão

3.1. Constituição do óleo volátil e influência da variação sazonal

No processo extrativo obteve-se um óleo volátil de coloração transparente, odor suavemente mentolado e rendimento médio de 0,209%. A Tabela 1 mostra as

substâncias s identificadas no óleo volátil para o período amostrado (maio/2021 a abril/2022). Os constituintes majoritários das amostras foram β-cariofileno, 1,8-cineol, α-humuleno, α-pineno, α-copaeno e δ-cadineno. Foi possível observar aumento no percentual de hidrocarbonetos monoterpênicos durante o período de estiagem e transição estiagem/chuva, e redução no período chuvoso e transição chuva/estiagem. As condições climáticas observadas durante o período amostral são mostradas na Tabela 2. Conforme o resultado observado, foi possível agrupar as amostras em dois *clusters* com constituição próxima (Figura 1), sendo o *cluster* I determinado pela abundância de monoterpênicos, como o α-pineno e 1,8-cineol; e o *cluster* II por sesquiterpênicos como β-cariofileno e α-humuleno. O resultado observado na APC também sugere grupos quimicamente próximos baseados na condição sazonal. Assim, o *cluster* I (Figura 1a) configura meses onde em que há maior volume de chuvas (Tabela 2), enquanto o *cluster* II é formado por meses com maior ocorrência de chuvas.

β-Cariofileno foi a substância com maior percentual observado nas amostras deste estudo, com destaque mês de março de 2022 (37,61%). Estudos anteriores realizados com óleo volátil das folhas de *P. cattleyanum*, também evidenciaram β-cariofileno em proporções próximas, como por exemplo em Soliman *et al.*,¹⁸ (28,83%), e Garcia *et al.*,¹⁹ (20,40%). De igual modo, essa substância também aparece

Tabela 1. Constituintes químicos identificados nas amostras de óleo volátil das folhas de *Psidium cattleyanum* obtidas mensalmente em Hidrolândia-GO, no período de maio de 2021 a abril de 2022

IK ¹	Compostos	Classe	Área (%)											
			Estiagem				Transição			Chuvosa		Transição		
			mai/21	jun/21	jul/21	ago/21	set/21	out/21	nov/21	dez/21	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22
939	α-Pineno	M	16,9	8,9	10,6	8,4	9,9	7,4	6,7	11,7	4,4	8,6	5,6	4,0
979	β-Pineno	M	0,8	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	1,0	1,4	-	0,5	0,4	0,4
990	Mirceno	M	3,2	1,6	1,4	1,0	1,5	1,0	-	-	-	-	-	0,7
1029	Limoneno	M	2,1	1,1	0,6	1,2	1,5	1,1	1,2	1,8	0,5	0,5	0,8	0,6
1031	1,8-Cineol	MO	20,3	9,2	11,8	11,4	10,6	9,9	12,4	13,8	8,7	2,9	4,0	5,0
1037	(Z)-β-Ocimeno	M	2,1	1,2	1,4	0,8	1,4	0,8	0,8	1,1	4,7	3,1	1,3	1,2
1050	(E)-β-Ocimeno	M	0,7	0,4	-	-	0,5	-	0,4	-	-	-	-	-
1059	γ-Terpineno	M	0,7	0,4	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-	-
1177	Terpinen-4-ol	MO	0,6	1,2	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-	-
1188	α-Terpineol	MO	2,0	-	1,4	1,2	1,3	1,2	1,9	2,4	-	-	1,0	1,0
1349	α-Acetato de terpinila	MO	0,9	1,0	-	-	0,7	0,6	-	0,8	-	-	-	-
1376	α-Copaeno	S	2,6	4,5	4,4	5,6	4,3	5,2	5,8	5,6	5,3	5,2	5,4	5,0
1419	β-Cariofileno	S	20,4	32,8	33,1	33,4	29,1	29,7	27,1	25,8	31,9	30,1	37,6	37,1
1454	α-Humuleno	S	6,2	9,3	9,0	8,9	8,0	8,0	7,3	7,0	10,8	14,0	12,5	11,8
1472	Cumacreno	S	-	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1479	γ-Muuroleno	S	1,5	1,6	2,5	2,8	2,3	2,8	3,1	2,8	3,1	2,9	2,7	2,8
1490	β-Selineno	S	1,1	1,5	1,7	2,0	1,4	1,9	2,0	2,2	1,9	1,6	1,5	1,5
1498	α-Selineno	S	0,9	1,0	1,4	1,7	1,4	1,7	1,8	1,6	2,2	1,9	1,8	1,8
1500	γ-Muuroleno	S	-	-	-	-	-	0,7	0,7	-	-	0,6	-	-
1503	Germacreno A	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,2
1505	β-Bisaboleno	S	0,5	0,6	0,8	1,0	0,8	1,0	1,2	0,8	1,8	1,6	1,1	1,7

