

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS URUGUAIANA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL - PPGCA**

**IMPACTO CLIMÁTICO SOB A DINÂMICA DA DENGUE: REVISÃO
SISTEMÁTICA E SOLUÇÃO TECNOLÓGICA**

**Discente: Rafaela de Carvalho Machado
Orientadora: Profa. Dra. Débora da Cruz Payão Pellegrini
Coorientador: Prof. Dr. Fábio Paulo Basso**

Uruguaiana, 2025.

RAFAELA DE CARVALHO MACHADO

**IMPACTO CLIMÁTICO SOB A DINÂMICA DA DENGUE: REVISÃO
SISTEMÁTICA E SOLUÇÃO TECNOLÓGICA**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência Animal da Universidade Federal do Pampa como requisito parcial para Obtenção do título de Doutora em Ciência Animal

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Débora da Cruz Payão Pellegrini

Coorientador: Prof. Dr. Fábio Paulo Basso

**URUGUAIANA
AGOSTO - 2025**

RAFAELA DE CARVALHO MACHADO

**IMPACTO CLIMÁTICO SOB A DINÂMICA DA DENGUE: REVISÃO
SISTEMÁTICA E SOLUÇÃO TECNOLÓGICA**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciência Animal da Universidade Federal do Pampa como requisito parcial para Obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Área de Concentração: Saúde Animal.

Tese defendida e aprovada em 05 de Agosto de 2025.

Banca examinadora:

Prof.^a Dr.^a. Débora da Cruz Payão Pellegrini
Orientadora

Professora Adjunta da Universidade Federal do Pampa (Unipampa) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal (PPGCA)

Prof.^a Dr.^a. Jenifer Harter

Professora Adjunta da Universidade Federal do Pampa (Unipampa) – Enfermagem

Prof. Dr. João Felipe Peres Rezer

Professor Adjunto da Universidade Federal do Pampa (Unipampa) – Medicina

Dr.^a. Laura Ilarraz Massia

Médica Veterinária, Secretaria Municipal da Saúde – Uruguaiana, RS

Prof. Dr. Wagner de Souza Tassinari

Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro – UFRRJ

*Mira o tempo que passou com olhar benevolente,
Com certeza, fez o melhor a seu alcance;
Como desce suave o sol trêmulo,
A oeste da natureza humana.*

Emily Dickinson

AGRADECIMENTOS

Já ouvi dizer que “fazer doutorado é *punk*”. Deveras. Ocorre que, em uma madrugada de insônia, ponderei a seguinte analogia: o período de doutorado poderia ser facilmente uma partitura de *Vivaldi*. O concerto completo. *As Quatro Estações*, mais precisamente.

Primavera de ideias vívidas e possibilidades infinitas, ainda que fugazes. Teorias e hipóteses florescem em ritmo pulsante, desconsiderando que a cor de seus frutos passará pela terracota metamorfose outonal. Este persiste, em ideias enraizadas, em brotos vislumbrados. Quiçá vinguem em terreno fértil. Outras, embora outrora contempladas, saem quase que “à francesa”, *peut-être en quête de saisons douces*.

A introspecção inquieta torna densa a atmosfera invernal. Pouco brota e, quando assim, algumas – poucas ou muitas – ervas daninhas são aparadas em compasso arrítmico.

Vivaz faz-se o verão. As notas d’aqui soam amenas e gentis. O dourado solar tintila uníssono, e sorri de volta às não-me-esqueças primaveris.

É cíclico. Sazonal. Diário, até mesmo. Mas irrefutavelmente gregário. Carinhosamente, aqui escrevo aos meus verões e primaveras. *Allegro* meu coração ao recordar quem fez papel de andorinha, e transformou inverno em verão.

Esse texto, embora adornado de metáforas musicais e sazonais, carrega consigo muito mais que floreios vaidosos.

Aqui, acima de tudo, agradeço. Às pessoas que amo e quero bem. Ao meu fiel e amado cachorro Ringo. À armadura celestial que desbravou o caminho junto a mim.

Obrigada.

RESUMO

A expansão geográfica e o aumento da incidência da dengue refletem, de forma inequívoca, os efeitos da crise climática contemporânea. A presente tese apresenta uma abordagem integrativa, composta por uma revisão sistemática da literatura científica sobre a associação entre variáveis ambientais e a dinâmica de transmissão da dengue, bem como pelo desenvolvimento de uma solução tecnológica aplicada ao contexto local. A revisão foi conduzida segundo o protocolo *PRISMA*, incluindo 51 artigos publicados entre 2000 e 2023 na base de dados *Scopus*, com foco em modelos preditivos, eventos climáticos extremos e fatores socioambientais que impactam a proliferação dos vetores *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. Os achados evidenciam uma tendência global de intensificação dos surtos em regiões anteriormente consideradas não endêmicas, reforçando a necessidade de políticas públicas ancoradas na perspectiva da Saúde Única. Ademais, é proposta uma solução tecnológica na forma de aplicativo, o *PampaCare Ae Ae*, com o objetivo de substituir registros analógicos por uma ferramenta digital eficaz no município de Uruguaiana, Rio Grande do Sul, Brasil. Essa integração entre ciência e tecnologia pode representar um avanço no enfrentamento da dengue, permitindo maior agilidade no registro, monitoramento e resposta às arboviroses em tempos de crise climática.

Palavras-chave: arbovirose; mudanças climáticas; vigilância epidemiológica; inovação tecnológica; Saúde Única.

ABSTRACT

The geographical expansion and increasing incidence of dengue unequivocally reflect the effects of the contemporary climate crisis. This thesis implements an integrative approach, embracing a systematic review of the scientific literature on the association between environmental variables and the transmission dynamics of the dengue, as well as the development of a technological solution tailored to the local context. The review followed the *PRISMA* protocol and included 51 articles published between 2000 and 2023 in the *Scopus* database, with a focus on predictive models, extreme climatic events, and socio-environmental factors influencing the proliferation of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. The findings reveal a global trend of increasing outbreaks in regions previously considered non-endemic, reinforcing the need for public policies anchored in the One Health framework. Additionally, a solution is proposed through the development of the *PampaCare Ae Ae* app, designed to replace analog records with an efficient digital tool in the municipality of Uruguaiana, Rio Grande do Sul, Brazil. This integration of science and technology can represents a significant advancement in dengue control, enabling faster case registration, real-time monitoring, and improved response to arboviral diseases in the face of the climate crisis.

Keywords: arbovirosis; climate change; epidemiological surveillance; technological innovation; One Health.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2

Figura 1 – Os ciclos de transmissão do vírus da dengue.....	19
Figura 2 – Ciclo de vida do <i>Aedes Aegypti</i> e <i>Aedes albopictus</i>	20
Figura 3 – Evolução clínica e laboratorial da dengue.....	22
Figura 4 – Histórico de medidas estratégicas de controle no <i>Aedes aegypti</i> no Brasil e outros países da América Latina.....	24
Figura 5 – Diagrama de Controle. Curva de incidência de dengue por semana epidemiológica. SE 27 a SE 51 de 2024.....	25
Figura 6 – Coeficiente de incidência e óbitos por dengue por região geográfica. SE 1 a SE 4 de 2025.....	26

Capítulo 4

Figura 1 – Diagrama de fluxo PRISMA.....	35
--	----

Capítulo 5

Figura 1 – Arquitetura do software.....	79
Figura 2 – Exemplo de utilização da geolocalização. 2a) Exemplo de busca em uma área de coordenadas. 2b) Exemplo da visualização de casos em um mapa utilizando as coordenadas coletadas.....	80
Figura 3 – Inclusão, Listagem e Visualização de casos de dengue em humanos. 3a) Inclusão de um caso. 3b) Listagem de casos. 3c) Visualização de um caso.....	81
Figura 4 – Cadastro de Focos do Mosquito. 4a) Tela de inclusão de um foco. 4b) Listagem de focos. 4c) Foco já preenchido.....	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ARIMA – *Autoregressive Integrated Moving Average*

CFA – *Confirmatory Factor Analysis* (Análise Fatorial Confirmatória)

DTN – Doença Tropical Negligenciada

ELISA – *Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*

FHD – Febre Hemorrágica da Dengue

GAM – *Generalized Additive Model* (Modelo Aditivo Generalizado)

IH – Inibição da Hemaglutinação

IHQ – Imuno-Histoquímica

JSON – *JavaScript Object Notation*

MaxEnt – *Maximum Entropy Model*

NS1 – *Non-Structural Protein 1* (Proteína Não Estrutural 1)

OMS – Organização Mundial da Saúde

PCR – *Polymerase Chain Reaction* (Reação em Cadeia da Polimerase)

PRISMA – *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

RQ – Requisito

SE – Semana Epidemiológica

SEM – *Structural Equation Modeling* (Modelagem de Equações Estruturais)

SINAN – Sistema de Informação de Agravos de Notificação

SUS – Sistema Único de Saúde

TNF- α – *Tumor Necrosis Factor Alpha*

UXUG-AP – *User eXperience/User Group* – Avaliação de Projeto

WHO – *World Health Organization* (Organização Mundial da Saúde)

LISTA DE TABELAS

Capítulo 4

Tabela 1 – Artigos incluídos na revisão sistemática, organizados em ordem crescente de acordo com o ano de publicação (2007 – 2023).....	42
--	----

Capítulo 5

Tabela 1 – Técnica UXUG-AP.....	83
---------------------------------	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA.....	17
CAPÍTULO 2 – OBJETIVO GERAL E OBJETIVOS ESPECÍFICOS	
3.1 Objetivo Geral.....	29
3.2 Objetivos Específicos.....	29
CAPÍTULO 3 – INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS NA DINÂMICA DA DENGUE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA.....	30
3.1 Introdução.....	31
3.2 Material e Métodos.....	33
3.2.1 Estratégia de busca.....	33
3.3 Resultados e Discussão.....	34
3.4 Conclusões.....	65
3.5 Referências.....	66
CAPÍTULO 4 – PAMPACARE AE AE: UM APP PARA GESTÃO E RASTREAMENTO DA DENGUE.....	71
4.1 Introdução.....	72
4.2 Trabalhos Relacionados.....	74
4.3 PampaCare Ae Ae.....	77
4.4 Escolha das Tecnologias.....	78
4.5 Arquitetura.....	79
4.6 Geolocalização e Utilização de Coordenadas.....	80
4.7 Demonstração do Aplicativo.....	81
4.8 Avaliação de Experiência do Usuário.....	83
4.9 Conclusões.....	84
4.10 Referências.....	85
CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO.....	87
CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
REFERÊNCIAS.....	92
ANEXOS	
Anexo A.....	102
Anexo B.....	104
Anexo C.....	105

INTRODUÇÃO

A dengue é uma enfermidade infecciosa viral transmitida predominantemente pelo mosquito *Aedes aegypti*, sendo uma preocupação global de saúde pública. Sua epidemiologia está profundamente entrelaçada com os hábitos desse vetor e, por conseguinte, com o ambiente que o cerca. Presente em 129 países, ela é classificada como uma doença tropical negligenciada e é responsável por uma variedade de sintomas, que vão desde febre e dores retroorbitais e musculoesqueléticas até náuseas, vômitos e, em casos graves, hemorragia e óbito.

