

Bioatividade de plantas como estratégia no controle vetorial da Dengue

Janaina Vital de Albuquerque^{1*}, Solange Laurentino dos Santos², Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel³

¹Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Prof. Moraes Rego, s/n, 50740-465, Recife, Brasil

²Departamento de Medicina Social do Centro de Ciências e Saúde. Universidade Federal de Pernambuco, Prof. Moraes Rego, s/n, 50740-465, Recife, Brasil

³Departamento Biologia-Botânica, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Manuel de Medeiros, s/n, 52171-900, Recife, Brasil

*Autor para Correspondência: E-mail janainavital91@gmail.com

RESUMO: As plantas são uma fonte alternativa de agentes inseticidas, pois constituem uma fonte rica de produtos químicos bioativos. Buscando a identificação de um modelo econômico e ecologicamente mais viável, o estudo objetivou identificar e caracterizar os insumos vegetais mais utilizados na remediação e no controle da dengue, através de uma revisão de literatura no banco de dados Science Direct. Considerando os insumos vegetais mais usados, em escala global, foram encontradas 153 espécies com eficácia cientificamente comprovada no controle integrado do vetor. É comum em todos os conteúdos analisados que a utilização de insumos vegetais vem se caracterizando como estratégia ambientalmente segura, por apresentar menor risco para o ambiente e para a saúde humana, podendo fornecer substitutos práticos para inseticidas sintéticos. Foi evidenciado que a maioria dos insumos apresentam atividade larvicida, conferindo um retardo no crescimento dos mosquitos, ou bloqueando sua transformação para a fase adulta.

Palavras-chave: *Aedes aegypti*, plantas, bioprospecção, *Culex quinquefasciatus*

ABSTRACT: Plant bioactivity as a strategy for dengue vector control. Plants are an alternative source of insecticides, as they are a rich source of bioactive chemicals. Seeking to identify an economically and ecologically viable model, the study aimed to identify and characterize the most used vegetal inputs in the remediation and control of Dengue through a literature review in the Science Direct database. Considering the most used vegetal inputs, species with proven scientific effectiveness in the integrated vector control were found in a global scale. It is common in all analyzed contents that the use of vegetal inputs is characterized as an environmentally safe strategy because it presents less risk to the environment or human health, providing practical substitutes for synthetic insecticides. It was evidenced that most of the inputs present larvicidal activity, delaying mosquito growth or blocking its transformation into adulthood.

Keywords: *Aedes aegypti*, plants, bioprospecting, *Culex quinquefasciatus*

INTRODUÇÃO

Os compostos derivados de plantas mostram ser uma boa solução, não apenas como novas ferramentas eficazes na gestão de políticas voltadas ao controle de vetores, mas, também, como agentes ambientalmente mais seguros. Kin et al. (2001) comentam sobre a utilização de plantas como uma alternativa inseticida, por possuírem uma fonte rica de produtos químicos bioativos.

A utilização de agrotóxicos no controle vetorial ainda é uma das principais estratégias utilizadas, não só pelo setor público, mas, também,

pelo privado, especialmente no uso domiciliar. A ABRASCO (2016) lançou uma nota técnica sobre as práticas de controle vetorial e o uso de tais práticas; infelizmente, observa-se que a eficácia dos usos de produtos químicos é o crescimento do número de localidades infestadas pelo vetor, a disseminação da resistência aos agrotóxicos passíveis de uso na saúde pública e o esgotamento do painel de possibilidades de controle químico.

Segundo Braga e Valle (2007), em 2000 confirmou-se a resistência aos organofosforados e que, durante muito tempo, foi a base dos larvicidas

Recebido para publicação em 23/02/2018

Aceito para publicação em 20/01/2022

Data de publicação em 25/01/2022

ISSN 1983-084X

© 2019 Revista Brasileira de Plantas Medicinais/Brazilian Journal of Medicinal Plants.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

mais utilizados pela Saúde Pública para uso em água potável. No controle de insetos adultos, passou-se a utilizar os piretróides em todo o Brasil. Zara et al. (2016), revisando o uso de agrotóxicos no controle de vetores, comentam que, embora houvesse expectativa de que a introdução dos piretróides tivesse um impacto significativo no controle do *Aedes aegypti*, as populações do vetor deram indícios de resistência, ocasionando outros problemas no controle do vetor.

Buscando a utilização de um modelo econômico e ecologicamente mais viável, objetivou-se identificar e caracterizar os insumos vegetais mais utilizados na remediação e no controle do vetor *A. aegypti*.

MATERIAL E MÉTODOS

A identificação e a caracterização dos insumos vegetais usados na remediação e controle do *A. aegypti* foram realizadas por meio de uma busca na literatura depositada no banco de dados Science Direct, utilizando os descritores: *A. aegypti*, *Dengue*, *Plant*, *Activity larvicida*, *essential oil*, *repellent* e *ovicide*. Foram considerados artigos e documentos científicos nos idiomas português, inglês e espanhol.

Não foi estipulada uma temporalidade específica para a busca dos títulos, ampliando a possibilidade de obtenção de dados mais completos. Os artigos passaram por uma triagem a partir da leitura, na íntegra, dos resumos e, posteriormente, separados como: compatíveis e não compatíveis.

Os artigos considerados como não compatíveis foram separados dos demais por não contemplar, em sua essência, a utilização de insumos vegetais como uma estratégia de controle vetorial, por discorrerem sobre espécimes avasculares, por não serem facilmente encontrados no Brasil ou por serem de derivados não vegetais.

Aqueles considerados compatíveis foram avaliados, na íntegra, possibilitando evidenciar aspectos como o tipo de insumo utilizado, a espécie estudada, o efeito encontrado, o ano da publicação e algumas anotações consideradas relevantes ao tema abordado. As questões orientadoras constituíram a tabela de resultados. Os documentos foram organizados buscando responder às questões: qual o tipo de insumo utilizado; qual a espécie estudada e qual a ação encontrada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um total de 352 artigos foi encontrado na base de dados Science Direct, sendo 108 considerados compatíveis, por descreverem, de

forma técnico-científica, derivados vegetais naturais, e 244 como não compatíveis. Os artigos compatíveis apresentaram estudos com espécies utilizadas no controle vetorial, informando as partes utilizadas, a ação encontrada, o ano e o(s) autor(es) do artigo.

As análises dos títulos selecionados evidenciaram um total de 153 espécies como alternativas para o controle integrado do vetor (Tabela 1). Algumas espécies foram citadas por mais de um autor, com finalidades múltiplas no controle vetorial ou partes utilizadas diferentes, totalizando 201 tipos de usos para as 153 espécies encontradas.

Plantas pertencentes às mais diversas famílias têm sido amplamente estudadas, devido às suas atividades larvicida, desde a descoberta da atividade larvicida de extrato de *Chrysanthemum cinerariaefolium* Vis. cv. Vacaria, conhecido popularmente como crisântemo ou margarida-do-campo (Omena et al. 2007).

Esse problema requer a descoberta de novas espécies facilmente disponíveis, agentes de baixo custo que podem controlar as larvas do mosquito, sem produzir qualquer resistência cruzada.

Entre os gêneros mais promissores, *Eucalyptus*, *Ocimum* e *Cymbopogon* são os mais citados nos artigos. Dados de repelência foram produzidos nos ensaios biológicos em laboratório, entretanto, os resultados não foram testados sob condições de campo para a atividade residual.

Foi comum em todos os artigos a utilização de insumos vegetais como um “eco friendly”, por apresentarem reduzidas ameaças para o ambiente e para a saúde humana, além de fornecer substitutos para inseticidas sintéticos.

Observou-se que a maioria dos insumos que apresentavam atividade larvicida é inibidora e, em alguns casos, conferindo um retardo no crescimento dos mosquitos ou impedindo sua transformação para a fase adulta.

Estudos, como os de Guedes (2017), mostram a capacidade da carga viral, encontrada nas espécies *A. aegypti* e *Culex quinquefasciatus*, passiva quanto à transmissão de Dengue e Zika vírus, por possuir carga viral similar, sendo também alvo nos estudos de combate a estas arboviroses.

