



Universidade Federal do Maranhão
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde



LARICIA CIRQUEIRA PINHEIRO

OCORRÊNCIA DE *Aedes aegypti* (LINNAEUS) E *Aedes albopictus* (SKUSE) EM SÃO LUÍS, MARANHÃO: IMPACTOS DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E CLIMÁTICAS EM ÁREAS URBANAS E FLORESTAIS

São Luís- MA
2025

LARICIA CIRQUEIRA PINHEIRO

OCORRÊNCIA DE *Aedes aegypti* (LINNAEUS) E *Aedes albopictus* (SKUSE) EM SÃO LUÍS, MARANHÃO: IMPACTOS DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E CLIMÁTICAS EM ÁREAS URBANAS E FLORESTAIS

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

Orientador: Prof. Dr. José Manuel Macário Rebêlo.

Coorientador: Dr. Agostinho Cardoso Nascimento Pereira.

São Luís- MA
2025

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

Cirqueira Pinheiro, Laricia.

OCORRÊNCIA DE *Aedes aegypti* LINNAEUS E *Aedes albopictus* SKUSE EM SÃO LUÍS, MARANHÃO: IMPACTOS DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E CLIMÁTICAS EM ÁREAS URBANAS E FLORESTAIS / Laricia Cirqueira Pinheiro. - 2025.

92 p.

Coorientador(a) 1: Agostinho Cardoso Nascimento Pereira.

Orientador(a): José Manuel Macário Rebêlo.

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

1. Arboviroses. 2. Vetor Biológico. 3. Fatores Climáticos. 4. Vetor Ponte. I. Cardoso Nascimento Pereira, Agostinho. II. Macário Rebêlo, José Manuel. III.

LARICIA CIRQUEIRA PINHEIRO

OCORRÊNCIA DE *Aedes aegypti* (LINNAEUS) E *Aedes albopictus* (SKUSE) EM SÃO LUÍS, MARANHÃO: IMPACTOS DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E CLIMÁTICAS EM ÁREAS URBANAS E FLORESTAIS

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

Aprovada em: ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Manuel Macário Rebêlo
(Orientador)
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Prof. Dr. Rafael Cardoso Carvalho
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Prof. Dr. Lívio Martins Costa Júnior
Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Prof. Dr. Filipe Vieira Santos de Abreu
Instituto Federal do Norte de Minas Gerais

A Deus, acima de tudo
As mulheres da minha família.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e resiliência para enfrentar as adversidades da vida.

Ao meu orientador, Dr. José Manuel Macário Rebêlo, pela orientação valiosa que foi fundamental para o meu crescimento acadêmico e para o sucesso deste trabalho.

Ao meu coorientador, Dr. Agostinho Cardoso Nascimento Pereira, por me acompanhar com dedicação e fornecer o suporte necessário à execução do meu projeto.

Ao Laboratório de Entomologia e Vetores (LEV), em especial à Maria da Conceição Abreu Bandeira, por me acolher, ensinar e aconselhar. Aos meus amigos de bancada, Lucymara Bogéa Carvalho e Samuel Soares Pimenta, pela amizade e por tornarem o caminho mais leve e agradável durante o mestrado. Agradeço também aos demais integrantes do LEV: Sarah, Livia e Gleyciele, foi um prazer conhecê-las também.

Aos amigos que a UFMA me presenteou: Daniel Rocha Pereira e Itapotiara Villas Boas, pela amizade e apoio ao longo dessa jornada.

À professora Dra. Yrla Nívea, pela inspiração, apoio e por acreditar no meu sonho desde a graduação.

À minha mãe, Maria Lúcia Cirqueira, que sempre esteve ao meu lado, me encorajando e me fazendo acreditar que sou capaz.

Ao amor da minha vida, meu amigo verdadeiro, Ananias de Jesus Costa Sousa, por me entender, me apoiar e motivar.

Ao meu motoboy, João Cancio, que me acompanhou incansavelmente nas áreas urbanas, tornando possível a realização do meu trabalho de campo.

Ao Dr. Júlio César e aos agentes de endemias, por tornarem viável o trabalho nas casas visitadas. Às pessoas que abriram as portas de suas casas, permitindo a realização desta pesquisa.

À coordenadora do GPA, Claudina, e aos guardas municipais que me acompanharam nas áreas florestais, garantindo minha segurança.

Aos professores que constituíram minha banca nos seminários, na qualificação e defesa, pelo tempo e pelas contribuições valiosas.

Aos docentes do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, pela oportunidade e por me acolherem em um programa de renome, permitindo-me realizar o sonho do mestrado.

À CAPES, pela bolsa concedida, essencial para a execução deste projeto.

E, finalmente, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão de mais uma importante etapa da minha formação. Sou imensamente grata.

RESUMO

Este estudo avaliou a ocorrência de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* em ecótopos urbanos e florestais em São Luís, Maranhão, Brasil, considerando as variações entre as estações seca e chuvosa. Ovitampas foram instaladas em áreas florestais metropolitanas e urbanas, e os dados coletados foram analisados usando índices entomológicos (OPI e EDI), razão sexual e Análise de Coordenadas Principais (PCoA), com a distância de Gower como índice de dissimilaridade. Um total de 9.428 ovos foram coletados e 5.444 indivíduos adultos foram identificados, dos quais 3.626 eram *Ae. aegypti* e 1.815 eram *Ae. albopictus*. Foi observado que *Ae. aegypti* predominou em áreas urbanas, enquanto *Ae. albopictus* foi encontrado em ambos os ecótopos. A análise de PCoA revelou que precipitação, velocidade do vento e temperatura média mensal foram as principais variáveis associadas à distribuição espacial dos mosquitos. Para *Ae. aegypti*, a precipitação influenciou particularmente os ambientes urbanos. Em contraste, a temperatura média foi um fator determinante tanto para áreas urbanas quanto florestais para *Ae. albopictus*. Os resultados ressaltam a importância de considerar o papel do *Ae. albopictus* como reservatório em fragmentos florestais, visto que pode reintroduzir doenças em áreas urbanas, representando um desafio adicional para o controle vetorial.

Palavras-chave: Arboviroses, Vetor biológico, Fatores climático, vetor ponte.

ABSTRACT

This study evaluated the occurrence of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in urban and forest ecotopes in São Luís, Maranhão, Brazil, considering the variations between the dry and rainy seasons. Ovitrap traps were installed in metropolitan and urban forest areas, and the collected data were analyzed using entomological indices (OPI and EDI), sex ratio, and Principal Coordinates Analysis (PCoA), with Gower's distance as the dissimilarity index. A total of 9,428 eggs were collected, and 5,444 adult individuals were identified, of which 3,626 were *Ae. aegypti* and 1,815 were *Ae. albopictus*. It was observed that *Ae. aegypti* predominated in urban areas, while *Ae. albopictus* was found in both ecotopes. The PCoA analysis revealed that precipitation, wind speed, and average monthly temperature were the main variables associated with the spatial distribution of the mosquitoes. For *Ae. aegypti*, precipitation particularly influenced urban environments. In contrast, the average temperature was a determining factor for both urban and forest areas for *Ae. albopictus*. The results highlight the importance of considering the role of *Ae. albopictus* as a reservoir in forest fragments, as it may reintroduce diseases into urban areas, representing an additional challenge for vector control.

Keywords: Arboviruses, Biological vector, Climatic factors, Vector bridge.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Localização das áreas de estudo selecionadas. Fragmentos florestais urbanos com seus respectivos bairros adjacentes (zona urbana): 1 – Área de Proteção Ambiental do Itapiracó (A – linha amarela). Área urbana: Cohatrac (I); 2 – Parque Estadual do Bacanga (B – linha vermelha). Área urbana: Coheb Sacavém (II); 3 – Parque Estadual do Sítio do Rangedor (C – linha azul). Área urbana: bairro Cohafuma (III).....	97
Figura 2 –	Produtividade mensal de ovos nas áreas amostradas de São Luís, Maranhão, Brasil.....	98
Figura 3 –	Número de indivíduos de <i>A. egypti</i> e <i>Ae. albopictus</i> que atingiram a fase adulta nos meses estudados.....	99
Figura 4 –	PCoA relacionando a abundância de <i>Ae. aegypti</i> com variáveis climáticas (temperatura, precipitação, pressão atmosférica e velocidade do vento) em áreas florestais e urbanas de São Luís, Maranhão, Brasil.....	100
Figura 5 –	PCoA relacionando a abundância de <i>Ae. albopictus</i> com variáveis climáticas (temperatura, precipitação, pressão atmosférica e velocidade do vento) em áreas florestais e urbanas de São Luís, Maranhão, Brasil.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Ovos coletados, eclosão e sexagem de <i>Ae. aegypti</i> e <i>Ae. albopictus</i> por localidade.....	102
Tabela 2–	Médias mensais de precipitação, pressão atmosférica, temperatura e velocidade do vento em São Luís, Maranhão, de setembro de 2023 a agosto de 2024.....	103

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	12
Apresentação geral	13
1 INTRODUÇÃO GERAL	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Biologia e ecologia de <i>Ae. aegypti</i> e <i>Ae. albopictus</i>	16
2.2 Fatores ambientais e climáticos que influenciam no desenvolvimento de <i>Aedes aegypti</i> e <i>Aedes albopictus</i>	17
2.3 Arboviroses	18
2.3.1 Dengue	18
2.3.2 Zika	19
2.3.3 Chikungunya	21
2.4 Urbanização	23
2.4.1 Crescimento urbano e suas causas	24
2.4.2 Impacto da urbanização desordenada	25
2.4.3 Cobertura vegetal	26
2.4.4 Variações climáticas	27
2.4.5 Acúmulo de resíduos sólidos e criadouros artificiais	29
3 OBJETIVOS	30
3.1 Objetivo Geral	30
3.2 Objetivos específicos	30
REFERÊNCIAS	31
CAPÍTULO II	37
ARTIGO CIENTÍFICO	38
Resumo	39
Abstract	
Introdução	40
Material e Métodos	43
<i>Área de coleta</i>	43
<i>Procedimento em campo</i>	44
<i>Procedimento em laboratório</i>	45
<i>Índices Entomológicos</i>	46

<i>Razão sexual</i>	47
<i>Análises estatísticas</i>	47
Resultados	50
<i>Produtividade mensal e sazonal</i>	51
<i>Índices Positividade de Ovitampa e Índice de Densidade de Ovos</i>	52
<i>Frequência mensal de emergência de adultos</i>	51
<i>Análise da Razão Sexual em Ambientes Urbanos e Florestais</i>	53
<i>Variáveis climáticas</i>	54
<i>Relação entre a Abundância dos mosquitos e Variáveis Climáticas em Áreas Florestais e urbanas</i>	55
Discussão	57
<i>Monthly and Seasonal Frequency of Immature Stages</i>	57
<i>Frequência mensal e sazonal de alados (adultos)</i>	60
<i>Razão sexual</i>	63
<i>Distribuição no espaço geográfico</i>	65
Conclusão	68
Agradecimentos	70
Referências	20

CAPÍTULO I

Apresentação geral

Escrito conforme as normas vigentes da ABNT

A dissertação em destaque será apresentada em duas partes para melhor disposição das informações. A primeira consiste em uma revisão da literatura disponível sobre os *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, subdividida em tópicos para melhor abordagem da temática. Contendo assim, a Introdução geral sobre distribuição, Ciclo de vida, arboviroses, fatores climáticos e ambientais que influenciam seu desenvolvimento. A segunda parte inclui um manuscrito no formato de um artigo científico, intitulado “Ecological Variation in the Occurrence of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in São Luís, Maranhão, Brazil” com dados originais gerados pelo próprio Laboratório de Entomologia e Vetores, onde foi desenvolvido este estudo. Para efeito de esclarecimento, a primeira parte foi regida pelas normas da ABNT vigentes, enquanto a segunda parte seguiu as normas do *Journal of Medical Entomology* para o qual o respectivo manuscrito foi submetido.

1 INTRODUÇÃO GERAL

As arboviroses são doenças de grande importância na saúde pública, estando associadas frequentemente com surtos e epidemias, gerando impactos econômicos e sociais em muitos países. Entre as doenças virais transmitidas por mosquitos, a Dengue, Zika e Chikungunya estão entre as mais importantes (Lima-Camara; Honório; Lourenço-de-Oliveira, 2006). Essas enfermidades são transmitidas pelo *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) e *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse 1894), a depender da região geográfica. As áreas mais atingidas são os países tropicais, cujas condições socioambientais favorecem o desenvolvimento e a proliferação desses vetores (Dickens *et al.*, 2018).

O *Ae. albopictus*, conhecido como "mosquito tigre asiático", foi descrito no final do século XIX, a partir de espécimes originário das florestas tropicais do sudeste da Ásia, da região de Bengala (atualmente parte do território pertence a Bangladesh e parte a Índia). Ao longo dos anos se espalhou rapidamente e agora pode ser encontrado na África, Ásia, Europa, Oceania, ilhas do Pacífico e nas Américas. Sua presença nas Américas foi inicialmente registrada no Texas, em 1985. No Brasil, o vetor foi identificado pela primeira vez no Rio de Janeiro em 1986, dispersando-se para Minas Gerais e São Paulo no mesmo ano, e para o Espírito Santo no ano seguinte. A disseminação desse mosquito nas Américas pode ser atribuída em grande parte ao transporte de pneus usados, fornecendo um meio ideal para a dispersão das suas formas imaturas. Atualmente este é considerado vetor secundário da Dengue nas Américas (Carvalho; Oliveira; Braga, 2014).

É um mosquito que se estabelece com facilidade no ambiente rural, semi-silvestre e silvestre, não dependendo dos locais de grande concentração humana, como o *Ae. aegypti*. Comumente é encontrado nas áreas onde a população humana é escassa, nas “bocas de matas” e plantações, sendo tolerante às temperaturas mais baixas, diferindo do *Ae. aegypti* neste aspecto (Forattini, 1996a).

O *Ae. aegypti* foi descrito no Egito no final do século XVIII e está distribuído nos trópicos e subtropicais do continente americano, na Ásia, Europa e Oceania. O vetor se espalhou pelo Brasil desde que foi introduzido durante o período colonial. Seu comportamento favorece sua ampla dispersão, especialmente em ambientes urbanos, onde tem preferência por ambientes dentro e ao redor das residências humanas.

Raramente são encontrados em ambientes semi-silvestres ou onde não há presença intensa do homem (Facchinelli; Badolo; McCall, 2023).

Seus criadouros preferenciais são recipientes artificiais, tanto aqueles abandonados a céu aberto, que servem como reservatório de água de chuva, como os utilizados para armazenar água para uso doméstico (Sousa *et al.*, 2021). A presença dos criadouros em ambiente de convívio com o homem favorece a rápida proliferação do mosquito, por dois aspectos: condições ideais para reprodução e fontes de alimentação (Zara *et al.*, 2016).

No Brasil, grande parte do país possui padrões climáticos que favorecem a reprodução e sobrevivência do *Ae. aegypti* e do *Ae. albopictus*, como o clima tropical, com altas temperaturas, umidade elevada e variações sazonais (Galati *et al.*, 2015). Acredita-se que os fatores ambientais/climáticos afetam diretamente a transmissão viral e a dinâmica dos vetores. A título de exemplo, temperaturas do ar de superfície mais elevadas influenciam a competência do vetor, pois na medida que aumentam as taxas de crescimento da população deste, acelera a replicação do vírus, aumentando assim, a eficiência da sua transmissão (Chepkorir *et al.*, 2014; Heitmann *et al.*, 2018).

As condições ambientais também contribuem para a proliferação dos vetores e conseqüentemente manutenção das arboviroses, disponibilizando os diversos tipos de criadouros para os mosquitos. Isso acontece devido à precária infraestrutura das cidades, urbanização inadequada, abastecimento de água inconstante, coleta irregular de resíduos sólidos, investimento insuficiente em campanhas de educação ambiental, baixa eficiência do serviço de vigilância e controle dos vetores (Sousa *et al.*, 2021).

Esses fatores têm contribuído para a distribuição global dos vetores e, portanto, para a emergência e disseminação da Dengue, Zika e Chikungunya, o que exige maiores esforços de vigilância e controle. No entanto, a distribuição dessas doenças não ocorre de forma homogênea no país, pois as cidades ou regiões em situações socioeconômicas e ambientais mais vulneráveis tendem a ser mais atingidas (Carrasquilla *et al.*, 2021).

Em relação ao município de São Luís, os indicadores epidemiológicos e ambientais demonstram que a situação da Dengue, Zika e Chikungunya é preocupante. Em 2019, de acordo com a Secretaria Estadual de Saúde (SES), foram confirmados 1028; 181; 14, casos de Dengue, Chikungunya e Zika, respectivamente. Em 2020 registraram-se 732 casos confirmados de Dengue, seguido de 48 de Chikungunya e 54 de Zika. Já em 2021 registraram-se 161 casos de Dengue, 37 Chikungunya e nenhum para Zika. Em 2022 foram 2.145 casos de Dengue, 650 Chikungunya e 16 de Zika. Em

2023 foram 1.500 casos de Dengue, 2.000 casos de chikungunya. Em 2024 foram 1.644 casos de Dengue e 142 de Chikungunya. Não há, contudo, dados disponíveis no sistema da Secretaria Estadual do Maranhão referente aos anos de 2023 e 2024 (Maranhão/SES, 2022).