Tabela 1. Constituintes químicos identificados nas amostras de óleo volátil das folhas de *Psidium cattleianum* obtidas mensalmente em Hidrolândia-GO, no período de maio de 2021 a abril de 2022 (cont.)

IK ¹	Compostos	Classe	Área (%)											
			Estiagem				Transição		Chuvosa				Transição	
			mai/21	jun/21	jul/21	ago/21	set/21	out/21	nov/21	dez/21	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22
1512	δ-Armofeno	S	-	1,0	0,6	0,8	0,7	1,1	1,0	0,9		0,8	0,8	0,8
1513	γ-Cadineno	S	-	-	0,7	1,0	0,7	0,9	0,9	2,9	1,1	1,6	1,1	1,1
1522	7-epi-α-Selineno	S	1,2	2,5	-	-	-	-	-	-	1,3		4,7	
1523	δ-Cadineno	S	2,1	3,7	3,5	4,1	3,1	3,7	3,3	-	4,9	6,2	5,1	5,0
1531	(E)-γ-Bisaboleno	S	-	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1534	trans-Cadina-1,4-dieno	S	-	-	-	-	-	-	-	-	0,9	1,2	-	-
1538	α-Cadineno	S	-	-	1,7	2,1	2,0	2,0	1,6	-	3,2	5,4	0,8	-
1546	Selina-3,7(11)-dieno	S	0,9	-	1,3	0,8	1,3	1,2	0,8	-	3,3	5,2	3,7	5,0
1561	Germacreno B	S	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	1,0	3,7	0,8
1583	Óxido de cariofileno	SO	3,7	3,7	3,3	4,0	3,3	3,9	4,2	4,5	2,2	-	-	4,1
1608	Epóxido de humuleno II	SO	0,9	-	-	0,9	0,8	1,0	-	1,2	0,6	-	-	0,8
1608	β-Atlantol	SO	-	0,9	0,8	-	0,8	0,8	0,8	1,0	-	-	-	3,0
1619	1,10-di-epi-Cubenol	SO	0,9	0,9	0,9	0,4	-	-	1,8	-	-	0,4	-	-
1628	1-epi-Cubenol	SO	1,6	1,7	0,9	1,6	1,7	1,7	-	2,6	1,8	0,9	0,9	-
1632	γ-Eudesmol	SO	1,2	0,9	-	-	3,8	-	-	-	-	0,7	-	-
1633	α-Acorenol	SO	-	1,6	-	-	-	1,3	1,4	-	-	0,6	-	-
1636	cis-Cadin-4-em-7-ol	SO	-	-	1,1	1,1	1,2	-	-	-	1,2	1,2	-	0,7
1637	β-Acorenol	SO	-	-	-	-	1,6	-	-	-	-	-	-	-
1640	Cariofila-4(12),8(13)dien 5β-ol	SO	1,0	-	0,8	-	-	-	-	-	1,0	-	-	-
1640	epi-α-Cadinol	SO	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-
1641	allo-aromadendreno epóxido	SO	-	1,2	1,3	1,1	1,4	1,3	1,7	1,9	-	-	1,2	-
1644	Selina-3,11-dien-6-α-ol	SO	1,3	-	-	1,3	-	1,7	1,8	-	-	-	-	0,7
1646	α-Muurolol	SO	1,0	-	-	1,0	1,5	1,4	1,4	1,2	-	-	-	0,7
1646	Cubenol	SO	-	-	-	-	1,8	3,6	2,0	2,3	1,0	-	-	-
1648	Khusilal	SO	-	-	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-
1649	Agarospírol	SO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1666	Cariofileno <14-hidroxi-(Z)	SO	-	-	-	-	0,7	0,7	0,9	0,8	-	-	-	-
1669	Cariofileno <14-hidroxi-9-epi-(E)	SO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1700	Eudesm-7(11)-em-4-ol	SO	-	-	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-	-
1701	Acetato de cariofileno	SO	0,8	-	1,1	-	-	-	-	-	-	1,4	0,6	1,5
	Monoterpenos		26,4	14,0	14,4	11,8	15,7	10,7	10,1	16,0	9,6	12,7	8,1	6,9
	Monoterpenos oxigenados		23,8	11,4	13,2	12,6	12,5	11,6	15,0	16,9	8,7	2,9	5,0	6,0
	Sesquiterpenos		37,5	62,5	60,6	64,2	55,1	59,1	56,7	49,4	72,9	79,3	82,5	75,7
	Sesquiterpenos oxigenados		12,3	10,9	10,2	11,5	18,5	17,9	15,9	17,7	8,3	5,1	2,8	11,4
	Não identificado		0,0	1,2	1,7	0,0	0,0	0,7	2,4	0,0	0,5	0,0	1,7	0,0
	Total		100,0	98,9	98,3	100,0	100,0	99,3	97,6	100,0	99,5	100,0	98,3	100,0
	Rendimento		0,21	0,24	0,24	0,20	0,23	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,11	0,20