Elumalai et al (2015), mostram a atividade de *Leucas aspera* (Willd.) como antagonista ao *A. aegypti*, *Anopheles stephensi* e *C. quinquefasciatus*; os dados são similares aos de Govindarajan et al. (2011), que descobriram a atividade ovicida e repelente em extratos botânicos de *A. paniculata*, *A. paniculata*, *A. lineata* nees e *A. squamosa* L. para os mesmos vetores. Espécies como *Quillaja saponária* bark, *C. dactylon* e *A. muricata* também são usadas no controle de *A. aegypti* e *C. quinquefasciatus* (Pelah et al. 2002; Prajapati et al. 2005; Renugadevi

TABELA 1. Espécies utilizadas no controle vetorial do *Aedes aegypti* (Culicidae).

Nome da espécie	Bases de dados	Nome popular	Tipo de insumo	Ação encontrada	Autor
<i>Abuta grandifolia</i> (Mart.) Sandwith	1	Catuabinha	E F	L	Ciccia et al. 2000
<i>Abutilon indicum</i> (L.) Sweet	1	Fruta-gargantilha	EP	L	Tennyson et al. 2012, Kamalakannan et al. 2011
<i>Achyranthes áspera</i> L.	1	Carrapicho	EF	L	Kamalakaran et al. 2011
<i>Aegle marmelos</i> (L.) Corrêa	1	Marmelos	EAF	L	Angajala et al. 2014
<i>Aerva lanata</i> (L.) A. L. Juss. ex Schultes.	1	Folha-da-riqueza	EETf	L	Angajala et al. 2014
<i>Ageratina adenofores</i> (Spreng.)	1	Abundância	EMdF	L	Samuel et al. 2014
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	1	Erva de São João	OI	L	Mendonça et al. 2005
<i>Albizia polyantha</i> (Spreng.) G.P.Lewis	1 3	Alamanda-de-Cerca	EEF	L	Cheng et al. 2009a
<i>Albizia amara</i> (Roxb.) B.Boivin	3	Língua-de-Sogra	F	L e R	Murugan et al. 2007
<i>Allium sativum</i> L.	1 3	Alho	B	L	Sritabutra et al. 2011, Rehman et al. 2014
<i>Aloe vera</i> L.	1 2 3	Babosa	EAF	L	Subramaniam et al. 2012
<i>Anacardium occidentale</i> L.	1 2 3	Cajú	EC	L	Oliveira et al. 2011
<i>Anamirta cocculus</i> (L.) Wight e Arn.	3	Coculus	EEH	A e L	Qadir 2014
<i>Andrographis echinoides</i> (L.) Nees.	3	Acácia	EETf	L	Rajkumar et al. 2012
<i>Andrographis paniculata</i> (Burm.f.) Nees	1 3	Chuan xin lian	EAF	L	Govindarajan 2011; Edwin et al. 2016; Renugadevi et al. 2013
<i>Aniba duckei</i> Kostermans	3	Pau rosa	EAG	L	Pereira et al. 2014
<i>Anisomeles indica</i> (L.) O.Kuntze	1 3	Nim indiano	EAF e NAg	L	Govindarajan et al. 2016a
<i>Annona glabra</i> L.	1 3	Ariticum do Brejo	EEF	L	Mendonça et al. 2005
<i>Annona muricata</i> L.	1 2 3	Condessa	EAF	L	Luna et al. 2005; Santhosh et al. 2015
<i>Annona squamosa</i> L.	1 3	Pinha	EF	L	Ramanibai e Velayutham 2016
<i>Apium graveolens</i> L.	1 3	Aipo	OI e ES	L	Rehman et al. 2014, Pitasawat et al. 2007
<i>Argemone mexicana</i> L.	0	Cardo-mexicano	ES	Imm e L	Sakthivadivel e Thilagavathy 2003
<i>Avicennia marina</i> (Forssk.) Vierh.	1	Mangue-preto	EP	L	Ali et al. 2012
<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	1 3	Neem	EFFr	L e M	Koodalingam et al. 2014, Wandscheer et al. 2004, Benelli et al. 2016, Wandscheer et al. 2004
<i>Balanites aegyptiaca</i> (L.) Del.	0	Bauhinia	C In	L	Chapagain et al. 2008
<i>Bauhinia cheilantha</i> (Bong.) Steud.	1 2	Mororó	EC	L	Luna et al. 2005
<i>Belosynapsis kewensis</i> Hassk.	3	Veigela	NAg	L	Bhuvaneswari et al. 2015
<i>Boerhavia diffusa</i> L.	3	Erva-tostão	EETf	L	Rajasekaran e Duraikannan 2012
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	1	Sucupira preta	EC	L	Bezerra-Silva et al. 2016
<i>Cadaba trifoliata</i> (Roxb.) Wight & Arn	3	Trifoleata	EETf	L	Rajkumar et al. 2012
<i>Caesalpinia echinata</i> Lam	1 2 3	Pau-brasil	ES	L	Luna et al. 2005
<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	1 2 3	Flamboianzinho	EEH	O e R	Govindarajan et al. 2011
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	1 3	Andiroba	EEO	L	Mendonça et al. 2005
<i>Cardiospermum halicacabum</i> L.	1	Flor de Santa Catarina	EHF	R	Govindarajan e Sivakumar 2012
<i>Carica papaya</i> L.	1 2 3	Mamão papaia	EFS	L	Govindarajan e Sivakumar 2012
<i>Carum carvi</i> L.	1 2	Alcaravia	OI	L	Pitasawat et al. 2007
<i>Chloroxylon swietenia</i> (Roxb.) DC	3	Madeiras	OI	L	Kiran et al. 2006
<i>Cinnamomum zeylanicum</i> Blume	1 2 3	Canela	EEH	R	Prajapati et al. 2005

ccontinua...

