


## GENÉTICA E ECOLOGIA DO *Aedes* spp. NO ESTADO DE MATO GROSSO

 <https://doi.org/10.56238/sevned2024.037-073>

**Lenicy Lucas de Miranda Cerqueira**  
Universidade Federal de Mato Grosso  
ORCID: 0000-0002-3553-071X  
E-mail: Lenicy.cerqueira@gmail.com

**Cristina Márcia de Menezes Butakka**  
Universidade de Cuiabá - Programa de Pós-graduação em Ambiente e Saúde  
ORCID: 0000-0003-0618-8078  
E-mail: cristinabutakka@yahoo.com.br

**Sandra Mariotto**  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
ORCID: 0000-0003-4007-3100  
E-mail: sandra.mariotto@ifmt.edu.br

**Rosina Rosina Djunko Miyazaki**  
Universidade Federal de Mato Grosso  
ORCID: 0000-0003-0878-8982  
E-mail: rosinamiyazaki@gmail.com

---

### RESUMO

O presente capítulo é uma contribuição fundamental para a compreensão e manejo de um dos principais vetores de doenças no Brasil. É o resultado de um esforço colaborativo de um grupo de pesquisa que tem explorado a fundo a complexa interação entre a genética e a ecologia do *Aedes* spp., com um foco especial nas condições específicas do estado de Mato Grosso – MT, Brasil. A análise discute a diversidade genética e das adaptações ecológicas do *Aedes* spp., com base em dados coletados diretamente no território mato-grossense. Apresenta estudos dos últimos dez anos, que revelam como fatores ambientais e genéticos influenciam a dinâmica populacional e a capacidade vetorial desses mosquitos. Primeiramente é tratado sobre a biologia do mosquito *Aedes* spp., que faz uma revisão bibliográfica do tipo estado do conhecimento no lapso temporal de 2013 a 2023, sobre a temática em nosso estado. Depois discorre sobre as mudanças climáticas e saúde única, frente às arboviroses, e detalha os métodos utilizados para mapear a diversidade genética das populações de *Aedes* spp. em Mato Grosso, visando esclarecimentos sobre a variabilidade genética e as possíveis implicações para a resistência a inseticidas e para a propagação de doenças. Como perspectivas futuras, o capítulo também aborda as implicações dos resultados obtidos para futuras estratégias de controle e prevenção, discutindo abordagens integradas, inclusive estudos genômicos, que podem ser adotadas para mitigar os impactos dessas doenças no estado, ampliando o conhecimento sobre o vetor.

**Palavras-chave:** Mosquitos. Arboviroses. Saúde pública.

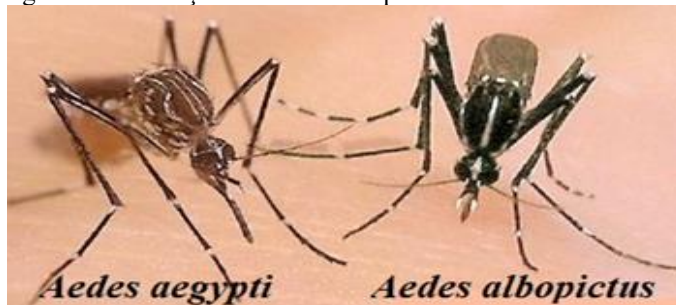
# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 BIOLOGIA DO *Aedes* spp.

*Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) e *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1894) são os principais vetores de vírus altamente patogênicos para humanos, como Dengue (DENV), Chikungunya (CHIKV) e Zika (ZIKV) (Gómez, *et al.*, 2022; Allan *et al.*, 2023), que causam doenças febris, hemorrágicas e neurológicas e continuam a ser uma grande ameaça à saúde pública global. A alta plasticidade ecológica, padrões alimentares oportunistas e a versatilidade no uso de criadouros urbanos e naturais desses vetores têm favorecido sua dispersão e adaptação em zonas tropicais, subtropicais e até temperadas. Devido à falta de tratamentos e vacinas disponíveis, o controle populacional do mosquito é a forma mais eficaz de prevenir arboviroses (Gómez, *et al.*, 2022).

Tanto o *A. aegypti* como *A. albopictus* são mosquitos diurnos e, na sua fase larvária, vivem em água limpa e parada ou em qualquer recipiente que acumule água limpa. A aparência morfológica deles é muito parecida e a olho nu é fácil confundir as duas espécies de mosquitos, porque apresentam o corpo e patas rajadas em preto e branco. O *A. aegypti* é caracterizado pela presença de um conjunto de escamas branco-prateadas e uma lira no tórax (mesonoto) e o *A. albopictus* tem uma faixa mediana longitudinal de escamas branco-prateadas longitudinal no dorso, além de ser mais escuro que o *A. aegypti*. O *A. albopictus* possui uma única linha reta no centro do tórax (Figura 1).

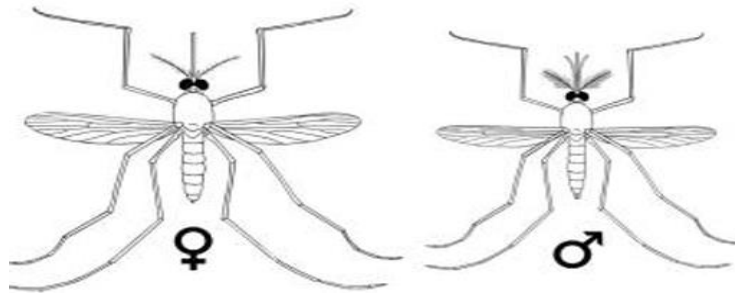
Figura 1- Diferença entre as duas espécies vetoras de arboviroses



Fonte: Florida Medical Entomology (1999). <https://fme1.ifas.ufl.edu/research-areas/invasion-biology-of-Aedes-albopictus/>.

Gonçalves (2016) mostrou que a fêmea e o macho se diferenciam, morfológicamente (dimorfismo sexual), por algumas características como a antena e o abdômen. A fêmea possui a antena pilosa e o abdômen mais robusto, já o macho possui a antena plumosa e o abdômen mais delgado (Figura 2), bem como os palpos mais longos.

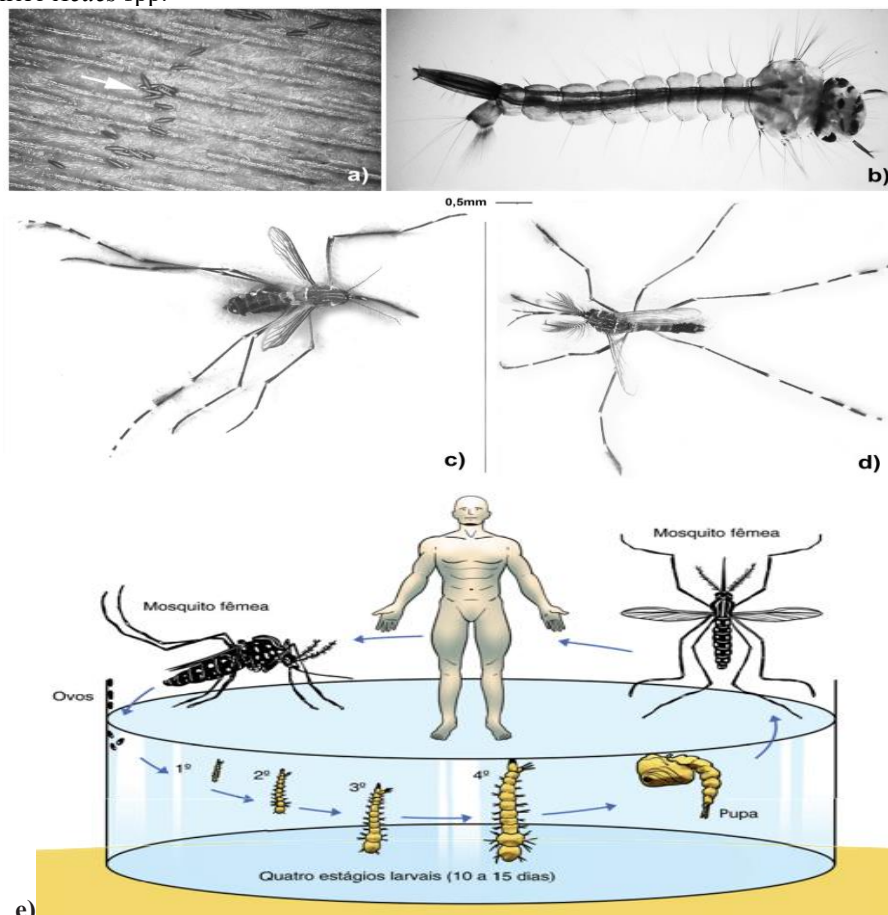
Figura 2- Dimorfismo sexual do mosquito *A. aegypti*



Fonte: Lorenz *et al.*, (2018).

O mosquito fêmea, após picar uma pessoa, deposita os ovos na parede do recipiente. Os ovos evoluem passando por quatro estágios larvais e uma fase de pupa, quando então, transforma-se em mosquitos adultos machos e fêmeas (Figura 3). No período de 24 horas após se transformarem em mosquitos, os machos e fêmeas realizam um voo para se acasalarem. A fêmea, a partir daí, necessita de sangue para o amadurecimento dos ovos (antropofilia) e o macho alimenta-se exclusivamente de sucos vegetais, sendo que o mosquito vive em média de 30 a 35 dias.