Aliada a essa problemática, observa-se uma escassez de estudos que abordem de forma mais sistematizada o comportamento dos vetores e seu possível papel na incidência das respectivas doenças que eles transmitem, e a influência dos diferentes fatores climáticos. É preciso envidar esforços para conhecer a relação da temperatura, precipitação pluviométrica, pressão atmosférica e velocidade do vento, em conjunto com os aspectos da biologia do vetor (fluxo de adultos, oviposição e eclosão). Essas relações ecológicas e ambientais são importantes na atual conjuntura urbana de São Luís. Afinal, o *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* são organismos de grande valência ecológica.

A partir da justificativa elencada e dos crescentes números de casos das respectivas arboviroses admitem-se as seguintes hipóteses para o estudo: (1) a ocorrência do *Ae. albopictus* e *Ae. aegypti* varia significativamente no espaço geográfico, sendo influenciadas pela presença de ecótopos urbanos e silvestres; (2) os fatores climáticos e ambientais locais afetam o ciclo de vida e ocorrência do *Ae. aegypti* nas áreas urbanas e do *Ae. albopictus*, nas áreas urbanas e nas florestas metropolitanas na cidade de São Luís.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Biologia e ecologia de *Aedes aegypti* e *Ae. albopictus*

O ciclo de vida dos mosquitos compreende quatro fases: ovo, larva, pupa e adulto. A fase larval apresenta ainda quatro estádios — L1 a L4. Apenas a fase adulta acontece no ambiente terrestre, todas as outras ocorrem em ambiente aquático (Consoli; Oliveira, 1994; Forattini, 1996). Na natureza, os machos e as fêmeas se alimentam de substâncias açucaradas e somente as fêmeas são hematófagas, alimentam-se de sangue. A fêmea do *Aedes* necessita do repasto sanguíneo para a maturação dos ovos, alimentando-se sucessivas vezes até estar totalmente ingurgitada. Essa característica aumenta as chances de o mosquito entrar em contato com os vírus e transmiti-los (Natal, 2002).

Ambas as espécies possuem um curto ciclo biológico com duração de 15 a 30 dias em regiões tropicais, que compreende as fases de ovo, quatro estádios larvais (L1, L2, L3 e L4), pupa e adultos (Forattini, 2002).

Ae. aegypti e *Aedes albopictus*, coexistem no mesmo ambiente, podendo utilizar os mesmos tipos de criadouros. No entanto, o *Ae. albopictus* apresenta maior preferência por áreas externas e hábitos silvestres, enquanto o *Ae. aegypti* tem uma maior tendência à domiciliação (Câmara *et al.*, 2022).

2.2 Fatores socioambientais e climáticos que influenciam no desenvolvimento de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*

A infestação pelo mosquito *Ae. aegypti* e a transmissão das doenças associadas têm representado um desafio para a saúde pública desde o século XVII, com os surtos de febre amarela urbana. Esse cenário piorou no final do século XIX, com os primeiros casos de dengue registrados em Curitiba, Paraná, e em Niterói, Rio de Janeiro. A situação tornou-se ainda mais crítica em 2014, com a introdução dos vírus Zika e Chikungunya no Brasil. (Sousa *et al.*, 2021; Zanotto; Leite, 2018).

A presença de *Ae. aegypti* e do *Ae. albopictus* é multifatorial, e uma gama de fatores atuam conjuntamente proporcionando condições favoráveis para sobrevivência e manutenção da população do vetor, o que torna seu controle um desafio (Glasser; Gomes, 2000).

Dentre as principais causas destacam-se as condições climáticas (temperatura, umidade, regimes regionais de precipitação e variações atmosféricas), socioeconômicos (baixas condições de renda), socioambiental (condições de saneamento, coleta de resíduos sólidos deficiente, ausência de rede de água potável e tratamento de efluentes) e fatores relacionados ao aumento da probabilidade de contato entre o vetor e o hospedeiro em um episódio epidêmico (proximidade das habitações, fluxo populacional, aumento e a rapidez das viagens intercontinentais) (Salvi *et al.*, 2021).

O caráter multifatorial da infestação por *Ae. aegypti* é influenciado por características regionais. A diversidade de cenários e diferentes combinações de fatores determinam a manutenção ou o aumento da população do vetor. Geograficamente, *Ae. aegypti* está presente em grande parte das regiões tropicais e subtropicais da África, Ásia, Américas e Oceania (Dickens *et al.*, 2018). Ao contrário das regiões temperadas, as áreas tropicais não possuem variações extremas de temperatura ao longo do ano, com

médias geralmente elevadas, variando entre 25°C e 30°C. O principal fator de mudança sazonal é a pluviosidade. Durante a estação chuvosa, há um aumento significativo nas chuvas, o que resulta em maior umidade relativa do ar e na disponibilidade de criadouros para os mosquitos, como *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*, facilitando sua proliferação (Cicco *et al.*, 2019).

A relação entre fatores ambientais, como tipos de imóveis e de criadouros, e climáticos, como temperatura, pluviosidade e umidade relativa do ar, com a infestação por *Ae. aegypti* tem sido relatada na última década (Santos; Vechi; Uehara, 2022). Segundo Sousa *et al.* (2023), variáveis climáticas locais podem ampliar conhecimentos sobre as particularidades de cada região, gerando maiores informações sobre sazonalidades e contribuir para o aprimoramento dos mecanismos de predição de possíveis epidemias, visto que a relação vetor-clima se mostra tão ou até mais importante que a relação vetor-ser humano.

O Brasil possui diversos perfis climáticos, e por isso há a necessidade de estudos que ilustrem a realidade de cada região. Embora existam inúmeros estudos acerca da biologia e padrões de infestação por *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*, são escassos os que abordam as características locais/ regionais, especialmente no Maranhão, e suas interferências junto às populações do vetor (Lima; Barrozo; Mataveli, 2018).

2.3 Arboviroses

Dengue, zika e chikungunya são arboviroses de destaque no cenário da saúde pública, transmitidas principalmente pelos mosquitos *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*. Essas doenças são particularmente relevantes em regiões tropicais e subtropicais, onde as condições climáticas e socioambientais favorecem a proliferação dos vetores. A dengue é uma das doenças virais mais comuns transmitidas por mosquitos no mundo, enquanto a zika e a chikungunya têm ganhado destaque devido ao aumento de casos e suas associações com complicações, especialmente em populações vulneráveis (Sousa *et al.*, 2021).

2.3.1 Dengue

A dengue é uma doença cujo vetor no continente americano é o *Ae. aegypti*. Embora o *Ae. albopictus* sob condições laboratoriais mostrou-se competente para a

transmissão (Castro *et al.*, 2004). Essa doença se tornou um sério problema de saúde pública em diversos países, principalmente em regiões tropicais e subtropicais. Existem quatro tipos virais da dengue: DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4 (Bello *et al.*, 2024)

Os sintomas da doença incluem febre alta, dor de cabeça intensa, dores musculares e nas articulações, náuseas, vômitos e erupções cutâneas. Em casos graves, pode ocorrer dengue hemorrágica, caracterizada por queda de plaquetas, sangramento e comprometimento de órgãos, podendo levar ao óbito. A dengue também causa prejuízos econômicos consideráveis (Xavier *et al.*, 2014).

A doença leva a altos índices de hospitalização, afastamento do trabalho e perda da produtividade, além de despesas com o tratamento da dengue que sobrecarregam os sistemas de saúde, especialmente em países com recursos limitados. O impacto econômico repercute também no setor do turismo, uma vez que áreas endêmicas tendem a ser evitadas pelos viajantes, prejudicando a economia local (Teich; Arinelli; Fahham, 2017).

No Maranhão, no período coincidente com a pandemia da Covid-19 houve defasagem nas notificações casos de dengue, registrando-se os seguintes quantitativos: 2019 (4.186 casos), 2020 (1.810), 2021 (1.113), 2022 (5.530), 2023 (4.198) e 2024 (7.446) (Maranhão/SES, 2025).

2.3.2 Zika

O vírus zika (ZIKV) é um arbovírus que pertence à família *Flaviviridae* e ao gênero *Flavivirus*. Em 1947, o vírus zika foi descoberto pela primeira vez em primatas na floresta Zika em Uganda (Dick; Kitchen; Haddow, 1952; Simpson, 1964). Desde 1951 até 2013, evidências sorológicas em humanos têm sido relatadas em países da África, Ásia e Oceania. Na América, o zika foi identificado primeiramente na Ilha de Páscoa, território chileno no Oceano Pacífico, a uma distância de 3.500 km do continente, no início de 2014 (Hills; Fischer; Petersen, 2017). Trata-se de um vírus RNA pertencente ao gênero *Flavivirus*, da família *Flaviviridae*, sendo o mosquito *Ae. aegypti* seu principal vetor (Kauffman; Kramer, 2017).

Acredita-se que o vírus zika tenha chegado ao Brasil em maio de 2015. Naquele período, o Ministério da Saúde declarou que o evento não representava grandes riscos, pois a doença não era fatal como a dengue, apresentando apenas sintomas leves, como

febre, dores musculares e articulares, dor de cabeça e erupções na pele. No entanto, em outubro de 2015, a perspectiva sobre o vírus zika mudou drasticamente, tornando-se uma séria ameaça devido à possível associação, ainda que teórica, com casos de microcefalia em Pernambuco (Kasprzykowski *et al.*, 2020; Vargas *et al.*, 2016).

A partir desse momento, o Ministério da Saúde declarou a incidência do vírus como uma Emergência em Saúde Pública de Importância Nacional, um mecanismo destinado a casos que exigem a implementação imediata de medidas para prevenir, controlar e conter riscos, danos e ameaças à saúde pública. Em dezembro do mesmo ano, a Organização Mundial da Saúde (OMS) emitiu um alerta global, instando seus mais de 140 países membros a reforçarem a vigilância diante do potencial aumento de infecções causadas pelo zika vírus (Hills; Fischer; Petersen, 2017).

Em 2015, foi declarada uma emergência internacional de saúde pública. A ligação do vírus com casos suspeitos de microcefalia tornou a nova epidemia um fenômeno social adicional, amplificando os sentimentos de imprevisibilidade, insegurança e incerteza, características também observadas em arboviroses endêmicas (Vargas *et al.*, 2016).

Diversas outras descobertas relacionadas ao vírus têm sido reveladas, desde a confirmação da ligação com os casos de microcefalia e a Síndrome de Guillain-Barré, até a detecção da transmissão por vias sexual e vertical. No entanto, de maneira geral, os sintomas da doença são leves, como febre baixa, dores leves nas articulações, vermelhidão nos olhos e coceira. Comumente, esses sintomas persistem por aproximadamente sete dias, com uma evolução benigna na maioria dos casos (Melo; Chimelli; Tanuri, 2017).

Em junho de 2020, uma pesquisa revelou a descoberta de uma nova linhagem do vírus, de origem africana, circulando no Brasil. Essa linhagem é inédita no país e sugere a possível reemergência da epidemia (Kasprzykowski *et al.*, 2020). No Maranhão, durante os anos coincidentes com a pandemia da Covid-19, os registros de casos de zika apresentaram variações em 2019 (74 casos), 2020 (92), 2021 (02) e 2022 (47). Não há, contudo, dados disponíveis no sistema da Secretaria Estadual do Maranhão referente aos anos de 2023 e 2024 (Maranhão/SES, 2025).

2.3.3 Chikungunya

O vírus chikungunya (CHIKV) é um arbovírus que pertence à família *Togaviridae* e ao gênero *Alphavirus*. Ele possui um genoma de RNA de fita simples com polaridade positiva, composto por aproximadamente 11,8 kilobases (Weaver *et al.*, 2021). Foi identificado na África Oriental, na Tanzânia, no ano de 1953, com posterior ocorrência em diversos países da África Central, Sul e Oeste. Fora da África, aconteceu o primeiro surto na Tailândia, em 1958, seguido de inúmeros casos registrados em países da Ásia e do Pacífico (Pialoux *et al.*, 2007; Sourisseau *et al.*, 2007).

A palavra Chikungunya é derivada da língua Makonde (Kimakonde), um dos idiomas falados no sudeste da Tanzânia, e significa “curvar-se ou tornar-se contorcido”, referindo-se à postura que os pacientes adotam após o contágio, devido à poliartrite e artralgia simétrica (principalmente punhos, tornozelos e cotovelos), que é a principal manifestação clínica dessa doença. Outros sintomas incluem hipertermia, cefaleia, náuseas e mialgia (Chevillon *et al.*, 2008; Sousa *et al.*, 2023).

A febre chikungunya é transmitida por mosquitos que podem infectar indivíduos que convivem ou tenham viajado para locais com alto índice de contaminação. Essa transição de pessoas contaminadas pode aumentar a disseminação do vírus. Devido à ocorrência dos vetores em diversos países, a febre chikungunya tornou-se uma preocupação mundial (Bartholomeeusen *et al.*, 2023).

Ao chegar à Índia, o vírus disseminou-se afetando dezessete dos vinte e oito estados indianos, infectando mais de 1,39 milhão de pessoas até o final de 2006. Porém, o vírus continuou se expandindo até 2010 em áreas onde não eram detectados casos no início do surto. Casos importados também foram relatados em 2010 em Taiwan, França, Estados Unidos e Brasil, trazidos por viajantes provenientes da África e Ásia (Azevedo; Oliveira; Vasconcelos, 2015).

Na Ilha de la Reunión, onde a presença de *Aedes aegypti* era reduzida, uma mutação no genoma do vírus chikungunya aumentou sua capacidade de infectar *Aedes albopictus*, principal vetor na região. O vírus foi isolado de fêmeas de *Ae. albopictus* coletadas em campo e em larvas, indicando transmissão vertical. Pesquisas experimentais confirmaram que *Ae. albopictus* e *Ae. aegypti* são vetores eficientes para chikungunya e dengue. Essa mutação contribuiu para a epidemia de 2004-2007 no Oceano Índico, mostrando a eficiência vetorial de *Ae. albopictus* (Delatte *et al.*, 2008).

No Brasil, o vírus foi detectado em três viajantes que retornaram da Indonésia e da Índia em 2010. Em junho de 2014, surgiram no Brasil casos importados e alguns virêmicos do vírus chikungunya. Em setembro do mesmo ano, foi comprovado o primeiro episódio de febre chikungunya com transmissão autóctone no país, no estado do Amapá. No mesmo mês, foi detectado em Feira de Santana, no estado da Bahia (Azevedo; Oliveira; Vasconcelos, 2015).

No estado do Maranhão, no ano de 2019, foram confirmados 5933 casos da doença. Entretanto, houve flutuação desses valores no período da pandemia da Covid-19 e pós-pandêmico: 2020 (110), 2021 (163), 2022 (2.000), 2023 (3.000) e 2024 (696) (Maranhão/SES, 2025).

A doença pode evoluir em três fases: aguda, subaguda e crônica. A fase aguda ou febril inicia após o período de incubação, com duração até o décimo dia. Na subaguda, ocorre a evolução do quadro das dores articulares, com duração de até 3 meses. Durante a fase crônica, os sintomas persistem por mais de 3 meses (De Azevedo; Alves, 2017).

A fase aguda se caracteriza pela intensidade da febre e dor articular, comumente acompanhada de dorsalgia, cefaleia e exaustão. A dor articular em mais de cinco articulações é relatada em mais de 90% dos pacientes. Ainda na fase aguda, os pacientes podem apresentar outras sintomatologias como: dor retro-ocular, calafrios, conjuntivite, faringite, náuseas, vômitos, diarreia, dor abdominal e neurite (Bartholomeeussen *et al.*, 2023).

A febre geralmente desaparece na fase subaguda, mas a persistência ou piora da dor nas articulações costuma ser seguida de edema de intensidade variável, podendo apresentar ainda diminuição da força física, prurido generalizado e exantema maculopapular. Quando estes sintomas persistem por mais de três meses, é chamada de fase crônica (Bartholomeeussen *et al.*, 2023).

Na fase crônica, a dor articular e musculoesquelética são os principais sintomas encontrados, existindo ainda a fadiga, cefaleia, prurido, alopecia, exantema, alterações da memória e distúrbios do sono. Tais sintomas podem perdurar por até três anos (Bartholomeeussen *et al.*, 2023).

2.4 Urbanização

O termo "urbanização" refere-se à implementação de infraestrutura, equipamentos e serviços essenciais para a vida urbana, onde a cidade atua como um centro de gestão territorial, concentrando grandes empresas e o poder (Tavares; Alves; Coelho, 2024). A urbanização também pode ser entendida como um processo que envolve grandes assentamentos humanos organizados em torno de uma economia. No entanto, a experiência da vida urbana não é igual para todos (Cunha, 2005).

O ambiente urbano é marcado por crescimento, desenvolvimento e uma série de contradições. É essencial diferenciar "crescimento" de "desenvolvimento," principalmente nas discussões sobre meio ambiente e economia, já que essas categorias são frequentemente confundidas. Em muitos casos, as questões econômicas têm maior peso que as ambientais; quando há um conflito entre promover o crescimento econômico e preservar o meio ambiente, a escolha geralmente favorece o crescimento econômico (Cabral; Cândido, 2019).