TABELA 1. Continuação

<i>Citrullus colocynthis</i> (L.) Shard	1 3	Melancia	EP	L	Tennyson et al. 2012
<i>Citrus hystrix</i> DC.	3	Cambava	EF	L	Rehman et al. 2014
<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck.	1 3	Laranja de Umbigo	EHF	L	Warikoo et al. 2012, Rehman et al. 2014
<i>Clausena anisata</i> (Willd.) Hook.f. ex Benth	1 3	Folha sagrada	EF	L	Mukandiwa et al. 2015, Govindarajan 2010
<i>Cleistanthus collinus</i> (Roxb.) Benth. ex Hook.f.	3	Aroeira-brava	EP	L	Tennyson et al. 2012
<i>Clerodendrum inerme</i> (L.) Gaertn.	3	Lágrima-de-Cristo	EEH	Imm e L	Rehman 2014
<i>Commelina benghalensis</i> L.	1 3	Trapoeiraba	EETf	L	Rajasekaran e Duraikannan 2012
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	2 3	Copaifera	O	L	Mendonça et al. 2005
<i>Copaifera multijuga</i> Hayne	1 2 3	Copaiba	EEO	L	Trindade et al. 2013
<i>Couroupita guianensis</i> Aubl.	1 2 3	Abricó-de-Macaco	EFFr	L	Vimala et al. 2015
<i>Cryptomeria japonica</i> (L.f.) D. Don.	1	Sugi	OF	L	Cheng et al. 2009a; Cheng et al. 2003
<i>Curcuma longa</i> L.	1 3	Curcuma	OFFr	L	Rehman et al. 2014
<i>Cymbopogon citratus</i> (DC.) Stapf.	3	Capim limão	EP	L e R	Sritabutra et al. 2011 Rehman et al. 2014
<i>Cymbopogon nardus</i> L.	3	Citronella	EF	L	Rehman et al. 2014
<i>Cymbopogon winterianus</i> Jowitt.	1 3	Citronela	EF	L	Rehman et al. 2014, Sritabutra et al. 2011
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers	1 2	Grama-bermudas	EF e NAg	L	Sritabutra et al. 2011, Ramanibai e Velayutham 2016
<i>Dalbergia oliveri</i> Gamble ex Prain	1	Jacarandá	EEH	L e P	Pluempunapat et al. 2013
<i>Dalbergia sissoo</i> Roxb. ex DC.	1 2	Jacaranda	OF	L	Ansari et al. 2000
<i>Datura stramonium</i> L.	1	Figueira-do-Inferno	EETf	L	Rajasekaran e Duraikannan 2012
<i>Delphinium denudatum</i> Jadwar	1	Nirvisha	NAg	L	Suresh et al. 2014
<i>Dendranthema grandiflorum</i> Brietner	1	Sorubim	EMdF	L	Spindola et al. 2016
<i>Dianthus caryophyllus</i> L.	0	Cravo de defunto	EF	L	Rehman et al. 2014
<i>Ecbolium viride</i> Forssk.	1	Flor-de-jade	EER eER	L eA	Tennyson e Ravindran 2012; Reegan et al. 2013
<i>Eclipta alba</i> L.	1 2	Agrião-do-Brejo	EEH	L	Govindarajan e Karuppannan 2011
<i>Ervatamia coronaria</i> (Jacq.) Stapf	1	Jasmim-café	EEH	O e R	Govindarajan et al. 2011
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh	1	Eucalipto	OF	L	Cheng et al. 2009b
<i>Eucalyptus citriodora</i> (Hook.) K.D. Hill e L.A.S. Johnson	1	Eucalipto	EF	L	Rehman et al. 2014
<i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	1	Eucalipto	EF	L e R	Rehman et al. 2014, Sritabutra et al. 2011
<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake	1	Eucalipto	OF	L	Cheng et al. 2009b
<i>Eugenia caryophyllus</i> (Spreng.) Bull-ock e S.G.Harrison.	1	Cravinho-da-Índia	EF	L	Rehman et al. 2014
<i>Eugenia uniflora</i> L.	1 2	Pitanga	EF	L	Luna et al. 2005
<i>Feronia elephantum</i> Corrêa	0	Pomo-de-elefante	EF	L	Rehman et al. 2014
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill.	1 2	Funcho	OI	L	Pitasawat et al. 2007
<i>Glycine max</i> (L.) Merr	1 2 3	Soja	EF	L	Rehman et al. 2014
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	1 2	Jatobá	EMM	L	Bezerra-Silva et al. 2016
<i>Hypericum perforatum</i> L.	1 2 3	Erva-de-são-joão	EAF	L	Mitsopoulou et al. 2014
<i>Hypericum polyanthemum</i> Klotzsch ex Reichardt	1	Hipérico	EL	A e L	Santos et al. 2014
<i>Hyptis fruticosa</i> Salzm. ex. Benth	1 2 3	<i>Hyptis</i>	OF	L	Maia et al. 2008

cccontinua...

TABELA 1. Continuação

<i>Hyptis pectinata</i> L. Poit	1 3	Sambacaitá	OF	L	Maia et al. 2008
<i>Hyptis suaveolens</i> L. Poit	1 2 3	Suaveolens	EF	L	Tennyson et al. 2012
<i>Ipomoea cairica</i> (L.) Sweet	1 3	Trombeta-dos-anjos	EP	L	Ishak et al. 2014
<i>Juniperus macropoda</i> Boiss.	1 3	Tuia-jacaré	EEH	L e O	Samuel et al. 2014
<i>Kunzea ambigua</i> (Sm.) Druce	1	Kunzea	OF	L	Prajapati et al. 2005
<i>Lantana camara</i> L.	1 3	Cambará	EEtF	L	Rehman et al. 2014
<i>Leucas aspera</i> (Willd.) Link.	1	Leucas	EP	L	Rajasekaran e Duraikannan 2012; Elumalai e Hemalatha 2015
<i>Limonella zanthoxylum</i> (Dennst.) Alston.	0	Mamica de porca	O	L	Reegan et al. 2014
<i>Limonia acidissima</i> L.	1	Maça de madeira	EAf	L e P	Reegan et al. 2014
<i>Lippia gracilis</i> L.	1 3	Lipia	OF	L	Maia et al. 2008
<i>Lippia javanica</i> (Burm.f.) Spreng.	1	Lipia	EF	L	Rehman et al. 2014
<i>Manihot esculenta</i> Crantz	1 3	Mandioca	EAf	L e A	Velayutham et al. 2016
<i>Marsdenia altissima</i> (Jacq.) Dugand	1 2 3	Erva alta	EC	L	Luna et al. 2005
<i>Melaleuca ericifolia</i> Sm.	0	Melaleuca	G	L	Rehman et al. 2014
<i>Melia azedarach</i> L.	1 3	Cinamomo	EFFr	L e O	Wandscheer et al. 2004, Coria e Almiron 2008
<i>Mentha piperita</i> L.	1	Menta	EF	L	Rehman et al. 2014; Sritabutra et al. 2011; Kumar et al. 2011
<i>Mentha x villosa</i> Huds.	1	Hortelã	OF	L	Lima et al. 2014
<i>Milletia usaramensis</i> Taub.	0	Miletia	EC	L	Bosire et al. 2014
<i>Minthostachys setosa</i> Briq.	1	Pé-azul	EF	A e L	Ciccica et al. 2000
<i>Morinda citrifolia</i> L.	1	Noni	EAf	L e P	Kovendan et al. 2012
<i>Moringa oleifera</i> Lam.	1	Acácia-branca	EFFr	L	Coelho et al. 2009
<i>Murraya koenigii</i> (L.) Spreng.	1	Curry	EP	L	Tennyson et al. 2012
<i>Myracrodruon urundeuva</i> F.F. e M.F.Allemao	1 3	Aroeira	EC	L	Araújo et al. 2009; Souza et al. 2015
<i>Nicandra physalodes</i> L. Pers.	1 3	Juá-de-capote	EAf e NAg	L e A	Govindarajan et al. 2016b
<i>Ocimum basilicum</i> L.	1	Manjerição	EF	L	Rehman et al. 2014; Sritabutra et al. 2011; Cheng et al. 2009a
<i>Ocotea vellosiana</i> (Meisn.) Mez	1	Brinco-de-princesa	EEF	L	Luna et al. 2005
<i>Operculina macrocarpa</i> (L.) Urb.	1 3	Batata-de-purga	ER	L	Kumar et al. 2012
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	1 3	Losna-branca	EP	L	Tabanca et al. 2015
<i>Perilla frutescens</i> (L.) Britton.	1	Perilla	OI	L P e R	Torres et al. 2014
<i>Persea americana</i> Mill.	1 3	Abacateiro	EFr	L	Torres et al. 2014; Pereira et al. 2014
<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	1	Pimenta darda	EAf	L	Murugan et al. 2007
<i>Pimpinella anisum</i> L.	1	Erva-doce	EEH	L e O	Prajapati et al. 2005
<i>Pinus kesiya</i> var. <i>langbianensis</i> (A.Chev.) Gaussen ex Bui.	1	<i>Pinus</i>	OF	L	Govindarajan et al. 2016
<i>Piper aduncum</i> L.	1	Pimenta-de-macaco	OI e F	L	Maia et al. 2007
<i>Piper corcovadensis</i> (Miq.) C.DC.	1	Cipó de macaco	OF	L	Silva et al. 2016
<i>Piper hostmannianum</i> (Miq.) C.DC.	0	Pimenta branca	O e F	L	Maia et al. 2007
<i>Piper marginatum</i> Jacq.	1 2	Caapeba	OF	L e O	Autran et al. 2009
<i>Piper nigrum</i> L.	1	Pimenta-do-reino	EFFr	L	Gulzar et al. 2013
<i>Piper permucronatum</i> Yunck.	1	Elixir paregórico	O e F	L	Mendonça et al. 2005
<i>Plumbago capensis</i> Thunb.	1	Bela-Emília	EFFr	L	Pelah et al. 2002
<i>Pogostemon cablin</i> Benth.	1	Patchouli	EFF	L P e R	Gnanadesigan et al. 2011; Prajapati et al. 2005

cccontinua...