Legenda: ¹IK – índice de Kovatz; M – Monoterpeno; MO – Monoterpeno oxigenado; S – Sesquiterpeno; SO – Sesquiterpeno oxigenado

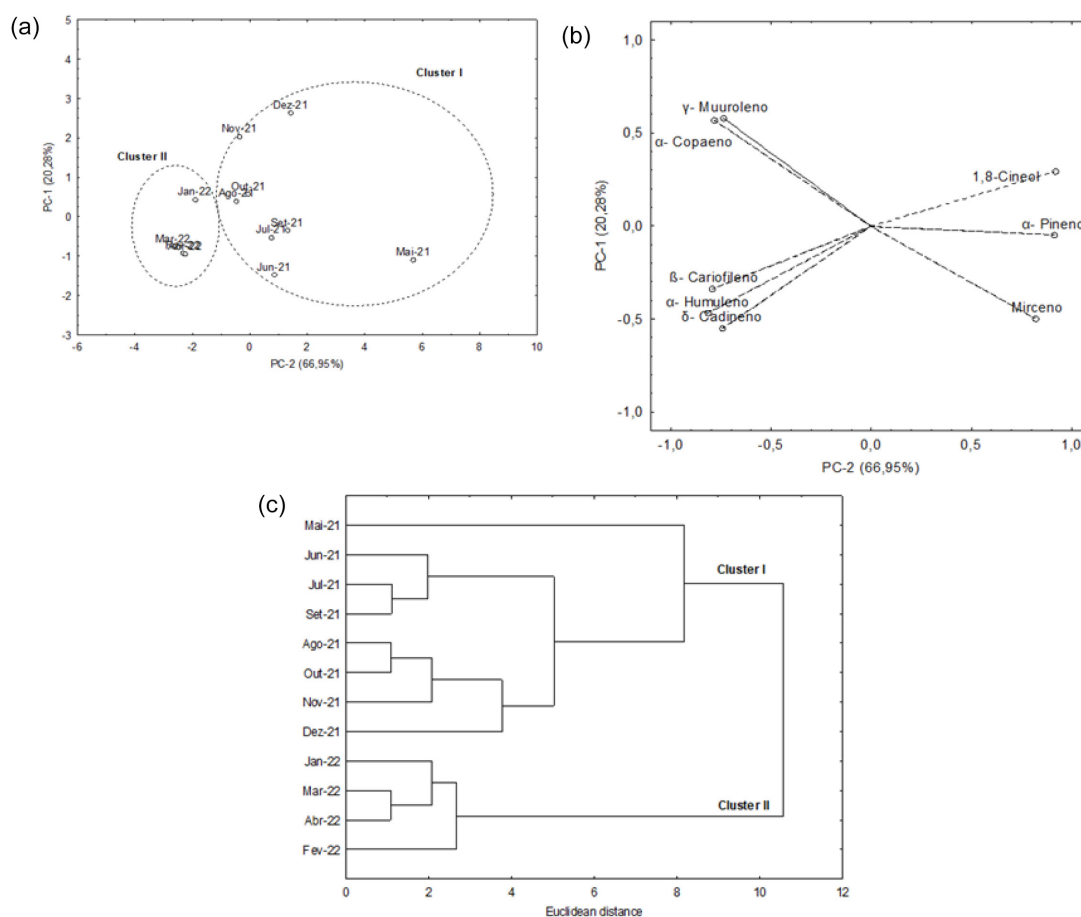
entre os principais componentes do óleo volátil de outras espécies de *Psidium*. Para *P. guajava*²⁰ foi observado 18,18% de β-cariofileno, e para *P. myrtooides*, 30,9%.²¹ Observou-se também um aumento significativo no percentual do δ-cadineno nos meses de janeiro a abril de 2022. Esse aumento foi responsável para designação dos dois *clusters*,