Segundo Cabral e Cândido (2019), o processo histórico da urbanização tem sido associado ao crescimento econômico, à redução das taxas de fertilidade, ao aumento da expectativa de vida, à maior longevidade da população e às mudanças geoespaciais. O desenvolvimento da tecnologia e da ciência acelerou a disseminação de informações, tornando-as mais rápidas e acessíveis, mesmo em áreas remotas. A própria urbanização e a expansão urbana resultante são impulsionadas por essa aceleração tecnológica, especialmente como consequência dos avanços trazidos pela Revolução Industrial.

Em um cenário global cada vez mais urbanizado, onde o crescimento populacional destaca-se em meio a uma expansão acelerada e desigual, surgem também desafios significativos relacionados à infraestrutura, saneamento, fornecimento de água e acesso a serviços básicos de saúde (Nations, 2015). O crescimento das cidades é caracterizado por trajetórias variadas em cada região, refletindo diferentes formas de desigualdade e exclusão. As minorias, frequentemente debatidas nas discussões sobre desigualdade, passaram a ter um papel central no contexto contemporâneo, e, em alguns casos, grupos antes marginalizados emergem como majorias no tecido social (Cabral; Cândido, 2019).

Além disso, destaca-se que a urbanização e o fenômeno da expansão urbana estão diretamente conectados aos três pilares do desenvolvimento sustentável: econômico, social e ambiental. Isso implica que os desafios advindos da urbanização,

como a construção de habitações em áreas inadequadas, tornam-se fatores de vulnerabilidade que podem gerar riscos e danos tanto ao meio ambiente quanto às pessoas, que são parte integrante desse ecossistema (Cabral; Cândido, 2019).

2.4.1 Crescimento urbano e suas causas

No Brasil, os primeiros núcleos urbanos surgiram durante o período de colonização portuguesa. Por motivos estratégicos de deslocamento e defesa, esses núcleos foram estabelecidos nas margens de rios que desembocavam ao longo do litoral brasileiro (Antunes, 2006). Com o tempo, o processo de urbanização transformou o perfil demográfico do país, levando à migração da população rural para as cidades e tornando o Brasil predominantemente urbano (Corrêa; Vazquez; Vanzela, 2018).

O processo de urbanização brasileiro, que teve início nas primeiras décadas do século XX e se intensificou na segunda metade do século, seguiu tendências comuns à urbanização latino-americana, mas com particularidades decorrentes da história de ocupação do território (Soares; Fedozzi, 2016). Diferente do que ocorreu em países mais desenvolvidos, onde a urbanização foi mais lenta e caracterizada por uma melhor distribuição e equidade, no Brasil o processo foi mais acelerado e marcado por desigualdades, como é comum em países subdesenvolvidos (Souza; Terra, 2017).

Segundo Souza (2015), a terra urbana, quando tratada como mercadoria e manipulada com o objetivo de acumulação de capital, é o ponto de partida para uma análise crítica do modelo atual de expansão das cidades. A conversão de terras rurais em urbanas tem sido um foco prioritário para aqueles que buscam lucratividade no desenvolvimento urbano.

O crescimento urbano contemporâneo tem demonstrado grande capacidade de inovação, respondendo a estímulos econômicos e sociais. Dessa forma, novas formas de urbanização têm se consolidado, promovendo mudanças significativas nas maneiras de socialização no espaço urbano, tanto na sua produção quanto na sua função como base para atividades sociais (Santos *et al.*, 2017). Esse novo cenário de urbanização global se manifesta em conceitos como "megarregiões urbanas", "corredores urbanos", "pós-metrópoles" e "cidades-regiões globais", termos formulados ou adaptados para explicar o mundo urbano em constante transformação (Soares; Fedozzi, 2016).

As formas de gestão urbana diante dos recentes processos de urbanização, que colocam a expansão das cidades como um desafio a ser enfrentado, não são de fácil

solução e não podem ser analisadas sob uma única perspectiva (Bernardini, 2018). Assim, os processos de urbanização têm se tornado cada vez mais complexos, possibilitando o surgimento de novas formas de urbanismo. Dessa maneira, novas aglomerações urbanas, tanto metropolitanas quanto não metropolitanas, devem ser monitoradas, pois refletem processos de divisão técnica e territorial do trabalho, resultando em uma maior integração entre os municípios (Souza; Terra, 2017).

2.4.2 Impacto da urbanização desordenada

A habitação é um direito básico garantido pela Constituição brasileira, mas na prática as cidades são estruturadas em torno de um polo econômico onde o capitalismo acentua as desigualdades sociais. Isso gera diferenças de classe, resultando em salários baixos e impossibilitando que a classe trabalhadora tenha acesso a imóveis em áreas mais valorizadas e bem equipadas com infraestrutura urbana. A classe trabalhadora, que representa a parcela mais empobrecida da sociedade, é diretamente afetada por esse sistema de acumulação desigual, um sistema que conta com a conivência do Estado, que carece de um planejamento urbano verdadeiramente inclusivo (Moreira; Petrus, 2024).

Segundo Cunha (2005), a urbanização no Brasil ocorreu de maneira rápida e desordenada, transformando o país de uma nação predominantemente rural em uma sociedade urbana. O descompasso entre o planejamento urbano e o êxodo rural em massa gerou consequências graves para a qualidade de vida nas cidades e de seus habitantes, cujos efeitos ainda são visíveis hoje. Essa urbanização resulta, portanto, em um amplo processo de demanda e exclusão, manifestando-se em desequilíbrios locais, regionais e entre áreas urbanas e rurais (Campos; Branco, 2021).

Martins, Bonhomme e Adolphe, (2013) observam que esses avanços na agricultura foram impulsionados pela crescente demanda por alimentos, levando a uma modernização significativa do campo. Esse processo resultou na migração de pessoas do campo para as cidades, marcando o início da relocação da população que até então vivia e trabalhava em pequenas propriedades rurais.

Conforme abordado por Lima, Arcos e Serrano (2012), as diversas maneiras pelas quais o ser humano se apropria do espaço resultaram em uma ocupação desordenada e frequentemente irracional, rompendo o equilíbrio entre as potencialidades ambientais e as necessidades da população. Esse cenário traz consequências negativas tanto para a vida humana quanto para o meio ambiente.

A urbanização, enquanto geradora de grandes áreas de pobreza, é um fenômeno comum, especialmente nos países da América Latina, pois está inserida em uma lógica de produção capitalista. Segundo Pérez (2018), essa situação é sustentada pela tendência de mercantilização universal típica do capitalismo, onde todos os bens produzidos são considerados mercadorias, incluindo elementos fundamentais da urbanização, como o solo, a moradia e a infraestrutura.

Durante o processo de urbanização, a oferta de infraestrutura urbana e serviços públicos, que deveriam ser acessíveis à população de baixa renda, acaba se tornando um importante fator de valorização de terrenos e empreendimento dentro da lógica especulativa do mercado imobiliário. Desde o início do processo de urbanização, a qualidade de vida da população de baixa renda é diretamente impactada, contribuindo para a desigualdade social e a segregação nas cidades. Nessa perspectiva, as favelas, marcadas pela ausência de infraestrutura e direitos básicos, criam condições propícias para a proliferação de mosquitos vetores de doenças. A falta de saneamento adequado, o acúmulo de resíduos e a ocupação de áreas de risco propiciam o surgimento de criadouros, intensificando a vulnerabilidade dessa população às arboviroses, como dengue, zika e chikungunya (Denaldi; Ferrara, 2018).

2.4.3 Cobertura vegetal

A cobertura vegetal de São Luís, Maranhão, é bastante diversa e inclui diferentes tipos de ecossistemas. Entre as principais formações vegetais da região, estão a Floresta Tropical Úmida, as Matas de Galeria, a Mata dos Cocais, as Matas Secundárias de Terra Firme (Capoeira), as Matas de Várzea, os Manguezais, além de Dunas e Restingas (dos Santos, 2019).

A cidade de São Luís possui áreas de grande importância ambiental, protegidas por legislações municipais, estaduais e federais. A criação de leis para a proteção de territórios de relevância ambiental no Brasil remonta à década de 1930, com o Código Florestal de 1934, que estabeleceu o marco legal para a criação dos parques nacionais (dos Santos, 2019).

Em São Luís, há diversas áreas que se enquadram nas categorias definidas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). O SNUC, estabelecido pela Lei Federal nº 9.985/00, regulamenta o Artigo 225, Parágrafo 1º, Incisos I, II, III e VII

da Constituição Federal, definindo os parâmetros para a criação, implantação e gestão dessas Unidades de Conservação (Brasil, 2000, 2005).

Entre as Unidades de conservação presentes no município estão: Parque Estadual do Sítio Rangedor, Parque Estadual do Bacanga, Áreas de Proteção Ambiental (APA) do Maracanã, Itapiracó, Upaon-Açu/Miritiba/Alto Preguiças, a Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) das Nascentes do Rio Jaguarema e as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) Jaguarema, Fazenda Boa Esperança e Estância Pedreiras.

No entanto, a crescente urbanização tem levado à redução dessas áreas verdes, resultando em desmatamento e impermeabilização do solo (dos Santos, 2019). Esse processo intensifica o impacto ambiental, criando condições propícias para a proliferação de vetores. Nesse contexto, Feitosa et al. (2016) analisaram a relação entre cobertura vegetal e infestação do mosquito, evidenciando que a perda de qualidade ambiental, característica de áreas urbanizadas, influencia diretamente a formação de criadouros, agravando os riscos de disseminação do *Aedes aegypti*.

2.4.4 Variações climáticas

A rápida urbanização e industrialização tem se tornado uma questão crítica na atualidade, pois essas atividades transformam tanto o meio ambiente natural quanto o ambiente construído de maneira acelerada. O crescimento das cidades resultou em um sistema urbano que, ao absorver e refletir radiação solar de forma específica, aumenta significativamente a temperatura local, criando áreas conhecidas como ilhas de calor (Rocha, 2018). Silva *et al.* (2020) ressaltam que essas ilhas de calor são um reflexo das ações humanas, como a urbanização, que alteram o uso do solo e contribuem para o aumento das temperaturas atmosféricas.

As transformações na paisagem causadas pela urbanização alteram o clima das cidades em comparação com seu ambiente natural circundante, promovendo a formação de diversos microclimas. De acordo com Cardoso e Amorim (2015), a temperatura do ar é um dos aspectos climáticos mais afetados pela presença de superfícies urbanas, sendo amplamente estudada por suas variações significativas no clima urbano. O uso de conhecimentos de climatologia urbana no planejamento das cidades pode ajudar a minimizar os impactos negativos dessas mudanças microclimáticas e melhorar a qualidade de vida urbana (Amorim; Dubreuil, 2017).

Uma das principais consequências dessas alterações microclimáticas é o surgimento das ilhas de calor urbanas, um fenômeno noturno onde a temperatura é significativamente mais alta em áreas metropolitanas densamente povoadas, do que nas áreas rurais circundantes. Esse fenômeno é mais intenso em noites claras e sem vento, logo após o pôr do sol. Durante o dia, o calor acumulado pelas construções urbanas é liberado à noite, contribuindo para o aquecimento da camada atmosférica próxima à superfície nas cidades (Grigoletti; Lazarotto; Wollmann, 2018).

As mudanças climáticas no ambiente urbano afetam o conforto humano, a qualidade do ar e o consumo de energia. De modo geral, a preocupação com as condições climáticas costuma focar no conforto térmico dentro das edificações, enquanto o conforto no espaço urbano é frequentemente negligenciado, Martins, Bonhomme e Adolphe (2013) destacam que, nas últimas décadas, a sustentabilidade do ambiente construído tem ganhado destaque em regulamentações e práticas, com o objetivo de melhorar o desempenho energético das construções

Para Guedes *et al.* (2017) os variados impactos no ambiente urbano podem desencadear mudanças climáticas, sendo as emissões de dióxido de carbono um dos mais graves, com poucas soluções eficazes até o momento. Além disso, o crescimento desordenado e sem planejamento da maioria das grandes cidades, aliado aos seus padrões de urbanização, resultou na criação de espaços que desconsideram questões ambientais, comprometendo a equidade, a eficiência e a sustentabilidade dessas áreas urbanas.

Entretanto, Costa (2016) ressalta que as cidades mais vulneráveis e expostas aos riscos geralmente estão localizadas em países em desenvolvimento. O acelerado processo de urbanização ocorrido no século XX trouxe um grande número de pessoas para as áreas urbanas, sem que os governos conseguissem oferecer a infraestrutura e os serviços públicos adequados. Esse cenário resultou na ocupação de áreas de risco por pessoas em vulnerabilidade social, expondo essas populações aos impactos de eventos climáticos extremos, como ilhas de calor urbanas, aumento de emissões de dióxido de carbono e desigualdades socioambientais. Isso resultou em um grande déficit de infraestrutura, com a ocupação massiva de áreas de risco. Assim, surgiram comunidades urbanas extremamente vulneráveis, especialmente em assentamentos informais, que já sofrem os impactos dos eventos extremos associados à variabilidade climática (dos Santos, 2019; Campos e Branco, 2021). Vale ressaltar que a ocupação de áreas de risco

por assentamentos informais não é uma escolha de moradia, mas sim uma consequência da falta de alternativas e da ausência do Estado.

De acordo com Nobre *et al.* (2010) a precariedade no saneamento básico, presente em muitas dessas cidades, já constitui um fator de vulnerabilidade, independentemente das mudanças climáticas. No entanto, as alterações climáticas intensificam essa vulnerabilidade. A falta de acesso à água potável, ao esgoto adequado, à gestão eficiente de resíduos sólidos e à drenagem de águas pluviais são problemas recorrentes nas grandes cidades, ganhando ainda mais urgência diante dos riscos climáticos.

No Brasil, o processo de urbanização ocorreu de forma desorganizada e sem planejamento adequado, resultando em problemas como a falta de abastecimento de água, deficiências no esgotamento sanitário e ocupações irregulares. Esses fatores aumentam significativamente o risco de doenças transmitidas por água contaminada e por vetores que proliferam em áreas vulneráveis, representando uma ameaça à saúde das populações urbanas. Estabelecer a conexão entre o ambiente e a saúde é fundamental para promover a prevenção desses problemas. Para o controle de vetores de doenças em áreas que passaram por urbanização acelerada, não são necessárias apenas ações de saúde. É essencial implementar políticas que integrem a participação da sociedade, ações de educação ambiental, melhorias nas condições de habitação e saneamento, além de medidas para evitar o desmatamento contínuo (Machado *et al.*, 2013).

2.4.5 Acúmulo de resíduos sólidos e criadouros artificiais

De acordo com Júnior (2005), o rápido processo de urbanização no Brasil resultou em um aumento significativo no consumo de produtos não duráveis, o que, por sua vez, levou a uma geração de lixo três vezes maior que o crescimento populacional. Para enfrentar esse desafio, o Brasil conta com uma série de leis e normas sobre a gestão de resíduos sólidos, destacando-se a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Desde sua implementação, essa legislação tornou-se um instrumento crucial para a gestão ambiental, ao definir objetivos, princípios, estratégias e diretrizes para o gerenciamento integrado dos resíduos sólidos (Brasil, 2010).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010) define resíduos sólidos como materiais, substâncias, objetos ou bens descartados resultantes das atividades humanas

em sociedade, que estão sujeitos à destinação final, seja por procedimento já realizado, proposto ou obrigatório. Isso inclui resíduos nos estados sólido ou semissólido, além de gases em recipientes e líquidos que não podem ser descartados na rede pública de esgoto ou em corpos d'água devido às suas características, exigindo soluções que podem ser tecnicamente ou economicamente inviáveis em relação à melhor tecnologia disponível (Brasil, 2010).

Conforme Mucelin e Bellini (2008), o descarte inadequado de resíduos sólidos em áreas como fundos de vales, ruas e cursos d'água provoca diversos impactos ambientais negativos, entre eles poluição da água, assoreamento, inundações e disseminação de doenças. Além disso, essas práticas degradam o ambiente, contribuindo para a poluição visual e a emissão de odores desagradáveis. O acúmulo de resíduos, como garrafas, pneus e recipientes plásticos, também favorece a formação de criadouros de insetos vetores, como os mosquitos *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*.

Esses materiais, ao acumularem água, criam microhabitats ideais para a reprodução desses mosquitos, que encontram nesses locais ambientes propícios para depositar seus ovos. Em áreas urbanas, onde o descarte inadequado de resíduos é comum, o risco de proliferação dos vetores aumenta, intensificando a transmissão de doenças como dengue, chikungunya e zika. Portanto, é fundamental desenvolver soluções que ajudem a reduzir a disposição final de resíduos sólidos, mesmo que de maneira ambientalmente responsável Mucelin e Bellini (2018).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Avaliar a ocorrência de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* no espaço geográfico da cidade de São Luís, Maranhão, amostrando ecótopos urbanos domiciliares e florestais e as influências, nesse processo, das variáveis ambientais e climáticas.

3.2 Objetivos específicos

- I - Investigar a presença dos vetores no espaço geográfico da cidade;
- II - Correlacionar a ocorrência de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* com as variáveis climáticas (temperatura, umidade, precipitação, velocidade do vento e pressão

atmosférica) e variáveis espaciais/ambientais (uso e ocupação do solo e cobertura vegetal);

III - Analisar a ocorrência de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* nas áreas domiciliares dos bairros e em fragmentos florestais metropolitanos adjacentes, a fim de verificar se há sobreposição na distribuição espacial entre as duas espécies.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Lorena Sampaio; COTA, Ana Lúcia Soares; RODRIGUES, Diego Freitas. Saneamento, Arboviroses e Determinantes Ambientais: impactos na saúde urbana. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s. l.], v. 25, n. 10, p. 3857–3868, 2020.