Figura 3- Fases do desenvolvimento do *Aedes* spp.: a) ovos, b) larva, c) fêmea adulta e d) macho adulto e) Ciclo de vida do mosquito do gênero *Aedes* spp.



Nota: Construção das autoras.

A oviposição se dá geralmente no final da tarde e a fêmea grávida tem preferência por ambientes escuros e sombreados com a água limpa para depositar os ovos.

Encontramos larvas e pupas em vários criadouros como garrafas e em embalagens descartáveis, latas, pneus, vasos, cisternas, lajes, caixas d'águas destampadas e outros. Também requer atenção debaixo de vasos de plantas onde acumulam água e são considerados criadouros potenciais. Outros ambientes importantes são as piscinas sem limpeza e sem tratamento semanal e calhas entupidas.

## 1.2 CLASSIFICAÇÃO DOS *Aedes* spp.

Ordem - Diptera (Di= dois, pteros=asas)  
Família - Culicidae  
Subfamília - Culicinae  
Tribo - *Aedini*  
Gênero - *Aedes*  
Subgênero - *Stegomyia*  
Espécie - *Aedes aegypti*  
Espécie - *Aedes albopictus*  
*Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762)  
*Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1894)

Espécies de *Aedes* e *Anopheles* prosperam nos mesmos ambientes urbanos e é necessária uma ação urgente para integrar a vigilância de doenças e gerar ferramentas inovadoras de controle de vetores para as populações urbanas, para proteger os muitos milhões de pessoas em risco (Allan, 2023). A integração de diferentes estratégias de controle vetorial compatíveis e eficazes considera as tecnologias disponíveis e as características regionais como um método viável para tentar reduzir a infestação dos mosquitos e a incidência das arboviroses transmitidas por eles (Zara *et al.*, 2016).

Cabe ressaltar a ocorrência de populações de *A. aegypti* resistentes aos organofosforados usados habitualmente como larvicidas e inseticidas (Montella *et al.*, 2007). Este mecanismo é conhecido como resistência metabólica e o aumento da atividade de enzimas detoxificantes, como as esterases circulantes no organismo do vetor, o que contribui para a eliminação ou inativação dos inseticidas (Brasil, 2006).

A resistência a inseticidas pode ser pensada como um processo de evolução acelerada de uma população que responde a uma intensa pressão seletiva, com a consequente sobrevivência dos indivíduos que possuem alelos que conferem resistência. Esta resistência é pré-adaptativa, resultado de muitas mutações (Braga; Valle, 2007). É muito importante compreender seus mecanismos, a fim de contribuir para o progresso de métodos capazes de superá-los. Quando identificamos os mecanismos de resistência relacionados ao *A. aegypti*, há uma minimização da evolução do quadro de infecções e consequente redução do impacto de resistência aos seres humanos (Rosa, 2016).

Em geral, a resistência que elas estimulam é decorrente de amplificação do número de genes ou aumento da atividade por ação de mecanismos de regulação, que geram aumento da síntese do

produto correspondente (Rodríguez *et al.*, 2002). Conseqüentemente, essa característica adaptativa em um conjunto de genes selecionados favorece a manutenção do inseto capaz de se reproduzir em ambiente exposto a inseticidas (Belinato & Martins, 2016).

Sugere-se que a resistência a inseticidas pode ser pertinente a alta diferenciação genética das populações brasileiras de *A. aegypti* e isso pode refletir em diferenças vetoriais importantes e populações de diferentes áreas do Brasil devem ser tratadas como unidades epidemiológicas independentes (Ayres *et al.*, 2003).

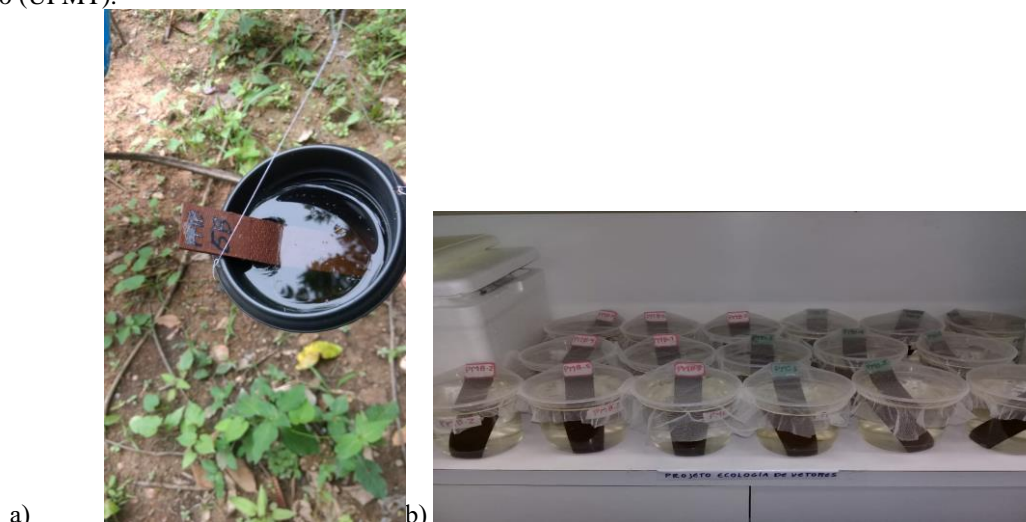
### 1.3 DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA

Tem ampla distribuição geográfica, e predomina nas áreas tropicais e subtropicais situadas entre os paralelos de latitudes 45° Norte e 40° Sul (Forattini, 2002). O gênero *Aedes* é comum o comportamento de oviposição fora do meio líquido, porém próximo a esse ou em locais potencialmente inundáveis. O local para oviposição é um dos principais fatores responsáveis pela distribuição dos mosquitos nos criadouros e sua subsequente dispersão em diferentes áreas geográficas (Tilak *et al.*, 2004). Em consequência, o deslocamento geográfico do ser humano propicia e aumenta o risco de carregar patógenos de outras localidades, causando emergência ou reemergência de doenças (Lima-Camara, 2016).

Em seus ciclos reprodutivos, após cada oviposição, a fêmea responderá aos estímulos atrativos de um hospedeiro, o que confere ao mosquito seu papel epidemiológico na transmissão de doenças (Natal, 2002), destacando-se a dengue, Zika, Chikungunya e Febre amarela, além de o vetor estar com grande capacidade de adaptação aos ambientes urbanos (Brasil, 2005). Tal fato instiga pesquisas para novos métodos de controle do vetor, cujas larvas explicam o grau de adaptabilidade às áreas drasticamente alteradas decorrentes da destruição dos habitats naturais, e posteriormente, invasão nos ambientes ocupados pelo homem.

O seu controle através de ovitrampas (captura de ovos, Figura 4a) é uma estratégia promissora que depende da abrangência e do tempo de uso das armadilhas em campo, como desenvolvido e empregado com eficiência por Miyazaki *et al.* (2009), Depoli (2016) e Oliveira *et al.* (2020). Após a coleta das ovitrampas, o material é encaminhado ao Laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) para o desenvolvimento do ciclo biológico (Figura 4b).

Figura 4- a) Ovitrapa. b) Desenvolvimento dos mosquitos no Laboratório de Entomologia da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT).



Nota: Construção das autoras.

Em condições favoráveis de umidade e temperatura, o desenvolvimento do embrião do mosquito é concluído em 48 horas. A resistência à dessecação permite também que os ovos sejam transportados a grandes distâncias, em recipientes secos.

A densidade larval, a elevada taxa de fecundidade e fertilidade, o curto ciclo de vida, a capacidade adaptativa às mudanças ambientais e resistência dos ovos à ausência de água são fatores que determinam a sobrevivência, distribuição e densidade dos vetores (Custódio *et al.*, 2019). A transformação abrupta dos ambientes naturais (Ferreira Filho *et al.*, 2017) por conseguinte pelas alterações antropogênicas da paisagem interferem em sua proliferação para seu rápido crescimento populacional, e parecem desempenhar um papel importante na dinâmica de sua abundância (Butakka *et al.*, 2022).

#### 1.4 ESTADO DO CONHECIMENTO SOBRE O GÊNERO *Aedes* spp. NO ESTADO DE MATO GROSSO

Foi realizado um levantamento nos seguintes catálogos brasileiros: 1) Periódicos Capes; 2) Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES (CTDC)<sup>1</sup>, 3) Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD)<sup>2</sup>.

No Periódicos Capes, foi utilizado o descritor “*Aedes*” e “Mato Grosso” e filtros específicos para período, buscando mensurar o número de produções referentes a esta temática no lapso temporal de 2013 a 2024 (últimos onze anos) foram localizadas 47 publicações acadêmicas. Após a leitura dos títulos e resumos destas, foram filtradas para 23 publicações em que se buscaram identificar trabalhos

<sup>1</sup> Plataforma de busca e divulgação da produção científica do país, fundada pelo Ministério da Educação (MEC), disponível em <https://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>.