com características químicas semelhantes, validando o resultado obtido pela APC (Tabela 3).

Em estudos realizados sobre a composição do óleo volátil de *P. cattleianum*, foram identificados como constituintes majoritários β-cariofileno (20,40%), α-pineno (10,10%), δ-cadineno (7,38%), germacreno D (7,21%) e β-selineno

Tabela 2. Variação climática observada no período de amostragem (maio de 2021 a abril de 2022)

Mês/Ano	Temperatura (°C)		UR (%)	Precipitação (mm)	Radiação (Kj/m ²)
	Máxima	Mínima			
mai/21	22,2	20,6	60,7	0,005	1315,7
jun/21	22,0	20,3	59,7	0,001	1241,7
jul/21	21,0	19,1	49,2	0,000	1372,8
ago/21	24,7	22,8	41,8	0,010	1536,7
set/21	28,3	26,3	39,1	0,000	1525,4
out/21	27,1	25,6	60,3	0,130	1564,3
nov/21	24,7	23,4	76,4	0,370	1215,9
dez/21	24,9	23,6	76,5	0,260	1344,0
jan/22	24,8	23,5	76,4	0,300	1418,0
fev/22	24,8	23,5	76,4	0,700	1481,1
mar/22	25,5	24,0	69,0	0,100	1556,8
abr/22	25,4	23,8	62,9	0,020	1587,0

Fonte: <https://portal.inmet.gov.br/>**Figura 1.** Grupos quimicamente semelhantes organizados estatisticamente por Análise de Componentes Principais, conforme o mês de amostragem (a), os componentes determinantes para os grupos (b) e seus respectivos grupamentos hierárquicos (c) para as amostras de óleo volátil das folhas de *Psidium cattleyanum* obtidas mensalmente em Hidrolândia-Go, no período de maio de 2021 a abril de 2022

(7,00%), assim, podemos afirmar que eles têm o mesmo composto majoritário de maior teor, β -cariofileno, e outros dois majoritários em comum, α -pineno e δ -cadineno.¹⁹ Já no estudo realizado por Soliman *et al.*,¹⁸ com óleo volátil

de *P. cattleyanum*, foram identificados como constituintes majoritários em seu estudo, β -cariofileno (28,83%), α -pineno (28%), mirceno (13,4%), α -humuleno (3,03%) e β -trans-ocimeno (5,25%), uma comparação com este