AMORIM, Margarete; DUBREUIL, Vincent. Intensity of Urban Heat Islands in Tropical and Temperate Climates. **Climate**, [s. l.], v. 5, n. 4, p. 91, 2017.

BARTHOLOMEEUSEN, Koen *et al.* Chikungunya fever. **Nature Reviews Disease Primers**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 17, 2023.

BELLO, Shoukrat Ohuwa Toyin *et al.* Molecular Characterization of the Four Serotypes (DENV-1, DENV-2, DENV-3 and DENV-4) of Dengue Virus Circulating in Ouagadougou, Burkina Faso. **Open Journal of Epidemiology**, [s. l.], v. 14, n. 04, p. 565–578, 2024.

BERNARDINI, Sidney Piochi. O planejamento da expansão urbana na interface com a urbanização dispersa: uma análise sobre a região metropolitana de Campinas (1970-2006). **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 172–185, 2018.

BRASIL. D.O.E. (Diário Oficial do Estado). **Decreto nº 21.797, de 15 de dezembro de 2005**. 2005.

BRASIL. Diário Oficial da União. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. 2000.

BRASIL, Casa Civil. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF**, [s. l.], v. 3, 2010.

CABRAL, Laíse Do Nascimento; CÂNDIDO, Gesinaldo Ataíde. Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [s. l.], v. 11, p. e20180063, 2019.

CÂMARA, Daniel Cardoso Portela *et al.* Entomological Surveillance of Aedes Mosquitoes: Comparison of Different Collection Methods in an Endemic Area in RIO de Janeiro, Brazil. **Tropical Medicine and Infectious Disease**, [s. l.], v. 7, n. 7, p. 114, 2022.

- CAMPOS, Rodrigo José; BRANCO, Priscila. Ocupação desordenada dos espaços urbanos e suas consequências socioambientais. **Revista Thêma et Scientia**, [s. l.], v. 11, n. 2E, p. 216–227, 2021.
- CARDOSO, Renata Dos Santos; AMORIM, M. C. C. T. Características do clima urbano em Presidente Prudente/SP a partir de dados de temperatura e umidade relativa do ar e técnicas de sensoriamento remoto. **Geography Department University of Sao Paulo**, [s. l.], v. 28, p. 39, 2015.
- CARRASQUILLA, María C. *et al.* Entomological characterization of Aedes mosquitoes and arbovirus detection in Ibagué, a Colombian city with co-circulation of Zika, dengue and chikungunya viruses. **Parasites & Vectors**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 446, 2021.
- CARVALHO, Roberta Gomes; OLIVEIRA, Ricardo Lourenço de Oliveira; BRAGA, Ima Aparecida. Updating the geographical distribution and frequency of Aedes albopictus in Brazil with remarks regarding its range in the Americas. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, [s. l.], v. 109, n. 6, p. 787–796, 2014.
- CHEPKORIR, Edith *et al.* Vector competence of Aedes aegypti populations from Kilifi and Nairobi for dengue 2 virus and the influence of temperature. **Parasites & Vectors**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 435, 2014.
- CHEVILLON, Christine *et al.* The Chikungunya threat: an ecological and evolutionary perspective. **Trends in Microbiology**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 80–88, 2008.
- CICCO, Valdir De *et al.* Interceptação da chuva em ambiente de Mata Atlântica em clima tropical de altitude. **Revista Brasileira de Climatologia**, [s. l.], v. 24, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/61648>. Acesso em: 17 nov. 2024.
- CONSOLI, Rotraut AGB; OLIVEIRA, Ricardo Lourenço de. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil**. [S. l.]: Editora Fiocruz, 1994. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/th>. Acesso em: 17 nov. 2024.
- CORRÊA, Ricardo Henrique Alves; VAZQUEZ, Gisele Herbst; VANZELA, Luiz Sergio. Projeto estratégico de ocupação do fundo de vale do córrego da Aldeia no perímetro urbano de Fernandópolis/SP. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 458–472, 2018.
- COSTA, Marco Aurélio Organizador. O Estatuto da Cidade e a Habitat III: um balanço de quinze anos da política urbana no Brasil e a nova agenda urbana. [s. l.], 2016. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7121/1/O%20Estatuto%20da%20Cidade%20e%20a%20Habitat%20III.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2024.
- CUNHA, José Marcos Pinto Da. Migração e urbanização no Brasil: alguns desafios metodológicos para análise. **São Paulo em Perspectiva**, [s. l.], v. 19, n. 4, p. 3–20, 2005.

DELATTE, H. et al. *Aedes albopictus*, vector of chikungunya and dengue viruses in Reunion Island: biology and control. **Parasite (Paris, France)**, v. 15, n. 1, p. 3-13, 2008.

DENALDI, Rosana; FERRARA, Luciana Nicolau. The Environmental Dimension of Slum Upgrading. **Ambiente & Sociedade**, [s. l.], v. 21, n. 0, 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414753X2018000100315&lng=en&tlng=en. Acesso em: 17 nov. 2024.

DICKENS, Borame Lee *et al.* Determining environmental and anthropogenic factors which explain the global distribution of *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. **BMJ Global Health**, [s. l.], v. 3, n. 4, p. e000801, 2018.

DOS SANTOS, Luiz Eduardo Neves. Caracterização socioambiental de São Luís-MA. **Acesso em**, [s. l.], v. 10, n. 11, 2019. Disponível em: https://saoluis.ma.gov.br/midias/anexos/2241_2228_caracterizacao_socioambiental_de_sao_luis.pdf. Acesso em: 17 nov. 2024.

FACCHINELLI, Luca; BADOLO, Athanase; MCCALL, Philip J. Biology and Behaviour of *Aedes aegypti* in the Human Environment: Opportunities for Vector Control of Arbovirus Transmission. **Viruses**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 636, 2023.

FEITOSA, Flavia Regina Sobral et al. Indicadores de sustentabilidade ambiental para controle do *Aedes Aegypti* em Aracaju/SE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 05, p. 1574-1590, 2016.

FORATTINI, Oswaldo Paulo. *Culicidologia médica: identificação, biologia, epidemiologia* Vol. 2. [S. l.]: Edusp, 1996a. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=zCobXoCkYqcC&oi=fnd&pg=PA25&dq=FORATTINI,+O.P.+Culicidologia+M%C3%A9dica:+Identifica%C3%A7%C3%A3o,+Biologia,+Epidemiologia.+Vol.2.+S%C3%A3o+Pau:+EDUSP.+2002.&ots=NmOHJDpjBx&sig=yuKyQlYukEaPxZqO97unzHKypnw>. Acesso em: 17 nov. 2024.

FORATTINI, Oswaldo Paulo. **Culicidologia médica: identificação, biologia, epidemiologia** Vol. 2. [S. l.]: Edusp, 1996b. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=zCobXoCkYqcC&oi=fnd&pg=PA25&dq=FORATTINI,+O.P.+Culicidologia+M%C3%A9dica:+Identifica%C3%A7%C3%A3o,+Biologia,+Epidemiologia.+Vol.2.+S%C3%A3o+Pau:+EDUSP.+2002.&ots=NmOHJDvhDx&sig=vgIz3hbYQaSW4t6MI_PAN-il-oY. Acesso em: 17 nov. 2024.

GALATI, Eunice A. B. *et al.* Mudanças climáticas e saúde urbana. **Revista USP**, [s. l.], n. 107, p. 79–90, 2015.

GLASSER, Carmen Moreno; GOMES, Almério De Castro. Infestação do Estado de São Paulo por *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. **Revista de Saúde Pública**, [s. l.], v. 34, n. 6, p. 570–577, 2000.

GRIGOLETTI, Giane; LAZAROTTO, Gerusa; WOLLMANN, Cássio Arthur. Microclima urbano de áreas residenciais no período noturno: Estudo em Santa Maria, RS. **Sociedade & Natureza**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 140–163, 2018.

GUEDES, Gunar Henrique *et al.* Redes de infraestruturas urbanas e suas relações com os componentes técnicos, sociais e ambientais. **Revista Valore**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 329–340, 2017.

HEITMANN, Anna *et al.* Experimental risk assessment for chikungunya virus transmission based on vector competence, distribution and temperature suitability in Europe, 2018. **Eurosurveillance**, [s. l.], v. 23, n. 29, 2018. Disponível em: <https://www.eurosurveillance.org/content/10.2807/1560-7917.ES.2018.23.29.1800033>. Acesso em: 17 nov. 2024.

HILLS, Susan L; FISCHER, Marc; PETERSEN, Lyle R. Epidemiology of Zika Virus Infection. **The Journal of Infectious Diseases**, [s. l.], v. 216, n. suppl_10, p. S868–S874, 2017.

JÚNIOR, Arlindo Philippi. Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. *In*: SANEAMENTO, SAÚDE E AMBIENTE: FUNDAMENTOS PARA UM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. [S. l.: s. n.], 2005. p. 842–842. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-398236>. Acesso em: 17 nov. 2024.

KASPRZYKOWSKI, José I. *et al.* A recursive sub-typing screening surveillance system detects the appearance of the ZIKV African lineage in Brazil: Is there a risk of a new epidemic?. **International Journal of Infectious Diseases**, [s. l.], v. 96, p. 579–581, 2020.

KAUFFMAN, Elizabeth B; KRAMER, Laura D. Zika Virus Mosquito Vectors: Competence, Biology, and Vector Control. **The Journal of Infectious Diseases**, [s. l.], v. 216, n. suppl_10, p. S976–S990, 2017.

LIMA, Kelma Dayan de J. Vieira; ARCOS, Frank Oliveira; SERRANO, Rodrigo Otávio Peréa. Áreas de risco e ocupação urbana: o caso do bairro Raimundo melo. Rio Branco, Acre-Brasil. **Revista Geonorte**, [s. l.], v. 3, n. 5, p. 197–206, 2012.

LIMA, Suely Franco Siqueira; BARROZO, Ligia Vizeu; MATAVELI, Guilherme Augusto Verola. Temperatura da Superfície e Precipitação que Influenciam na Incidência do Aedes Aegypti em São Paulo. **Geography Department University of Sao Paulo**, [s. l.], p. 174–183, 2018.

MACHADO, Carlos José Saldanha *et al.* Promoção da relação saúde–saneamento–cidade por meio da Virologia Ambiental. **Revista de informação legislativa**, [s. l.], v. 50, n. 199, p. 321–345, 2013.

MARANHÃO, Secretaria de Estado de Saúde (SES). **Período de avaliação: 01/01/2022 a 31/12/2022, Semana epidemiológica 52: Boletim Epidemiológico de Arboviroses**. [S. l.: s. n.], 2022.

MARTINS, Tathiane Agra De Lemos; BONHOMME, Marion; ADOLPHE, Luc. Análise do impacto da morfologia urbana na demanda estimada de energia das edificações: um estudo de caso na cidade de Maceió, AL. **Ambiente Construído**, [s. l.], v. 13, n. 4, p. 213–233, 2013.

MELO, Adriana Suely De Oliveira; CHIMELLI, Leila; TANURI, Amilcar. Congenital Zika Virus Infection: Beyond Neonatal Microcephaly—Reply. **JAMA Neurology**, [s. l.], v. 74, n. 5, p. 610, 2017.

MOREIRA, Débora Da Silva; PETRUS, Julia Katia Borgneth. Expansão urbana desordenada em São Luís – MA: uma análise sobre o bairro Cruzeiro de Santa Bárbara. **Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade**, [s. l.], v. 6, n. 01, p. 74–98, 2024.

MUCELIN, Carlos Alberto; BELLINI, Marta. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 111–124, 2008.

NATAL, Delsio. Bioecologia do *Aedes aegypti*. **Biológico**, [s. l.], v. 64, n. 2, p. 205–207, 2002.

NATIONS, United. Department of Economic and Social Affairs, population division. **Int Migr Rep**, [s. l.], 2015.

NOBRE, Carlos A. et al. Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. Embaixada Reino Unido, Rede Clima e Programa FAPESP em Mudanças Climáticas, [s. l.], 2010. Disponível em: https://www.academia.edu/download/57786504/cap_13_livro_IPEA_Vulnerabilidades_das_Megacidades.pdf. Acesso em: 17 nov. 2024.

PIALOUX, Gilles *et al.* Chikungunya, an epidemic arbovirolosis. **The Lancet Infectious Diseases**, [s. l.], v. 7, n. 5, p. 319–327, 2007.

PÍREZ, Pedro Tomás. Analizar la urbanización latinoamericana a partir de la heterogeneidad de modalidades de producción y consumo. **Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online)**, [s. l.], v. 16, n. 3, p. 45–62, 2018.

ROCHA, Maria Alice Farias Silva. Influência da arborização no microclima local: um estudo de caso em Copacabana. [s. l.], 2018. Disponível em: <http://pantheon.ufrj.br/handle/11422/15884>. Acesso em: 17 nov. 2024.

SALVI, Fabíola Inês *et al.* Fatores ambientais e climáticos associados à ocorrência de *Aedes aegypti*. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 9, p. e56410918544, 2021.

SANTOS, Bruna Dos Reis; VECHI, Ana Paula De; UEHARA, Silvia Carla Da Silva André. Correlação entre índices de controle vetorial, variáveis climáticas e coeficientes de incidência de arboviroses em Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 11, n. 13, p. e488111335726, 2022.

SES. Secretaria Estadual de Saúde do Maranhão. Arboviroses no Maranhão: painel Dengue. Disponível em: [< https://www.saude.ma.gov.br/ >](https://www.saude.ma.gov.br/). Acesso em: 23 jan. 2025.

SILVA, Geronio Inacio *et al.* Influência da arborização na modificação microclimática em cidades de pequeno porte do Semiárido brasileiro: o estudo de caso de Caicó. **Revista Geografica Academica**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 94–105, 2020.

- SOARES, Paulo Roberto Rodrigues; FEDOZZI, Luciano Joel. Porto Alegre e sua região metropolitana no contexto das contradições da metropolização brasileira contemporânea. **Sociologias**, [s. l.], v. 18, n. 42, p. 162–197, 2016.
- SOURISSEAU, Marion *et al.* Characterization of Reemerging Chikungunya Virus. **PLoS Pathogens**, [s. l.], v. 3, n. 6, p. e89, 2007.
- SOUSA, Sêmilly Suélen Da Silva *et al.* Características clínicas e epidemiológicas das arboviroses epidêmicas no Brasil: Dengue, Chikungunya e Zika. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, [s. l.], v. 23, n. 7, p. e13518, 2023.
- SOUSA, Sêmilly Suélen Da Silva *et al.* Perfil reprodutivo de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* de uma área urbana endêmica para arboviroses da região Nordeste do Brasil. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 9, p. e6310917631, 2021.
- SOUZA, Lucas Barbosa E. The Commercial Hyperbole of Urban Expansion and Its Environmental Implications. **Mercator**, [s. l.], v. 14, n. 4, p. 159–180, 2015.
- SOUZA, Joseane De; TERRA, Denise Cunha Tavares. Rio de Janeiro: rumo a uma nova região metropolitana?. **Cadernos Metrôpole**, [s. l.], v. 19, n. 40, p. 817–840, 2017.
- TAVARES, Adriana Gomes; ALVES, Bianca Ferreira; COELHO, Lívia dos Santos. Urbanização do bairro Tijuco e sua historização: lugar social e político. [s. l.], 2024. Disponível em: <https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.13506245>./ Acesso em: 17 nov. 2024.
- TEICH, Vanessa; ARINELLI, Roberta; FAHHAM, Lucas. *Aedes aegypti* e sociedade: o impacto econômico das arboviroses no Brasil. **JBES: Brazilian Journal of Health Economics/Jornal Brasileiro de Economia da Saúde**, [s. l.], v. 9, n. 3, 2017. Disponível em: https://docs.bvsalud.org/biblioref/2018/04/883013/doi-1021115_jbesv9n3p267-76.pdf. Acesso em: 17 nov. 2024.
- VARGAS, Alexander *et al.* Características dos primeiros casos de microcefalia possivelmente relacionados ao vírus Zika notificados na Região Metropolitana de Recife, Pernambuco. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, [s. l.], v. 25, n. 4, p. 691–700, 2016.
- WEAVER, Scott C. *et al.* Population bottlenecks and founder effects: implications for mosquito-borne arboviral emergence. **Nature Reviews Microbiology**, [s. l.], v. 19, n. 3, p. 184–195, 2021.
- XAVIER, Ana Lúcia Rampazzo *et al.* Manifestações clínicas na dengue: diagnóstico laboratorial. **J. bras. med**, [s. l.], 2014. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-712222>. Acesso em: 17 nov. 2024.
- ZANOTTO, Paolo Marinho De Andrade; LEITE, Luciana Cezar De Cerqueira. The Challenges Imposed by Dengue, Zika, and Chikungunya to Brazil. **Frontiers in Immunology**, [s. l.], v. 9, p. 1964, 2018.
- ZARA, Ana Laura De Sene Amâncio *et al.* Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 1–2, 2016.