<sup>2</sup> Plataforma de busca e divulgação das pesquisas realizadas no país, desenvolvida pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, disponível em <https://bdtb.ibict.br/vufind/>.

que abordaram o *Aedes* spp. no estado de Mato Grosso em temáticas voltadas à biologia geral, genética, ecologia e educação para a saúde.

Considerando a elevada importância e a necessidade de estudos sobre o *Aedes* spp. no estado de Mato Grosso, e tomando por base os trabalhos armazenados no portal periódico Capes, constatamos que o número de produções científicas ainda é pequeno, carecendo de mais estudos para impulsionar a temática no estado e incentivar o desenvolvimento da pesquisa em diversos níveis.

No CTDC quando utilizamos apenas a palavra-chave “*Aedes*”, no CTDC geraram 2.360 registros. Quando utilizamos as palavras-chaves “*Aedes*” e “Mato Grosso” apenas 02 trabalhos retornaram. Desta forma, optou-se por utilizar apenas a palavra-chave “*Aedes*” e o filtro “instituição de ensino”, com as seguintes opções: “Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT)”, “Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)” e “Universidade de Cuiabá” (UNIC), Instituto Federal de Mato Grosso e Centro Universitário de Várzea Grande (UNIVAG).

Quando aplicado o lapso temporal de 2013 a 2023, o número de dissertações e teses selecionadas para leitura e análise dos resumos, foram: 10 para a UFMT, 05 para a UNIC. Posteriormente, na fase correspondente a pré-análise, dentre as produções citadas no universo da pesquisa, estes foram selecionados após a leitura dos resumos pois tratavam-se de estudos sobre o *Aedes* sp. no estado de Mato Grosso, sendo 12 dissertações de mestrado e 03 teses de doutorado. Quando utilizado como opções as demais instituições de ensino superior do estado de Mato Grosso não retornaram nenhum trabalho.

Percebe-se um número reduzido de trabalhos que discutem sobre as pesquisas com abordagem com dados moleculares do *Aedes* spp. Neste sentido, é relevante investigar sobre os rumos dessas produções, contribuindo assim para uma reflexão sobre as dificuldades e a importância desta temática.

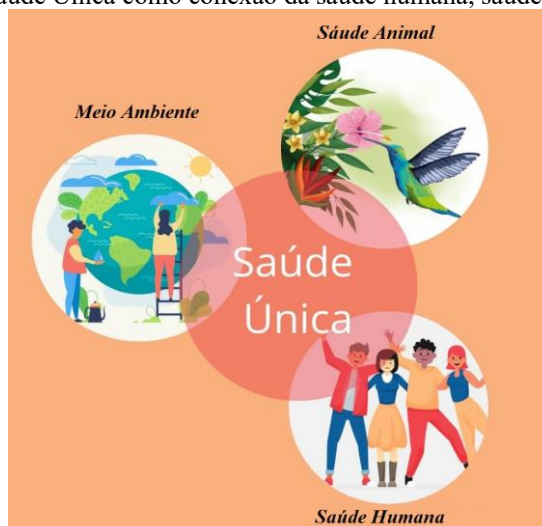
Essas constatações indicam a necessidade de avanços e novas pesquisas. Compreende-se que a realização do mapeamento da temática envolvida permite a abertura de discussões e debates acerca da grande área em Ciências Biológicas e de como as produções têm se evidenciado nos últimos anos.

## 1.5 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SAÚDE ÚNICA FRENTE ÀS ARBOVIROSES

O conceito de Saúde Única (One Health) estabelece a conexão entre saúde humana, saúde animal e o meio ambiente (Figura 5), integradas de forma sistêmica e interdependentes que nos permite existir, coexistir e ao mesmo tempo “evoluir” (Lobo *et al.*, 2021). A relação do homem com a natureza pode ser entendida por meio da Saúde Única com a integração entre os diferentes saberes e áreas do conhecimento de modo interdisciplinar e colaborativo, com uma abordagem holística para o processo saúde-doença (Cruz-Silva *et al.*, 2023).



Figura 5 – Esquema da saúde Única como conexão da saúde humana, saúde animal e o meio ambiente.



Fonte: Adaptação do Portal de Educação Ambiental. Gov. São Paulo (2021).

A Saúde Única enquanto uma abordagem interdisciplinar de promoção à saúde deve ser contemplada com um entendimento de que as saúdes humana, animal e ambiental são indissociáveis. O enfoque da Saúde Única surge da necessidade de responder de forma rápida aos problemas decorrentes da alta densidade demográfica da população e urbanização, da invasão de habitats para intensificação do extrativismo e uso dos recursos (Monteiro *et al.*, 2024). A Educação Ambiental com foco na Saúde Única promove a conscientização e tomada de atitudes voltadas à sua promoção e à qualidade de vida (Cruz-Silva *et al.*, 2023).

A Constituição Brasileira de 1988, artigo 225, estabelece o direito de todos ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, um bem essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se sua defesa e preservação ao Poder Público e à coletividade (Constituição da República Federativa do Brasil, 1988, atualização das emendas, 2016). As mudanças climáticas globais estão produzindo efeitos diretos e impactos significativos na saúde humana, sobretudo das áreas urbanas. Seus efeitos podem levar à exposição a condições extremas, como desastres naturais, furacões, secas e inundações, ao aumento na propagação de doenças disseminadas por vetores, como mosquitos (Galati *et al.*, 2015) e aumento da transmissão de doenças. Esta tendência se acentuará com aumento das temperaturas no planeta, de forma direta ou indireta à saúde, visto que se trata da relação complexa entre o ambiente físico da atmosfera e o social, com efeitos na dispersão de doenças (Nunes & Mendes, 2012).

A variabilidade climática, entendida como uma propriedade intrínseca do sistema climático terrestre, é responsável por oscilações naturais nos padrões climáticos observados em nível local, regional e global. Existem diversos fatores climáticos, como a umidade relativa do ar e temperatura que favorecem a reprodução e sobrevivência de vetores de agentes infecciosos, tais como o mosquito *Aedes aegypti* (Confalonieri, 2003), essencialmente temperaturas elevadas nas cidades (Degallier, 2010). Diante dos números alarmantes de pessoas doentes, é necessário compreender melhor a influência das mudanças climáticas na prevalência das doenças vetoriais. Obtenção de dados são necessários para



futuras tomadas de decisões por parte dos órgãos responsáveis da área de prevenção e combate ao mosquito, bem como da própria defesa civil.

A acelerada expansão da indústria de combustíveis fósseis, do desmatamento e da queimadas florestas agravaram o aquecimento global e resultaram em condições climáticas mais favoráveis à reprodução e à sobrevivência de patógenos e de vetores (Mordecai *et al.*, 2017). As mudanças climáticas poderão acelerar os ciclos de arboviroses e ampliar suas áreas de distribuição geográfica. Considerado um vetor disseminador do vírus da Dengue, Zika e Chikungunya, *A. aegypti* tornou-se uma ameaça à saúde pública principalmente em áreas urbanas, cuja transmissão da dengue é fortemente influenciada por uma gama de aspectos biológicos e ambientais, especificamente as altas temperaturas e formação de ilhas de calor, associados às condições precárias das populações marginalizadas nesses ambientes. É indispensável o conhecimento de seu alcance sazonal e geográfico e a relação com o clima urbano (Mordecai *et al.*, 2017). O recente relatório do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), publicado em 27 de fevereiro de 2022, aponta para o aumento do risco de arboviroses, principalmente a dengue, com estações mais longas e uma distribuição geográfica mais ampla na Ásia, Europa, América Central e do Sule África Subsaariana, potencialmente colocando bilhões adicionais de pessoas em risco até o final do século (Prophiro, 2022).

A infestação do mosquito será sempre mais intensa em razão de água acumulada, que propicia a eclosão de ovos do mosquito, bem como a falta de saneamento básico, a presença de valas a céu aberto são causas de contaminação do solo e avanço das doenças transmitidas. Sem infraestrutura, o caos sanitário sobrecarrega os sistemas de saúde pública e a um cenário que impede, em curto prazo, a proposição de ações visando a erradicação do vetor transmissor (Galati *et al.*, 2015).

## 1.6 DADOS DA DENGUE, ZIKA E CHIKUNGUNYA EM MATO GROSSO

Ao observar o Cenário Epidemiológico das Arboviroses Urbanas: Dengue, Chikungunya e Zika no estado do Mato Grosso, podemos perceber a importância das ações de vigilância, prevenção e controle, subsidiando a tomada de decisão nos diversos níveis de gestão (Tabela 1).

Tabela 1 - Número de casos prováveis de Arboviroses Urbanas da Semana Epidemiológica 1 a 30/2024, MT, Brasil

Arboviroses urbanas				
No. Casos notificados	No. Casos prováveis	No. Casos confirmados	Sorotipo DENV	
Dengue	63.783	40.602	34.643	1, 2 e 4
Zika	1.654	1.041	256	...
Chikungunya	18.948	17.315	15.844	...

Fonte: SINAN – Vigilância Epidemiológica SES-MT-2024 \* N° Sujeitos à alteração devido alimentação online do banco de dados.