TABELA 1. Continuação

<i>Pterocaulon polystachyum</i> DC.	2	Quitoco	EF	A e L	Munusamy et al. 2016
<i>Pterocaulon purpurascens</i> Malme	1	<i>Pterocaulon</i>	EF	A e L	Munusamy et al. 2016
<i>Quillaja saponaria</i> Molina	1	Quilaia	EEF	L	Koodalingam, 2011, 2013
<i>Rhizophora mucronata</i> Poir.	1	Mangue	EF	L	Santos et al. 2014
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	1	Alecrim	EEH	O e R	Munusamy et al. 2016
<i>Rubia cordifolia</i> L.	1	Ruiva-da-india	EM e EMdF	L e O	Munusamy et al. 2016
<i>Sapindus emarginatus</i> Vahl	0	Quaresminha branca	EAS	Imn e L	Koodalingam et al. 2011; 2013
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	1 2	Braúna-do-sertão	ECF	L	Santos et al. 2014
<i>Scilla peruviana</i> L.	0	Cila-do-Peru	EMdF	L e O	Munusamy et al. 2016
<i>Seseli diffusum</i> (Roxb. ex Sm.) Santa-pau e Wagh	0	Erva-das-sete-san-grias	EEF	L e A	Ehteshamul et al. 2013
<i>Sida acuta</i> Burm.f.	1 2	Sida	EF	L	Govindarajan 2010b
<i>Solanum trilobatum</i> L.	0	Cereja-de-Jerusalém	EFI	L	Premalatha et al. 2013
<i>Sphaeranthus indicus</i> L.	1	Queima gordura	EP	L	Tennyson et al. 2012
<i>Spondias mombin</i> L.	1	Cajá	ES	L	Luna et al. 2005
<i>Syzygium aromaticum</i> L.	1	Cravo-da-Índia	EF e OFFr	L e R	Rehman et al. 2014; Sritabutra et al. 2011
<i>Tabebuia avellanadae</i> Lorentz ex Gri-seb.	1	Tabebuia	EEF	L	Cheng et al. 2009a
<i>Tagetes patula</i> L.	1 2	Tagetes-anão	OFFr	L	Dharmagadda 2005; Munhoz et al. 2014
<i>Terminalia fagifolia</i> Mart. e Zucc.	1 2	Cachaporra-do-gentio	EEF	L	Cheng et al. 2009a
<i>Thymus vulgaris</i> L.	1	Tomilho	EFF	L	Rehman et al. 2014
<i>Tribulus terrestris</i> L.	1 2	Abrojo terrestre	EEF	L e R	El-Sheikh et al. 2016
<i>Tridax procumbens</i> L.	1	Erva-de-touro	EEtF	L	Rajasekaran e Duraikannan 2012
<i>Vitex cymosa</i> Bertero ex Spreng.	1 2	Aroeira-do-campo	EEF	L	Cheng et al. 2009a
<i>Vitex trifolia</i> L.	1	Vitex	EAF	L	Kannathasan et al. 2011
<i>Zanthoxylum limonella</i> (Dennst.) Alston	1	Árvore da castidade	OFFr	L	Rehman et al. 2014
<i>Zanthoxylum sp</i>	2	Mamica-de-porca	EEF	L	Cheng et al. 2009a
<i>Zedoaria cúrcuma</i> (Christm.) Roscoe.	0	Zedoária	OI	L	Pitasawat et al. 2007
<i>Zingiber cassumunar</i> Roxb.	1	Plai	OF	L	Rehman et al. 2014
<i>Zingiber officinale</i> Roscoe.	1	Gengibre	EP	Imn Le O	Sharma et al. 2015; Sritabutra et al. 2013; Prajapati et al. 2005

Legenda 1- Bases de dados botânicos: 1 = W3Trópicos, 2 = Flora Brasiliensis, 3 = Associação Plantas do Nordeste (APNE), 0 = Sem ocorrência nas bases de dados consultadas.; **Legenda 2-** Tipo de insumo utilizado: B = Bulbo, C = Culturas *in vitro*, EAE = Extratos aquosos e etanólicos, EAF = Extrato aquoso de folha, EAG = Extrato aquoso de ramos, EAS = Extrato aquoso de semente, EAS = Extrato de acetona em sementes, EC = Extrato de casca e caule, ECC = Extrato ciclo-hexano do cerne, ECF = Extrato da casca do caule e suas frações, EDH = Extratos diclorometano e hexano, EEAF = Extrato de éter e aquoso de folhas, EEFr = Extrato etanólico de fruto, EEF = Extrato etanólico de folhas, EEH = Extratos etanólicos e hexanos, EEO = Extrato etanólico e óleos, EEOF = Extrato etanólico e óleos das flores, EEP = Extrato etanólico da planta, EER = Extrato etanólico de raiz, EEtF = Extratos etílicos de folhas, EFI = Extrato de flores, EF-Extrato de folhas, EFF = Extrato de folhas e flores, EFr = Extrato de frutos, EFS = Extrato de folha e sementes, EG = Extrato de galhos, EGF = Extrato de galhos e frutos, EHF = Extrato hexano de folhas, EL = Extratos lipofílicos, EM = Extratos metanólicos, EMdF = Extrato Metanólicos e diclorometanólicos de flores, EMM = Extrato metanólico de madeira, EMZ = Extrato metanólico da raiz, EP = Extrato de planta, ER = Extrato de raiz, ES = Extrato de sementes, F = Fumaça, G = Gel comercial, NAG = Nanopartículas de prata, OI = Óleos, ODv = Óleos destilação a vapor, OF = Óleo de folha, OFFr = Óleos de folhas e frutos.; **Legenda 3-** Ação encontrada: L = Larvívica, Imn = Imunossupressor, O = Ovívida, A = Adultívica, R = Repelente, P = Pulpívica.

et al. 2013; Santhosh et al. 2015; Munusamy et al. 2016; Ramanibai e Velayutham 2016; Velayutham 2016).

As espécies *C. dactylon*, *Dalbergia sissoo*, *Eclipta alba*, *E. uniflora*, *P. nigrum*, *C. multijuga*, *C. langsdorffii*, *C. zeylanicum*, *C. papaya*, *C. echinata*,

B. cheilantha, *H. fruticosa* e *A. muricata*, além de serem amplamente distribuídas no mundo, são consideradas de fácil acesso no Brasil, sendo todas registradas no sistema de informação do projeto Flora Brasiliensis de Martius.

Muitas dessas espécies citadas são

utilizadas como temperos e ou com finalidade aromática, possuindo ainda atividade larvicida. Algumas espécies como a *C. winterianus*, muito conhecida como Citronela, tem sua aplicabilidade como inseticida altamente difundida em todo o mundo (Rehman et al. 2014).

Entre os gêneros mais promissores estão *Eucalyptus*, *Ocimum* e *Cymbopogon*, como os mais citados. Dados de repelência foram produzidos nos ensaios biológicos em laboratório. Entretanto, os resultados não foram testados nas condições de campo para a atividade residual.

A eficácia dos óleos essenciais e o seu tempo de proteção pode ser aumentado mediante a utilização de *Vanilinas*, conhecidas popularmente como Baunilha, como sinérgico (Sritabutra et al. 2013) e formulação técnica como microencapsulação e nanoemulsão (Santhosh et al. 2015).

Os efeitos de toxicidade notáveis exibidos pelas sementes, cascas e polpa de *P. americana* (abacate), se mostraram eficientes contra o terceiro e quartos estágios larvais do *A. aegypti*, sendo indicado para o controle do vetor. Um estudo mais aprofundado sobre a planta deve, portanto, ser totalmente explorado.

Vale a pena estudar a propriedade larvicida ao isolar e identificar os componentes ativos que a mortalidade larval causa e, em seguida, usá-los em ensaios de campo a fim de avaliar o seu potencial como uma alternativa aos larvicidas químicos (Torres et al. 2014).

Estes problemas requerem a descoberta de novas espécies facilmente disponíveis, agentes de baixo custo que podem controlar as larvas do mosquito, sem produzir qualquer resistência cruzada.