A disseminação da dengue em populações suscetíveis impõe grandes desafios para a eficácia das políticas públicas de saúde. Além disso, a capacidade de adaptação do vetor se intensifica à medida que as mudanças climáticas se tornam cada vez mais extremas, destacando a urgente necessidade de estratégias eficazes de controle e mitigação do vetor. O ano de 2024 registrou a maior epidemia de dengue já documentada, com mais de 14 milhões de casos reportados globalmente. Desses, mais de sete milhões foram confirmados, incluindo 52.199 casos de dengue grave e 10.554 óbitos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2025).

No Brasil, foram notificados 6.486.639 casos prováveis, resultando em um coeficiente de incidência de 3.040,8 casos por 100 mil habitantes (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2025). Nas primeiras quatro semanas epidemiológicas de 2025, foram registrados 139.241 casos prováveis, correspondendo a uma incidência cumulativa de 68,6 casos por 100 mil habitantes. Embora esse número represente uma redução de 57,9% em relação ao mesmo período de 2024, ainda configura um aumento de 17% quando comparado à média dos últimos cinco anos (CENTRO DE OPERAÇÕES DE EMERGÊNCIAS - COE, 2025; PAHO/WHO, 2025). Dados da Organização Pan-Americana da Saúde (PAHO) indicam que, até a 52ª semana de 2024, casos suspeitos de dengue foram reportados em pelo menos 20 países da América Latina, totalizando 3.073 notificações da forma grave da doença e 1.187 óbitos (SANSONE; BOSCHIERO; MARSON, 2024; PAHO/WHO, 2025).

Diante da magnitude epidemiológica, das estratégias de controle e mitigação e da necessidade de novas diretrizes, realizou-se uma revisão sistemática com o objetivo de sistematizar as evidências disponíveis na literatura sobre os padrões de proliferação do vetor em face às mudanças climáticas e sua relação com a transmissão da doença. Além disso, buscou-se estruturar recomendações para aprimorar as estratégias de controle.

Posteriormente, serão apresentadas as etapas de desenvolvimento do aplicativo, incluindo os métodos e as linguagens computacionais empregadas no *Pampacare Ae Ae* – uma expansão do *Pampacare*. O aplicativo foi desenvolvido em parceria com o curso de Engenharia de *Software* da Universidade Federal do Pampa, campus Alegrete. Dado o avanço da interseção entre saúde e inovação tecnológica, a implementação de soluções digitais para a saúde coletiva torna-se cada vez mais essencial. O *Pampacare Ae Ae* surge, portanto, como uma alternativa à metodologia analógica atualmente empregada no registro de novos casos e focos de dengue, visando otimizar o trabalho dos agentes de saúde na cidade de Uruguaiana, Rio Grande do Sul, Brasil.

A abordagem da Saúde Única (One Health) propõe uma integração entre a saúde humana, animal e ambiental, reconhecendo que problemáticas como a emergência de doenças infecciosas, a resistência antimicrobiana e os impactos das mudanças climáticas não podem ser compreendidos isoladamente (PITT, GUNN; 2024). Dessa forma, a revisão sistemática, ao reunir e analisar criticamente as evidências disponíveis, fornece uma base científica robusta para embasar a tomada de decisões no controle da dengue. Outrossim, o *PampaCare Ae Ae*, ao permitir o registro automatizado de casos e focos da doença, contribui para a redução da subnotificação e o monitoramento em tempo real, possibilitando a identificação precoce de surtos e a alocação mais eficiente de recursos. A integração desses elementos fortalece o sistema de saúde, oferecendo dados mais precisos e sustentando o desenvolvimento de políticas públicas mais eficazes e adaptáveis no enfrentamento da dengue.

- **Capítulo 1:** Revisão de literatura.
- **Capítulo 2:** Objetivo geral e objetivos específicos.
- **Capítulo 3:** Influência das variáveis climáticas na dinâmica da dengue: Uma revisão sistemática.
- **Capítulo 4:** *Pampacare Ae Ae*: Um app para gestão e rastreamento da dengue.
- **Capítulo 5:** Discussão.
- **Capítulo 6:** Considerações finais.

CAPÍTULO 1

A história porta consigo a sapiência de que os microrganismos, outrora unânimes no planeta e, mediante inúmeras fases evolutivas, passaram a coexistir com seres genuinamente mais complexos. A milenar hanseníase, causada pela bactéria *Mycobacterium leprae*, foi por séculos uma sentença de isolamento e estigma. A segregação compulsória de pacientes, imposta por diversas sociedades, reflete um histórico de exclusão que perdurou até tempos recentes. O filantropo Yohei Sasakawa a descreveu como “a mais antiga e incessante questão de direitos humanos da história” destacando não apenas sua carga epidemiológica, mas também seu impacto social (SASAKAWA, 2019). No século XIV, vinte e cinco milhões de pessoas perderam a vida para o que, na época, se tratava de um inimigo invisível: *Yersinia pestis*, bactéria causadora da Peste Bubônica, transmitida através da picada de pulgas infectadas e que, por sua vez, provinham principalmente dos roedores, fechando assim um ciclo epidemiológico pouco – ou, tampouco – conhecido na época (GLATTER; FINKELMAN, 2021). Em meados do século XIX, um surto de cólera assolara a cidade de Londres, enquanto o médico John Snow (1813-1858) desbancara a saturada teoria miasmática de transmissão da infecção. A análise espacial de Snow demonstrou a origem e causa do surto: a água contaminada que abastecia as residências de Broad Street, diminuindo progressivamente novos casos da doença após a interrupção do acesso à tal fonte (TULODZIECKI, 2011).

A progressão secular levou a humanidade a testemunhar epidemias e pandemias, onde destacam-se infecções – zoonóticas ou não – ocasionadas por uma vasta gama de patógenos: na década de 1990, uma epidemia de dengue fez com que novas táticas para controle de arboviroses fossem planejadas; em 2003, a Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS); em 2009, o surto de H1N1; em 2013 o vírus Ebola reemerge na África; em 2015 o surto de Zika vírus no Brasil; dezembro de 2019 uma, até então, desconhecida cepa de coronavírus causara uma pandemia que ainda perdura. Em maio de 2022, casos confirmados de Mpox passaram a ser considerados uma emergência internacional de saúde pública. Embora, à primeira vista, a interligação entre essas ocorrências possa parecer incongruente, sob a ótica da concepção epidemiológica, revela uma sincronicidade subjacente e coexistente aos fatores de risco impostos ao meio (BAKER et al., 2022; GIRARD et al., 2020; WHO, 2022b).

As mudanças climáticas e demográficas são peças-chave para o desequilíbrio ambiental e, conseqüentemente, a disseminação de doenças. Aquecimento global, *per se*, é o aumento da temperatura do ar e dos oceanos, mensurada por um período igual ou menor que 30 anos. Entre os anos de 1880 e 2012, a temperatura média do planeta elevou em cerca de 0.85 graus Celsius (ALLEN et al., 2022). Em 2018, fora acordado pelo Painel Internacional de Mudanças Climáticas (*International Panel of Climate Change* – IPCC), um acréscimo limite de 1.5 °C na temperatura global, que, quando equiparado às temperaturas atingidas durante o período pré-industrial (1850-1900), faz-se aproximadamente 1°C mais quente (CIOTA; KEYEL, 2019; DELMONTE et al., 2022).

Vias de regra, desmatamento, urbanização de áreas silvestres, poluição e aquecimento global, intrinsecamente, corroboram para uma problemática de muitas vertentes: as arboviroses, também conhecidas como *arthropod-borne-viruses*, caracterizando-se como doenças transmitidas principalmente pelos vetores artrópodes *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, carreadores dos vírus da febre amarela (YFV), dengue (DENV), zika (ZIKV) e chikungunya (CHIKV), com sua origem apontada principalmente para o Egito, no Continente Africano, e trazidas ao Novo Mundo no século XVI (FIGUEIREDO, 2019). Primordialmente, grande parte dessas enfermidades permaneciam restritas ao ciclo silvático, disseminando-se entre primatas não humanos através do repasto sanguíneo dos mosquitos, que notavelmente adaptaram-se mediante renunciadas alterações ambientais e populacionais ao ponto crítico de transbordamento (*spillover*) (HANLEY et al., 2013).

Pertencentes a pelo menos cinco famílias virais, as arboviroses de maior importância zoonótica enquadram-se nas famílias *Togaviridae* e *Flaviviridae*. Nesse contexto, a dengue faz-se notável por sua elevada taxa de prevalência e capacidade de disseminação, podendo infectar 390 milhões de indivíduos anualmente (WHO, 2022a). O vírus da dengue pertence à ordem *Amarillovirales*, família *Flaviviridae* e gênero *Orthoflavivirus* (ICTV, 2017). Os vírus dessa família são esféricos, envelopados e apresentam diâmetro de aproximadamente 40-60 nm. Seu genoma é constituído por RNA de fita simples de sentido positivo (ssRNA+), atuando como RNA mensageiro (mRNA), sendo traduzido imediatamente por ribossomos da célula hospedeira. Além disso, com base em suas características antigênicas, o vírus da dengue é classificado nos sorotipos DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4 (ICTV, 2017).

O ciclo de transmissão da dengue pode ser caracterizado de acordo com os culicídeos – amplamente encontrados em regiões de clima tropical e sub-tropical –

responsáveis pela disseminação e manutenção do agente infeccioso. Esses mosquitos hematófagos, denominados *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, integram os ciclos urbano e silvático, respectivamente. Todavia, em localidades como países do oeste africano e da Ásia, as zonas periurbanas atuam como um catalisador, estreitando os limites geográficos entre os ciclos urbano e silvático, e favorecendo a circulação vetorial e viral entre diferentes ecossistemas (Figura 1) (CHEN; VASILAKIS, 2011). Tais insetos possuem particularidades fisiológicas que, quando combinadas com mudanças climáticas, tais quais acúmulo de matéria orgânica e inorgânica, aumento de temperatura e pluviosidade, favorecem a perpetuação da progênie e, conseqüentemente, do vírus.

Embora a alimentação dos culicídeos machos seja baseada na seiva vegetal, as fêmeas de *Aedes aegypti* são antropofílicas, sendo o repasto sanguíneo imprescindível para a maturação dos ovos e a continuidade do ciclo de vida (Figura 2). Outrossim, as fêmeas de *Aedes albopictus* são capazes de realizar a transmissão transovariana do vírus e entrar em diapausa, um mecanismo adaptativo a eventos climáticos adversos. Como consequência, a diapausa pode modular processos fisiológicos, ressaltando a necessidade de novos estudos voltados ao desenvolvimento de estratégias químicas ou genéticas para o controle desses vetores (ARMBRUSTER, 2016; BARROS et al., 2021; THAKALI et al., 2022; ZAIDLER et al., 2008).