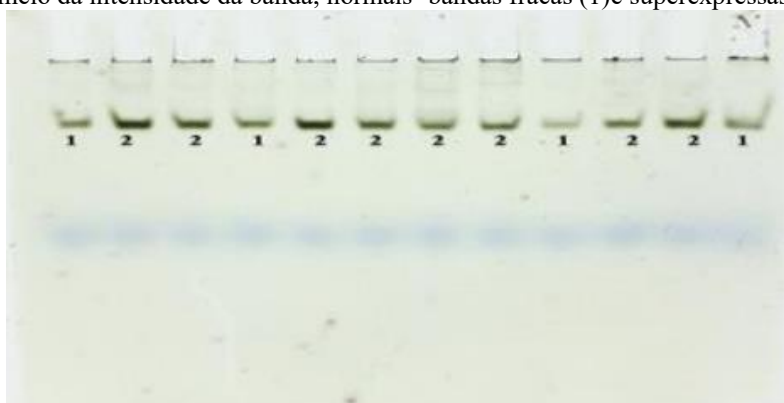
Historicamente, os picos das epidemias de dengue costumam acontecer entre os meses de março e abril, mas neste ano, alterações na temperatura e no período de chuvas provocadas pelo aquecimento global e os sorotipos da doença em circulação impulsionaram mais cedo o aumento de casos. Alternativamente, o estudo de Souza *et al.* (2018) em uma população da Bahia, indicou que além de determinantes como coleta de lixo, condições de moradia insalubres e a ausência de políticas públicas são determinantes para as ocorrências de casos. A Educação Ambiental é um fator preponderante no controle da zoonose.

### 1.7 RESISTÊNCIA A INSETICIDAS E EXPRESSÃO DA ENZIMA ESTERASE

A expressão diferencial entre larvas e adultos pode ser relevante para o monitoramento da resistência, quando é necessário confrontar os bioensaios e os ensaios bioquímicos. As esterases do quarto estágio larval de populações de *A. aegypti* foram identificadas por Paiva (2006) como o principal mecanismo que confere resistência aos organofosforados, relacionado à superexpressão dos genes. Essa resistência aumentava com a elevação do nível das esterases. Pesquisas com resistência a estes componentes químicos também foram desenvolvidas por Campos & Andrade (2003).

A análise do polimorfismo da esterase ocorre pela realização de gel de poliacrilamida. Amostras são coradas com alfa naftil acetato e RR-Salt, diluídos em acetona e tampão fosfato, posteriormente postas em uma estufa com cerca de 37°C, com ausência de luz por uma hora. Para identificação e análise das bandas, são consideradas normais– bandas fracas (1) e superexpressas–bandas escuras (2) (Figura 6).

Figura 6- Gel de poliacrilamida de mosquitos *Aedes aegypti* corado com RR-Salt e Alfa esterase. Identificação das bandas da enzima esterase por meio da intensidade da banda, normais- bandas fracas (1) e superexpressas- bandas escuras (2).



Fonte: Lima *et al.* (2021).

Lima *et al.* (2021) concluíram que, apesar da presença significativa de alelos expressos normais, há evidências de polimorfismo da enzima esterase nas populações naturais de *A. aegypti* em Chapada dos Guimarães - MT. A análise revelou também a presença de alelos superexpressos, indicando que essa população possui insetos com potencial para resistência metabólica. Além disso, observou-se que as

fases estacionais influenciam diretamente a constituição da população desses organismos. Os fatores ambientais externos afetam a seleção dos organismos, promovendo a superexpressão da enzima esterase e dificultando o controle do vetor. A esterase facilita a detoxificação do organismo, tornando-o resistente a substâncias químicas como os inseticidas utilizados no combate ao vetor, o que representa uma preocupação para o manejo dessas populações.

Um modelo de sequenciamento genético foi realizado por Anderson *et al.* (2024), para mitigar a resistência a inseticidas por meio da formação de alelos em um novo sistema de expressão genética. Estes autores testaram as sequências de células homólogas goniais (bgcn) de *A. aegypti* para expressar multiplexação no sgRNA inserido no gene da quinurenina 3- monooxigenase (kmo). Em um trabalho sobre ecogenotoxicologia desenvolvido por Rodrigues *et al.* (2005) no município de Campo Verde – MT, observou-se que o índice de heterozigosidade média da enzima esterase em duas populações de insetos de outra família, os drosofilídeos, foi maior no ecossistema natural, o que indicou uma influência do agroecossistema na estrutura genética de suas comunidades, possivelmente estreitando a base genética. Tais dados evidenciaram que os insetos podem ser usados como organismos sentinelas para avaliar impactos ambientais.

Os estudos da resistência a inseticidas têm mostrado que ela é decorrente de três tipos principais de mecanismos: (a) redução da penetração do inseticida, devido a alterações da cutícula do inseto; (b) aumento do metabolismo do inseticida por ação de enzimas esterases, monooxigenases ou glutatona – transferases; e (c) por modificação do alvo do inseticida (Bisset *et al.*, 2006). A literatura registra ainda um mecanismo de resistência comportamental, no qual os insetos evitam o contato com locais que contenham a substância tóxica.

O sucesso efetivo de um programa de monitoramento deste vetor requer um estudo detalhado dos mecanismos de resistência das larvas, como também dos fatores que regulam a sua proliferação, que incluem a adaptação na diversidade dos criadouros.

## 1.8 A EDUCAÇÃO AMBIENTAL – COM FOCO NAS QUESTÕES DE SAÚDE ÚNICA

A essência multidisciplinar da Educação Ambiental é revelada ao passo que o tema se relaciona aos conceitos de ambiente ecologicamente equilibrado, uso comum, qualidade de vida, conservação e preservação do meio ambiente e sustentabilidade (Cruz-Silva *et al.*, 2023). Há inúmeras possibilidades de aplicação de práticas educativas ambientalmente ajustadas aos temas contemporâneos, como os adensamentos urbanos, as pandemias, epidemias e quanto às emergências climáticas e suas consequências (Monteiro *et al.*, 2024).

Educação Ambiental e Saúde estão intimamente relacionadas, pois um ambiente social e ecologicamente equilibrado é capaz de garantir uma qualidade de vida sadia (Machado, 2018). Esta abordagem tem a capacidade de estimular a análise dos problemas socioambientais existentes, bem

como práticas e atitudes mais éticas. A Educação Ambiental (EA) fundamentalmente envolve o incentivo ao uso moderado dos recursos naturais, de maneira a compreender o papel da sociedade no meio ambiente. A relação entre homem e natureza deve ser retomada de forma mais sustentável frente à complexidade em torno desta relação que envolve a Saúde Única (Monteiro *et al.*, 2024).

O desenvolvimento de atividades que resgatem o patrimônio ambiental deve constituir uma meta para a preservação ambiental, associada ao bem-estar animal e à saúde humana. A abordagem Saúde Única é um caminho para um aprimoramento científico, o que possibilita a longo prazo o equilíbrio e bem-estar socioambiental e econômico. Esses indicadores priorizam a Saúde Única e os fatores que afetam a situação sanitária de uma região, não somente o aspecto ecológico, mas também por incorporar as dimensões políticas, culturais e históricas, entre outras (Limongi e Oliveira, 2020).

Em nossa realidade, frente às arboviroses no Estado de Mato Grosso e no Brasil, contribuir para a educação ambiental e trabalhar com as ações de prevenção do vetor e transmissão de doenças como a dengue, torna-se indispensável uma mobilização social junto às comunidades escolares e à população, buscando criar hábitos de vigilância sanitária nos setores públicos e privados. O conhecimento pode gerar novos paradigmas para discutir sobre o descarte de resíduos sólidos e que podem acumular água como, por exemplo, a limpeza das calhas, das caixas d'água, cuidados com telas nos ralos e a reciclagem correta dos materiais. Medidas de controle e prevenção do mosquito podem ser intensificadas, bem como reflexões sobre os impactos ambientais poderão ser propostos para implementar as medidas seguras para eliminar os criadouros do mosquito.

## 1.9 POLÍTICAS PÚBLICAS EM SAÚDE

A ausência de um bom planejamento urbano resulta em condições inadequadas de habitação, bem como a falta de políticas públicas em serviços de saneamento básico, acesso à água potável e do manejo e destinação dos resíduos sólidos, dentre os fatores determinantes para a permanência das arboviroses e outras doenças urbanas.

Faria *et al.* (2022) realizaram uma análise de oito documentos governamentais de referência a fim de investigar, por meio das políticas públicas já implementadas no Brasil, como o saneamento básico é abordado em instrumentos norteadores de controle das arboviroses no país.

Eles encontraram que aspectos relacionados à comunicação e mobilização social, o controle vetorial e a gestão pública são os temas mais abordados nos documentos analisados. Porém, os componentes do saneamento básico, o manejo e a drenagem das águas pluviais e o esgotamento sanitário não foram abordados de enfrentamento às arboviroses, o que pode contribuir para a baixa efetividade de intervenção e que, portanto, tal contradição precisa ser superada pelas políticas públicas no Brasil existentes.