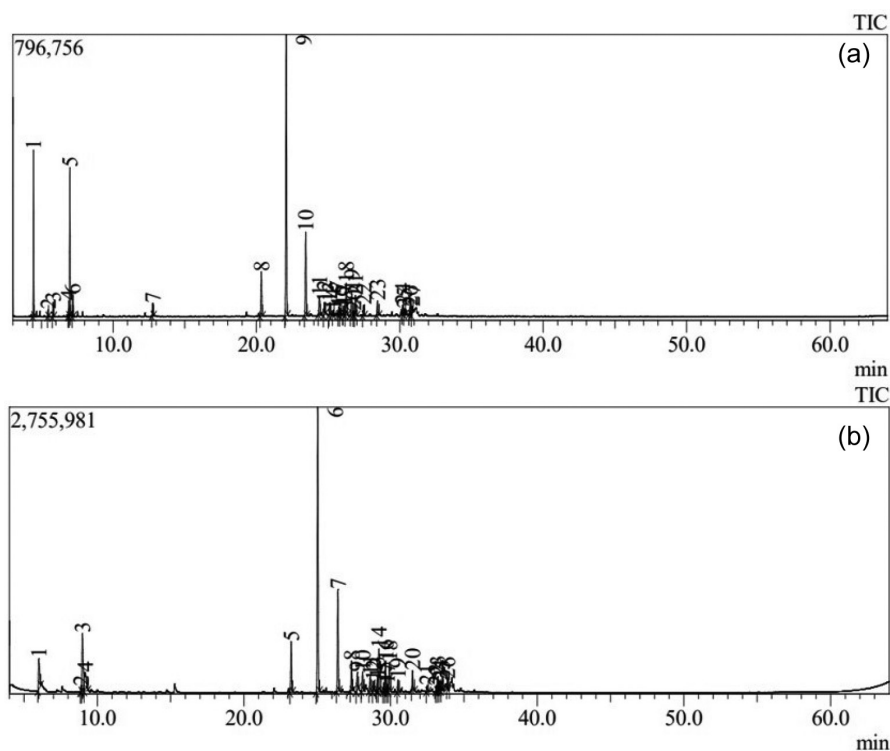


Figura 2. Cromatogramas obtidos por CG/EM para as amostras de óleo volátil das folhas de *Psidium cattleianum* obtidas pós agrupamento dos materiais conforme a análise estatística. Em (a) composição do agrupamento referente ao cluster I. (b) cromatograma observado para o cluster II

Tabela 3. Resumo da análise discriminante canônica para as amostras de *Psidium cattleianum*. O composto α -cadineno foi empregado para prever a classificação proposta

Discriminante canônica			
	Lambda parcial	Lambda Wilk	Valor de p
F1	0,4720	1,00	0,0074
Valor de F	11,12	-	-
		Cluster I	Cluster II
Porcentagem do total de boa classificação		P = 0,67	P = 0,33
Cluster I	100	8	0
Cluster II	100	0	4
Total	100	8	4

presente estudo tem em comum a presença do mesmo majoritário de maior teor, β -cariofileno, e outros dois majoritários em comum, α -pineno e α -humuleno, mirceno e β -trans-ocimene não foram majoritários neste estudo, mas estão presentes na composição do óleo volátil. Em suma, os resultados observados para as amostras de *P. cattleianum* foram semelhantes quando comparado à literatura para a mesma espécie.

Comparando as identificações das composições s deste estudo com o de outros estudos realizados com outras espécies de *Psidium*, podemos afirmar que foram satisfatórios e interessantes, pois tiveram muitos componentes químicos em comum. Em estudos com *P. guajava*, foram identificados como compostos majoritários α -humuleno (26,37%), β -cariofileno (18,18%),

aromadreno (7,63%), β -selineno (7,35%) e selin-11-en-4-ol (7,20%). Dias *et al.*,²¹ identificou como compostos majoritários em seu estudo com *P. myrtilloides* β -cariofileno (30,9%), α -humuleno (15,4%), α -copaeno (7,8%), óxido de cariofileno (7,3%) e bisabol (5,3%).

No mês de maio de 2021, o óxido de cariofileno foi um constituinte majoritário presente no óleo volátil de *P. cattleianum*. O aumento do teor de óxido de cariofileno pode estar relacionado com a diminuição da concentração e da oxidação de β -cariofileno, o que pode explicar seu menor percentual no referido mês.²¹ O óxido de cariofileno está presente na composição de várias espécies de *Psidium*.²² Vários fatores como o clima, condições ambientais, variação do solo, entre outros fatores, podem interferir na composição do óleo volátil.