CAPÍTULO II

Varição Ecológica na Ocorrência de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* em São Luís,
Maranhão, Brasil

Esse artigo foi submetido ao periódico “Journal of Medical Entomology” e está escrito
conforme as normas de submissão revista

**Variação Ecológica na Ocorrência de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*
em São Luís, Maranhão, Brasil**

Laricia Cirqueira Pinheiro^{1,2}, Agostinho Cardoso Nascimento-Pereira^{2,3}, Daniel Rocha Pereira⁴, Maria da Conceição Abreu Bandeira², Lucymara da Silva Bogéa Carvalho², Samuel Soares Pimenta², José Manuel Macário Rebêlo^{1,2,5}.

Corresponding author: Laricia Cirqueira Pinheiro, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

Mailing address: Rua 17, Quadra 26, Casa 9, Jardim Alvorada, São Luís MA;

Phone number: (98) 98605-1379;

Email address: cirqueiralaricia08@gmail.com;

Resumo

Este estudo avaliou a ocorrência de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* em ecótopos urbanos e florestais de São Luís, Maranhão, Brasil, considerando as variações sazonais entre as estações seca e chuvosa. Ovitrapas foram instaladas em áreas urbanas e florestais urbanas, e os dados coletados foram analisados utilizando índices entomológicos (IPO e IDO), razão sexual e Análise de Coordenadas Principais (PCoA), com a distância de Gower como índice de dissimilaridade. No total, foram coletados 9,428 ovos e identificados 5,444 indivíduos adultos, dos quais 3,626 eram *Ae. aegypti* e 1,818, *Ae. albopictus*. Observou-se que *Ae. aegypti* predominou em áreas urbanas, enquanto *Ae. albopictus* foi encontrado em ambos os ecótopos. A análise PCoA revelou que a precipitação e a temperatura média mensal foram as principais variáveis associadas à distribuição espacial dos mosquitos. Para *Ae. aegypti*, a precipitação influenciou especialmente os ambientes urbanos. Já para *Ae. albopictus*, a temperatura média foi determinante tanto nas áreas urbanas quanto florestais. Os resultados destacam a importância de considerar o papel de *Ae. albopictus* como reservatório em fragmentos florestais, uma vez que pode reintroduzir doenças em áreas urbanas, representando um desafio adicional para o controle vetorial.

Palavras-chave: Arboviroses, Vetor biológico, Fatores climáticos, Vetor ponte.

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Introdução

As arboviroses, doenças virais transmitidas por artrópodes, têm se mostrado um dos maiores desafios à saúde pública, especialmente nas regiões tropicais e subtropicais. Dentre as arboviroses mais relevantes, destacam-se a dengue, zika e chikungunya, que geram surtos e epidemias com grandes implicações sociais e econômicas (Zannoto and Leite 2018). No Brasil, o principal vetor dessas doenças é o mosquito *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762), amplamente distribuído nas áreas urbanas, mas a presença do *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Skuse, 1894) também tem se destacado (Dickens et al. 2018).

O *Ae. aegypti*, com sua adaptação a ambientes urbanos, é um dos principais responsáveis pela disseminação das arboviroses no Brasil. Seu comportamento, que favorece a reprodução em criadouros artificiais, como pneus, vasos de plantas e outros recipientes de água acumulada, facilita sua proliferação, fazendo com que o controle desse vetor seja um grande desafio para as autoridades de saúde pública (Da Silva et al. 2006). Sua distribuição geográfica tem sido favorecida pela urbanização desordenada e

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

pela estreita relação com a população humana, o que contribui para a transmissão de doenças (Dickens et al. 2018).

Por sua vez, o *Ae. albopictus*, também conhecido como mosquito tigre asiático, é originário das florestas tropicais do sudeste asiático, mas sua dispersão mundial tem sido rápida. A chegada deste vetor ao continente americano, a partir dos anos 1980, tem gerado preocupação, já que ele é considerado vetor secundário da dengue. Diferentemente do *Ae. aegypti*, o *Ae. albopictus* tem uma maior tolerância a condições ambientais mais variadas e pode se desenvolver em áreas mais afastadas da presença humana, o que o torna um vetor versátil e difícil de controlar (Carvalho et al. 2014).

A associação desses vetores com fatores climáticos e ambientais, como temperatura, precipitação e a qualidade do ambiente urbano, desempenha um papel fundamental na dinâmica da transmissão viral. O aumento da temperatura acelera o ciclo de vida desses mosquitos, aumentando sua população e, conseqüentemente, sua capacidade de infectar e disseminar patógenos, como o vírus da dengue (Chepkorir et al. 2014). Além disso, a falta de infraestrutura urbana adequada, como o manejo de resíduos sólidos e a deficiência no abastecimento de água, colabora para a proliferação

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

dos vetores, agravando a situação das doenças associadas a esses vetores (Almeida et al. 2020).

A presença de *Ae. aegypti* no estado do Maranhão provavelmente remonta a pelo menos 1851, quando as primeiras mortes por febre amarela foram relatadas na cidade de São Luís, a capital do estado (Franco 1969). Por outro lado, *Ae. albopictus* foi detectado no Maranhão apenas em 1999, também em São Luís (Ahid and Lourenço-de-Oliveira 1999). Diversos estudos foram realizados com populações maranhenses dessas duas espécies, abordando aspectos como distribuição (Rebêlo et al. 1999), ecologia e bionomia (Ahid and Lourenço-de-Oliveira 1999, Araújo et al. 2023), competência vetorial e detecção de vírus (Aragão et al. 2019), fisiologia (Lounibos et al. 2003), genética (Sousa et al. 2023), controle biológico (Lobo et al. 2024), resistência (Chediak et al. 2016), e microbiota (Chaves et al. 2022). Apesar do grande número de estudos, a ocorrência dessas duas espécies em ambientes urbanos e em fragmentos florestais adjacentes no Maranhão nunca foi investigada.

Dessa forma, o estudo das variáveis climáticas e ambientais, junto com o comportamento dos vetores, é essencial para a formulação de estratégias mais eficazes de controle. Este estudo objetivou avaliar a ocorrência de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

em diferentes ecótopos urbanos e florestais urbanos de São Luís, Maranhão, Brasil, considerando as variações sazonais entre a estação seca e chuvosa, e investigar as possíveis influências dessas mudanças sazonais na dinâmica populacional dos mosquitos.

Material e Métodos

Área de coleta

O município de São Luís está localizado na região Nordeste do Brasil, nas coordenadas -2.529722 e -44.302777. Com uma área de 831,7 km² e 38 bairros oficiais, sua população era de 1,037,775 habitantes em 2022 (IBGE 2023). O clima é tropical, quente e úmido, com temperaturas mínimas variando entre 22°C e 24°C, e máximas entre 30°C e 34°C. São Luís apresenta duas estações bem definidas: uma chuvosa, de janeiro a junho, e uma seca, de julho a dezembro. A média pluviométrica anual é de 2.200 mm, com maior concentração de chuvas entre fevereiro e maio. Os meses com maior índice de precipitação são março e abril, enquanto setembro e outubro registram os menores volumes (IBGE 2022).

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

A seleção dos locais para a instalação das armadilhas (coleta de ovos dos mosquitos) foi realizada tanto em áreas urbanas quanto florestais, considerando o hábito silvestre do *Ae. albopictus*. Para os fragmentos florestais foram definidas as seguintes Áreas: 1) Área de Proteção Ambiental do Itapiracó (APA do Itapiracó); 2) Parque Estadual do Bacanga (PES Bacanga); 3) Parque Estadual Sítio do Rangedor (PES Rangedor). Na área urbana construída, foram selecionados os bairros adjacentes aos fragmentos florestais, sendo eles: 1) Cohatrac IV; 2) Coheb do Sacavém; e 3) Cohafuma, conforme Figura 1.

Procedimento em campo

Foi definido um raio de um quilometro a partir dos fragmentos florestais em direção aos bairros para a coleta dos ovos dos mosquitos. Nesse espaço, foi estabelecido um transecto com pontos de instalação das ovitrampas, espaçados por intervalos de duzentos metros. As coletas dos ovos ocorreram mensalmente entre setembro de 2023 e agosto de 2024.

As ovitrampas, utilizadas para capturar ovos de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*, consistiam em recipientes plásticos pretos contendo uma palheta de Eucatex (3 cm x 15

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

cm) fixada com cliques de aço e parcialmente submersa em 300 ml de água. Como atrativo, foi empregada uma solução de levedo de cerveja a 0,04%. As armadilhas foram instaladas e permaneceram ativas por sete dias antes do recolhimento.

O esforço amostral somou 2.520 ovitrampas/dia, considerando 30 armadilhas, 12 meses de coletas e 7 dias de exposição por ciclo. Após cada período de exposição, as armadilhas foram inspecionadas, as palhetas substituídas e conduzidas ao Laboratório de Entomologia e Vetores da Universidade Federal do Maranhão (LEV/UFMA), onde foram analisadas para detectar a presença de ovos.

Procedimento em laboratório

Os ovos contidos nas palhetas foram contabilizados e, em seguida, submersos em bandejas com água para eclodirem. Após a eclosão, as larvas foram alimentadas com levedo de cerveja. Quando atingiram o estágio L4 foram transferidas para outro recipiente vedado com tule, a fim de evitar a fuga dos adultos após a emergência. Os mosquitos adultos foram então sacrificados e identificados.

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Índices Entomológicos

A fim de verificar a infestação das áreas de estudo pelas duas espécies de mosquitos, foram aplicados dois índices entomológicos: o Índice de Positividade de Ovitrapa (IPO) e o Índice de Densidade de Ovos (IDO).

Para obtenção do IPO, considerou-se a relação entre o número de palhetas com ovos impregnados e o número de armadilhas instaladas, por meio da seguinte fórmula:

$$IPO = \frac{N^{\circ} \text{ de armadilhas positivas} \times 100}{N^{\circ} \text{ de armadilhas instaladas}}$$

Para a obtenção do IDO, levou-se em consideração a relação entre o número total de ovos coletados e os números de armadilhas positivas, utilizando a seguinte fórmula:

$$IDO = \frac{\text{Número de ovos}}{\text{Número de armadilhas positivas}}$$

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

O cálculo do Índice de Positividade de Ovitampa (IPO) e do Índice de Densidade de Ovitampa (IDO) nas estações seca e chuvosa e nas áreas urbanas e florestais, servem para monitorar e entender a dinâmica populacional dos mosquitos vetores, como o *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*, em diferentes condições.

Razão sexual

A razão sexual é uma medida que indica a proporção de fêmeas em relação a machos dentro de uma população. Essa métrica é importante para compreender a dinâmica reprodutiva das espécies. Sendo assim, para as áreas urbana e florestal, foi calculada a razão sexual utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Razão sexual} = \frac{\text{Número de fêmeas}}{\text{Número de machos}}$$

Análises estatísticas

Após a identificação dos mosquitos, os dados coletados foram organizados em uma planilha eletrônica (Microsoft Excel®), considerando cada armadilha como uma unidade amostral autônoma. Em cada registro, foram anotadas informações como o

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

ambiente de coleta (urbano ou florestal), o mês e a estação do ano, a quantidade total de ovos depositados, o número de armadilhas com presença de ovos, as abundâncias específicas de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, além da razão sexual observada entre os indivíduos capturados. As armadilhas permaneceram ativas durante sete dias consecutivos por mês e, ao longo de 12 meses de coleta, foram analisadas 360 unidades amostrais (30 armadilhas mensais \times 12 meses).

As variáveis meteorológicas — precipitação, temperatura mínima, pressão atmosférica e as velocidades média e máxima do vento — foram obtidas por meio da estação meteorológica da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), localizada nas coordenadas geográficas -2,593861 (latitude) e -44,211222 (longitude), a uma altitude de 62 metros. Esses dados foram convertidos em médias mensais, a fim de compatibilizar sua resolução temporal com a frequência das coletas de campo.

Com o intuito de investigar a similaridade entre os ambientes amostrados com base em variáveis ambientais e biológicas, foi aplicada a Análise de Coordenadas Principais (PCoA), utilizando a distância de Gower como medida de dissimilaridade, adequada para dados compostos por variáveis quantitativas e qualitativas. Para essa análise, foram consideradas: precipitação média (pptmen), pressão atmosférica (patm), temperatura

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

mínima (tmm), abundância de mosquitos (abu), além das velocidades média (vmean) e máxima (vmax) do vento. A análise foi conduzida no ambiente RStudio, com o auxílio de pacotes voltados para análise e representação gráfica de dados multivariados.

Além disso, visando compreender os fatores que influenciam a abundância de mosquitos, foram ajustados Modelos Lineares Generalizados (GLMs) com distribuição binomial negativa, apropriada para lidar com dados de contagem com superdispersão. As variáveis explicativas consideradas incluíram fatores climáticos como precipitação média mensal, temperatura, pressão atmosférica e velocidade do vento (máxima e média). Os ajustes foram feitos utilizando a função `glm.nb` do pacote MASS no RStudio, indicada para esse tipo de análise.

A seleção do modelo final foi baseada no Critério de Informação de Akaike (AIC), sendo escolhido aquele com o menor valor, por ser estatisticamente mais parcimonioso. A performance dos modelos também foi avaliada com base no desvio residual e no parâmetro de dispersão, confirmando a adequação da distribuição binomial negativa frente à variabilidade dos dados.

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Resultados

No decorrer do estudo, foram distribuídas 360 ovitrampas ao longo de 12 meses de coleta, posicionadas em pontos fixos nas seis áreas investigadas. Dessas armadilhas, 48,88% apresentaram ovos, confirmando que tanto *Ae. aegypti* quanto *Ae. albopictus* realizam oviposturas nos ecótopos analisados, conforme evidenciado na Tabela 1.

No total, foram coletados 9,428 ovos, dos quais 5,444 indivíduos adultos foram identificados: 3,626 pertencentes a *Ae. aegypti* e 1,818 a *Ae. albopictus*. Da amostra total de ovos coletados, 3,984 ovos que não puderam ser identificados, sendo 55% desse total (2,191 ovos) foram considerados inviáveis por alguns motivos: 1) Esses ovos apresentaram características que indicam problemas no desenvolvimento embrionário (inférteis), como coloração translúcida, mesmo após serem mantidos em câmara úmida; 2) Outros apresentavam uma aparência colapsada, com superfície enrugada ou achatada, diferindo significativamente dos ovos saudáveis; 3) Alguns ovos já estavam eclodidos devido à absorção de água por capilaridade pela palheta de eucatex durante o transporte para o laboratório ou em campo. Além disso, 20% (797 ovos) progrediram até o estágio de larva e estas morreram antes de alcançar a fase adulta. Outros 598 (15%) ovos

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

eclodiram e progrediram para o estágio de pupa, mas morreram antes de atingir a idade adulta, tornando sua identificação impossível (Theobald 1903).

Após várias imersões, observou-se que aproximadamente 10% dos ovos (398) passaram por um período de dormência e conseguiram eclodir. Durante esse processo, foram identificadas outras cinco espécies associadas às ovitrampas, embora não fossem o foco principal deste estudo. Entre elas, destacam-se *Aedes (Howardina) fulvithorax* (Lutz, 1904) e *Ae. (Protomacleaya) sp.*, ambos registrados no PES do Sítio Rangedor; *Haemagogus (Haemagogus) janthinomys* (Dyar, 1921), na APA Itapiracó; além de *Limatus durhamii* (Theobald, 1901) e *Li. paraensis* (Theobald, 1903), sendo esta última registrada pela primeira vez no estado do Maranhão, também na APA do Itapiracó.

Produtividade mensal e sazonal

Ainda do total de 9,428 ovos, 2,871 (30,45%) são referentes ao período seco, ou seja, aos meses de setembro a dezembro de 2023, e julho e agosto de 2024. Para o período chuvoso foram coletados 6,557 (69,55 %) ovos correspondentes aos meses de janeiro a junho de 2024, conforme apresentado na Figura 2. O pico de produtividade de ovos foi no mês de junho (1,717), seguido dos meses de janeiro (1,464), fevereiro

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

(1,064) de 2024. Para 2023, o pico de produtividade foi observado em novembro (565), seguido dos meses de dezembro (500) e setembro (401).

Índices Positividade de Ovitampa e Índice de Densidade de Ovos

Os índices de IPO e IDO foram registrados nas estações seca e chuvosa, nas áreas urbana e florestal, apresentando variações significativas entre os períodos e áreas. Durante a estação seca, que incluiu os meses de setembro a dezembro de 2023, além de julho e agosto de 2024, o IPO foi de 35,55%. Por outro lado, na estação chuvosa, correspondente ao intervalo de janeiro a junho de 2024, houve um aumento expressivo no IPO, alcançando 62,22%. Em relação ao IDO, os valores registrados foram de 45,84 na estação seca e 58,54 ovos por armadilha no período chuvoso. Na comparação entre áreas, o IPO na área florestal foi de 17,78%, enquanto na área urbana chegou a 84,44%. Já o IDO apresentou valores de 31,94 na área florestal e 55,3 na área urbana.

Frequência mensal de emergência de adultos

Os dados apresentados na Figura 3 evidenciam a predominância de *Ae. aegypti* ao longo dos diferentes períodos analisados. Em 2024, os maiores registros dessa espécie ocorreram nos meses de janeiro (617 indivíduos), maio (559) e junho (509). No

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

ano de 2023, *Ae. aegypti* também apresentou maior abundância nos meses de novembro (280), setembro (227), dezembro (190) e outubro (60).