Figura 1 – Os ciclos de transmissão do vírus da dengue.
Fonte: Adaptado de Chen; Vasilakis, 2011.

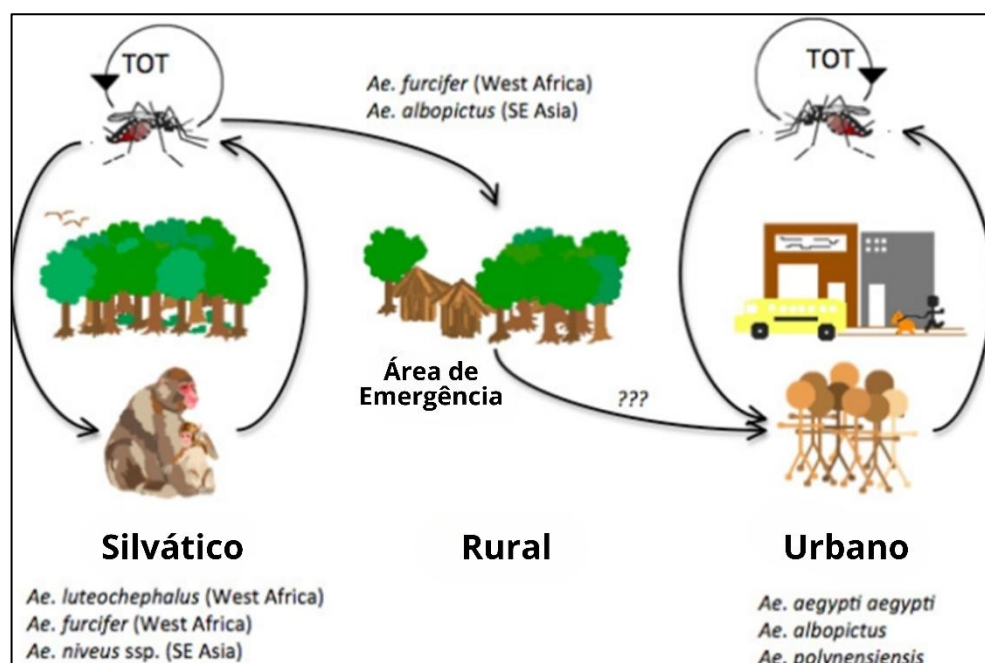
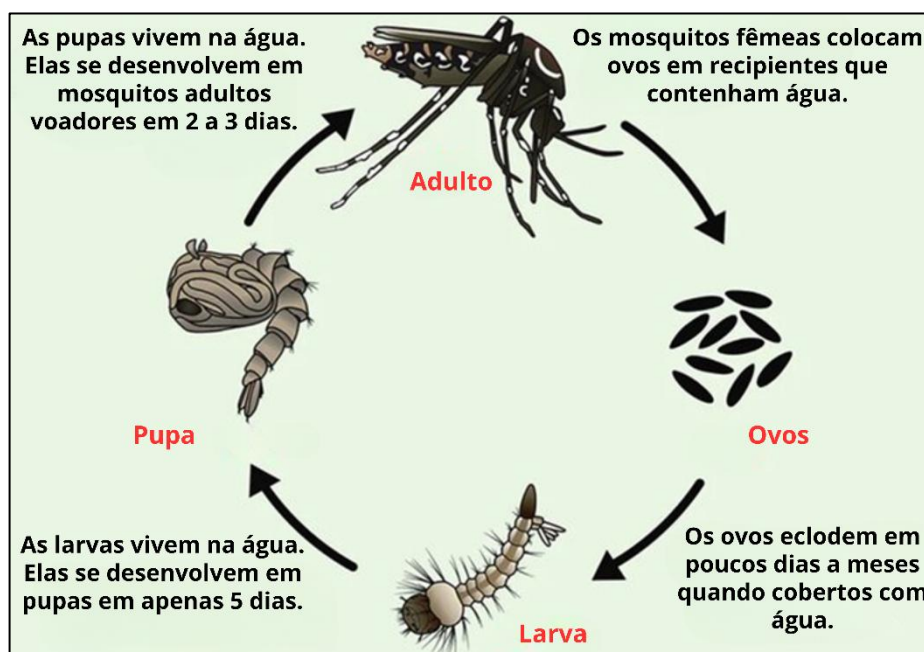


Figura 2 – Ciclo de vida do *Aedes Aegypti* e *Aedes albopictus*.
 Fonte: Adaptado de *Center of Diseases Control* (CDC).



O processo de transmissão do agente infeccioso compreende o período de incubação intrínseco (PII), que ocorre no ser humano e tem duração variável de quatro a dez dias, caracterizado por elevada viremia; e o período de incubação extrínseco (PIE), que ocorre no vetor após a realização do repasto sanguíneo em um indivíduo com alta carga viral. O vírus então infecta a porção intestinal, onde se replica para, posteriormente, se disseminar nas glândulas salivares do culicídeo, onde perdura – dependendo de fatores ambientais, principalmente temperatura – por aproximadamente 8 a 12 dias e, por meio de um novo repasto sanguíneo, o vírus é transmitido a outro indivíduo suscetível (WHO, 2009). Causadora da doença febril aguda, a dengue manifesta-se nas formas clássica (DC) e severa (febre hemorrágica da dengue – FHD), quando há sintomatologia clínica presente, e na forma assintomática, na ausência de qualquer manifestação.

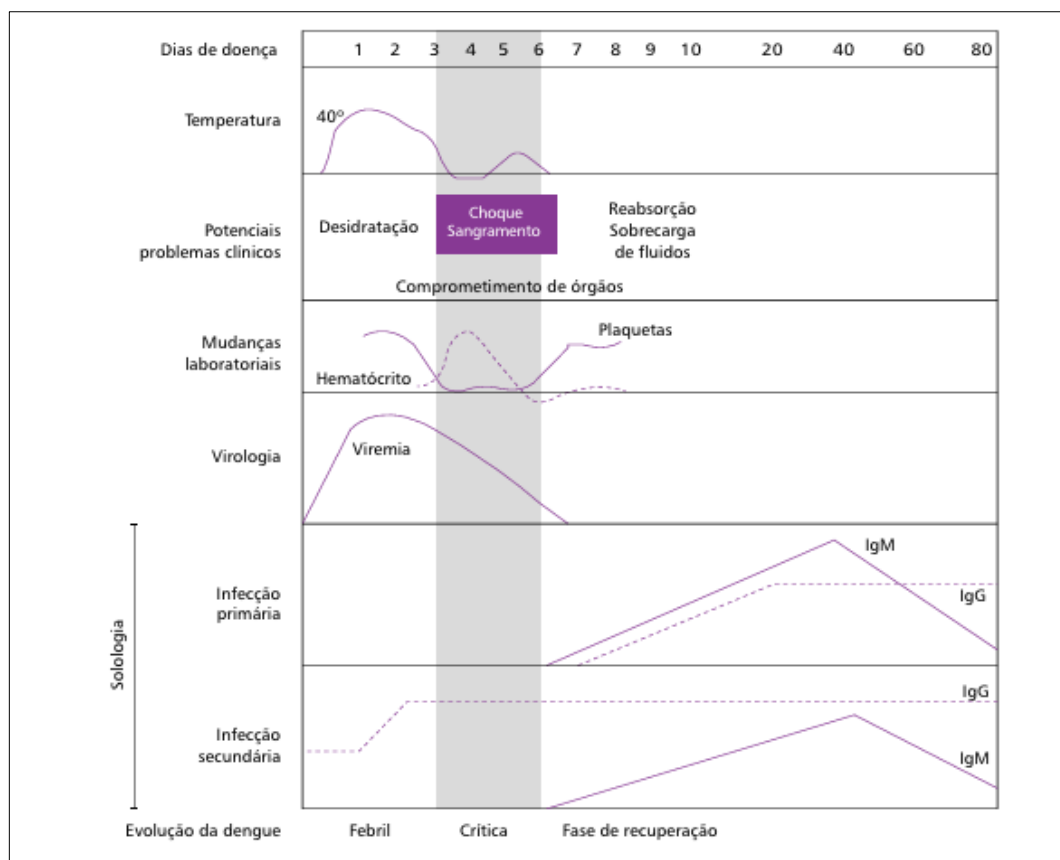
A ocorrência da forma assintomática impossibilita o diagnóstico clínico. Entre os sinais clínicos da dengue, destacam-se febre, dor retro-orbital, cefaléia, vômito, diarreia, dores articulares, mialgia e lesões cutâneas. Na forma severa, observa-se febre elevada, quadros hemorrágicos como: epistaxe; petéquias, equimoses, melena e hematoemese. O curso clínico da FHD progride da fase febril para duas possibilidades: a fase de efusão plasmática, onde há choque e posterior óbito; ou a fase de

convalescença, perdurando de dias até semanas (HASAN et al., 2016; WHO, 2009).

O vírus da dengue tem como alvo células dos sistemas imunológico e endotelial, incluindo monócitos, macrófagos e células dendríticas, que desempenham um papel essencial na replicação viral e na resposta inflamatória. A efusão plasmática na dengue decorre da disfunção da barreira endotelial e do aumento da permeabilidade capilar, impulsionados por múltiplos fatores virais e imunológicos do hospedeiro. A proteína NS1 do vírus interage diretamente com células endoteliais, induzindo a ativação do sistema complemento — parte do sistema imunológico inato — e promovendo a degradação do glicocálix, estrutura essencial para a integridade vascular, o que contribui para o extravasamento plasmático. Paralelamente, o Aprimoramento Dependente de Anticorpos (ADE) facilita a infecção de macrófagos, intensificando a liberação de citocinas pró-inflamatórias, como TNF- α e IL-6, que amplificam a permeabilidade capilar. Além disso, hepatócitos e células do baço e da medula óssea também podem ser infectados, podendo levar a disfunção hepática e trombocitopenia, respectivamente. Embora menos comum, o vírus pode atravessar a barreira hematoencefálica e infectar células do sistema nervoso central, ocasionando meningite viral e encefalite (BHATT et al., 2021).

O diagnóstico laboratorial pode ser realizado por meio de métodos diretos ou indiretos. Recomenda-se a que a testagem seja iniciada por método direto, devido à inespecificidade dos sinais clínicos. Assim, as amostras sanguíneas devem, preferencialmente, ser coletadas até o quinto dia pós aparecimento dos sintomas. Nessa seara de testes constam técnicas de isolamento viral em cultivo celular e técnicas moleculares como a reação em cadeia da polimerase (PCR) e pesquisa da proteína não estrutural 1 (NS1), uma glicoproteína encontrada em elevadas concentrações no soro dos pacientes. O método indireto, realizado em decorrência da coleta de amostras a partir do sexto dia, inclui as provas sorológicas para a detecção de anticorpos IgG e IgM (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay - ELISA), Inibição da Hemaglutinação (IH), onde se observa soroconversão na titulação de anticorpos e pesquisa de antígenos virais por imuno-histoquímica (IHQ) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2024a). A figura à seguir complementa as informações do texto referentes à evolução clínica e laboratorial da dengue (Figura 3).