3.2. Bioatividade do óleo volátil contra larvas de *Ae. aegypti*

O óleo volátil de *P. cattleyanum* se mostrou ativo contra larvas de *Ae. aegypti*, porém, esse potencial variou conforme a composição do óleo volátil. Foi observado que o *cluster* I teve maior eficácia ($CL_{50} = 87,6 \pm 27,2 \mu\text{g/mL}$; $CL_{90} = 112,6 \pm 19,1 \mu\text{g/mL}$) para causar mortalidade larval do que o *cluster* II ($CL_{50} = 127,7 \pm 33,6 \mu\text{g/mL}$; $CL_{90} = 164,0 \pm 39,1 \mu\text{g/mL}$). Correlacionando com a composição mostrada por cada agrupamento foi possível observar que a maior eficácia larvicida esteve associada às amostras nas quais foram observados maiores percentuais de hidrocarbonetos monoterpenos.

Analisando os constituintes majoritários, pode-se observar que no período de julho a setembro os percentuais dos sesquiterpenos β -cariofileno, α -humuleno, α -copaeno e δ -cadineno tiveram uma diminuição nos seus índices nesse período. Já os monoterpenos 1,8 cineol e α -pineno tiveram um aumento significativo nos seus índices. Em estudo realizado por Simas *et al.*,²³ onde foi comparado a atividade larvicida de monoterpenos e sesquiterpenos isolados, foi demonstrado que os monoterpenos isolados possuem maior atividade larvicida quando comparado com aos sesquiterpenos. Exemplificando, o sesquiterpeno farnesol (forma isomérica do nerolidol), mostrou atividade larvicida com CL_{50} de $13 \mu\text{g/mL}$, já o monoterpeno geraniol (precursor biossintético do farnesol) mostrou-se menos ativo, com $CL_{50} = 81,6 \mu\text{g/mL}$.

Os monoterpenos compõe um grupo predominante com ação inseticida em relação aos sesquiterpenos.²³ Os monoterpenos podem atuar no sistema nervoso dos insetos, incluindo o ácido γ -aminobutírico (GABA) acoplado aos canais de cloreto, receptores de octopamina, tiramina, acetilcolina esterase, receptores nicotínicos de acetilcolina (RnACh) e canais de sódio. Outro mecanismo de ação que pode ser relacionado a atividade inseticida dos monoterpenos é a acoplamento a proteína G em insetos, incluindo receptores de octopamina e receptores de tiramina, que causa paralisia e morte nos insetos.²⁴

Limberger *et al.*,²⁵ analisaram espécies da família Myrtaceae e constataram que existe uma prevalência de sesquiterpenos como majoritários em espécies desta família, cuja predominância desses compostos é uma constante, principalmente dos grupos do cariofileno e germacreno. Em estudos realizados com o monoterpeno 1,8-cineol isolado apresentou $CL_{50} = 1381 \mu\text{g/mL}$ em larvas de *Ae. aegypti*. Os sesquiterpenos β -cariofileno e óxido de cariofileno, identificados como os principais compostos do óleo volátil de folhas de *Hyptis pectinata* (Lamiaceae), quando avaliados isoladamente, apresentaram um valor de $CL_{50} = 1.202 \text{ mg/L}$ e 125 mg/L , respectivamente, enquanto que o valor de CL_{50} do óleo foi de 366 mg/L .²⁶ Esses resultados sugerem que a atividade larvicida desses componentes seja aumentada pelo sinergismo entre os componentes do óleo volátil.

As classes dos compostos majoritários de um óleo volátil, nem sempre é um fator primordial na determinação de sua atividade, pois seus constituintes podem agir por sinergismo e os componentes minoritários podem influenciar na atividade biológica do óleo.²⁷ Entretanto, nesse estudo observou-se maior biopotencial do óleo volátil das folhas de *P. cattleyanum* em condições em que há predomínio de hidrocarbonetos monoterpenos. Portanto, sugere-se que a obtenção de material para estudos futuros do óleo volátil com finalidade larvicida contra *Ae. aegypti* deve ser realizada no período da estiagem/transição.