Por sua vez, *Ae. albopictus* atingiu seus picos de abundância nos meses de junho (348), julho (339) e abril (239), enquanto os menores valores foram observados em outubro (60) e agosto (134).

Destaca-se, ainda, que em janeiro de 2024, o número de *Ae. aegypti* foi expressivamente superior ao de *Ae. albopictus*, com 617 indivíduos registrados. De forma geral, a Figura 3 demonstra que *Ae. aegypti* atingiu maiores quantidades de adultos e apresentou maior ocorrência em comparação a *Ae. albopictus* durante o período avaliado.

Análise da Razão Sexual em Ambientes Urbanos e Florestais

A razão sexual na área urbana para *Ae. aegypti* é aproximadamente 1,03 o que indica que há um pouco mais de fêmeas do que machos. Em contraste, a razão sexual na área urbana construída para *Ae. albopictus* é de aproximadamente 0,90, sugerindo que há mais machos do que fêmeas. Já na área de fragmento florestal urbano, a razão sexual para *Ae. albopictus* é aproximadamente 1,06, indicando uma maior quantidade de fêmeas em relação aos machos.

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Variáveis climáticas

Durante o estudo, foram analisadas as variações nos parâmetros climáticos de temperatura, precipitação, pressão atmosférica e velocidade do vento. No período seco, correspondente aos meses de setembro a dezembro, as temperaturas médias mensais oscilaram entre 27,5 °C e 28,1 °C. Já na estação chuvosa, compreendida entre janeiro e junho, as médias variaram de 24,6 °C a 27,1 °C. No período seco subsequente, referente aos meses de julho e agosto, os valores ficaram entre 26,4 °C e 26,9 °C.

Em relação à precipitação, não foram registradas chuvas em setembro e novembro. Nos meses de outubro e dezembro, os volumes variaram de 1,4 mm³ a 24,6 mm³. Por outro lado, durante o período chuvoso, os índices pluviométricos aumentaram consideravelmente, com os maiores volumes observados em abril (514,2 mm³), seguido de março (449,2 mm³), fevereiro (420,4 mm³) e junho (308 mm³). O menor valor nesse período foi registrado em agosto (0,8 mm³).

A pressão atmosférica apresentou variações ao longo dos meses analisados, iniciando com 1004,3 mB em setembro e alcançando 1006 mB em dezembro. Posteriormente, os valores oscilaram entre 1004,9 mB (abril) e 1008 mB (janeiro).

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Quanto à velocidade do vento, durante o período seco observou-se variações entre 2,5 m/s (setembro) e 2,8 m/s (outubro). Na estação chuvosa, os maiores valores médios foram registrados em janeiro (1,9 m/s), enquanto os menores foram observados em abril e junho (1,0 m/s), conforme apresentado na Tabela 2.

Relação entre a Abundância dos mosquitos e Variáveis Climáticas em Áreas Florestais e urbanas

A análise de PCoA para *Ae. aegypti* (Figura 4) mostrou que os dois primeiros eixos, PCoA1 e PCoA2, explicaram, respectivamente, 64,35% e 23,15% da variabilidade total nos dados. As amostras provenientes de áreas urbanas (representadas em vermelho) apresentaram maior dispersão, delimitadas por um polígono vermelho. Em contrapartida, a falta de representatividade das amostras florestais na análise deve-se ao fato de *Ae. aegypti* ter sido registrado apenas uma única vez nesse ecótopo, o que resultou em uma menor variabilidade nesse agrupamento.

Os eixos principais foram influenciados por variáveis climáticas e pela abundância de mosquitos. A precipitação média (pptmen) mostrou forte associação com as áreas urbana. A temperatura (tmm), embora menos destacada visualmente, também é

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

uma variável crítica. Esses resultados destacam as diferenças nas condições ambientais e na ecologia *Ae. aegypti* entre os dois ecótopos.

A análise PCoA para *Ae. albopictus* (figura 5) mostrou que os dois primeiros eixos, PCoA1 e PCoA2, explicaram 48,07% e 30,31% da variabilidade total dos dados, respectivamente, capturando a maior parte da variação entre as amostras. As áreas urbanas (pontos vermelhos) apresentaram maior dispersão, enquanto as áreas florestais (pontos verdes) exibiram menor variabilidade, conforme indicado pelas elipses que delimitam as regiões de maior probabilidade.

As variáveis climáticas e a abundância de mosquitos (abu) influenciaram significativamente os eixos principais. A precipitação média (pptmen) e a temperatura média mensal (tmm) mostrou maior associação com as amostras urbanas. Estão mais próximas da variável abundância (abu), o que sugere uma correlação positiva. Isso significa que o aumento da temperatura e da precipitação pode favorecer a abundância dos mosquitos. Enquanto a velocidade média do vento (vvmean) foi mais fortemente relacionada às áreas florestais, sugerindo uma correlação negativa entre a velocidade do vento e a abundância. A sobreposição parcial das elipses sugere certa similaridade nas condições climáticas e na abundância de *Ae. albopictus* entre os ecótopos, embora a

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

maior dispersão nas áreas urbanas indique maior variabilidade ambiental ou nos padrões de abundância nesses locais.

Discussão

Monthly and Seasonal Frequency of Immature Stages

A análise da distribuição temporal da oviposição no município de São Luís revelou uma influência sazonal marcante no período do estudo. Durante o período seco, a produtividade de ovos foi menor, enquanto no período chuvoso houve um aumento significativo, refletindo o mesmo padrão encontrado no trabalho de Miyazaki et al., (2009) na cidade de Cuiabá em Mato Grosso.

O IPO foi maior na estação chuvosa em comparação com a seca, indicando uma variação significativa entre as estações. De forma similar, os valores do IDO também se elevaram no período chuvoso, sugerindo que as condições climáticas mais úmidas favorecem picos reprodutivos, especialmente devido à maior disponibilidade de criadouros temporários (Monteiro et al. 2014, Almeida et al. 2020). Como as formas imaturas dos mosquitos são aquáticos, é natural que durante o período sazonalmente

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

chuvoso aumente a sua proliferação devido ao aumento na quantidade de criadouros temporários em adição aos domésticos disponíveis (Miyazaki et al. 2009).

Esses resultados corroboram com aqueles obtidos em outras áreas tropicais equatoriais, como em Macapá, região Norte do Brasil, onde Monteiro et al. (2014), identificaram uma correlação positiva entre pluviosidade e indicadores de produtividade de *Aedes*. Em São Luís, localizada em uma área tropical equatorial, a amplitude térmica anual é reduzida, em torno de apenas 3°C. Durante o período chuvoso, as temperaturas médias são ligeiramente mais amenas, enquanto no período seco tendem a ser mais elevadas (Pinheiro et al. 2023).

Ao contrário, em áreas subtropicais, aliadas ao regime pluviométrico, as temperaturas exercem grande influência na variação sazonal ao longo do ano, pois a amplitudes térmica pode ser de até 12°C. Logo, no período frio e mais seco — inverno (junho, julho e agosto), há um sensível decréscimo na produtividade dos criadouros e emergência desses mosquitos vetores (Costa et al. 2008).

Por outro lado, ao comparar os índices de IPO e IDO entre áreas urbanas e florestais urbanas, verifica-se que os valores mais elevados nas áreas urbanas refletem uma maior adequação ambiental para a oviposição dos vetores. Nas áreas florestais

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

urbanas, esses índices foram substancialmente menores, possivelmente devido à menor interferência humana e à consequente limitação de criadouros artificiais, como recipientes descartáveis e caixas d'água destampadas, que são abundantes no ambiente urbano (Almeida et al. 2020).

Esse padrão reforça os achados de estudos anteriores, como os de Serpa et al. (2006), que também observaram a presença contínua do *Ae. aegypti* em Potim-SP, com aumentos significativos durante os períodos chuvosos. Resultados semelhantes aos Honório e Lourenço-de-Oliveira (2001), onde foi coletado larvas e pupas de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* em todos os meses do ano no município de Nova Iguaçu, Estado do Rio de Janeiro, Brasil, sendo mais frequentes naqueles de maior pluviosidade.

O IPO e o IDO, utilizados no monitoramento de vetores, fornecem informações importantes sobre o número de ovos depositados nas ovitrampas, mas apresentam algumas lacunas que podem influenciar na diminuição da emergência dos adultos. A primeira delas é que a contagem de ovos não reflete necessariamente o sucesso reprodutivo das populações, já que muitos ovos podem se tornar inviáveis. Além disso, é impossível distinguir a espécie apenas pela análise dos ovos; é necessário que eles eclodam e que as larvas alcancem, pelo menos, o estágio L4 para que a identificação

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

seja possível. Entretanto, muitas larvas não sobrevivem, seja porque são infectadas por microorganismos patogênicos ou pela competição interespecífica das larvas. Segundo Juliano et al. (2004), esse evento pode contribuir para o declínio de uma espécie em relação à outra o que afetaria a produção total de adultos em um determinado criadouro. Isso ajuda a entender por que muitas larvas não chegam ao estágio necessário para identificação e reforça a limitação desses índices na avaliação das espécies presentes e ressaltam a importância de combinar o IPO e o IDO com outras metodologias, como coletas de adultos em armadilhas específicas ou análises moleculares.

Frequência mensal e sazonal de alados (adultos)

Ambas as espécies estiveram bem representadas de formas adultas ao longo do ano (os adultos emergiram em condição de laboratório a partir da evolução dos ovos obtidos no campo). A emergência de adultos de *Ae. aegypti* foi observada durante todos os meses do ano a partir dos ovos obtidos na área urbana. Porém, houve flutuações na abundância ao longo do ano. Pôde-se observar dois picos (janeiro e maio/junho) de abundância no período chuvoso, e redução no período seco. Quanto ao *Ae. albopictus*,

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

de modo diferente, aumentou a sua abundância progressivamente ao longo dos meses chuvosos, atingindo o pico em junho e julho (transição com o período seco), sendo pobremente representado nos meses mais secos. Percebe-se que a abundância de adultos de ambas as espécies é influenciada, notadamente pela precipitação pluviométrica. Entretanto, apesar de ambas as espécies aumentarem seus números na estação chuvosa, *Ae. albopictus* demonstrou maior persistência na fase adulta, indo com elevada frequência até a transição entre estação chuvosa e seco (Junho- julho), enquanto *Ae. aegypti* apresentou uma redução proporcional mais significativa durante essa transição. Esses resultados diferem de Ahid e Lourenço-de-Oliveira (1999), que coletaram adultos de *Ae. albopictus* em junho, mas não em julho, durante um estudo realizado em uma área peridomiciliar de São Luís.

A relação entre a abundância das espécies e a precipitação pluviométrica destaca o papel central das variáveis climáticas na dinâmica populacional dos vetores, conforme também evidenciado por análises estatísticas. O eixo principal (PCoA1), que explicou 64,35% da variação, identificou a precipitação média como um fator determinante no ambiente urbano. Essa relação evidencia como a precipitação favorece a formação de criadouros artificiais, mais abundantes em áreas urbanas e determinantes para a

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

dinâmica populacional do vetor (Almeida et al. 2013). A temperatura (tmm), embora menos destacada visualmente, também é uma variável importante para as espécies. De acordo com Calado and Navarro-Silva (2002a), tanto o comportamento hematófago quanto a postura de ovos do *Ae. Albopictus* são afetados pela variação de temperatura.

Os resultados reforçam os achados de Zeidler et al. (2008), que verificaram em seus estudos realizados na cidade de Boa Vista, no estado de Roraima, que precipitação pluviométrica teve forte e significativa influência no aumento da população de adultos de *Ae. aegypti* devido a formação de criadouros.

De forma semelhante, Almeida et al. (2013) destacou a influência significativa da chuva na infestação de *Ae. aegypti* no município de Costa Rica, estado do Mato Grosso do Sul. Souza et al. (2010) também reforçam essa correspondência, apontando o papel central da chuva na proliferação dessa espécie em áreas urbanas do estado de Goiás.

Já a PCoA para *Ae. albopictus* mostrou que a separação entre os ecótopos Florestal e Urbano foi parcial, refletindo a ampla plasticidade ecológica deste vetor. Embora tenha havido sobreposição das elipses representando as áreas, as variáveis climáticas relacionadas aos eixos explicaram as diferenças observadas. No eixo PCoA1,

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

a temperatura média mensal (tmm) e a precipitação média mensal (pptmen) foram os principais fatores associados aos dados posicionados à direita, evidenciando que essas condições favorecem a ocorrência do vetor, especialmente em áreas urbanas, o que corrobora os achados de Weber and Wollmann 2016.

Já no eixo PCoA2, a velocidade média do vento (vvmean) e a velocidade máxima do vento (vvmax) tiveram maior influência na área florestal sugerindo uma correlação negativa entre a velocidade do vento e abundância do *Ae. albopictus*. Ou seja, quanto maior a velocidade do vento, menor tende a ser a abundância, indicando que o vento pode atuar como um fator limitante para a presença do *Ae. albopictus*. Isso acontece porque o vento forte dificulta o voo do vetor limitando sua capacidade de dispersão. Isso ocorre porque ventos fortes dificultam a atividade de voo de insetos hematófagos, como os mosquitos, o que pode levar a reduções na alimentação, e conseqüentemente, afetar sua capacidade reprodutiva (Service 1980).

Razão sexual

O sexo dos mosquitos é determinado geneticamente por dois alelos, com uma frequência esperada de 1:1 (Hickey et al. 1966, Graham et al. 2004).

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Lima-Camara et al. (2006), que coletaram adultos de *Ae. albopictus* em três ambientes (urbano, suburbano e rural), observaram discrepâncias nas razões sexuais. Essa discordância nas razões sexuais é bastante evidente no presente trabalho, especialmente quando se compara o número de adultos machos e fêmeas.

Segundo Koenraadt (2008), as larvas de fêmeas de mosquito são maiores e possuem um maior tempo de desenvolvimento em comparação aos machos. Por exemplo, ele observou que as pupas de fêmeas de *Ae. aegypti* podem atingir 4,0 mg de peso úmido, enquanto as pupas masculinas alcançam no máximo 2,6 mg. Isso sugere que machos e fêmeas podem responder de forma diferente às condições ambientais ou às pressões competitivas e predatórias (Alto et al. 2008).

Beserra et al. (2009) sugere que a razão sexual dos mosquitos pode ser influenciada por fatores ambientais durante a fase larval, especialmente pela densidade populacional e pela oferta de alimento. A explicação proposta pelos autores é que a mortalidade larval das futuras fêmeas foi maior, possivelmente devido à competição por recursos, o que resultou em um desequilíbrio na razão sexual.

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Por fim, Fantinatti et al. (2007) sugerem que as diferenças nas razões sexuais podem estar relacionadas à dispersão sexual interespecífica, sendo detectadas apenas pelas variações proporcionais entre machos e fêmeas em diferentes localidades.

Distribuição no espaço geográfico

No presente estudo, comportamentos opostos foram observados entre as duas espécies de *Aedes*. Enquanto *Ae. aegypti* foi mais frequente em áreas urbanas, *Ae. albopictus* foi encontrado simultaneamente em números significativos em áreas urbanas construídas e em fragmentos florestais urbanos. Este resultado corrobora os resultados de outros autores (Chiaravalloti Neto et al. 2002, Marques and Forattini 2005, Honório et al. 2009, Zequi et al. 2019).

Zequi et al. (2019) identificou padrões distintos na distribuição das espécies *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* em diferentes ecótopos, achados que dialogam com os resultados observados nesta pesquisa. No estudo realizado no Campus da Universidade Estadual de Londrina, no estado do Paraná, local que apresenta características mistas entre áreas urbanizadas e vegetadas, foi registrada a presença simultânea das duas espécies. Ainda assim, o *Ae. aegypti* manteve maior frequência em relação a *Ae. albopictus*, reforçando sua predominância em ambientes com maior urbanização. Por outro lado, *Ae. albopictus* foi mais associado a regiões

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

periféricas e com vegetação densa, geralmente com menor densidade populacional humana, conforme apontado pelos autores.

Os resultados de Honório et al. (2009) fundamentam o estudo realizado em São Luís, onde foi observada a presença semelhante de *Ae. albopictus* tanto em áreas urbanas quanto rurais. Essa similaridade pode ser explicada pela ampla adaptabilidade ecológica de *Ae. albopictus*, uma espécie que notavelmente possui uma maior plasticidade ambiental em comparação a *Ae. aegypti*, que, por sua vez, tende a se associar mais diretamente com ambientes urbanos densamente povoados.

O fato do *Ae. albopictus* estar em ambos os ecótopos estudados tem implicações importantes para o controle vetorial, uma vez que este pode atuar como um reservatório nas áreas florestais residuais, reintroduzindo doenças em áreas urbanas (Garamszegi 2024). Essa suposição deve ser levada em consideração pela vigilância entomológica de São Luís, onde este vetor também é versátil, tendo a capacidade de colonizar tanto área urbana quanto fragmentos de mata.

Esses achados corroboram as observações feitas por Chiaravalloti Neto et al. (2002) na região de São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. Este autor concluiu que a presença deste vetor em diferentes habitats reforça sua ampla valência ecológica,

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

permitindo sua adaptação a diversos contextos, desde áreas urbanizadas até ambientes rurais e florestas residuais. Essa característica é particularmente preocupante no contexto da saúde pública do estado do Maranhão, visto que populações de *Ae. albopictus* de São Luís demonstraram experimentalmente ser competentes para transmitir os vírus da Dengue tipo 2 (DENV-2) e da Febre Amarela (FA). (Lourenço-de-Oliveira et al. 2003).