Com relação à atividade larvicida e adulticida simultaneamente apresentadas em insumos vegetais, os resultados obtidos nos artigos afirmam que os extratos de *A. grandifolia* e *M. setosa* são promissores contra larvas de *A. aegypti* (Ciccio et al. 2000). Estudos qualitativos de fitoquímicos demonstram a utilização de extratos de plantas a partir de diferentes solventes demonstrando a presença de alcalóides, flavonóides, fenóis, terpenos, saponinas e taninos em diferentes combinações.

Avaliando apenas a atividade larvicida, foi evidenciado que espécies de interesse no controle vetorial, como *A. muricata*, *S. mombin* e *E. uniflora*, são cultivadas no Brasil como fonte de frutos comestíveis, significando uma boa possibilidade para a exploração comercial de outras partes da planta prontamente disponíveis, tais como caules, sementes e folhas (Omena et al. 2007; Luna et al. 2005). É interessante notar que, no Nordeste do Brasil, agricultores utilizam uma pasta preparada a

partir de extratos de *A. muricata* e *A. squamosa* para controlar nematoides, bactérias e fungos no solo.

Um outro ramo relevante para as pesquisas com insumos vegetais é a utilização de nanopartículas (NPs) de prata (Ag) através de isoamiló etilo isolado e folhas de *A. squamosa* extraídas a partir de acetato de etila. Essas NPs de Ag foram testadas em espécies não alvos para medir sua ação tóxica, e os autores concluíram que estas não são impróprias para espécies não alvos (Velayutham e Ramanibai 2016).

Estudos com espécies consumidas diariamente, como a *C. papaya* (folha e sementes), apresentaram resultados em bioensaios. Entretanto, não se constatou mortalidade de 100%, exibindo uma toxicidade secundária por possuir metabólitos de saponina, flavonoides e triterpenoides do mamoeiro geralmente afetam o sistema digestivo e nervoso das larvas antes da morte conseguindo alcançar 100% da mortalidade dentro de 48 horas do bioensaio (Wahyuni 2015).

Algumas espécies, como as da Família Lauraceae, têm mostrado uma ampla distribuição geográfica, observa-se a existência de dicentrina em vários membros desta família, por exemplo, em espécies dos gêneros *Ocotea*, *Cassytha*, *Lindera* e *Litsea*, bem como em outras famílias de plantas, podem ser exploradas como fontes de alcalóides estruturalmente relacionados às alternativas para o controle de larvas de *A. aegypti* (Cheng et al. 2009a).

Estudos mais densos nas ações bioquímicas das plantas, como os de Rattan (2010), documentaram o modo de ação de três principais categorias químicas: alcaloides, compostos fenólicos e terpenos. Assim, são necessárias mais pesquisas a fim de explorar hiperforina e deoxycolumulone e seu modo de ação, estabelecendo a sua atividade larvicida natural (Mitsopoulou et al. 2014).

Algumas espécies merecem destaque devido à sua atividade larvicida e inibição à postura de ovos. O óleo essencial das folhas de *P. corcovadensis* exibe atividade larvicida significativa contra o *A. aegypti*. Segundo Silva et al. (2016), o óleo da folha apresenta um forte efeito dissuasor na oviposição mesmo em baixa concentração (5 ppm), inibindo a postura de ovos em fêmeas grávidas utilizando a inibição da atividade do tipo enzimática tripsina no estágio larval 4º do *A. aegypti*.

Outro ponto importante que merece destaque é a utilização de espécies exóticas invasoras de fácil proliferação em regiões semiáridas, como o Nim (*A. indica*). Estudos apontam que o óleo e as frações de Nim são promissores como larvicidas, pupicidas e ovicidas de espécies pertencentes ao gênero *Aedes*. O modo múltiplo de ação de Nim contra insetos torna improvável o desenvolvimento de resistência em mosquitos, além disso, as nanopartículas metálicas

são fáceis de produzir, estáveis ao longo do tempo, e podem ser empregadas em baixas dosagens para reduzir populações de *A. aegypti*, com pouco ou nenhum efeito negativo sobre mosquitos não alvo (Silva et al. 2016).

As pupas parecem ser mais susceptíveis ao tratamento além de que o uso de nanopartículas de Nim se torna uma alternativa vantajosa para o controle do vetor, atacando três estágios do mosquito (Koodalingam et al. 2014).

Pesquisas com larvas tratadas com extratos vegetais de *D. oliveri* obtiveram resultados positivos evidenciando convulsões após a aplicação dos extratos, o que indica um efeito sobre neurotransmissores (Pluempunapat et al. 2013).

Vários estudos mostram que inseticidas botânicos podem afetar neurotransmissores como a azadiractina, rotenona e mangosti. O modo de ação de isoflavonoides, especificamente as rotenonas, sugerem inibição da NADH desidrogenase. É uma enzima (Complexo I) da cadeia de transporte de elétrons mitocondrial cujo modo de ação pode justificar um potencial uso no controle de vetores.

Com relação à atividade repelente, Sritabutra et al. (2013) utilizaram óleo de Citronela (Glucam P-20) e *V. fixolide* (Baunilha), descobrindo que a loção contendo emulwax e 5% de vanilina foi o repelente mais eficaz identificado no estudo, fornecendo um tempo de proteção mais longo (4,8h), enquanto a loção contendo emulwax e 2,5% Glucam P-20 teve a menor tempo de proteção (uma hora).

Sritabutra et al. (2013) afirmam que a combinação de óleo de citronela e Vanilinas fornece repelência completa, por pelo menos 3 h, em mosquitos *Anopheles* e *Culex*; o produto demonstrou um tempo de proteção longo, em se tratando de uma mistura de fácil confecção.

O óleo essencial derivado de capim-limão, hortelã-pimenta, eucalipto, citronela, e cravo foi eficaz contra duas espécies de mosquitos, dentre eles o *A. aegypti*. A combinação de óleo de eucalipto mais óleo de manjerição doce e óleo de hortelã mais óleo de laranja foram eficazes em conferir proteção em tempos superiores a 120 min, com taxa de apreensão inferior a 1,0%. Portanto, as duas combinações se mostraram eficientes em repelência.

O tratamento, segundo Sritabutra et al. (2011), não causou nenhuma irritação da pele na área do antebraço de voluntários de teste. No entanto, o tempo de proteção deste estudo é curto, apesar de efeitos repelentes de óleos essenciais à base de plantas não costumarem durar tanto quanto produtos químicos sintéticos. Entretanto, os repelentes de óleos essenciais de algumas ervas são seguros para a vida humana e animais domésticos, com nenhum efeito nocivo ao meio

ambiente reportado até o momento (Sritabutra et al. 2011).

CONCLUSÃO

A exploração comercial das plantas com propriedades inseticidas deve considerar os hábitos de crescimento, a facilidade do cultivo e sua disponibilidade para a população local. Algumas das espécies de interesse, tais como *A. muricata*, *S. mombin* e *E. uniflora*, são cultivadas no Brasil como fonte de frutos comestíveis, proporcionando uma boa possibilidade para a exploração comercial de outras partes da planta prontamente disponíveis, tais como caules, sementes e folhas. A busca do resgate cultural e mitigação de impactos ao ambiente e à saúde humana, mediante a adoção de práticas de controles vetorial ambientalmente mais seguras. No quesito de proteção peridomiciliar (larvicidas e ovicidas) e individual (repelentes de origem vegetal), a utilização de insumos vegetais pode ser uma estratégia viável e de fácil acesso à realidade socioeconômica brasileira.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsa para a primeira autora.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

Todas as autoras contribuíram com a concepção e desenho do estudo, leram e aprovaram o manuscrito final, o qual fez parte da tese da primeira autora, com a orientação das demais autoras.