4. Conclusões

A composição do óleo essencial esteve marcada pela mudança de grupos majoritários, alterando entre o predomínio de monoterpenos e sesquiterpenos. Essa variação foi confirmada pelos agrupamentos hierárquicos providenciados pela estatística. O óleo essencial apresentou atividade larvicida frente às larvas do *Ae. aegypti*. Esse potencial foi mais pronunciado na amostra proveniente do *cluster* I que reúne os óleos essenciais com composição majoritária de monoterpenos como α -pineno e 1,8-cineol. Óleos essenciais com maior proporção de monoterpenos são relatados na literatura como mais bioativos, e dessa forma os meses, maio, junho, julho, agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2021, com predomínio desses compostos são os mais indicados para obtenção de amostras para estudos com finalidade larvicida.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Código de Financiamento 001), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pelo apoio financeiro para a realização deste estudo.

Contribuições do Autor

Fernanda M. de Oliveira: Conceituação, Redação do rascunho original; **Camila A. Romano:** Pesquisa; **Adelair H. dos Santos:** Recursos; **Jerônimo R. de Oliveira Neto:** Pesquisa; **Luiz C. da Cunha:** Recursos; **Leonardo L. Borges:** Análise formal; **José R. de Paula:** Administração do Projeto, Redação-revisão e edição.