Figura 3 – Evolução clínica e laboratorial da dengue.
 Fonte: Ministério da Saúde, 2024.



O tratamento da dengue baseia-se, primeiramente, em classificar o paciente de acordo com a gravidade do quadro clínico, caracterizando assim os quatro estádios (grupos A, B, C e D). O grupo A é destinado àqueles pacientes que não apresentam quadros hemorrágicos e a prova do laço para a detecção de petéquias é negativa, ausência de comorbidades concomitantes e outras condições especiais. A realização e interpretação do hemograma é necessária para a definição do acompanhamento ambulatorial. Os pacientes pertencentes ao grupo B geralmente apresentam positividade à prova do laço e/ou sangramentos de pele espontâneos, tendo um subgrupo específico para lactentes, gestantes, indivíduos com idade superior a 65 anos e aqueles que possuem outras comorbidades. Nesse caso, o acompanhamento é realizado em leitos de observação até a divulgação dos resultados laboratoriais e reavaliação clínica. O grupo C é destinado aos pacientes que apresentam algum sinal de alarde, porém os sinais de gravidade são ausentes. Nesse caso os pacientes devem ficar sob acompanhamento em leito de internação

e a hidratação venosa é indispensável até que ocorra uma estabilização clínica. Por fim, o grupo D é destinado aos casos graves, em que os pacientes apresentam desconforto respiratório, sinais de choque e possível comprometimento dos órgãos. Alguns indivíduos podem apresentar lesões hemorrágicas graves, devendo estes ser mantidos na Unidade de Tratamento Intensivo (UTI) até estabilização clínica, em um período mínimo de 48 horas e, após estabilização, devem permanecer em leito de internação até recuperação completa (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2024a).

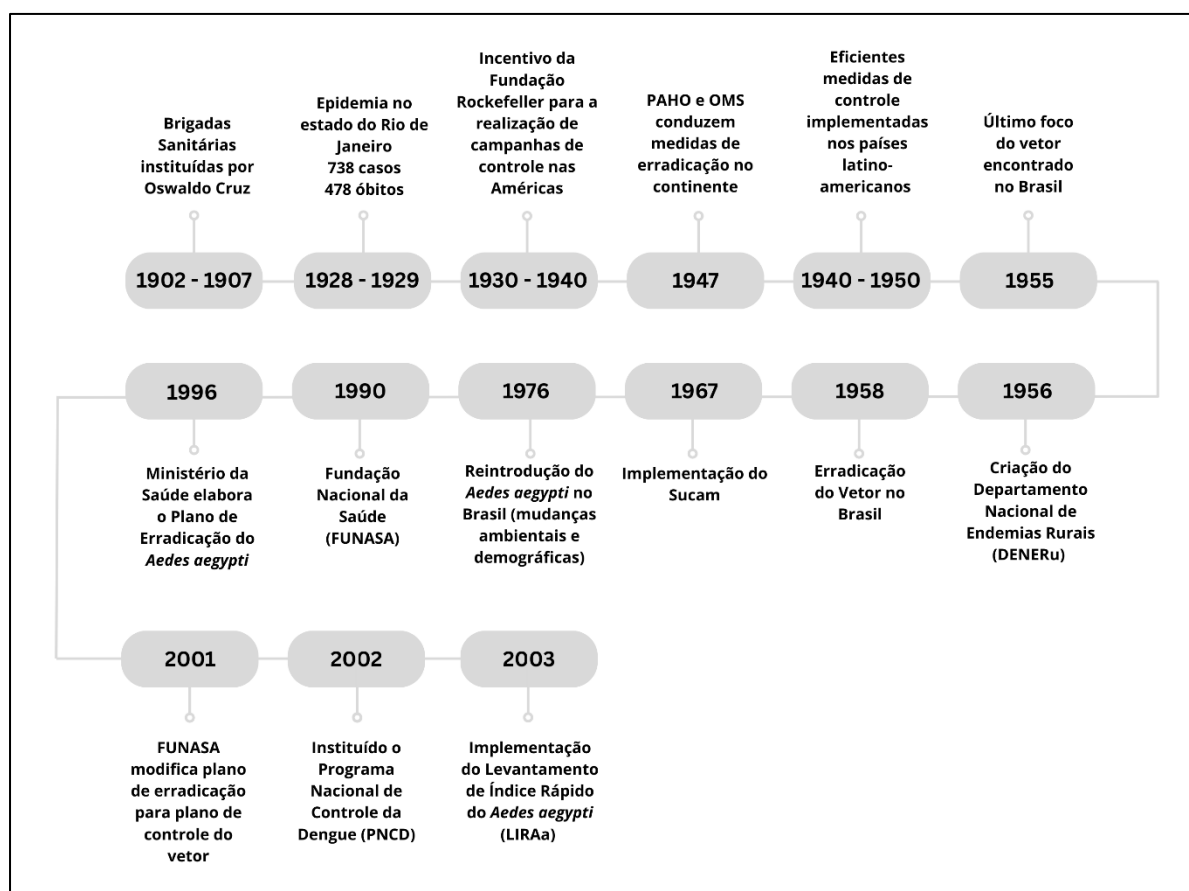
O desenvolvimento de vacinas contra a dengue tem avançado significativamente nos últimos anos. Em 2023, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) aprovou a vacina tetravalente QDENGAR[®] (TAK-003), produzida pela *Takeda Pharmaceutical Company*, baseada em ensaios clínicos randomizados conduzidos com 28.000 voluntários. Os dados apontaram uma eficácia de 80,2% na prevenção da dengue sintomática após 12 meses da imunização e uma redução de 90,4% no risco de hospitalização ao longo de 18 meses (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2023; TAKEDA PHARMACEUTICALS COMPANY, 2023). Mais recentemente, em 2024, o Instituto Butantan concluiu os ensaios clínicos da Butantan-DV, uma vacina tetravalente de dose única, que apresentou eficácia geral de 79,6% ao longo de dois anos após sua administração. A resposta imune também foi diferenciada entre os indivíduos sem exposição prévia ao vírus e os que já haviam histórico de dengue, tendo 73,6% e 89,2% de eficácia, respectivamente (KALLÁS et al., 2024).

Enquanto na década de 1970 a distribuição da dengue se estendia a nove países, atualmente é considerada endêmica em 129 países, deixando uma população de aproximadamente 2,5 bilhões de pessoas em estado de susceptibilidade. Com uma incidência de 390 milhões de casos por ano, ressalta-se o caráter impreterível de estabelecer medidas cabíveis para o controle de arboviroses. No início de 2022, a Organização Mundial da Saúde (WHO) lançou o “*Global Arbovirus Initiative*”, haja vista a preocupação em torno de uma próxima pandemia (WHO, 2022a, 2022b). No Brasil, as medidas estratégicas de controle progrediram ao passo em que os números de focos e casos aumentavam (Figura 4). Outrora denominada de “Brigadas Sanitárias”, as primeiras campanhas públicas para a detecção da febre amarela e dengue urbana foram instauradas em 1902 no estado do Rio de Janeiro, pelo pesquisador Oswaldo Cruz (BRAGA; VALLE, 2007). Todavia, indícios de epidemias de dengue já haviam sido relatados anos antes, em 1845, no estado do Rio de Janeiro (SCHUAB et al., 2024).

O país conseguiu manter, por um breve período, a erradicação do vetor, porém, devido às alterações ambientais e demográficas ocorridas na década de setenta, o *Aedes aegypti* e, conseqüentemente, o vírus, foram reintroduzidos (BRAGA; VALLE, 2007; FARES et al., 2015).

Figura 4 – Histórico de medidas estratégicas de controle no *Aedes aegypti* no Brasil e outros países da América Latina.

Fonte: Adaptado de Braga & Valle, 2007.



Nesse contexto, o monitoramento da circulação do agente infeccioso – onde as vigilâncias epidemiológica, laboratorial e entomológica configuram parte do Plano de Contingência para Resposta às Emergências em Saúde Pública por Dengue, Zika e Chikungunya -, bem como a notificação de casos e focos tornam-se imprescindíveis para o controle das arboviroses. Considerada uma doença de notificação compulsória diretamente ao Serviço de Vigilância Epidemiológica da Secretaria Municipal de Saúde (SMS), cada caso e/ou foco suspeito deve ser inserido na Ficha de Notificação/Investigação e, posteriormente, anexadas na plataforma on-line do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan) (BRASIL, 2017; BRASIL, 2022). Em

8 de janeiro de 2025, foi instituído pelo Ministério da Saúde, através da Portaria GM/MS nº 6.531, o Centro de Operações de Emergências em Saúde Pública para Dengue e outras Arboviroses (COE Dengue), uma ferramenta de implementação estratégica que visa monitorar e responder às epidemias de arboviroses de forma coordenada e integrativa, no âmbito nacional (DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO, 2025).

O Boletim Epidemiológico nº 28, divulgado em dezembro de 2024, apresenta uma análise detalhada da incidência da dengue no Brasil, abrangendo o período de semanas epidemiológicas 27 a 51, registrando um total de 331.104 casos suspeitos e um coeficiente de incidência de 163,1 casos por 100 mil habitantes. Após a correção de eventuais atrasos no sistema de vigilância epidemiológica (*nowcasting*), os dados indicaram uma tendência crescente nos casos de dengue, com a curva de incidência ultrapassando o limite superior do limiar endêmico, representado pela faixa cinza no gráfico. Esse padrão sugere a ocorrência de uma situação epidêmica, sendo particularmente expressivo entre as semanas epidemiológicas 47 e 52 (Figura 5) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2024b). No período compreendido entre as semanas epidemiológicas 1 e 4 de 2025, as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul apresentaram os maiores coeficientes de incidência. As Unidades Federativas (UF) Acre, São Paulo e Mato Grosso destacaram-se com os maiores números de incidência, enquanto os casos graves se concentraram nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste. A região Sudeste também registrou o maior número de óbitos atrelados à doença, sendo 21 deles confirmados e 160 ainda sob investigação (Figura 6) (CENTRO DE OPERAÇÕES DE EMERGÊNCIAS - COE, 2025).

Figura 5 – Diagrama de Controle. Curva de incidência de dengue por semana epidemiológica. SE 27 a SE 52 de 2023 e SE 1 a SE 25 de 2024.
Fonte: Ministério da Saúde.