REFERÊNCIAS

- ABRASCO (2016) Nota técnica sobre microcefalia e doenças vetoriais relacionadas ao *Aedes aegypti*: os perigos das abordagens com larvicidas e nebulizações químicas – fumacê.
- Angajala G, Ramya R, Subashini R (2014) In-vitro anti-inflammatory and mosquito larvicidal efficacy of nickel nanoparticles phytofabricated from aqueous leaf extracts of *Aegle marmelos* Correa. Acta Trop 135 (1):19-26. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2014.03.012>
- Ansari MA, Razdan RK, Tandon M, Vasudevan P (2000). Larvicidal and repellent actions of *Dalbergia sissoo* Roxb. (F-Leguminosae) oil against mosquitoes. Bioresour Technol 73:207-211. <https://doi.org/10.1016/>

- S0960-8524(99)00180-7
- Autran ES, Neves IA, Silva CS, Santos GK, Câmara CA Navarro DM (2009) Chemical composition, oviposition deterrent and larvicidal activities against *Aedes aegypti* of essential oils from *Piper marginatum* Jacq. (Piperaceae). *Bioresour Technol* 100(7):2284-2288. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.10.055>
- Benelli G, Canale A, Higuchi A, Murugan K (2016) The recent outbreaks of Zika virus: Mosquito control faces a further challenge. *Asian Pacific J Trop Dis* 6(4):253-258. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(15\)61025-8](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(15)61025-8)
- Bezerra-Silva PC, Santos JC, Santos GK, Dutra K.A, Santana AL, Maranhão CA, Nascimento MS, Navarro DM, Bieber L (2015). Extract of *Bowdichia virgilioides* and maackiain as larvicidal agent against *Aedes aegypti* mosquito. *Exp Parasitol* 153:160-164. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2015.03.018>
- Bhuvaneswari R, John R, Arumugam M (2015) Larvicidal property of green synthesized silver nanoparticles against vector mosquitoes (*Anopheles stephensi* and *Aedes aegypti*). *Journal of King Saud University. Science* 28(4):318-323. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2015.10.006>
- Bosire CM, Deyou T, Jacques M, Kabaru A, Kimata ADM, Yenesew A (2014) Larvicidal activities of the stem bark extract and rotenoids of *Millettia usaramensis* subspecies *usaramensis* on *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). *J Asia Pac Entomol* 17(3):531-535. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2014.05.003>
- Braga IA, Valle D (2007) *Aedes aegypti*: Histórico do Controle no Brasil. *Epidemiol Serv Saude* 16(2):113-18. <http://dx.doi.org/10.5123/S1679-49742007000200006>
- Chapagain B, Saharan A, Wiesman Z (2008) Larvicidal activity of saponins from *Balanites aegyptiaca* callus against *Aedes aegypti* mosquito. *Bioresour Technol* 99:1165-1168. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.02.023>
- Cheng S, Chang H, Chang S (2003) Bioactivity of selected plant essential oils against the yellow fever mosquito *Aedes aegypti* larvae. *Bioresour Technol* 89:99-102. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00008-7](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00008-7)
- Cheng SS, Chua MT, Chang EH, Huang CG, Chen WJ, Chang ST (2009a) Variations in insecticidal activity and chemical compositions of leaf essential oils from *Cryptomeria japonica* at different ages. *Bioresour Technol* 100:465-470. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.11.060>
- Cheng SS, Huang CG, Chen YJ, Yu JJ, Chen WJ, Chang ST (2009b) Chemical compositions and larvicidal activities of leaf essential oils from two eucalyptus species. *Bioresour Technol* 100:452-456. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.02.038>
- Ciccio G, Coussio J, Mongelli E (2000) Insecticidal activity against *Aedes aegypti* larvae of some medicinal South American plants. *J Ethnopharmacol* 72:185-189. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(00\)00241-5](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00241-5)
- Coelho JS, Santos ND, Napoleão TH, Gomes FS, Ferreira RS, Zingali RB, Coelho LC Leite, SP, Navarro DM, Paiva PM (2009) Effect of *Moringa oleifera* lectin on development and mortality of *Aedes aegypti* larvae. *Chemosphere* 77(7):934-938. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.08.022>
- Coria C, Almiron W (2008) Larvicide and oviposition deterrent effects of fruit and leaf extracts from *Melia azedarach* L. on *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). *Bioresour Technol* 99:3066-3070. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.06.012>
- Dharmagadda SS (2005) Larvicidal activity of *Tagetes patula* essential oil against three mosquito species. *Bioresour Technol* 96:1235-1240. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.10.020>
- Ehteshamul K, Iqbal M, Ahmed S (2013) Growth-disrupting, larvicidal and neurobehavioral toxicity effects of seed extract of *Seseli diffusum* against *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). *Ecotoxicol Environ Saf* 90:52-60. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.12.028>
- El-Sheikh TMY, Al-Fifi ZIA, Alabboud MA (2016) Larvicidal and repellent effect of some *Tribulus terrestris* L., (Zygophyllaceae) extracts against the dengue fever mosquito, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J Saudi Chem Soc* 20(1):13-19.
- Elumalai D, Hemalatha ESA Kaleena K (2015) Larvicidal activity and GC-MS analysis of *Leucas aspera* against *Aedes aegypti*, *Anopheles stephensi* and *Culex quinquefasciatus*. *J Saudi Soc Agric Sci* 16(4):306-313. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.10.003>
- Gnanadesigan M, Anand M, Ravikumar S, Maruthupandy M, Vijayakumar V, Selvam S, Dhineshkumar M, Kumaraguru AK (2011) Biosynthesis of silver nanoparticles by using mangrove plant extract and their potential mosquito larvicidal property. *Asian Pac J Trop Med* 4(10):799-803. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(11\)60197-1](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(11)60197-1)
- Govindarajan M (2010) Chemical composition and larvicidal activity of leaf essential oil from *Clausena anisata* (Willd.) Hook. f. ex Benth (Rutaceae) against three mosquito species. *Asian Pac J Trop Med* 3(11):874-877. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(10\)60210-6](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(10)60210-6)
- Govindarajan M, Karuppannan M (2011) Mosquito larvicidal and ovicidal properties of *Eclipta alba* (L.) Hassk (Asteraceae) against chikungunya vector, *Aedes aegypti* (Linn.) (Diptera: Culicidae). *Asian Pac J Trop Med* 4(1):24-28. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(11\)60026-6](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(11)60026-6)
- Govindarajan M, Khater HF, Panneerselvam C, Benelli G (2016b) One-pot fabrication of silver nanocrystals using *Nicandra physalodes*: A novel route for mosquito vector control with moderate toxicity on non-target water bugs. *Vet Sci Res J* 107:95-101. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2016.05.017>
- Govindarajan M, Mathivanan T, Elumalai K, Krishnappa K, Anandan A (2011). Ovicidal and repellent activities of botanical extracts against *Culex quinquefasciatus*, *Aedes aegypti* and *Anopheles stephensi* (Diptera: Culicidae). *Asian Pac J Trop Biomed* 1:43-48. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(11\)60066-X](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(11)60066-X)
- Govindarajan M, Rajeswary M, Veerakumar K, Muthukumaran U, Hoti SL, Benelli G (2016a) Green synthesis and characterization of silver nanoparticles fabricated using *Anisomeles indica*: Mosquitocidal potential against malaria, dengue and Japanese encephalitis vectors. *Exp Parasitol* 161:40-47. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2015.12.011>
- Govindarajan M, Sivakumar R (2012) Repellent properties of *Cardiospermum halicacabum* Lin (Family: Sapindaceae) plant leaf extracts against three important