Referências Bibliográficas

1. Brasil. *Diretrizes Nacionais para a Prevenção e Controle de Epidemias de Dengue* 2009. [Link]

2. Donalizio, M. R.; Freitas, A. R. R.; Zuben, A. P. B.; Von Arboviruses emerging in Brazil: challenges for clinic and implications for public health. *Revista de Saúde Pública* **2017**, *51*, 1. [[Link](#)]
3. Tauil, P. L.; Aspectos críticos do controle da febre amarela no Brasil. *Revista de Saude Publica* **2010**, *44*, 555. [[Crossref](#)]
4. Tauil, P. L.; Critical aspects of dengue control in Brazil. *Cadernos de Saúde Pública* **2002**, *18*, 867. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
5. Zara, A. L. de S. A.; Santos, S. M. Dos; Fernandes-Oliveira, E. S.; Carvalho, R. G.; Coelho, G. E.; Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* **2016**, *25*, 391. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
6. Santos, S. L. dos; Augusto, L. G. da S.; Modelo multidimensional para o controle da dengue: uma proposta com base na reprodução social e situações de riscos. *Physis: Revista de Saúde Coletiva* **2011**, *21*, 177. [[Crossref](#)]
7. Garcez, W. S.; Garcez, F. R.; Silva, L. M. G. E.; Sarmiento, U. C.; Naturally occurring plant compounds with larvicidal activity against *Aedes aegypti*. *Revista Virtual de Química* **2013**, *5*, 363. [[Crossref](#)]
8. Bekele, D.; Asfaw, Z.; Ethnobotanical study of plants used for protection against insect bite and for the treatment of livestock health problems in rural areas of Akaki District, Eastern. *Topclass Journal* **2012**, *1*, 40. [[Link](#)]
9. Promsiri, S.; Naksathit, A.; Kruatrachue, M.; Thavara, U.; Evaluations of larvicidal activity of medicinal plant extracts to *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) and other effects on a non target fish. *Insect Science* **2006**, *13*, 179. [[Crossref](#)]
10. Neves, I. D. A.; Rezende, S. R. F.; Kirk, J. M.; Pontes, E. G.; De Carvalho, M. G.; Composition and larvicidal activity of essential oil of *Eugenia candolleana* DC. (Myrtaceae) against *Aedes aegypti*. *Revista Virtual de Química* **2017**, *9*, 2305. [[Crossref](#)]
11. Zappi, D. C.; Growing knowledge: An overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguesia* **2015**, *66*, 1085. [[Crossref](#)]
12. Rosa-Fetter, M. da; Vizzotto, M.; Dutra Corbellini, D.; Nogueira Gonzalez, T.; Propriedades funcionais de araquá-amarelo, araquá-vermelho (*Psidium cattleianum* Sabine) e araquá-pera (*P. acutangulum* D.C.) cultivados em Pelotas/RS. *Brazilian Journal of Food Technology* **2010**, *13*, 92. [[Crossref](#)]
13. Adams, R. P.; *Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy*. 4th ed., Allured Publishing Corporation: Carol Stream, 2007.
14. van Den Dool, H.; Dec. Kratz, P.; A generalization of the retention index system including linear temperature programmed gas—liquid partition chromatography. *Journal of Chromatography A* **1963**, *11*, 463. [[Crossref](#)]
15. Ward Jr., J. H.; Hierarchical Grouping to Optimize an Objective Function. *Journal of the American Statistical Association* **1963**, *58*, 236. [[Crossref](#)]
16. World Health Organization Communicable Disease Control. Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides. *World Health Organization* **2005**, *13*, 1. [[Link](#)]
17. Abbott, W. S.; A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. *Journal of Economic Entomology* **1925**, *18*, 265. [[Crossref](#)]
18. Soliman, F. M.; Fathy, M. M.; Salama, M. M.; Saber, F. R.; Comparative study of the volatile oil content and antimicrobial activity of *Psidium guajava* L. and *Psidium cattleianum* Sabine leaves. *Bulletin of Faculty of Pharmacy, Cairo University* **2016**, *54*, 219. [[Crossref](#)]
19. Garcia, M. O.; *Atividade antimicrobiana de extratos e óleos essenciais de araquá (Psidium cattleianum S.) e pitanga (Eugenia uniflora L.) sobre patógenos de origem alimentar*. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Pelotas, **2018**. [[Link](#)]
20. Silva, E. A. J.; Análise da composição e atividade antifúngica do óleo essencial das folhas de *Psidium guajava* no controle de *Sclerotinia sclerotiorum*. **2020**, *1*, 36. [[Link](#)]
21. Dias, A. L. B.; Batista, H. R. F.; Estevam, E. B. B.; Alves, C. C. F.; Forim, M. R.; Nicolella, H. D.; Furtado, R. A.; Tavares, D. C.; Silva, T. S.; Martins, C. H. G.; Miranda, M. L. D.; Chemical composition and in vitro antibacterial and antiproliferative activities of the essential oil from the leaves of *Psidium myrtaoides* O. Berg (Myrtaceae). *Natural Product Research* **2019**, *33*, 2566. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
22. Lima, M. C. F.; Silva, L. S.; Veiga Junior, V. F.; Wiedemann, L. S. M.; Quantificação do β-cariofileno e óxido de cariofileno para o controle de qualidade dos óleos de copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne). *Brazilian Journal of Development* **2020**, *6*, 608. [[Crossref](#)]
23. Simas, N. K.; Lima, E. D. C.; Conceição, S. D. R.; Kuster, R. M.; De Oliveira Filho, A. M.; Lage, C. L. S.; Produtos naturais para o controle da transmissão da dengue - Atividade larvicida de *Myroxylon balsamum* (óleo vermelho) e de terpenóides e fenilpropanóides. *Química Nova* **2004**, *27*, 46. [[Crossref](#)]
24. Regnault-Roger, C.; Vincent, C.; Arnason, J. T.; Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. *Annual Review of Entomology* **2012**, *57*, 405. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
25. Limberger, R. P.; Sobral, M.; Henriques, A. T.; Menut, C.; Bessièrre, J. M.; Óleos voláteis de espécies de *Myrcia* nativas do Rio Grande do Sul. *Química Nova* **2004**, *27*, 916. [[Crossref](#)]
26. Silva, W. J.; Dória, G. A. A.; Maia, R. T.; Nunes, R. S.; Carvalho, G. A.; Blank, A. F.; Alves, P. B.; Marçal, R. M.; Cavalcanti, S. C. H.; Effects of essential oils on *Aedes aegypti* larvae: Alternatives to environmentally safe insecticides. *Bioresource Technology* **2008**, *99*, 3251. [[Crossref](#)]
27. Rosa, C. S.; Veras, K. S.; Silva, P. R.; Lopes Neto, J. J.; Cardoso, H. L. M.; Alves, L. P. L.; Brito, M. C. A.; Amaral, F. M. M.; Maia, J. G. S.; Monteiro, O. S.; Moraes, D. F. C.; Composição e toxicidade frente *Aedes aegypti* L. e *Artemia salina* Leach do óleo essencial das folhas de *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*. **2016**, *18*, 19. [[Crossref](#)]