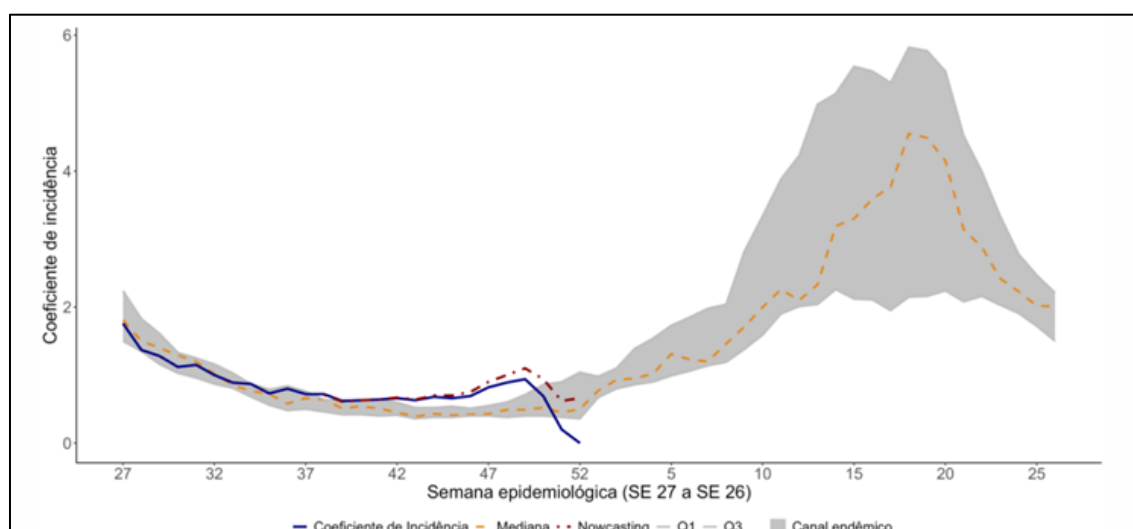
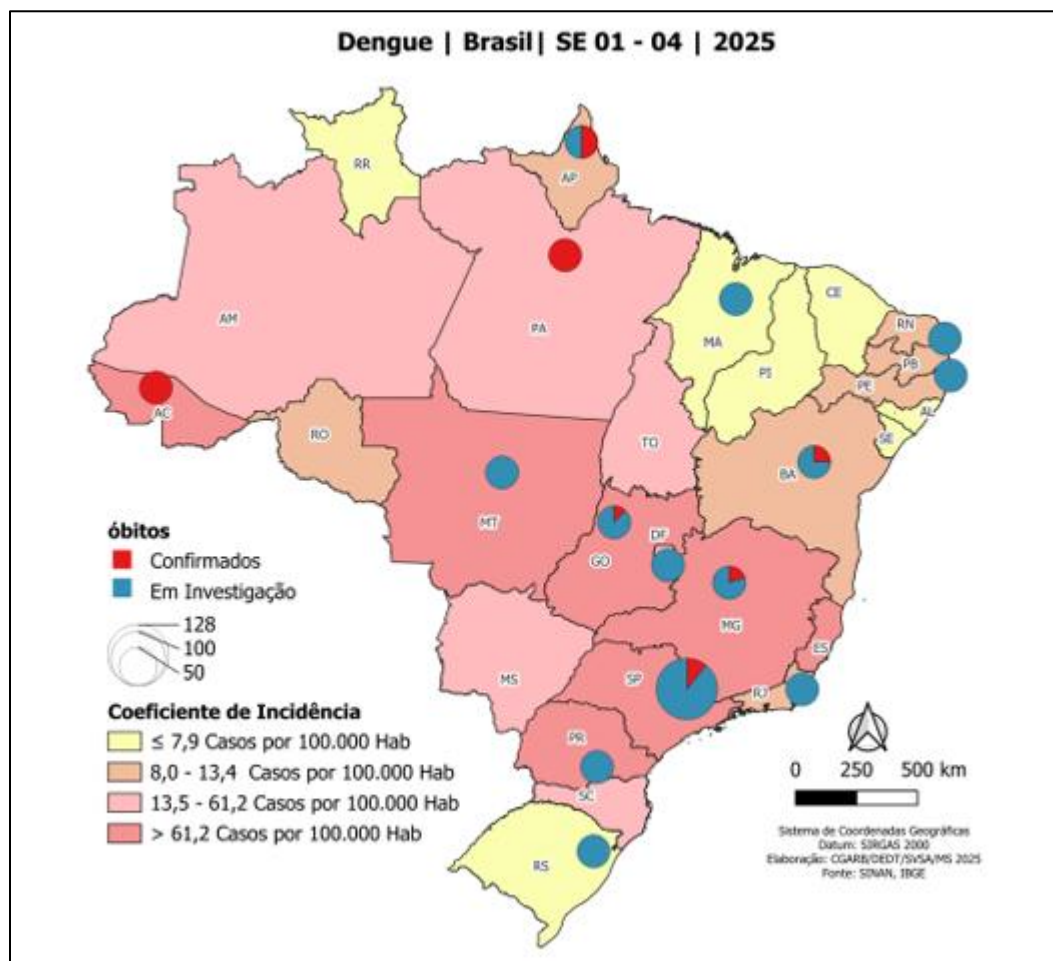


Figura 6 – Coeficiente de incidência e óbitos por dengue por região geográfica. SE 1 a SE 4 de 2025.

Fonte: Centro de Operações de Emergências (COE).



No estado do Rio Grande do Sul, entre os anos de 2014 a 2016, o sorotipo DENV-1 apresentava ampla abrangência de disseminação (97,5% dos casos). A identificação dos demais sorotipos no estado revelou-se como parte de casos alóctones, a exceção de um caso autóctone para o sorotipo DENV-4 (GREGIANINI et al., 2018). O ano de 2022 fora marcado pelo total de 99.085 casos suspeitos até a semana epidemiológica 52, onde destes, 66.882 obtiveram diagnóstico confirmado para dengue, sendo aproximadamente 86,10% dos positivados, casos autóctones. A forma grave da doença, resultando em 66 óbitos, correlacionou-se com a circulação dos sorotipos DENV-1 e DENV-2 nos municípios gaúchos (RIO GRANDE DO SUL, 2023; RIO GRANDE DO SUL, 2023). Os dados estatais disponibilizados on-line pelo Sinan compilam números a partir do ano de 2015, onde foram confirmados 1.299 casos. Essas confirmações foram aumentando notavelmente, com exceção dos anos de 2017

e 2018, onde não ultrapassam a marca de 30 casos (RIO GRANDE DO SUL, 2023; RIO GRANDE DO SUL, 2022). O ano de 2024 fora marcado como o de maior taxa de incidência (1.853,1/100.000 habitantes) também para o Rio Grande do Sul. Foram 208.315 casos confirmados, 172.424 casos autóctones e 281 óbitos documentados (SECRETARIA ESTADUAL DA SAÚDE, 2025). Tais incongruências quanto esses números podem fomentar-se através de três fatores: uma real diminuição de casos; à uma falha na digitalização das fichas de notificação; e, por fim, à subnotificação da enfermidade, haja vista suas manifestações clínicas semelhantes às demais arboviroses, ou mesmo, a ausência destes.

De acordo com o Levantamento Rápido de Índice do *Aedes aegypti* (LIRAA), o município de Uruguaiana-RS apresentou, em janeiro de 2023, um índice de infestação predial (IIP) de 3,5%, sendo considerado como um indicador de alerta para ocorrência tanto para dengue, como também para zika e chikungunya. Ainda, dos 2.218 imóveis vistoriados durante o período, dois extratos municipais apresentaram IIP > 3,9, caracterizando alto risco para a ocorrência da infecção (SECRETARIA MUNICIPAL DA SAÚDE, 2023). Além disso, a correlação entre densidade larvária e número de imóveis amostrados, mensurada pelo Índice de Breteau (IB) demonstra, de forma significativa, a vinculação entre áreas de alto risco e o valor bruto do IB (6,5), apontando que, embora indubitavelmente confirmada a presença do vetor, existe uma carência informativa no que diz respeito à ocorrência da infecção. Paralelamente ao que já houvera sido descrito na literatura: a semelhança de características socioambientais, limitado acesso à informação e subnotificação de casos assintomáticos resulta em uma nebulosidade quanto a real incidência e prevalência da dengue no município (BRASIL, 2013; TAN et al., 2020; SECRETARIA MUNICIPAL DA SAÚDE, 2023).

Ao longo de 2024, a Vigilância Ambiental da Secretaria Municipal da Saúde (SMS) realizou 126.386 vistorias em aproximadamente 52.000 residências de Uruguaiana. Estas vistorias são realizadas de forma sistemática e continuada, haja vista que a vigilância ocorre em seis ciclos de análise por ano. Dentro do número bruto de vistorias, 20.168 deslocamentos específicos para localidades próximas aos casos confirmados. Foram 924 casos suspeitos notificados, onde 418 foram confirmados. Destes, 399 casos eram autóctones e 19 alóctones (SECRETARIA MUNICIPAL DA SAÚDE, 2025). Quando esses números foram comparados aos disponibilizados pelo Painel de Casos de Dengue, foi possível notar uma ligeira divergência, onde foram 942

as notificações de casos suspeitos, 415 confirmados e 179 autóctones, perfazendo uma incidência de 329,7/100.000 habitantes (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2025). Novamente, apesar de discreta, a diferença impossibilitou o acesso às taxas exatas de dengue no município. Dessa maneira, tanto a sistematização do conhecimento quanto a inovação tecnológica tornam-se ferramentas essenciais para o aprimoramento das estratégias de vigilância epidemiológica.

CAPÍTULO 2

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a associação entre as mudanças climáticas e a incidência e distribuição global da dengue, e propor uma estratégia tecnológica e inovadora de controle e prevenção, que incorpore as formas de Vigilância em Saúde vigentes e seja voltada ao registro e monitoramento de casos e focos de dengue no município de Uruguaiana, Rio Grande do Sul, Brasil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar, por meio de uma revisão sistemática, os principais fatores climáticos associados à expansão geográfica e ao aumento da incidência da dengue em diferentes regiões do mundo.
- Analisar como eventos climáticos extremos e variáveis ambientais contribuem para a dinâmica de transmissão da dengue e, consequentemente, na biologia comportamental dos vetores *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*.
- Sistematizar evidências científicas que possam subsidiar políticas públicas e estratégias de controle da dengue adaptadas ao cenário de mudanças climáticas, fundamentada na abordagem Saúde Única (*One Health*).
- Desenvolver o aplicativo *PampaCare Ae Ae*, como um módulo da plataforma *PampaCare*, com funcionalidades específicas para o registro e monitoramento de focos do vetor e casos de dengue em Uruguaiana, Rio Grande do Sul, Brasil.

CAPÍTULO 3

Influência das Variáveis Climáticas na Dinâmica da Dengue: Uma Revisão Sistemática

(Influence of Climatic Variables on Dengue Dynamics: A Systematic Review)

Resumo

Reconhecida como uma das principais doenças tropicais negligenciadas, a dengue tem apresentado um aumento significativo no que tange suas taxas de incidência e expansão geográfica. Com base em evidências científicas, essa revisão sistemática ressalta o papel crucial das variáveis ambientais na distribuição dos vetores *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* e na disseminação do vírus da dengue. As referências foram obtidas na base de dados *Scopus*, por meio da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão definidos pelo protocolo *PRISMA*. Os critérios de elegibilidade incluíram 51 artigos científicos na pesquisa, onde se fez pertinente o destaque associado aos eventos climáticos extremos e determinantes sociais para com os impactos na saúde pública, tanto em localidades endêmicas, quanto em áreas anteriormente consideradas imunes. Modelos preditivos e análises bayesianas apontam para um agravamento do cenário epidemiológico, reiterando a crescente necessidade de formulação de políticas públicas e adoção de estratégias de controle transdisciplinares sob a perspectiva da saúde única para o enfrentamento das arboviroses mediante a crise climática contemporânea.