- vector mosquitoes. *Asian Pac J Trop Biomed* 2(8):602-607. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60105-1](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60105-1)
- Guedes DR, Paiva MH, Donato MM, Barbosa PP; Krokovsky L, Rocha SWDS, Saraiva K, Crespo MM, Rezende TM, Wallau GL; Barbosa RM, Oliveira CM, Melo-Santos MA, Pena L, Cordeiro, MT, Franca, RFO, Oliveira AL, Peixoto CA, Leal WS, Ayres CF (2017) Zika virus replication in the mosquito *Culex quinquefasciatus* in Brazil. *Emerg Microbes Infect* 6:59-69. <https://doi.org/10.1038/emi.2017.59>
- Ishak, AR, Dom NC, Hussain H, Sabri NH (2014) Biolavacidal Potential of *Ipomoea cairica* Extracts Against Key Dengue Vectors. *Procedia Soc Behav Sci* 153:180-188. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.052>
- Kamalakkannan S, Murugan K, Barnard DR (2011) Toxicity of *Acalypha indica* (Euphorbiaceae) and *Achyranthes aspera* (Amaranthaceae) leaf extracts to *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *J Asia Pac Entomol* 1(1):41-45. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2010.11.011>
- Kannathasan K, Senthilkumar A, Venkatesalu A (2011) Mosquito larvicidal activity of methyl-p-hydroxybenzoate isolated from the leaves of *Vitex trifolia* Linn. *Acta Trop* 120(1):15-118. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2011.07.001>
- Kiran RB, Bhavani K, Sita DP, Rajeswara, RBR, Janardhan RK (2006) Composition and larvicidal activity of leaves and stem essential oils of *Chloroxylon swietenia* DC against *Aedes aegypti* and *Anopheles stephensi*. *Chem Biotechnol* 97:2481-2484. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.10.003>
- Koodalingam A, Deepalakshmi R, Ammu R, Rajalakshmi A (2014) Effects of NeemAzal on marker enzymes and hemocyte phagocytic activity of larvae and pupae of the vector mosquito *Aedes aegypti*. *J Asia Pac Entomol* 17(2):175-181. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2013.12.007>
- Koodalingam A, Mullainadhan A, Arumugam M (2013) Immuno-suppressive effects of aqueous extract of soapnut *Sapindus emarginatus* on the larvae and pupae of vector mosquito, *Aedes aegypti*. *Acta Trop* 126(3):249-255. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2013.02.021>
- Koodalingam A, Mullainadhan S, Arumugam M (2011) Effects of extract of soapnut *Sapindus emarginatus* on esterases and phosphatases of the vector mosquito, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Acta Trop* 118(1):27-36. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2013.12.007>
- Kovendan K, Murugan K, Shanthakumar SP, Vincent S, Hwang JS (2012) Evaluation of larvicidal and pupicidal activity of *Morinda citrifolia* L. (Noni) (Family: Rubiaceae) against three mosquito vectors. *Asian Pac J Trop Dis* 2:S362-S369. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(12\)60182-0](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(12)60182-0)
- Kumar S, Nair G, Singh AP, Batra S, Wahab S, Warikoo R (2012) Evaluation of the larvicidal efficiency of stem, roots and leaves of the weed, *Parthenium hysterophorus* (Family: Asteraceae) against *Aedes*. *Asian Pac J Trop Dis* 2(5):395-400. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(12\)60086-3](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(12)60086-3)
- Kumar S, Wahab A, Warikoo R (2011) Bioefficacy of Mentha piperita essential oil against dengue fever mosquito *Aedes aegypti* L. *Asian Pac J Trop Biomed* 1(2):85-88. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(12\)60086-3](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(12)60086-3)
- Luna JS, Santos AF, Lima MR, Omena MC, Mendonça FA, Bieber LW, Sant'Ana AE (2005) A study of the larvicidal and molluscicidal activities of some medicinal plants from northeast Brazil. *J Ethnopharmacol* 97:199-206. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.10.004>
- Mendonça FA, Silva KF, Santos KK, Ribeiro-Júnior KA, Sant'Ana AE (2005) Activities of some Brazilian plants against larvae of the mosquito *Aedes aegypti*. *Fitoterapia* 76(7-8):629-636. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2005.06.013>
- Mitsopoulou KP, Vidali VP, Koliopoulos G, Couladouros EA (2014) Hyperforin and deoxycoumestrol as a larvicidal agent against *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae). *Chemosphere* 100:124-129. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.11.073>
- Mukandiwa L, Eloff J, Naidoo L (2015) Larvicidal activity of leaf extracts and seselin from *Clausena anisata* (Rutaceae) against *Aedes aegypti*. *S Afr J Bot* 100:169-173. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2015.05.016>
- Munhoz VM, Longhinia R, Souza JRP, Zequi JAC, Mellod EVSL, Lopesa GC, Mello JCP (2014) Extraction of flavonoids from *Tagetes patula*: Process optimization and screening for biological activity. *Braz J Pharm Sci* 24(5):576-583. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2014.10.001>
- Murugan K, Murugan, K, Noortheen A (2007) Larvicidal and repellent potential of *Albizia amara* Boivin and *Ocimum basilicum* Linn against dengue vector, *Aedes aegypti* (Insecta : Diptera : Culicidae). *Bioresour Technol* 98:198-201. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.12.009>
- Oliveira MS, Morais SM, Magalhães DV, Batista WP, Vieira I G, Craveiro AA, Manezes J E, Carvalho AF, Lima GP (2011) Antioxidant, larvicidal and antiacetylcholinesterase activities of cashew nut shell liquid constituents. *Acta Trop* 17(3):165-170. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2010.08.003>
- Omena MC, Navarro DM, Paula JE, Luna JS, Ferreira-Lima MR, Sant'Ana AE (2007) Larvicidal activities against *Aedes aegypti* of some Brazilian medicinal plants. *Bioresour Technol* 98:2549-2556. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.09.040>
- Pelah D, Abramovich Z, Markus A, Wiesman Z (2002) The use of commercial saponin from Quillaja saponaria bark as a natural larvicidal agent against *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. *Bioresour Technol* 81:2000-2002. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(02\)00138-1](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(02)00138-1)
- Pereira AIA, Pereira AGGS, Lopes Sobrinho OP, Cantanhede EKP, Siqueira LFS (2014) Atividade antimicrobiana no combate as larvas do mosquito *Aedes aegypti*: Homogeneização dos óleos essenciais do linalol e eugenol. *Educ Quim* 25(4):446-449.
- Pitasawat B, Champakaew D, Choochote W, Jitpakdi A, Chaithong U, Kanjanapothi D, Rattanachanpichai E, Tippawangkosol P, Riyong D, Tuetun B, Chaiyasit D (2007) Aromatic plant-derived essential oil: An alternative larvicide for mosquito control. *Fitoterapia* 78(3):205-210. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2007.01.003>
- Pluempunupat S, Kumrungsee L, Pluempunupat W (2013) Laboratory evaluation of *Dalbergia oliveri* (Fabaceae: Fabales) extracts and isolated isoflavonoids on *Aedes aegypti* (Diptera : Culicidae) mosquitoes. *Ind Crops Pro* 44:653-658. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.09.006>
- Prajapati V, Tripathi AK, Aggarwal KK, Khanuja SP (2005)