Para o enfrentamento às arboviroses, as ações educativas de combate ao *A. aegypti* contribuem para melhoria do conhecimento e comportamento das comunidades, sensibilizando a população a gerenciar os ambientes que habitam. Dias *et al.* (2022) propuseram sobre a educação em saúde como um elemento implementado de forma conjunta e articulado às demais estratégias de combate vetorial. Estiveram associados à utilização de estratégias educativas resultados positivos como: redução dos habitats do mosquito; eliminação de criadouros; diminuição de infestação vetorial; ampliação dos conhecimentos, atitudes e práticas em torno do controle vetorial que contribuíram para o tornar comunidades empoderadas.

Entretanto, o setor saúde, por si só, não tem como resolver a complexidade dos fatores que favorecem a proliferação do vetor da dengue, como o mosquito *A. aegypti*, pois, o controle da dengue abrange um processo de intervenção global, cuja abordagem ultrapassa o setor saúde. Intervenções educativas em torno das doenças transmitidas pelo *A. aegypti* são ações estratégicas que devem ser implementadas de forma participativa e contínua, com métodos ativos, os quais demonstraram resultados mais satisfatórios na promoção à saúde, em contrapartida aos modelos de ensino verticalizados que demonstraram limitações para motivar a população para o controle de vetores.

Frente a este panorama, a Secretaria de Saúde de Estado do Distrito Federal, lançou um Plano para enfrentamento da dengue e outras arboviroses (2024-2027), subsidiado pelo marco regulatório nacional, diante da situação epidemiológica e entomológica nos últimos anos, especialmente para adotar medidas intersetoriais e diminuir a vulnerabilidade de risco da população. Entretanto, esse plano identifica a situação ento-epidêmica, as ações de educação e comunicação em saúde dentro das regiões, porém ainda não envolve outros setores, como planejamento urbano da drenagem das águas pluviais e o esgotamento sanitário com inovações tecnológicas, notadamente nas periferias das cidades brasileiras.

Investir na Educação ambiental e na conscientização da população é necessário para influenciar o processo político e aumentar o reconhecimento de que devemos entender melhor as relações entre Saúde Única, as relações sociais e a integridade dos ecossistemas, auxiliam no planejamento no qual a prevenção deve ser investida e ter sucesso em um planeta ecologicamente mais saudável. A associação de Educação Ambiental e Saúde junto à abordagem destas temáticas tem a capacidade de “encorajar a análise dos problemas socioambientais existentes, estimular práticas e atitudes mais éticas, e possibilitar o desenvolvimento de atividades que resgatem o patrimônio ambiental e incentivem a preservação”, como apontado por Machado (2018).

O controle de vetores de doenças em áreas que apresentaram rápida urbanização é necessário não somente para as ações em saúde, mas a implementação de políticas públicas que integrem a mobilização da sociedade, melhorias de habitação, saneamento e ações para evitar mais desmatamento (Machado, 2013). É importante avaliar a saúde urbana e a qualidade ambiental como um conceito

entrelaçado nos aspectos do ambiente urbano espacial, biológico, social e econômico (Ribeiro & Vargas, 2015). Desta forma, recomenda-se que os gestores e representantes da sociedade civil dialoguem frequentemente com todos os segmentos da comunidade para identificar quais fatores são preponderantes para o controle vetorial. Devem representar prioridades para um ambiente isento de doenças vetoriais, mobilizações coletivas, investimentos em saúde, segurança, lazer, infraestrutura, principalmente saneamento básico (Dias *et al.*, 2022).

Este diálogo intersetorial entre a sociedade civil e as comunidades deve ser prioritário na vigilância em saúde, com ênfase no saneamento ambiental e orientação das pessoas sobre o descarte correto do lixo, pois este pode gerar um grande número de criadouros potenciais (Rocha *et al.*, 2014). Mol *et al.* (2020) encontraram relação entre o gerenciamento de resíduos sólidos e a ocorrência de dengue, e apontaram a importância de se implantar uma gestão de resíduos sólidos adequada nos municípios como uma ação estratégica para reduzir os casos de dengue. Nesse sentido, “a participação, a mobilização e o controle social funcionam como um eixo transversal”, unindo a educação em saúde, a educação ambiental e o saneamento básico. Faria *et al.* (2023) abordaram que, para que as políticas públicas alcancem um patamar de controle das arboviroses, é indispensável “um conjunto de medidas e intervenções nos riscos ambientais que impeçam ou minimizem a propagação do vetor, evitando ou destruindo os criadouros potenciais de *A. aegypti*”.

Nesse sentido, podem-se citar boas práticas na gestão de resíduos sólidos, como exemplo, a instalação de ecopontos para a correta segregação e acondicionamento dos resíduos. A partir da análise dos instrumentos norteadores no âmbito do enfrentamento às arboviroses urbanas no Brasil, torna-se necessário apresentar ações claras e específicas com uma boa gestão na saúde, que permita decisões entre diferentes setores do governo (intersectorialidade) na implementação de políticas públicas no combate às arboviroses urbanas.

#### 1.10 A GENÉTICA DO *Aedes* spp.

Segundo Valdivalangan *et al.* (2016), dar luz sobre o desvio genético em populações de *A. aegypti* é de importância crucial para entender completamente sua ecologia molecular e evolução. Também é importante conhecer a estrutura cromossômica, diversidade e padrões de dispersão populacional para entender os mecanismos genéticos que têm propiciado a este mosquito, de genoma relativamente pequeno (com três cromossomos), habilidades adaptativas e resistência a inseticidas e mudanças ambientais.

Spadar *et al.* (2024), para apoiar esforços de monitoramento e estratégias para controle de vetores, forneceram o primeiro catálogo global e distribuição geográfica sobre mutações e duplicações gênicas em *A. aegypti*. Estes pesquisadores utilizaram amostras de sequenciamento do genoma completo desta espécie em 15 países, incluindo nove na África, para investigar a diversidade genética





compacto... O tamanho dos mtDNA de invertebrados é aproximadamente igual ao de vertebrados, mas sua organização genética é um tanto diferente (Snustad; Simmons, 2017).

Chu *et al.* (2016) apresentaram a sequência completa do genoma mitocondrial de *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae) utilizando o método tradicional de sequenciamento Sanger. Segundo os autores, as sequências dos genes mitocondriais ND4 e ND5 podem oferecer insights relevantes sobre a estrutura genética populacional e o isolamento gênico em função da distância. Além disso, o gene do citocromo c oxidase I (COI), amplamente empregado como marcador no DNA barcode, é destacado como uma ferramenta essencial para a identificação molecular. Este método, utilizado há mais de duas décadas em eucariotos, tem contribuído significativamente para resolver conflitos taxonômicos e para distinguir subespécies com divergências genéticas recentes (Chu *et al.*, 2016). Conforme Hebert *et al.* (2003) e Hajibabaei *et al.* (2007), precursores no uso de DNA barcode, os resultados obtidos a partir dessa região do mtDNA podem facilitar a identificação de espécies, fornecendo subsídios para análises genéticas detalhadas, sobretudo quando dados genômicos já disponíveis delimitam sequências-alvo com precisão.

Contessoto *et al.* (2023) descreveram a arquitetura genômica do mosquito *Aedes aegypti* e descobriram uma organização diferente da encontrada na maioria dos seres vivos, por meio de simulações físicas baseadas em dados para estudar a tridimensional construção do genoma. Uma modelagem computacional das propriedades mecânicas do genoma revelou que os cromossomos do *Aedes aegypti*, em virtude de sua presença atípica organização estrutural, são altamente sensíveis à deformação dos núcleos. Esta última descoberta fornece um possível mecanismo físico que liga pistas para a regulação genética e análise da estrutura gênica entre diferentes populações.

Para a espécie *A. aegypti* de Mato Grosso seria de grande valia fazer um estudo baseado no exemplo de Kurucz *et al.* (2022), que utilizaram exemplares *A. koreicus* coletados ao longo de 12 anos de cinco países Europeus. Com isto seria possível determinar as variações genéticas e apontar as dificuldades de controle em populações com maiores habilidades adaptativas. A ausência de dados genômicos consistentes para distintas populações deste vetor pode significar investimentos públicos pouco efetivos no controle das quatro principais viroses transmitidas pela espécie no estado.

A base genética para o controle dos vetores foi contemplada no trabalho de Almeida e Romano (2024), que demonstraram que os mosquitos geneticamente modificados, por meio de genes letais ou com a capacidade de tornar os insetos estéreis, transforma ou substitui as próximas gerações na população, por meio da introdução de um gene efector, o que bloqueia a transmissão do vírus na população selvagem.

Pesquisas com o sequenciamento completo do genoma mitocondrial de *Aedes* (Behura *et al.*, 2011; Souza *et al.*, 2023) contribuíram com sequências e desenhos de *primers*, os quais possibilitaram analisar variações genéticas que podem habilitar a espécie a um aumento populacional e ou resistência

aos mecanismos de controle, bem como discutir sobre a evolução do gênero em regiões tropicais. Os principais *primers* utilizados no Brasil, atualmente, para o gênero *Aedes* e para mtDNA e suas variações são ND4, ND5, COI. No entanto, cada população da espécie pode ter mutações distintas, em diferentes estados deste país continental e de diversidade climática e ecológica.