Palavras-Chave: dengue, mudanças climáticas, arboviroses, saúde única.

Abstract

Acknowledged as one of the foremost neglected tropical diseases, dengue has exhibited a marked rise in incidence rates and geographic expansion. Grounded in scientific evidence, this systematic review underscores the pivotal influence of environmental variables on the distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* vectors, as well as on the transmission dynamics of the dengue virus. References were sourced from the *Scopus* database, following the application of inclusion and exclusion criteria established by the *PRISMA* protocol. The eligibility assessment led to the selection of 51 scientific articles, with particular emphasis placed on the interplay between extreme climatic events and social determinants in shaping public health outcomes—both in endemic regions and in areas previously considered non-endemic. Predictive modeling approaches, including Bayesian analyses, suggest a potential intensification of the epidemiological landscape, reinforcing the urgent need for the formulation of robust public health policies and the implementation of transdisciplinary control strategies. These efforts must be guided by the One Health framework to effectively address the proliferation of arboviral diseases in the face of the contemporary climate crisis.

Keywords: dengue, climatic change, arboviruses, one health.

Introdução

Pertencente à lista de Doenças Tropicais Negligenciadas, a Dengue caracteriza-se como uma das mais importantes enfermidades emergentes, onde encontra nas populações mais susceptíveis um facilitador para sua manutenção e disseminação (WHO, 2024). Trata-se de uma infecção viral aguda, podendo cursar para os quadros de dengue clássica, assintomática e severa. A notável expansão da doença nas últimas décadas estabelece um paralelo para com as mudanças ambientais, levando ao desenvolvimento de planos de controle e erradicação de arboviroses. Contudo, sabe-se que existe uma gama de fatores que dificultam ou inviabilizam a aplicabilidade dessas ações. A própria ausência de sinais clínicos caracteriza-se como um entrave no que diz respeito à real incidência e/ou prevalência da dengue (TAN et al., 2020). Um estudo cartográfico realizado por Bhatt et al. (2013) estimou que, dos 390 milhões de indivíduos acometidos anualmente, aproximadamente 96 milhões desenvolveram a forma assintomática da dengue. Desses, 70% dos casos ocorreram no Continente Asiático. Ademais, a subnotificação dos casos assintomáticos sugere que o Continente Africano possa apresentar uma prevalência ainda maior. Em escala global, foi mensurado que, no ano de 2010, ocorreram aproximadamente 294 milhões de casos adicionais de dengue inaparente.

São dois os ciclos de transmissão da dengue: silvático, desempenhada pelo *Aedes albopictus*, e o urbano, pelo *Aedes aegypti*. A correlação entre esses ciclos e vetores ainda não está completamente elucidada, sendo incerta a real interferência dos primatas não-humanos na manutenção do agente infeccioso nas Américas (CHEN; VASILAKIS, 2011; VARIZA et al., 2022). Fatores abióticos, como temperatura e precipitação, e a forma como a sociedade interage com os recursos naturais, são contribuintes chave na descaracterização da biologia comportamental do mosquito. O antropofilismo do *Aedes aegypti* pode agir como uma barreira espécie-específica na transmissão viral, todavia, suas preferências alimentares não são inteiramente restritas. Nesse contexto, o mosquito atua como vetor biológico, necessitando obrigatoriamente de um hospedeiro vertebrado para a continuidade do ciclo. O período de elevada viremia – que perdura por um curto período de dois dias

– também pode ser um fator determinante no impedimento do transbordamento (BELLONE, FAILLOUX, 2020).

Do ponto de vista entomológico, o *Aedes albopictus* apresenta uma maior taxa de eficiência quanto à transmissão da dengue, se comparado ao *Aedes aegypti*. No entanto, no Brasil, devido à sua menor tendência antropofílica, o *Aedes albopictus* demonstra uma eficiência de transmissão inferior à observada no *Aedes aegypti*. Todavia, possui grande adaptabilidade às diferentes temperaturas e ambientes, capacidade de diapausa e possibilidade de transmissão transovariana do vírus à progênie (VARIZA et al., 2022). O aumento da taxa populacional dos mosquitos está intrinsecamente associado à ocorrência e disseminação viral, haja vista que sua única forma de transmissão se dá através do repasto sanguíneo das fêmeas, que necessitam dessa etapa para posterior ovoposição. A postura se dá em locais que apresentam um artifício em comum: deposição de água. Isto posto, a deposição dos ovos pode ocorrer tanto em recipientes naturais (cascas de árvore, flores, folhas, aglomerados rochosos), quanto em recipientes artificiais (vasos de plantas, lixo acumulado, caixas d'água) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017; HANLEY et al., 2013)

Dada a influência determinante dos fatores climáticos, a implementação de estratégias eficazes de controle de culicídeos, torna-se indispensável diante dos eventos climáticos contemporâneos extremos. Nesse contexto, as revisões sistemáticas emergem como ferramentas fundamentais, pois possibilitam a investigação e análise abrangente de dados preexistentes, atendendo à crescente demanda atribuída à dengue. O objetivo dessa revisão sistemática foi avaliar os efeitos das mudanças climáticas no padrão de disseminação da dengue, não apenas fundamentar medidas preventivas adequadas ao controle do vetor e predição de futuras epidemias, como também para fornecer uma base científica mais robusta capaz de sustentar políticas de saúde pública.

Material e Métodos

Estratégia de busca

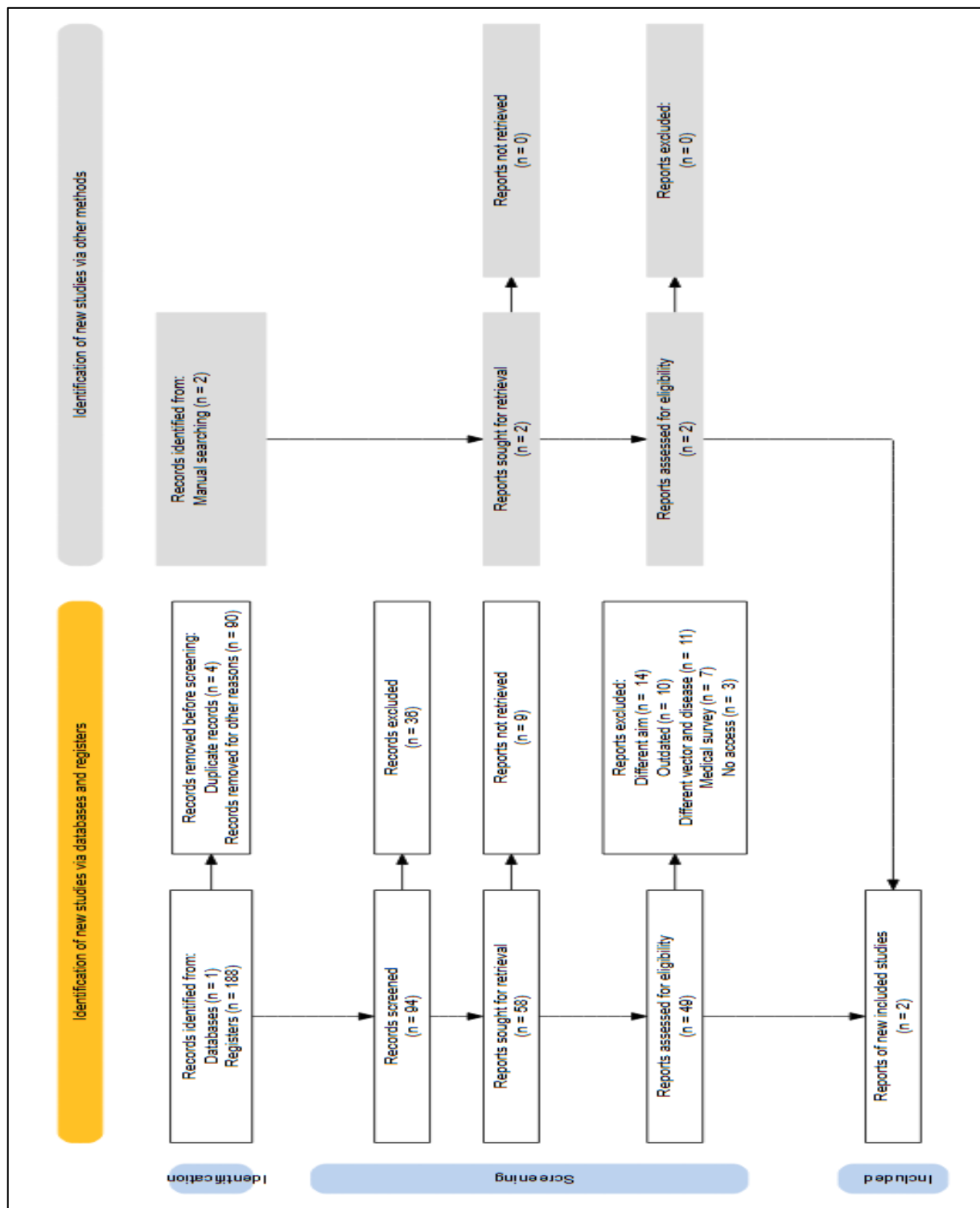
Para o levantamento inicial de dados e evidências científicas, uma questão principal foi levantada: “De que maneira as mudanças climáticas influenciam na incidência da dengue e na propagação do vetor?”. Assim, foi utilizado o operador booleano “And” junto às palavras-chave ‘*Aedes*’, ‘*Aedes aegypti*’, ‘*Aedes albopictus*’, ‘*Dengue*’, ‘*One Health*’, ‘*Temperature*’, ‘*Climate Changes*’, ‘*Global Warming*’ e ‘*Risk Factors*’ para a busca na base de dados *Scopus*.

Os critérios de inclusão foram definidos considerando o período das publicações (artigos publicados entre os anos de 2000 e 2023), os idiomas (inglês, espanhol e português) e o tipo de documento (*research article* e *review article*). O tipo de estudo a ser incluso foi avaliado posteriormente à triagem inicial, no qual se optou pela inclusão de revisões de literatura e sistemáticas que, embora nem sempre englobadas em revisões sistemáticas tradicionais, podem contribuir para uma compreensão mais ampla e conceitual do tema proposto, além de complementar possíveis lacunas, eventualmente deixadas pelas pesquisas primárias. A triagem inicial resultou em 188 trabalhos, que foram refinados mediante a leitura dos títulos. Artigos que não possuíam em seus títulos nenhum dos termos de pesquisa indexados, ou que estavam categorizados como *short communication* foram eliminados. Dos 177 artigos submetidos à análise qualitativa, consistindo em leitura dos títulos, palavras-chave e resumos, selecionou-se um total de 98 trabalhos, os quais foram importados para a plataforma de revisões sistemáticas *Rayyan*. Estes periódicos foram então escaneados, com o intuito de remover duplicatas, resultando em 94 títulos que permaneceram para a etapa de refinamento da pesquisa. As informações mais relevantes, derivadas da pergunta inicial, foram extraídas de 49 artigos, que foram incluídos no produto final, conforme as diretrizes do *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)* (HADDAWAY et al., 2022) estão dispostas na seção de Resultados e Discussão.