Pereira dos Santos et al. (2018), realizado em várias cidades brasileiras, também corrobora com os achados deste trabalho em São Luís, apontando que a colonização de *Ae. albopictus* nas bordas de florestas destaca a relevância dessas áreas como zonas de interação crítica entre ambientes naturais e modificados. A pesquisa também indicou que a fragmentação florestal e a antropização influenciam diretamente na ocupação deste vetor, pois ecossistemas fragmentados proporcionam maior disponibilidade de recursos artificiais, como criadouros e hospedeiros domésticos, o que facilita a proliferação do mosquito.

Além disso, o comportamento alimentar eclético do *Ae. albopictus* é essencial para caracterizá-lo como vetor ponte (Pereira- dos Santos et al. 2018). *Ae. albopictus* adota um padrão alimentar oportunista, com preferência por mamíferos, especialmente

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

os seres humanos, mas também se alimenta de animais domésticos e, ocasionalmente, de animais silvestres — mas também se alimentando de animais domésticos e, ocasionalmente, de animais selvagens. Essa flexibilidade na escolha de diferentes fontes de alimento é mais pronunciada em populações de *Ae. albopictus* que colonizaram áreas fora da área de distribuição nativa da espécie. (Garamszegi 2024).

A presença humana em áreas urbanizadas próximas aos fragmentos florestais, ou até mesmo dentro dos fragmentos florestais urbanos, oferece tanto uma fonte constante de sangue quanto locais adequados para reprodução, como recipientes plásticos descartados. Isso amplia a probabilidade de transbordamento de patógenos entre diferentes hospedeiros. Essa flexibilidade alimentar, combinada com sua ampla distribuição geográfica, fortalece o papel de *Ae. albopictus* como mediador eficiente na transmissão de patógenos zoonóticos.

Conclusão

Os resultados deste estudo evidenciam que a precipitação atua como um fator favorável à proliferação de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus*. A análise comparativa entre áreas urbanas e fragmentos de floresta urbana indicou maior ocorrência de mosquitos

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

nas regiões urbanizadas, o que aponta para uma maior adequação desses ambientes à oviposição, especialmente devido à disponibilidade de criadouros artificiais.

Observou-se também a notável adaptabilidade de *Ae. albopictus* a distintos ecótopos e condições climáticas na cidade de São Luís. Enquanto *Ae. aegypti* se manteve predominante nas áreas urbanas, reforçando sua importância como principal vetor, *Ae. albopictus* demonstrou capacidade de colonização tanto em áreas florestais urbanas quanto áreas urbanas construídas. Essa ampla distribuição sugere seu potencial como vetor ponte, transitando entre ambientes naturais e antropizados, o que pode favorecer a circulação de arbovírus entre ciclos silvestres e urbanos no contexto maranhense.

Este trabalho representa o primeiro registro no estado do Maranhão a documentar a ocorrência de *Ae. albopictus* em ambientes urbanos construídos e em fragmentos florestais urbanos. Os achados apresentados levantam importantes questões epidemiológicas, que demandam investigações complementares para melhor compreender o papel desse vetor na dinâmica de transmissão viral na região.

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Agradecimentos

Agradecemos à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa concedida e à Universidade Federal do Maranhão (UFMA) pela infraestrutura disponibilizada para o desenvolvimento deste trabalho.

Referências

Ahid SMM, Lourenço-de-Oliveira R. 1999. Mosquitos vetores potenciais de dirofilariose canina na Região Nordeste do Brasil. Rev. Saúde Pública. 33(6):560–565. <https://doi.org/10.1590/S0034-89101999000600007>.

Allaire J. 2012. Kaleidoscope Ic. RStudio: integrated development environment for R. Boston, MA. In: The R User Conference, user! Book of Contributed Abstracts. 2011. 185p.

Almeida PS, Meotti C, dos Santos Almeida G, et al. 2013. Infestação de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (diptera: culicidae) determinada por armadilhas de oviposição (ovitrampas) no município de Costa Rica, estado de Mato Grosso do Sul. Revista de

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Patologia Tropical / Journal of Tropical Pathology. 42(3):331-339.
<https://revistas.ufg.br/iptsp/article/view/26929>.

Almeida LS, Cota ALS, Rodrigues DF. 2020. Saneamento, Arboviroses e Determinantes Ambientais: impactos na saúde urbana. *Ciência & Saúde Coletiva*. 25(10):3857-3868.

Alto BW, Reiskind MH, Lounibos LP. 2008. Size alters susceptibility of vectors to dengue virus infection and dissemination. *The American journal of tropical medicine and hygiene*. 79(5):688-695.

Aragão CF, Pinheiro VCS, Nunes Neto JP, et al. 2019. Natural infection of *Aedes aegypti* by *Chikungunya* and *Dengue type 2 Virus* in a transition area of North-Northeast Brazil. *Viruses*. 11 (12):1126. <https://doi.org/10.3390/v11121126>.

Araújo TA, Albuquerque AL, Melo DCTV, et al. 2023. Detection of *Wuchereria bancrofti* in the city of São Luís, state of Maranhão, Brazil: new incursion of persisting

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

problem? PLoS Negl. Trop. Dis. 17 (1):e0011091.
<https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0011091>.

Beserra EB, Fernandes CR, Ribeiro PS. 2009. Relação entre densidade larval e ciclo de vida, tamanho e fecundidade de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) em laboratório. *Neotropical Entomology*. 38:847–852.

Calado DC, Navarro-Silva MA. 2002. Influência da temperatura sobre a longevidade, fecundidade e atividade hematofágica de *Aedes (Stegomyia) albopictus* Skuse, 1894 (Diptera, Culicidae) sob condições de laboratório. *Rev. Bras. Entomol.* 46:93-98.

Chaves EB, Nascimento-Pereira AC, Pinto JLM, et al. 2022. Detection of *Wolbachia* in mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the state of Maranhão, Brazil. *J. Med. Entomol.* 59 (5):1831–1836. <https://doi.org/10.1093/jme/tjac092>.

Chediak M, Pimenta Jr FG, Coelho GE, et al. 2016. Spatial and temporal country-wide survey of temephos resistance in Brazilian populations of *Aedes aegypti*. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*. 111(5):311–321. <https://doi.org/10.1590/0074-02760150409>.

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Chepkorir E, Lutomiah J, Mutisya J, et al. 2014. Vector competence of *Aedes aegypti* populations from Kilifi and Nairobi for dengue 2 virus and the influence of temperature. *Parasites Vectors*. 7(435):1–8.

Chiaravalloti Neto F, Dibo MR, Barbosa AAC, et al. 2002. *Aedes albopictus* (S) na região de São José do Rio Preto, SP: estudo da sua infestação em área já ocupada pelo *Aedes aegypti* e discussão de seu papel como possível vetor de dengue e febre amarela. *Rev. Soc. Bras. Medicina Tropical*. 35:351-357.

Costa FS, da Silva JJ, de Souza CM, et al. 2008. Population dynamics of *Aedes aegypti* (L) in an urban area with high incidence of dengue. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 41(3):309-12. doi: 10.1590/s0037-86822008000300018.

Dickens BL, Sun H, Jit M, et al. 2018. Determining environmental and anthropogenic factors which explain the global distribution of *Aedes aegypti* and *Ae. Albopictus*. *BMJ Glob Health*. 3:e000801. <http://dx.doi.org/10.1136/bmjgh-2018-000801>.

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Fantinatti E, Duque JE, Silva AM, et al. 2007. Abundância e agregação de ovos de *Aedes aegypti* L. e *Aedes albopictus* (Skuse) (Diptera: Culicidae) no Norte e Noroeste do Paraná. *Neotropical Entomology*, 36:960-965.

Franco O. 1969. História da Febre Amarela no Brasil. Ministério da Saúde.

Garamszegi LZ. 2024. Host diversity of *Aedes albopictus* in relation to invasion history: a meta-analysis of blood-feeding studies. *Parasites & Vectors*. 17(411):1-8.

Graham DH, Holmes JL, Black WC 4th, et al. 2004. Identification of quantitative trait loci affecting sex determination in the eastern treehole mosquito (*Ochlerotatus triseriatus*). *J. of Heredity*. 95(1):35–45.
<https://academic.oup.com/jhered/article/95/1/35/2187502?login=true>

Hickey WA, JR Craig GB. 1966. Genetic distortion of sex ratio in a mosquito, *Aedes aegypti*. *Genetics*, 53(6):1177-1996.

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Honório NA, Lourenço-de-Oliveira R. 2001. Frequência de larvas e pupas de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* em armadilhas, Brasil. Rev. Saúde Pública. 35(4):385–391. <https://www.scielo.br/j/rsp/a/tXz93BKyFDgwx8CfKJpFD3w/?lang=pt>.

Honório NA, Castro MG, Barros FSM, et al. 2009. The spatial distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in a transition zone, Rio de Janeiro, Brazil. Cadernos de Saúde Pública. 25(6):1203-1214. <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2009000600003>.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. Censo Demográfico 2022. Rio de Janeiro, Brazil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Available from <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/saude/22827-censo-demografico-2022.html>.

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2023. São Luís. Cidades e Estados do Brasil (Cidades@). Available from <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/sao-luis/panorama>.

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Juliano SA, Lounibos LP, O'Meara GF. 2004. A field test for competitive effects of *Aedes albopictus* on *A. aegypti* in South Florida: differences between sites of coexistence and exclusion? *Oecologia*. 139(4):583–593.

Koenraadt CJM. 2008. Pupal dimensions as predictors of adult size in fitness studies of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*. 45(2):331–336.

Lima-Camara TN De, Honório NA, Lourenço-De-Oliveira R. 2006. Frequência e distribuição espacial de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* (Diptera, Culicidae) no Rio de Janeiro, Brasil. *Cad. Saúde Pública*. 22(10):2079-2084.
<https://www.scielo.br/j/csp/a/FS4LLTddYQFRyXXpnWv3DYb/>.

Lobo KS, Pereira BGV, Andrade ATS, et al. 2024. Growth parameters for optimizing the cultivation of *Bacillus thuringiensis* (Berliner, 1911) isolates to control *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762). *Rev. Eletrônica Acervo Saúde*. 24(12):e18197.
<https://doi.org/10.25248/reas.e18197.2024>.

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Lounibos LP, Escher RL, Lourenço-de-Oliveira R. 2003. Asymmetric evolution of photoperiodic diapause in temperate and tropical invasive populations of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 96(4):512–518. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2003\)096\[0512:AEOPDI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2003)096[0512:AEOPDI]2.0.CO;2).

Lourenço de Oliveira R, Vazeille M, de Filippis AMB, et al. 2003. Large genetic differentiation and low variation in vector competence for dengue and yellow fever viruses of *Aedes albopictus* from Brazil, the United States, and the Cayman Islands. *Am. J. Trop. Med. Hyg.* 69 (1):105-114. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.2003.69.105>

Marques GRAM, Forattini OB. 2005. *Aedes albopictus* em bromélias de solo em Ilhabela, litoral do Estado de São Paulo. *Revista de Saúde Pública.* 39(4):548-552.

Miyazaki RD, Ribeiro ALM, Pignatti MG, et al. 2009. Monitoramento do mosquito *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae), por meio de ovitrampas no Campus da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Estado de Mato Grosso. *Rev. Soc. Bras. Med. Trop.* 42(4):392-397. <https://www.scielo.br/j/rsbmt/a/jfN9PyrG4P3p86YJLdRWHzh/?format=pdf&lang=pt>.

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Monteiro FJC, Carvalho JCT, Souto RNP. 2014. Distribuição da Oviposição e Dinâmica Temporal do *Aedes aegypti* (Linnaeus) por Meio de Ovitrapas. EntomoBrasilis. 7(3):188–192.

Pereira dos Santos T, Roiz D, Santos de Abreu FV, et al. 2018. Potential of *Aedes albopictus* as a bridge vector for enzootic pathogens at the urban-forest interface in Brazil. Emerg Microbes Infect. 7(1):191.
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1038/s41426-018-0194-y>.

Pinheiro JM, Costa MIA, Pinheiro GC. 2023. Identification of climatic patterns and atmospheric dynamics in São Luís, Maranhão. Geoambiente On-line. 47.
<https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/75958/40031>.

Rebêlo JMM, Costa JML, Silva FS, et al. 1999. Distribuição de *Aedes aegypti* e do dengue no Estado do Maranhão, Brasil. Cad. Saúde Pública. 15 (3):477–486.
<https://doi.org/10.1590/S0102-311X1999000300004>.

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Serpa LLN, Costa KVRM, Voltolini JC, et al. 2006. Variação sazonal de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* no município de Potim, São Paulo. Rev. Saúde Pública. 40(6):1–5. <https://www.scielo.br/j/rsp/a/gbdhBM98c7LsshHpfhBLDjf/>.

Service MW. 1980. Effects of wind on the behaviour and distribution of mosquitoes and blackflies. International Journal of Biometeorology. 24:347-353.

Sousa AA, Cruz ACR, Silva FS, et al. 2023. Sequencing and analysis of the mitochondrial genome of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from the Brazilian Amazon Region. Insects. 14(12):938. <https://doi.org/10.3390/insects14120938>.

Souza SSD, Silva IGD, Silva HHGD. 2010. Associação entre incidência de dengue, pluviosidade e densidade larvária de *Aedes aegypti*, no Estado de Goiás. Rev. Soc. Bras. Medicina Tropical. 43(2):152-155.

Weber AA, Wollmann CA. 2016. A influência climática na proliferação do mosquito *Aedes Aegypti* em Santa Maria–RS, em 2012. Ciência e Natura. 38(3):1246-1253.

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Zanotto PMA, Leite LCC. 2018. The challenges imposed by Dengue, Zika, and Chikungunya to Brazil. *Front Immunol.* 9(1964):1-6.

Zeidler JD, Acosta POA, Barrêto PP, et al. 2008. Vírus dengue em larvas de *Aedes aegypti* e sua dinâmica de infestação, Roraima, Brasil. *Revista de Saúde Pública.* 42(6):986-991.

<https://www.scielo.br/j/rsp/a/g3XBwWJJzKDmb6s5DbLW9ZG/abstract/?lang=pt>.

Zequi JAC, de Oliveira AA, dos Santos FP, et al. 2019. Monitoramento e controle de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) e *Aedes albopictus* (Skuse, 1984) com uso de ovitrampas. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde.* 39(2):93–102.

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Figura 1 – Localização das áreas de estudo selecionadas. Fragmentos florestais urbanos com seus respectivos bairros adjacentes (zona urbana):

1 – Área de Proteção Ambiental do Itapiracó (A – linha amarela). Área urbana: Cohatrac (I);

2 – Parque Estadual do Bacanga (B – linha vermelha). Área urbana: Coheb Sacavém (II);

3 – Parque Estadual do Sítio do Rangedor (C – linha azul). Área urbana: bairro Cohafuma (III).

Figura 2 – Produtividade mensal de ovos nas áreas amostradas de São Luís, Maranhão, Brasil.

Figura 3 – Número de indivíduos de *A. egypti* e *Ae. albopictus* que atingiram a fase adulta nos meses estudados.

Figura 4 – PCoA relacionando a abundância de *Ae. aegypti* com variáveis climáticas (temperatura, precipitação, pressão atmosférica e velocidade do vento) em áreas florestais e urbanas de São Luís, Maranhão, Brasil.

Figura 5 – PCoA relacionando a abundância de *Ae. albopictus* com variáveis climáticas (temperatura, precipitação, pressão atmosférica e velocidade do vento) em áreas florestais e urbanas de São Luís, Maranhão, Brasil.

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Table 1 – Ovos coletados, eclosão e sexagem de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* por localidade.

Locality	Collected eggs	Hatched eggs	<i>Ae. Aegypti</i>		Total	<i>Ae. albopictus</i>		Total
			♂	♀		♂	♀	
PE Bacanga (Forested)	303	76	0	0	0	38	38	76
Coheb (Urban)	2.449	1.494	474	455	929	299	266	565
PES Rangedor (Forested)	175	154	0	0	0	75	79	154
Cohafuma (Urban)	3.412	1.964	723	776	1.499	236	229	465
APA Itapiracó (Forested)	544	361	16	32	48	151	162	313
Cohatrac (Urban)	2.549	1.395	559	591	1.150	136	109	245
Total	9.428	5.444	1.772	1.854	3.626	935	883	1.818

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Table 2 – Médias mensais de precipitação, pressão atmosférica, temperatura e velocidade do vento em São Luís, Maranhão, de setembro de 2023 a agosto de 2024.