Uma estratégia metodológica para o ensino em saúde e ambiente é conhecer a biologia de um importante vetor da dengue em distintas populações. No artigo publicado por Mariotto *et al.* (2022) investigou-se a variabilidade genética de *A. aegypti* por meio de marcadores moleculares de DNA mitocondrial, COI, ND4 e ND5. Os mosquitos foram coletados com o auxílio de ovitrampas para captura em pontos localizados em quatro municípios do estado de Mato Grosso: Cuiabá (CB), Várzea Grande (VG), Chapada dos Guimarães (CP), e Santo Antônio do Leverger (SA). As PCRs (Reações em Cadeia de Polimerase) foram testadas em 169 amostras, com o DNA de melhor qualidade, utilizando três pares de *primers* para DNA mitocondrial (mtDNA): Subunidade I da Citocromo Oxidase (COI - F e R), Subunidade 4 da Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo Desidrogenase (ND4 - F e R) e Subunidade da Nicotinamida Adenina Desidrogenase 5 (ND5 - F e R).

Uma constatação interessante do trabalho supracitado foi a dificuldade de amplificação da Região do COI dos espécimes. Dos mesmos DNAs que amplificaram as regiões ND4 e ND5, com mais de 95% de resultados positivos, menos de 20% resultaram em amplificações úteis para o sequenciamento, quando os pares de primers utilizados eram para a região do COI. A maioria das amplificações pareciam inespecíficas, e após a purificação desapareciam, evidenciando claramente diferenças pontuais na região do COI com prováveis mutações, o que não era observado para as outras duas regiões gênicas (ND4 e ND5). Os autores sugerem que outros *primers* precisam ser estabelecidos para populações de distintas regiões brasileiras de *A. aegypti*. Porém, para tal, é necessário que novos genomas estejam disponíveis. As tentativas de novos *primers* com os dados genômicos disponíveis, de outros estados brasileiros e até de outros países, foram frustrantes, pois quando testados não amplificaram DNAs dos espécimes do Mato Grosso.

Por outro lado, o estudo de Naim *et al.* (2020), evidenciaram níveis reduzidos de variação genética nos mosquitos *Aedes* em regiões da Malásia, os quais sugerem reter menos variação genética quando sujeitos a menos alterações nas condições ambientais. Os autores também citam estudos com resultados similares e condições ambientais mais estáveis. Isto poderia explicar, em parte, a alta variação da região gênica do COI para os *A. aegypti* de Mato Grosso, tendo em vista as alterações bruscas que o estado sofreu nas últimas décadas com os avanços da agropecuária e desmatamentos. Moore *et al.* (2013), constataram uma ampla variação na região ND4 de *Aedes* entre distintas populações e locais, e sugerem que para haplótipos locais das espécies pode haver habilidades adaptativas, enquanto Fachinelli *et al.* (2023), afirmam que é necessário informações consistentes sobre o comportamento do vetor e das ações humanas para implementar ações efetivas de seu controle.

Conforme Bilton *et al.* (2017), divergências da sequência COI mitocondrial podem não corroborar com o previamente reconhecido para delimitar grupos taxonômicos de insetos, como por exemplo subespécies. Os autores também citam diversos estudos prévios que evidenciam incompatibilidades entre os limites taxonômicos tradicionais e as filogenias baseadas em DNA mitocondrial. Essas discrepâncias podem ser atribuídas a fatores como introgressão, seleção diferencial e alterações nos genomas nucleares e mitocondriais. Assim, a ampliação dos bancos de dados genômicos disponíveis aumenta significativamente a probabilidade de diagnósticos mais robustos, permitindo uma avaliação mais precisa da conservação ou variação genética das populações.

Castro Júnior *et al.* (2024) encontraram elevada variação genética intrapopulacional e baixa variabilidade interpopulacional no semiárido paraibano e sugeriram que pode indicar constantes migrações de vetores para as localidades com elevado número de indivíduos. Quando ocorrem menores distâncias genéticas, interindividual, dentro de uma população de vetores é sugestivo que haja a ação de fatores extrínsecos aos indivíduos da população, incluindo a remoção do habitat de reprodução, que podem contribuir para diminuir a variabilidade. Como consequência, intercruzamentos entre indivíduos muito próximos geneticamente. Este foi o constatado para as análises no município de Chapada dos Guimarães, em oposição aos dados para os municípios de Cuiabá, Cáceres e Santo Antônio de Leverger (Mariotto *et al.*, 2022).

Assim como o mtDNA, o DNA nuclear também tem alterações significativas, especialmente de populações submetidas constantemente aos pesticidas utilizados em fumacês ou piretróides, comuns nas dedetizações. A frequência de mutações nucleares, relacionadas à resistência, pode advir da pressão exercida artificialmente e induzir a variabilidade genética das populações dos mosquitos.

Mutações no gene *Kdr* (nDNA), por exemplo, mostram que esta incongruência é consistente em diferentes conjuntos de dados e amostragens de táxons, e que pode ser explicado por qualquer evento evolutivo peculiar, como diferentes níveis de saturação em certas linhagens ou uma história passada de hibridização em todo o gênero. Ainda mais discrepante é a origem das espécies de *A. aegypti* e *A. albopictus* que dividem faixas de dados mitocondriais e nucleares, sem sobreposição no seu intervalo de confiança, e estatisticamente isso indica que os dois conjuntos de dados se rejeitam, assim como para os dados mtDNA, também os genes nucleares são escassamente conhecidos, e autores diferentes insistem na necessidade de ampliação de dados genômicos para o gênero *Aedes*. Para aprofundar sobre nDNA e/ou comparar com mtDNA, sugerimos os artigos recentes de Parimittr *et al.*, (2018); Zadra *et al.* (2021) e Chieli *et al.* (2023).

A análise baseada na genética de vetores como o *A. aegypti* contempla, de forma contextualizada, uma aprendizagem formativa que contribui para uma percepção da importância da ciência na pesquisa de vetores, e conduz a uma reflexão sobre a constante variabilidade das populações



em diferentes ambientes. O conhecimento das distintas adaptações e fluxo gênico interpopulacional pode ampliar e renovar formas de controle para este importante vetor de vírus.

## 2 CONCLUSÕES

Os mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* são vetores principais de vírus altamente patogênicos. Sua disseminação está em expansão devido a fatores sociais, ambientais e ecológicos. Compreender a biologia do gênero *Aedes*, a epidemiologia dos arbovírus e desenvolver novas estratégias de intervenção são cruciais.

O monitoramento requer estudos detalhados sobre resistência larval e fatores que regulam sua proliferação, incluindo adaptação a diferentes criadouros. O controle do *A. aegypti* depende da conscientização populacional, eliminação de criadouros e pesquisa em alternativas de controle frente à resistência a inseticidas.

Melhorar o controle vetorial em áreas infestadas é essencial, especialmente porque o *A. aegypti* está associado à dengue, Chikungunya e Zika no Brasil. A urbanização precária aumenta os riscos de reprodução e transmissão. Pesquisas realizadas em Mato Grosso destacam a importância de dados genômicos e reforçam a necessidade de vigilância e ações governamentais para prevenção e combate eficazes.



## REFERÊNCIAS

ALLAN, R.; BUDGE, S.; SAUSKOJUS, H. What sounds like *Aedes*, acts like *Aedes*, but is not *Aedes*? Lessons from dengue virus control for the management of invasive Anopheles. *The Lancet*. 2023, v. 11.

ALMEIDA, G.N.; ROMANO, L.H. Uso da genética no controle do *Aedes aegypti*. *Revista Saúde em Foco*, 2024, v.16, p.226-233.

ANDERSON, M.A.E.; GONZALEZ, E.; EDGINGTON, M.P.; ANG, J.X.D.; PURUSOTHAMAN, D.K.; SHACKLEFORD, L. NEVARD, K.; VERKUIJL, S.A.N.; HARVEY-SAMUEL, T.; LEFTWITH, P.T.; ESVELT, K.; ALPHEY, L. Amultiplexed, confinable CRISPR/Cas9 gene drive can propagate in caged *Aedes aegypti* populations. *Nature Communications*, 2024, (15):729.

AYRES, C. F. J.; MELO-SANTOS, M. A. V.; SOLE-CAVA, A. M.; FURTADO, A. F. Genetic Differentiation of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), the Major Dengue Vector in Brazil. *Journal Of Medical Entomology*, 2003, v. 40, n. 4, p. 430-435.

BEHURA SK, LOBO NF, HAAS B, DEBRUYN B, LOVIN DD, SHUMWAY MF, PUIU D, ROMERO-SEVERSON J, NENE V, SEVERSON DW. Complete sequences of mitochondria genomes of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* and comparative analysis of mitochondrial DNA fragments inserted in the nuclear genomes. *Insect Biochem Mol Biol*. 2011 Oct;41(10):770-7. doi: 10.1016/j.ibmb.2011.05.006.

BELINATO, T.A.; MARTINS, A.J. Insecticide Resistance and Fitness Cost. In: *Insecticides Resistance*. Edited by Stanislav Trdan. Chapter 12. IntechOpen. 2016, p. 1-20.