- Insecticidal, repellent and oviposition-deterrent activity of selected essential oils against *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *Bioresour Technol* 96:1749-1757.
- Premalatha S, Elumalai K, Jeyasankar A (2013) Mosquitocidal properties of *Solanum trilobatum* L. (Solanaceae) leaf extracts against three important human vector mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Asian Pac J Trop Med* 6(11):854-858. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(13\)60152-2](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(13)60152-2)
- Rajasekaran A, Duraikannan, G (2012) Larvicidal activity of plant extracts on *Aedes aegypti* L. *Asian Pac J Trop Biomed* 2(3):S1578-S1582. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60456-0](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60456-0)
- Rajkumar S, Jebanesan A, Nagarajan R (2012) Synergistic effect of *Andrographis echinoides* and *Cadaba trifoliata* leaf extracts against larvae of dengue mosquito *Aedes aegypti* L. *Asian Pac J Trop Biomed* 2(3):S1588-S1591. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60458-4](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60458-4)
- Ramanibai R, Velayutham K (2016) Entomology Synthesis of silver nanoparticles using 3, 5-di- t-butyl-4-hydroxyanisole from *Cynodon dactylon* against *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *J Asia Pac Entomol* 19(3):603-609. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2016.06.007>
- Rattan RS (2010) Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Crop Protec* 29:913-920.
- Reegan AD, Gandhi MR, Silva OS, Silva FC, Barros FMC, Silva JLR, Bordignon SAL, Eifler-Lima VL, Poser GLV, Prophiro JS (2013) Larvicidal and growth-inhibiting activities of extract and benzopyrans from *Hypericum polyanthemum* (Guttiferae) against *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Ind Crops Pro* 45:236-239. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.12.025>
- Reegan D, Gandhi MR, Paulraj MG, Balakrishna K, Ignacimuthu S (2014) Effect of niloticin, a protolimonoid isolated from *Limonia acidissima* L. (Rutaceae) on the immature stages of dengue vector *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). *Acta Trop* 139:67-76. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2014.07.002>
- Rehman JU, Ali A, Khan IA (2014) Plant based products: Use and development as repellents against mosquitoes: A review. *Fitoterapia* 95:65-74. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2014.03.002>
- Renugadevi G, Ramanathan T, Shanmuga PR, Thirunavukkarasu P (2013) Studies on effects of *Andrographis paniculata* (Burm.f.) and *Andrographis lineata* nees (Family: Acanthaceae) extracts against two mosquitoes *Culex quinquefasciatus* (Say.) and *A. aegypti* (Linn.). *Asian Pac J Trop Med* 6(3):176-179. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(13\)60019-X](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(13)60019-X)
- Sakthivadivel M, Thilagavathy D (2003) Larvicidal and chemosterilant activity of the acetone fraction of petroleum ether extract from *Argemone mexicana* L. seed. *Bioresour Technol* 89:213-216. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00038-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00038-5)
- Samuel L, Lalrotluanga E, Muthukumaran RB, Gurusubramanian G, Senthilkumar N (2014) Larvicidal activity of Ipomoea cairica (L.) Sweet and *Ageratina adenophora* (Spreng.) King & H. Rob. plant extracts against arboviral and filarial vector, *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae). *Exp Parasitol* 141(1):112-121. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2014.03.020>
- Santhosh SB, Ragavendran C, Natarajan D (2015) Spectral and HRTEM analyses of *Annona muricata* leaf extract mediated silver nanoparticles and its Larvicidal efficacy against three mosquito vectors *Anopheles stephensi*, *Culex quinquefasciatus*, and *Aedes aegypti*. *J Photochem Photobiol B* 153:184-190. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2015.09.018>
- Santos CCS, Araújo SS, Santos ALLM, Almeida ECV, Dias AS, Damascena NPM, Santos DM, Santos MIS, Júnior KALR, Pereira CKB, Lima ACB, Shan AYKV, Sant'ana A EG, Estevam CS, Araujo BS (2014) Evaluation of the toxicity and molluscicidal and larvicidal activities of *Schinopsis brasiliensis* stem bark extract and its fractions. *Braz J Pharm Sci* 24(3):298-303. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2014.07.006>
- Sharma, BK, Klinzing DC, Ramos JD (2015) Modulatory activities of *Zingiber officinale*, *Roscoe methanol* extract on the expression and activity of MMPs and TIMPs on dengue virus infected cells. *Asian Pacific J Trop Dis* 19:S26. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(15\)60849-0](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(15)60849-0)
- Bezerra-Silva PC, Lira CS, Albuquerque BNL, Agra Neto AC, Pontual EV, Maciel J R, Paiva PMG, Navarro DMAF (2016) Composition and biological activities of the essential oil of *Piper corcovadensis* (Miq.) C. DC (Piperaceae). *Exp Parasitol* 165:64-70. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2016.03.017>
- Silva WJ, Dória GA, Maia RT, Nunes RS, Carvalho GA, Blank AF Alves PB, Marçal RM, Cavalcanti SC (2016) Effects of essential oils on *Aedes aegypti* larvae: Alternatives to environmentally safe insecticides. *J Ethnopharmacol* 99:3251-3255. <https://doi.org/10.1016/j.biotech.2007.05.064>
- Souza TM, Menezes ESB, Oliveira RV, Almeida Filho LCP, Martins JM, Moreno FB, Monteiro-Moreira ACO, Moura AAA, Carvalho, AFU (2015) Further evidences for the mode of action of the larvicidal m-pentadecadienyl-phenol isolated from *Myracrodruon urundeuva* seeds against *Aedes aegypti*. *Acta Trop* 152:49-55. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2015.08.010>
- Sritabutra D, Soonwera M (2013) Repellent activity of herbal essential *Culex quinquefasciatus* (Say.) oils against *Aedes aegypti* (Linn.). *Asian Pacific J Trop Dis* 3(4):271-276. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(13\)60069-9](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(13)60069-9)
- Sritabutra D, Soonwera M, Waltanachanobon S, Pongjai S (2011) Evaluation of herbal essential oil as repellents against *Aedes aegypti* (L.) and *Anopheles dirus* Peyton & Harrio *Asian Pac J Trop Biomed* 1(1):S124-S128. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(11\)60138-X](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(11)60138-X)
- Subramaniam J, Kovendan K, Kumar PM, Murugan K, Walton W (2012) Mosquito larvicidal activity of *Aloe vera* (Family: Liliaceae) leaf extract and *Bacillus sphaericus*, against Chikungunya vector, *Aedes aegypti*. *Saudi J Biol Sci* 19(4):503-509. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.07.003>
- Tabanca N, Demirci B, Ali A, Ali Z, Blyth E, Khan IA (2015) Essential oils of green and red *Perilla frutescens* as potential sources of compounds for mosquito management. *Ind Crops Pro* 65:36-44. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.11.043>

- Tennyson S, Ravindran KJ, Arivoli S (2012) Bioefficacy of botanical insecticides against the dengue and chikungunya vector *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae). *Asian Pacific J Trop Biomed* 2(3):S1842-S1844. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60505-X](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60505-X)
- Torres RC, Garbo AG, Walde RZM (2014) Larvicidal activity of *Persea americana* Mill. against *Aedes aegypti*. *Asian Pac J Trop Med* 7 S1:S167-S170. [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(14\)60225-X](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(14)60225-X)
- Trindade FTT, Stabeli RG, Pereira AA, Facundo VA, Silva AA (2013) *Copaifera multijuga* ethanolic extracts, oil-resin, and its derivatives display larvicidal activity against *Anopheles darlingi* and *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Rev Bras Farmacogn* 23(3):464-470. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2013005000038>
- Velayutham K, Ramanibai R (2016) Larvicidal activity of synthesized silver nanoparticles using isoamyl acetate identified in *Annona squamosa* leaves against *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *T J Bas Appl Zoo* 74:16-22. <https://doi.org/10.1016/j.jobaz.2016.02.002>
- Velayutham K, Ramanibai R, Umadevi M (2016) The Egyptian German Society for Zoology Green synthesis of silver nanoparticles using *Manihot esculenta* leaves against *A. aegypti* and *Culex quinquefasciatus*. *T J Bas Appl Zoo* 74:37-40. <https://doi.org/10.1016/j.jobaz.2016.06.002>
- Vimala RT, Sathishkumar G, Sivaramakrishnan S (2015) Optimization of reaction conditions to fabricate nano-silver using *Couropita guianensis* Aubl. (leaf & fruit) and its enhanced larvicidal effect. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc* 135:110-115. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.06.009>
- Wahyuni D (2015) New bioinsecticide granules toxin from extract of Papaya (*Carica papaya*) Seed and leaf modified against *A. aegypti* larvae. *Pro Env Sci* 23:323-328. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.047>
- Wandscheer CB, Duque JE, Silva MAN, Fukuyama Y, Wohlke JL, Adelman J, Fontana JD (2004) Larvicidal action of ethanolic extracts from fruit endocarps of *Melia azedarach* and *Azadirachta indica* against the dengue mosquito *Aedes aegypti*. *Toxicon* 44(8):829-835. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2004.07.009>
- Warikoo R, Ray A, Sandhu JK, Samal R, Wahab N, Kumar S (2012) Larvicidal and irritant activities of hexane leaf extracts of *Citrus sinensis* against dengue vector *Aedes aegypti* L. *Asian Pac J Trop Biomed* 2(2):152-155. [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(11\)60211-6](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(11)60211-6)