MONTH/ YEAR	TOTAL MONTHLY PRECIPITATION (AUT)(MM)	MONTHLY AVERAGE ATMOSPHERIC PRESSURE (AUT)(MB)	MONTHLY AVERAGE TEMPERATURE (AUT)(°C)	MONTHLY AVERAGE WIND SPEED (AUT)(M/S)
Sep/2023	0	1006	27,5	2,6
Oct/2023	1,4	1005	27,7	2,8
Nov/2023	0	1004,6	28	2,7
Dec/2023	24,6	1004,3	28,1	2,5
Jan/2024	208,8	1005,8	27,1	1,9
Feb/2024	420,4	1005,8	26,1	1,6
Mar/2024	449,2	1005,4	24,7	1,2
Apr/2024	514,2	1004,9	24,6	1
May/2024	170,2	1005,2	25,7	1,1
Jun/2024	308	1006,6	25,9	1
Jul/2024	43,4	1008	26,4	1,2
Aug/2024	0,8	1007,6	26,9	1,8

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

APÊNDICE

FIGURAS E TABELAS

Figure 1 - Localização das áreas de estudo selecionadas. Fragmentos florestais urbanos com seus respectivos bairros adjacentes (zona urbana):

1 – Área de Proteção Ambiental do Itapiracó (A – linha amarela). Área urbana: Cohatrac (I);

2 – Parque Estadual do Bacanga (B – linha vermelha). Área urbana: Coheb Sacavém (II);

3 – Parque Estadual do Sítio do Rangedor (C – linha azul). Área urbana: bairro Cohafuma (III).

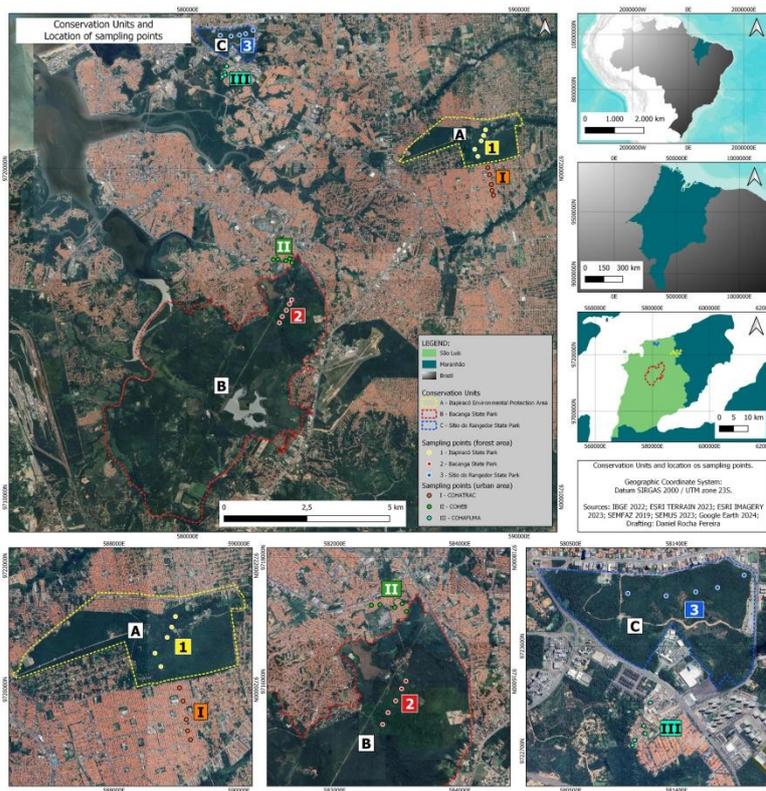
¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.



¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

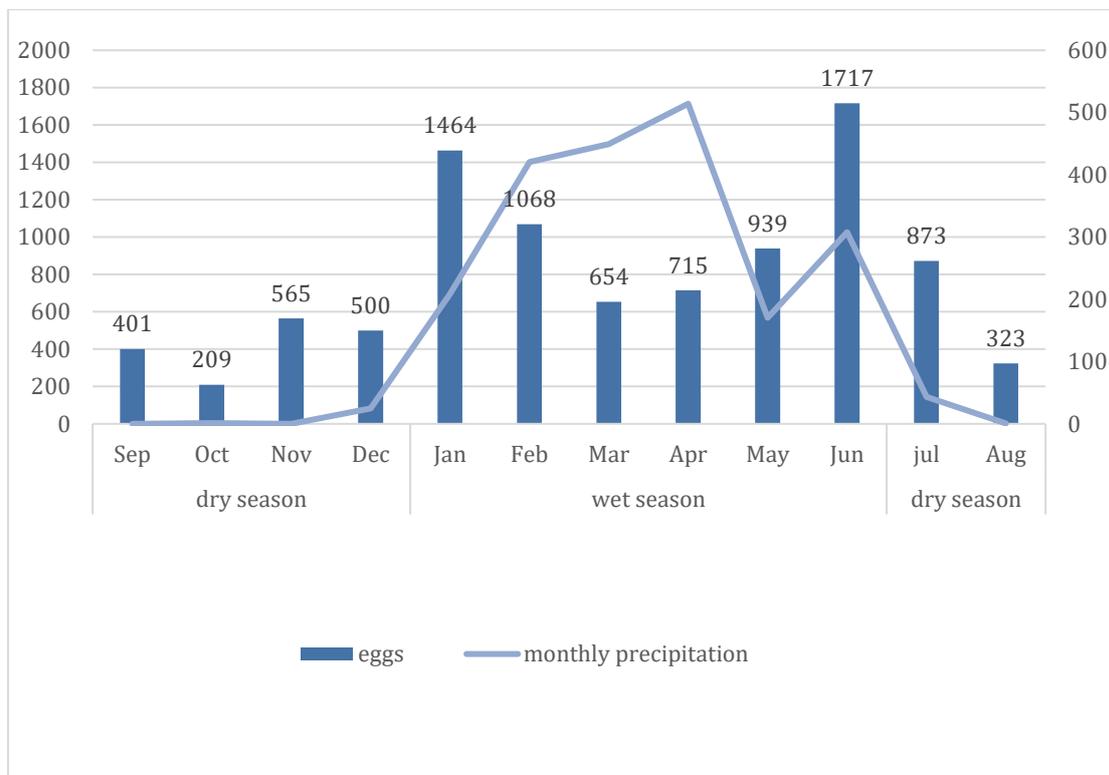
²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Figure 2 – Produtividade mensal de ovos nas áreas amostradas de São Luís, Maranhão, Brasil.



¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

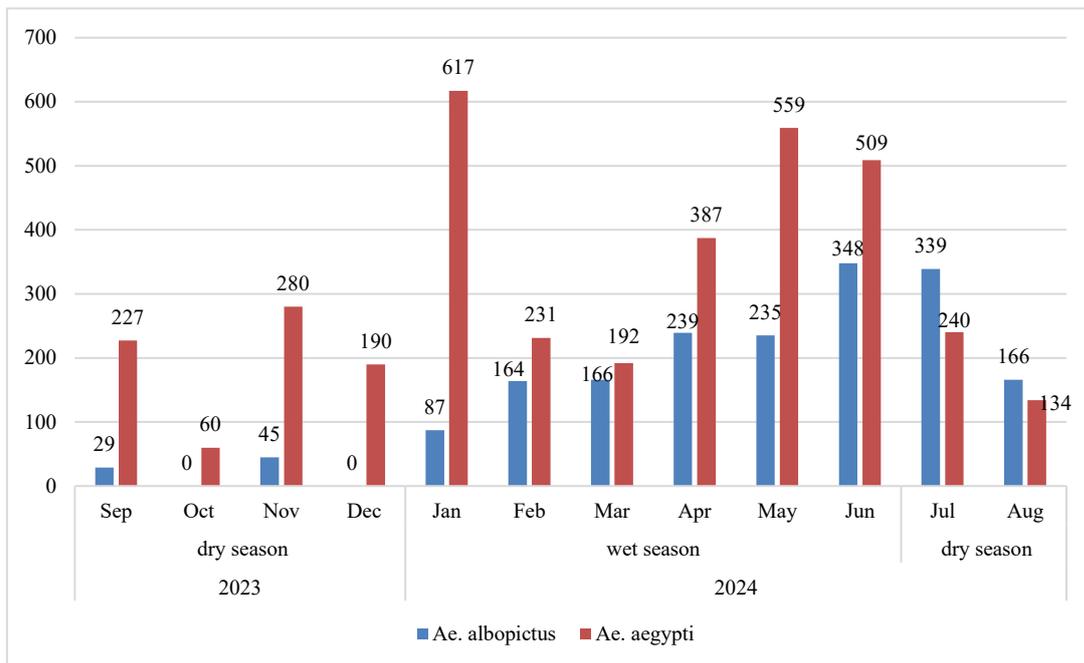
²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Figure 3 – Número de indivíduos de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* que atingiram a fase adulta nos meses estudados.



¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

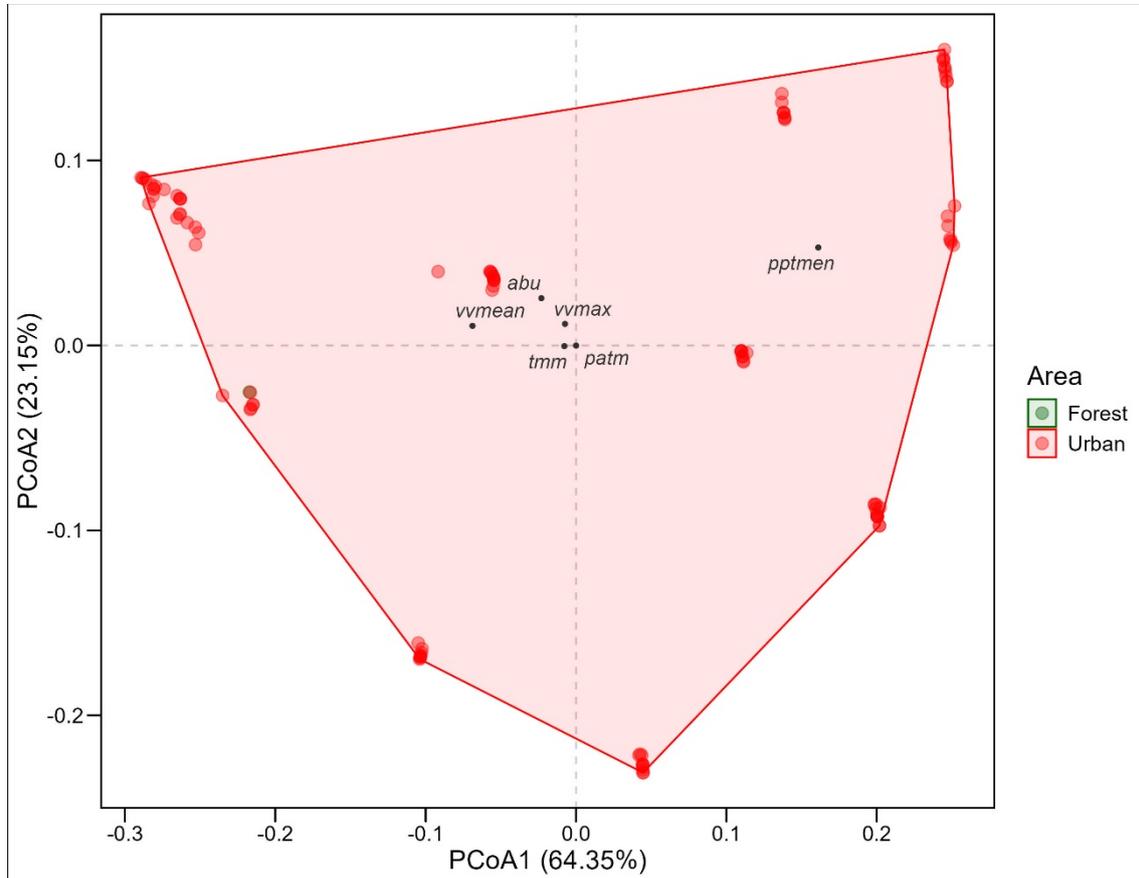
²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Figure 4 – PCoA relacionando a abundância de *Ae. aegypti* com variáveis climáticas (temperatura, precipitação, pressão atmosférica e velocidade do vento) em áreas florestais e urbanas de São Luís, Maranhão, Brasil.



¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

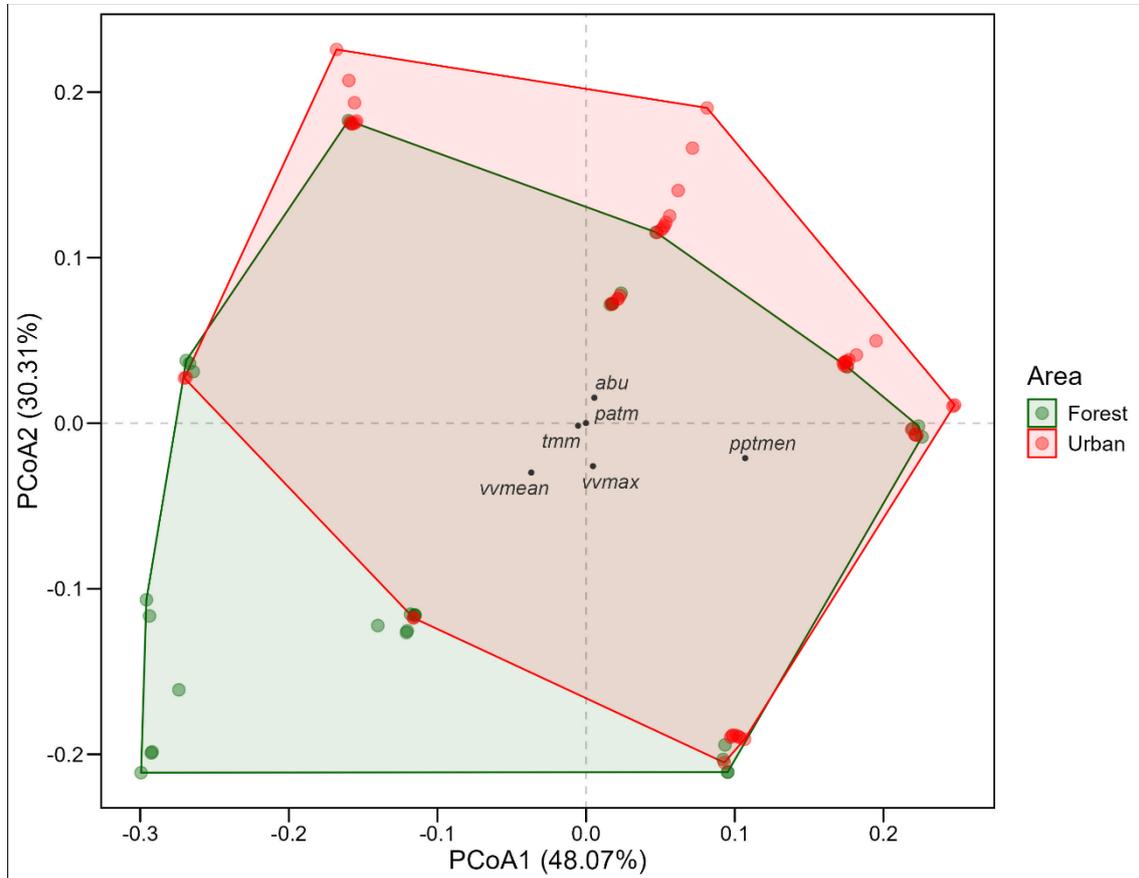
²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Figure 5 – PCoA relacionando a abundância de *Ae. albopictus* com variáveis climáticas (temperatura, precipitação, pressão atmosférica e velocidade do vento) em áreas florestais e urbanas de São Luís, Maranhão, Brasil.



¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Table 1 – Ovos coletados, eclosão e sexagem de *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* por localidade.

Locality	Collected eggs	Hatched eggs	<i>Ae. aegypti</i>		Total	<i>Ae. albopictus</i>		Total
			♂	♀		♂	♀	
PE Bacanga (Forested)	303	76	0	0	0	38	38	76
Coheb (Urban)	2.449	1.494	474	455	929	299	266	565
PES Rangedor (Forested)	175	154	0	0	0	75	79	154
Cohafuma (Urban)	3.412	1.964	723	776	1.499	236	229	465
APA Itapiracó (Forested)	544	361	16	32	48	151	162	313
Cohatrac (Urban)	2.549	1.395	559	591	1.150	136	109	245
Total	9.428	5.444	1.772	1.854	3.626	935	883	1.818

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.

Table 2 – Médias mensais de precipitação, pressão atmosférica, temperatura e velocidade do vento em São Luís, Maranhão, de setembro de 2023 a agosto de 2024.

MONTH/ YEAR	TOTAL MONTHLY PRECIPITATION (AUT)(MM)	MONTHLY AVERAGE ATMOSPHERIC PRESSURE (AUT)(MB)	MONTHLY AVERAGE TEMPERATURE (AUT)(°C)	MONTHLY AVERAGE WIND SPEED (AUT)(M/S)
Sep/2023	0	1006	27,5	2,6
Oct/2023	1,4	1005	27,7	2,8
Nov/2023	0	1004,6	28	2,7
Dec/2023	24,6	1004,3	28,1	2,5
Jan/2024	208,8	1005,8	27,1	1,9
Feb/2024	420,4	1005,8	26,1	1,6
Mar/2024	449,2	1005,4	24,7	1,2
Apr/2024	514,2	1004,9	24,6	1
May/2024	170,2	1005,2	25,7	1,1
Jun/2024	308	1006,6	25,9	1
Jul/2024	43,4	1008	26,4	1,2
Aug/2024	0,8	1007,6	26,9	1,8

¹Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, MA, Brasil;

²Laboratório de Entomologia e Vetores - LEV, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

³Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil;

⁴Rede de Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal- BIONORTE, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil;

⁵Departamento de Biologia, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão, Brasil.