BILTON, D.T; LUCY TURNER, L.; GARTH N. FOSTER, G.N. Frequent discordance between morphology and mitochondrial DNA in a species group of European water beetles (Coleoptera: Dytiscidae). *PeerJ*, 2017. 5:e3076 <https://doi.org/10.7717/peerj.3076>

BISSET, J.A.; RODRIGUEZ, M.M.; FERNANDEZ, D. Selection of insensitive acetylcholinesterase as a resistance mechanism in *Aedes aegypti* (Diptera, Culicidae) from Santiago de Cuba. *J Med Entomol*. 2006, v.43, p.1185-89.

BRAGA, I.A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: inseticidas, mecanismos de ação e resistência. *Epidemiol. Serv. Saúde*, Brasília, 2007, v.16, n.4, p.279-293.

BRASIL. Constituição, 1988. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, DF: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão nos 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nos 1/92a 91/2016 e pelo Decreto Legislativo no 186/2008. – Brasília: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas. 496 p. ISBN: 978-85-7018-698-0

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Dengue : Diagnóstico e Manejo Clínico. 2. ed. Brasília: Diretoria Técnica de Gestão. 2005, 27 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Metodologia para qualificação de atividades de enzimas relacionados com a resistência a inseticidas em *Aedes aegypti*/Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz = Quantification methodology for enzyme activity related to insecticide resistance in *Aedes aegypti*/Ministry of Health of Brazil, Fundação Oswaldo Cruz. – Brasília : Ministério da Saúde, 2006. 128 p. : il. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos).



BUTAKKA, C.M.M.; CALDART-RODRIGUES, F.A.; MARIOTTO, S.; MIRANDA-CERQUEIRA, L. L.; MIYAZAKI, R.D. Ecology and coexistence of *Aedes aegypti* (Linnaeus 1762) and *Aedes* (Ste.) *albopictus* (Skuse 1894) in two state parks in Cuiabá, MT, Brazil. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* (Online). 2022, v.57, p.665 - 676.

CAMPOS, J.; ANDRADE, F. S.C. Larval susceptibility of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* populations to chemical insecticides. *Rev Saúde Pública*, 2003, v.37, n.4, p.523-7.

CASTRO JÚNIOR, F.P.; SILVA, A.B.; PIRES, P.A.D.; GUERRA, A.L.R.; Orivaldo da Silva LACERDA JÚNIOR, O.S.; SIQUEIRA JÚNIOR, F.E.; Blenda Nunes da SILVA, B.N. Variabilidade genética de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) do semi-árido paraibano. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 2024, 22(6), p.01-19.

CHIELE, A. H. .; FLORENTINO, I. N. A. .; SCHULZ, R. G. .; FIGUEIREDO, E. F. .; LIBRELOTTO, C. S. .; COLACITE, J. Study of genetic variability and analysis of possible kdr mutations in the gene encoding sodium channels related to resistance of *Aedes aegypti* to insecticides. *Research, Society and Development*, [S. l.], 2023, v. 12, n. 3, p. e11312340474, DOI: 10.33448/rsd-v12i3.40474.

CHU, H.; WU, Z.; ZHANG, H.; LI, C.; WANG, G.; ZHOU, M.; ZHAO, T. Sequencing and analysis of the complete mitochondrial genome of *Culex tritaeniorhynchus* (Diptera: Culicidae) in China. *Mitochondrial DNA Part B: Resources*, vol. 1, no.1, p.365–366, 2016.

CONFALONIERI, U.E.C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. *Terra livre*, 2003, v. 1, n.20, p.193-204.

CONTESSOTO, V.G.; DUDCHENKO, O. AIDEN, E.L. WOLYNES, P.G.; ONUCHIC, J.N.; DI PIERRO, M. Interphase chromosomes of the *Aedes aegypti* mosquito are liquid crystalline and can sense mechanical cues. *Nature Communications*, 2023. 14:326.

CRUZ-SILVA, S. C. B.; MATIAS, R.; ANDRADE, L. P.; FERREIRA, E. C. Educação Ambiental e saúde única na percepção e práticas educativas de educadores de ensino médio. *Revista Brasileira De Educação Ambiental* (RevBEA), 2023, v. 18, n.1, 279–298. DOI: <https://doi.org/10.34024/revbea.v18.14126>.

CUSTÓDIO, J.M.O.; NOGUEIRA, L.M.S.; SOUZA, D.A.; FERNANDES, M.F.; OSHIRO, E.T.; OLIVEIRA, E.F.; PIRANDA, E.M.; OLIVEIRA, A.G. Abiotic factors and population dynamic of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in an endemic área of Dengue Brazil. *Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo*, 2019, v. 61, e18.

DEGALLIER, N. Impactos climáticos sobre a transmissão da dengue no nordeste do brasil. *Projeto Clima do Atlântico Tropical e Impactos sobre o Nordeste*. FUNCEME: Fortaleza, 2010, p. 331-337.

DEPOLI, P. A. C. *et al.* Eficácia de ovitrampas com diferentes atrativos na vigilância e controle de *Aedes*. *EntomoBrasilis*, 2016, v. 9, p. 51-54.

DIAS, I.K.R; MARTINS, R.M.G.; SOBREIRA, C.L.S.; ROCHA, R.M.G.S.; LOPES, M.S.V. Ações educativas de enfrentamento ao *Aedes aegypti*: revisão integrativa. *Ciência & Saúde Coletiva*, 2022, 27(1), p.231-242.

FACCHINELLI, L.; BADOLO, A.; MCCALL, P.J. Biology and Behaviour of *Aedes aegypti* in the Human Environment: Opportunities for Vector Control of Arbovirus Transmission. *Viruses*, 2023, 15, 636. <https://doi.org/10.3390/v15030636>

FARIA, M.T.S.; RIBEIRO, N.R.S.; DIAS, A.P.; GOMES, U.A.F.; MOURA, P.M. Saúde e saneamento: uma avaliação das políticas públicas de prevenção, controle e contingência das arboviroses no Brasil. TEMAS LIVRES. Ciênc. saúde coletiva, 2023, 28 (06). <https://doi.org/10.1590/1413-81232023286.07622022>

FERREIRA FILHO, J.M.; CARVALHO, R.G.; CAMACHO, R.G.V.. Impactos ambientais em unidades de conservação urbanas: o caso da Área de Relevante Interesse Ecológico da Ilha da Coroa em Mossoró no Rio Grande do Norte, Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física, 2017, v. 10, n.1, p.304-316.

FLORIDA MEDICAL ENTOMOLOGY. 1999. Disponível em: [https://fmel.ifas.ufl.edu/research-areas/invasion-biology-of- \*Aedes-albopictus\*/](https://fmel.ifas.ufl.edu/research-areas/invasion-biology-of-Aedes-albopictus/), acesso em junho de 2024.

FORATTINI, O.P. Culicidologia Médica, Vol. 2, Identificação, Biologia, Epidemiologia, Edusp, São Paulo, 2002, 860 pp.

GALATI, E.A.B.; CAMARA, T.N.L.; NATAL, D.; CHIARAVALLOTI-NETO, F. Mudanças climáticas e saúde urbana. Revista USP. São Paulo. 2015, n. 107. p. 79-90.

GÓMEZ, M.; MARTINEZ, D.; MUÑOZ, M.; RAMÍREZ, J.D. *Aedes aegypti* and *A. albopictus* microbiome/virome: new strategies for controlling arboviral transmission? Parasites & Vectors; 15:287, 2022.

GONÇALVES, C.M. Biologia do *Aedes aegypti* e estratégias de controle. Boletim de Extensão 61. Editora Universidade Federal de Viçosa. 2016, 36 pp.

GRIFFITHS, A.; WESSLER, S.; LEWONTIN, R.; GELBART, W. Introdução à Genética. Trad. Paulo A. Motta. Ed. Guanabara, 11ª Ed., 2016, 756p.

HAJIBABAEI, MEHRDAD; GREGORY A.C. SINGER; PAUL D.N. HEBERT; DONAL A. HEBERT PD, CYWINSKA A, BALL SL, DE WAARD JR. Biological identifications through DNA barcodes. Proc Biol Sci. 2003, Feb 7;270(1512):313-21. doi: 10.1098/rspb.2002.2218.

HICKEY. DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics. Trends in Genetics, 23(4), 167-172.. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2007.02.001>.

KURUCZ K, ZEGHBIB S, ARNOLDI D, MARINI G, MANICA M, MICHELUTTI A, *et al.* *Aedes koreicus*, a vector on the rise: Pan-European genetic patterns, mitochondrial and draft genome sequencing. PLoS ONE, 2022, 17(8): e0269880. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269880>

LIMA, E. O.; CALDART-RODRIGUES, F.A.; BUTAKKA, C.M.M; MIYAZAKI, R.D.; MIRANDA-CERQUEIRA, L.L.; MARIOTTO, S. Avaliação do Polimorfismo na enzima esterase em populações naturais de *Aedes aegypti* em Chapada dos Guimarães, Mato Grosso. Brazilian Journal of Development. 2021, v.7, p.18539 - 18552.

LIMA-CAMARA, T. N. Arboviroses emergentes e novos desafios para a saúde pública no Brasil. São Paulo: Revista Saúde Pública, 2016.

LIMONGI, J.E.; OLIVEIRA, S.V. Covid-19 e a abordagem One Health (Saúde Única): uma revisão sistemática. Visa em Debate, Rio de Janeiro, 2020, v. 8, p. 1-11, agosto.