Resultados e Discussão

A figura 1 ilustra como foi conduzida a revisão de literatura pela perspectiva do diagrama de fluxo *PRISMA*, corroborando para com a compreensão e visualização do processo de pesquisa. Somam-se 45 o total de artigos não incluídos, onde os critérios de exclusão abordam as seguintes razões: diferente vetor e/ou doença (n=11), objetivos distintos (n=14), avaliações clínicas (n=7), não acessados (n=3) e ultrapassados (n=10). Apesar do extenso intervalo temporal (2000 – 2023), foram considerados como ultrapassados aqueles títulos em que as informações contidas já foram atualizadas, como a produção e distribuição de vacinas e perfis sociodemográficos, por exemplo. Ademais, foi necessária a pesquisa manual de dois artigos, publicados em 2024 e 2025, que ultrapassam a margem limite do período de inclusão da revisão. Esses artigos foram considerados relevantes para o contexto da pesquisa devido à sua atualidade e contribuição significativa ao tema em questão, totalizando 51 artigos para esta revisão sistemática.

Figura 1: Diagrama de fluxo *PRISMA*. Adaptado de (HADDAWAY et al., 2022).
PRISMA 2020.



A dengue, reconhecida pela Organização Mundial da Saúde como uma Doença Tropical Negligenciada (DTN), desponta como uma crescente ameaça à saúde pública, expandindo-se geograficamente em um cenário de mudanças climáticas, desequilíbrio ambiental e urbanização desordenada, desafiando constantemente a compreensão de sua verdadeira prevalência (MULLIGAN et al., 2015). Um estudo realizado por Ebi et al. (2021) analisou os riscos à saúde associados ao aumento da temperatura média global, especialmente em comparação aos níveis do período pré-industrial. Para isso, utilizou-se uma ferramenta visual denominada *Burning Embers*, que permite avaliar e comunicar de forma clara os riscos e impactos das mudanças climáticas em diferentes cenários. Essa abordagem é fundamental para embasar o desenvolvimento de políticas públicas e sistemas de saúde resilientes aos desafios climáticos futuros. A análise, fundamentada em evidências científicas, relaciona o aumento da temperatura média global de +1,5 °C, +2 °C e acima de 2 °C com a intensificação de riscos à saúde. Entre os principais impactos observados estão a morbidade e a mortalidade relacionadas ao estresse térmico, à exposição ao ozônio troposférico – um poluente atmosférico com efeitos graves na saúde respiratória e cardiovascular –, e às doenças transmitidas por vetores, como dengue, malária e febre do Nilo Ocidental. Em 2050, estima-se um aumento significativo de incidência da dengue, ao passo em que condições ambientais tornam-se cada vez mais favoráveis para a disseminação do *Aedes aegypti*, a contar além do aumento de temperatura, estações chuvosas, áreas costeiras e/ou de baixa elevação – como as províncias Equatorianas de Guayas, Los Ríos, El Oro e Manabí –, sendo esta, uma das mais importantes variáveis definidas pelo estudo (JÁCOME; VILELA; YOO, 2019).

Tsheten et al. (2021) sugerem que a elevação pode atuar como uma barreira biogeográfica, mitigando a proliferação do mosquito. Através da implementação de Análise de Decisão Multicritério (*Multicriteria Decision Analysis* – MCDA) em Combinação Linear Ponderada (*Weighted Linear Combination* – WLC), são avaliados múltiplos fatores, atribuindo-se diferentes pesos conforme sua importância relativa, personalizando critérios matemáticos para criar potenciais de vulnerabilidade. Assim, foi pressuposto que o fator altitude exerce um papel fundamental na capacidade de disseminação da dengue, destacando que áreas de baixa elevação são mais propensas para a ocorrência de surtos. Em contrapartida,

estudos empíricos executados na Colômbia relataram a presença de vetores infectados pelo vírus da dengue em altitudes de até 2.302 metros acima do nível do mar, e casos da infecção foram registrados em localidades a 1.984 metros, sugerindo que as barreiras altitudinais podem ser gradualmente superadas devido à adaptação do vetor e às mudanças climáticas (RUIZ-LÓPEZ et al., 2016).

Em países subdesenvolvidos, a precariedade no acesso à informação, à saúde e ao saneamento básico corrobora direta e indiretamente na disseminação da dengue e proliferação do vetor. Quando associados ao aumento de temperatura, umidade e precipitação, forma-se uma “tempestade perfeita” para a ocorrência não apenas da dengue, mas também demais arboviroses, como Zika e Chikungunya (SCHUAB et al., 2024). A predição de cenários climáticos configura como uma das formas que contribui para o desenvolvimento de políticas públicas que auxiliam no controle e mitigação de arboviroses. Modelos de Nicho Ecológico (ENM) são importantes ferramentas para predizer a potencial distribuição de vetores e o mapeamento dos mesmos. A utilização do modelo MaxEnt (*Maximum Entropy Model*) considerando preditores bioclimáticos como temperatura anual média (bio1), média da temperatura máxima diária do mês mais quente (bio5) e precipitação anual (bio12), e apoiando-se nos conceitos básicos da entropia, inúmeros modelos podem ser acessados com o intuito de prever a ocorrência de enfermidades (MWEYA et al., 2016).

Na província de Zhejiang, na China, os resultados indicaram uma parcela de 89,2% de Zhejiang está sob risco epidêmico de dengue, onde 8% da área é considerada de alto risco, sendo o *Aedes albopictus* o vetor de maior predominância (ZHANG et al., 2023). Na Tanzânia, as regiões costeiras apresentaram uma elevada população de *Aedes aegypti*, com probabilidade de expansão migratória para a região central do país até o ano de 2050, de acordo com a mensuração dos preditores bioclimáticos de precipitação para o mês mais seco (bio14), amplitude térmica diária média (bio2), precipitação do trimestre mais frio (bio19) e sazonalidade da precipitação (bio15) (KARGER et al., 2021; MWEYA et al., 2016).

Modelos preditivos baseados em condições meteorológicas, vetoriais e climáticas oferecem acesso prévio de sua ocorrência nos mais diferentes cenários (LIU et al., 2023; THOMAS et al., 2011). Em Taiwan, no município de Kaohsiung, foi realizado um estudo de análise de séries temporais utilizando modelos ARIMA

(*Autoregressive Integrated Moving Average*) para estimar a associação entre o desvio mensal de temperatura e a incidência de dengue, considerando um intervalo de dois meses. Os resultados demonstraram uma associação negativa ($\beta = -0.126$, $p = 0.044$) entre essas variáveis, indicando que o aumento da temperatura está inversamente relacionado à ocorrência da doença. O coeficiente β representa o efeito da variável independente (desvio mensal de temperatura) sobre a variável dependente (incidência da dengue). Embora essa relação possa parecer contraintuitiva, o *p-value* de 0.044 (< 0.05) sugere significância estatística, levando à rejeição da hipótese nula de ausência de associação entre o desvio de temperatura e a incidência da dengue. Esse efeito pode estar relacionado a fatores como o impacto das temperaturas elevadas na ecologia do vetor, à mortalidade dos mosquitos e ao comportamento humano. Além disso, o *lag* temporal de dois meses pode influenciar a dinâmica da transmissão, refletindo os efeitos da temperatura na incidência de dengue com um intervalo de resposta entre os eventos (WU et al., 2007). De maneira similar, um estudo realizado na Tailândia utilizou modelos estatísticos, como o ARIMA e o SARIMA (*Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average*), para prever surtos de dengue com base em variáveis climáticas e epidemiológicas. A pesquisa revelou que a precipitação foi uma das variáveis climáticas mais relevantes, enquanto a análise temporal indicou que a ocorrência de surtos de dengue está fortemente associada às condições sazonais, principalmente durante a estação chuvosa, reforçando a importância de modelos preditivos localizados para a previsão de surtos (CHUMPU; KHAMSEMANAN; NATTEE, 2019).

As análises de séries temporais de variáveis climáticas desempenham um papel crucial no desenvolvimento de estratégias para o controle da dengue, dado que fatores como temperatura e umidade são determinantes na capacidade vetorial e na distribuição geográfica do *Aedes aegypti* (PHANITCHAT et al., 2019; RYAN et al., 2018; WU et al., 2007). O fenômeno *El Niño Southern Oscillation* (ENSO), que ocorre em ciclos que variam de dois a sete anos, caracteriza-se por variações nos parâmetros meteorológicos devido ao aumento simultâneo da temperatura da superfície do mar e à alteração da pressão atmosférica sobre o Oceano Pacífico Equatorial. Tais mudanças provocam impactos climáticos abrangentes, incluindo a modificação nos padrões pluviométricos, nas temperaturas e na intensidade da radiação solar. Quando esses fenômenos se associam a características geográficas

específicas, podem alterar as dinâmicas comportamentais tanto do vetor, quanto do agente infeccioso (DOSTAL et al., 2022; NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION, 2025).

Em Dhaka, capital e cidade mais populosa de Bangladesh, um estudo analisou a relação entre variáveis climáticas (temperatura mínima, média e máxima), densidade populacional e os casos notificados de dengue. Para tanto, utilizou-se o Coeficiente de Correlação de *Spearman* com o objetivo de identificar e resumir potenciais colinearidades entre as variáveis independentes. Em seguida, aplicou-se o Modelo de *Poisson*, ajustado para lidar com a dispersão elevada observada nos dados. Os resultados indicaram que as variáveis climáticas não impactam imediatamente a ocorrência dos casos de dengue devido à existência de um intervalo temporal necessário para a reprodução dos mosquitos e a incubação do vírus. Além disso, o estudo revelou que o efeito cumulativo das variáveis climáticas ao longo do tempo gera um *lag* temporal de até quatro meses, sendo biologicamente plausível e coerente com o ciclo de vida do vetor *Aedes aegypti* e o período de incubação do vírus (BANU et al., 2014).

As concentrações de gases do efeito estufa podem atuar como indicadores futuros de capacidade vetorial. Um estudo realizado por Paul et al. (2021), em Bangladesh, descreve como o aumento da temperatura média, decorrente do aquecimento global, poderá tecer novos padrões vetoriais. A temperatura média apresentou um acréscimo de 0,02 °C por ano durante o período de 1971 a 2010. Projeções para o final do século XXI, em um cenário de elevada concentração de gases do efeito estufa, indicam um aumento de temperatura entre 3,2 °C e 5,8 °C quando comparado às médias do período pré-industrial (1861-1880). Consequentemente, o aumento de temperatura influencia as questões de sazonalidade.