LOBO, P M.; ROSAR, A.S.; MEIRA, J. BORSA, A.; MENIN, A.; RECK, A.; WARTH, J.F.G.; RESES, M.L.N. Saúde única: uma visão sistêmica. Org. Álvaro MENIN, A. 1. ed. – Goiânia: Editora Alta Performance. 2021, 69 p.

LORENZ, Camila; VIRGINIO, Flavia; BREVIGLIERI, Enrico L. O fantástico mundo dos mosquitos. São Paulo; Instituto Butantan; 2018. 141 p. Monografia em Português | Sec. Est. Saúde SP, SESSP-IBPROD, Sec. Est. Saúde SP.

MACHADO, A.A. Educação Ambiental construindo elos entre saúde e meio ambiente: relato de experiência numa escola pública em João Pessoa (PB). Revista Brasileira de Educação Ambiental, 2018, v. 13, n. 2, p. 264–281.

MACHADO, C.J.S.; MIAGOSTOVICH, M.P.; LEITE, J.P.G.; VILANI, R.M. Promoção da relação saúde-saneamento-cidade por meio da Virologia Ambiental. Revista de informação legislativa, 2013, 50(199):321-345.

MARIOTTO, Sandra; SILVA, Mari Rose O.BUTAKKA, Cristina Márcia de M.; CERQUEIRA, Lenicy L. de M.; MIYAZAKI, Rosina D.; CAMOLEZI, Giovanna C.; RODRIGUES, Fabiana Aparecida C. Genética Comparada Utilizando Três Marcadores de mtDNA em Populações de *Aedes aegypti* (Linnaeus) de Municípios do Estado de Mato Grosso, Brasil. Ensino, Saúde e Ambiente. 2022, vol. 15, n.03, p-503-523, set-dez.

MATO GROSSO SAÚDE. Disponível em: Brasil registra mais de 1 milhão de... (matogrossosaude.mt.gov.br). Acesso em 29 de abril de 2024.

MIYAZAKI, R. D.; RIBEIRO, A. L. M.; PIGNATTI, M. G. ; CAMPELO Jr., J. H. ; PIGNATI, M. Monitoramento do *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae), por meio de ovitrampas no Campus da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Estado de Mato Grosso. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical (Impresso), 2009, v. 42, p. 392-397.

MOL, M.P.G.; QUEIROS, J.T.M.; GOMES, J. HELLER, L. Gestão adequada de resíduos sólidos como fator de proteção na ocorrência da dengue. Rev. Panam Salud Publica, 2020, 44:e22.

MONTEIRO, M.G.S.F.; PEREIRA, E.B.; FERREIRA, E.C. Dossiê: Educação Ambiental e Biodiversidade: realidades, contextos, pesquisas e utopias. Revista Cocar. 2024, ISSN: 2237- 0315. Edição Especial 23: 1-20.

MONTELLA, I.R., MARTINS, A.J., VIANA-MEDEIROS, P.F., LIMA, J.B.P., BRAGA, I.A., VALLE, D. Insecticide Resistance Mechanisms of Brazilian *Aedes aegypti* Populations from 2001 to 2004. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 2007, 77(3): 467-477. Disponível em: The American Society of Tropical Medicine and Hygiene.

MOORE M, SYLLA M, GOSS L, BURUGU MW, SANG R, *et al.* Dual African Origins of Global *Aedes aegypti* s.l. Populations Revealed by Mitochondrial DNA. PLOS Neglected Tropical Diseases. 2013, 7(4): e2175. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0002175>

MORDECAI, E. A. et al. Detectinf the impacto temperature on transmission od Zika, Dengue and Chikungunya using mechanistic models. PLOS Neglected Tropical Diseases. 2017, v. 27, p. 1- 18.

NAIM, D.MD.; KAMAL, N.Z.M.; MAHBOOB, S. Population structure and genetic diversity of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in Penang as revealed by mitochondrial DNA cytochrome oxidase I, Saudi Journal of Biological Sciences, Volume 27, Issue 3, 2020, p. 953-967, <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.01.021>.



NATAL, D. Bioecologia do *Aedes aegypti*. Biológico, São Paulo, 2002, v.64, n.2, p.205-207, jul./dez. NCBI. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>, acesso em julho de 2024.

NUNES, B. B. S.; MENDES, P. C. Clima, ambiente e saúde: um resgate histórico. Caminhos da Geografia, 2012, v. 13, n. 42, p. 258-269.

OLIVEIRA, L.S.B.; Franciele Rodrigues de LIMA, F.R.; SOUZA, M.D.; PARADA, A.R.; SILVA, W.B. Monitoring of *Aedes* spp. with Ovitrap Traps Installed in Different Positions. UNICIÊNCIAS, 2020, v. 24, n. 2, p. 182-188.

PAIVA, M. H. S. Monitoramento do gene, que codifica a esterase, envolvido na resistência a inseticidas organofosforados em populações naturais de *Aedes aegypti* do Brasil. Dissertação de mestrado. 2006. PROPHIRO, J.S. Arboviroses e mudanças climáticas. Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental, 2022, 11 (1): 1-2.

RIBEIRO, H.; VARGAS, H.C. Urbanização, globalização e saúde. Revista USP; 2015, (107):13-26.

ROCHA, D.C.; CÂNDIDO, G.A.; DANTAS, R.T. Políticas públicas para a saúde e o papel da atenção básica de saúde no controle e prevenção da dengue no país. Revista Movimentos Sociais e Dinâmicas Espaciais, Recife, 2014, V. 03, N. 02.

RODRIGUES, F.A.C.; WEBER, O. L. DOS S.; DORES, E. F. G. DE C.; KLAUTAU-GUIMARÃES, M. DE N.; TIDON, R.; GRISÓLIA, C. K. Ecogenotoxicologia dos agrotóxicos: Avaliação comparativa entre ecossistema agrícola e área de proteção ambiental. Pesticidas: Rev.de Ecotoxicologia e Meio Ambiente. Curitiba, v. 15 jan/dez p. 73-84. 2005.

RODRÍGUEZ, M.M.; BISSET, J.; RUIZ, M.; SOCA, A. Cross-resistance to Pyrethroid and Organophosphorus insecticides induced by selection with temephos in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from Cuba. J. Med. Entomol. 2002, v.39, n.6, p. 882-888.

ROSA, J. P. P. Resistência de *Aedes aegypti* ao inseticida Temefos. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, 2016, v. 14, n. 1, p. 607-610.

SECRETARIA DO ESTADO DE SAÚDE DO DISTRITO FEDERAL. Plano de Enfrentamento da dengue e outras arboviroses (2024-2027). Governo do Distrito Federal. Brasília – DF. 2024, 44 pp.47 SNUSTAD, D. P.; SIMMONS, M. J. Fundamentos de Genética. 7. ed. – Rio de Janeiro: Ed. Guanabara & Koogan, 2017, 773p.

SOUSA, ANDRELINA ALVES DE, ANA CECÍLIA RIBEIRO CRUZ, FÁBIO SILVA DA SILVA, SANDRO PATROCA DA SILVA, JOAQUIM PINTO NUNES NETO, MARIA CLAUDENE BARROS, ELMARY DA COSTA FRAGA, AND IRACILDA SAMPAIO. "Sequencing and Analysis of the Mitochondrial Genome of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from the Brazilian Amazon Region" Insects, 2023. 14, no. 12: 938. <https://doi.org/10.3390/insects14120938>

SOUZA, K. R., SANTOS, M. L. R., GUIMARÃES, I. C. S., RIBEIRO, G. de S., SILVA, L. K. 2018. Saberes e práticas sobre controle do *Aedes aegypti* por diferentes sujeitos sociais na cidade de Salvador, Bahia, Brasil. Cadernos de Saúde Pública, 34(5), 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00078017>.

SPADAR, A.; COLLINS, E.; MESSENGER, L.A.; Taane G. CLARK, T.G.; CAMPINO, S. Uncovering the genetic diversity in *Aedes aegypti* insecticide resistance genes through global



comparative genomics. *Scientific Reports*, 2024. (14):13447. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64007-6>

TILAK, R.; GUPTA, M. V.; SURYAM, M. V.; YADAV, J. D.; GUPTA, B. K. K. D. A laboratory investigation into oviposition responses of *Aedes aegypti* to some common household substances and water from conspecific larvae. *Medical Journal Armed Forces India*, 2004, v.61, p.227-229.

VADIVALAGAN, C. *et al.* Genetic deviation in geographically close populations of the dengue vector *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): influence of environmental barriers in South India. *Parasitol Res.* 2016, v. 115, p.1149–1160.

ZADRA, NICOLA, ANNAPAOLA RIZZOLI, AND OMAR ROTA-STABELLI. "Chronological Incongruences between Mitochondrial and Nuclear Phylogenies of *Aedes* Mosquitoes" *Life* 11, 2021. no. 3: 181. <https://doi.org/10.3390/life11030181>

ZARA, A.L.S.A.; SANTOS, S.M.; FERNANDES-OLIVEIRA, E.S.; CARVALHO, R.G.; COELHO, G.E. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 2016. v. 25, (2), 391-404. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742016000200017>.