Conquanto muitas das áreas susceptíveis apresentem características sazonais bem definidas, a projeção de verões mais longos e invernos mais quentes representa um fator adicional suficientemente favorável para a transmissão da dengue por um maior período (PHANITCHAT et al., 2019). As populações em maior risco pertencem à América Central, América do Sul, Ásia, África e Caribe, onde as condições climáticas tropicais e subtropicais favorecem a proliferação do vetor. Quando comparado à década de 1950, o *Aedes aegypti* apresentou um aumento de

13% em sua taxa de proliferação, seguido pelo *Aedes albopictus*, com 7% (PAUL et al., 2021; ROMANELLO et al., 2021). As populações de países com baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) continuam sendo mais suscetíveis e vulneráveis às arboviroses. Contudo, países com elevado IDH, que outrora apresentavam incidências baixas ou nulas, demonstram uma expansão considerável nessas taxas (MULLIGAN et al., 2015; THOMAS et al., 2011).

Uma visão bayesiana, fundamentada na mensuração probabilística para avaliar a ocorrência de eventos ou a veracidade de hipóteses, baseia-se na integração de informações prévias (*a priori*) com novos dados ou observações recentes (*a posteriori*). Nesse contexto, a verossimilhança desempenha um papel central ao quantificar a compatibilidade dos dados observados com uma hipótese específica, possibilitando a atualização das probabilidades associadas. Essa abordagem tem sido aplicada em modelos epidemiológicos no México e na Ilha de Barbados, Caribe. No México, o Índice P foi incorporado ao *framework* Bayesiano do MVSE (*Mosquito-Borne Viral Suitability Estimator*), evidenciando uma correlação positiva entre áreas e estações de elevado calor e umidade e o pico de adequação vetorial, especialmente em regiões costeiras (CARRETO; GUTIÉRREZ-ROMERO; RODRÍGUEZ, 2022). Em Barbados, ficou evidenciado que longos períodos de seca influenciaram positivamente as taxas de incidência de dengue, enquanto que temporadas curtas de chuva intensa também condicionavam para a ocorrência de surtos, sugerindo que um período de seca seguido por precipitação intensa 4 a 5 meses poderia proporcionar condições ótimas para um surto iminente de dengue (LOWE et al., 2018). Simulações adicionais indicam que o aumento das temperaturas expandirá significativamente as áreas propícias à proliferação vetorial. Para 2050, prevê-se que o *Aedes aegypti* apresentará uma propagação para regiões de clima temperado, com possível adaptação a áreas mais frias e de alta elevação, ampliando sua capacidade de transmissão viral ao longo dos 12 meses do ano. Já em 2080, projeta-se um decréscimo na taxa de transmissão do *Aedes aegypti* em regiões temperadas, enquanto sua atividade nos trópicos se intensificará. Além disso, em um *worst-case scenario*, o *Aedes albopictus* poderá modificar padrões qualitativos de transmissão, estabelecendo endemidade em localidades como a Costa Atlântica do Brasil e a África do Sul (RYAN et al., 2018).

A tabela abaixo (Tabela 1) demonstra, de maneira resumida e pontual, as principais informações encontradas nos 51 artigos utilizados nessa revisão sistemática, sendo elas: título, tipo de estudo, análise estatística, fatores de risco para a ocorrência da dengue em determinado local de estudo, local de estudo e/ou local de proveniência do artigo e ano de publicação em ordem crescente.

Tabela 1: Artigos incluídos na revisão sistemáticas, organizados em ordem crescente de acordo com o ano de publicação (2007 – 2023).

Título	Tipo de Estudo	Análise Estatística	Fatores de Risco	Local	Ano
1. Weather as an effective predictor for occurrence of dengue fever in Taiwan	Série temporal	Modelos ARIMA (média móvel integrada autoregressiva), testes de normalidade, função de autocorrelação e correlação cruzada.	Desvios mensais de temperatura e umidade relativa.	Taiwan, Asia Oriental (realizado + dados).	2007
2. Risk assessment of dengue virus amplification in Europe based on spatio-temporal high resolution climate change projections	Revisão de Literatura	Não	Mudanças climáticas, temperaturas específicas, alterações na distribuição geográfica dos vetores.	Europa.	2011
3. Aedes (Stegomyia) aegypti in the Continental United States: A Vector at the Cool Margin of Its Geographic Range	Revisão de Literatura	Não	Temperatura, pluviosidade, locais para desenvolvimento larval, competição com outras espécies de mosquitos.	Realizado no Colorado, dados da Flórida e Texas, Estados Unidos, América do Norte.	2013
4. House-to-house human movement drives dengue virus transmission	Longitudinal de coorte	Modelagem estatística, regressão logística e cálculos de medidas de contato (como o índice σ para avaliar a relação entre movimentos humanos de casa em casa e o risco de infecção pelo vírus da dengue).	Frequência e proximidade das visitas a locais onde o contato com mosquitos infectados é provável, presença de infecções agudas de DENV em casas visitadas. Além disso, a imunidade coletiva entre os residentes.	Iquitos, Capital da Amazônia Peruana, Peru, América do Sul (realizado + dados) com colaboração dos EUA.	2013
5. The relationship between economic status, knowledge on dengue, risk perceptions and practices	Observacional Transversal	Análise Fatorial Exploratória com Análise de Componentes Principais para estabelecer a relação entre as variáveis observadas e as variáveis latentes subjacentes. Análise Fatorial Confirmatória para testar se os dados observados apoiavam o modelo conceitual proposto no estudo.	Práticas de risco intradomiciliar e peridomiciliar, percepção de risco e status econômico.	Havana, Cuba, América Central (realizado + dados).	2013
6. Deconstructing “malaria”: West Africa as the next front for dengue fever surveillance and control	Revisão de Literatura	Não	Mudanças climáticas, presença do vetor, globalização, comportamentos socioeconômicos, falta de saneamento básico,	África Ocidental.	2014

Título	Tipo de Estudo	Análise Estatística	Fatores de Risco	Local	Ano
7. Spatial Distribution of the Risk of Dengue and the Entomological Indicators in Sumaré, State of São Paulo, Brazil	Análise espacial	Análise espaço-temporal da incidência de dengue e dos indicadores entomológicos do <i>Aedes aegypti</i> em suas fases de desenvolvimento. Utilização de modelo aditivo generalizado (GAM) para conectar os valores dos indicadores entomológicos com a ocorrência de casos de dengue. Comparação de mapas de risco da doença gerados a partir de modelos aditivos generalizados (GAM) ajustados e não ajustados.	Indicadores entomológicos do <i>Aedes aegypti</i> em suas diferentes fases (ovos, larvas-pupas e adultos); Possíveis variáveis adicionais que podem modular o risco da doença.	São Paulo, Brasil, América do Sul (realizado + dados).	2014
8. The impact of temperature on the bionomics of <i>Aedes (Stegomyia) aegypti</i>, with special reference to the cool geographic range margins	Revisão de Literatura	Não	Mudanças climáticas, temperatura, influência da temperatura na biologia e dinâmica populacional do <i>Aedes aegypti</i> , relação entre esses fatores e o risco de exposição humana ao mosquito e aos vírus transmitidos por ele. Lacunas no conhecimento de tais fatores de risco.	Estados Unidos (lab).	2014
9. Projecting the impact of climate change on dengue transmission in dhaka, bangladesh	Estudo de modelagem e projeção	Análises descritivas para as variáveis independentes e dependentes, análises de correlação, análises de sensibilidade para a validação do modelo e análises de boa adequação do modelo, incluindo a verificação da normalidade dos resíduos. Análises de projeção para estimar o risco futuro de dengue em 2100, considerando as projeções de mudanças climáticas.	Variáveis climáticas, temperatura e umidade, foram encontradas positivamente associadas à transmissão da dengue. Os efeitos das variáveis climáticas foram observados com um atraso de quatro meses, o que pode ser considerado ao avaliar o risco de ocorrência da dengue.	Dhaka, Bangladesh.	2014
10. Is dengue a disease of poverty? A systematic review	Revisão Sistemática	Análise de regressão associação entre variáveis independentes (indicadores de pobreza) e a variável dependente (taxas de dengue) controlando outros fatores.	Indicadores de pobreza, como renda, educação, condições estruturais de habitação, superlotação e acesso à água e saneamento.	Realizado no Canadá com dados do Brasil, Tailândia, Cuba, Vietnã.	2015

Título	Tipo de Estudo	Análise Estatística	Fatores de Risco	Local	Ano
11. Climate Change Influences Potential Distribution of Infected Aedes aegypti CoOccurrence with Dengue Epidemics Risk Areas in Tanzania	Estudo Observacional	Modelagem espacial, série temporal	Mudanças climáticas, urbanização, mudanças no uso da terra e desequilíbrios ecológicos causados pela atividade humana.	Tanzânia, África Oriental (realizado + dados).	2016
12. Dengue, Zika and Chikungunya: Emerging Arboviruses in the New World	Revisão de Literatura	Não	Exposição aos mosquitos, viagens para áreas endêmicas e condições climáticas propícias à proliferação desses vetores.	Estados Unidos (lab).	2016
13. Do vegetated rooftops attract more mosquitoes? Monitoring disease vector abundance on urban green roofs	Observacional Transversal	Estatísticas descritivas para resumir os dados meteorológicos e sumários quinzenais. Modelos Lineares Generalizados (GLMs) para examinar as relações entre a abundância de espécies-alvo, tipo de local e cenários climáticos.	Condições climáticas, características do telhado verde e proximidade a determinados habitats.	Hong Kong, China, Ásia Oriental (realizado + dados).	2016
14. Presence of aedes (stegomyia) aegypti (linnaeus, 1762) and its natural infection with dengue virus at unrecorded heights in Colombia	Estudo de campo	Não	Presença e densidade de mosquitos vetores do dengue, prevalência de infecção pelo vírus do dengue nas populações de mosquitos, fatores ambientais e climáticos que podem influenciar a proliferação de mosquitos e a transmissão do vírus do dengue.	Colômbia, América do Sul (realizado + dados).	2016
15. The elimination of the dengue vector, Aedes aegypti, from Brisbane, Australia: The role of surveillance, larval habitat removal and policy	Observacional Longitudinal	Testes de associação, correlação ou análises de diferenças de médias, para avaliar a relação entre as ações de manejo, as mudanças na distribuição do Ae. aegypti e a reintrodução de tanques de água pluvial. Análises de séries temporais para examinar as tendências ao longo do tempo.	Presença do vetor, urbanização, mudanças climáticas, viagens internacionais e outras variáveis ambientais e comportamentais que facilitam a transmissão do vírus e a proliferação do vetor, densidade populacional, acúmulo de água parada, condições de saneamento e medidas de controle.	Brisbane, Queensland, Austrália, Oceania (realizado + dados).	2017
16. Climate change and dengue fever transmission in China: Evidences and challenges	Revisão	Análise espacial, Geographic Information Systems (GIS).	Mudanças climáticas, incertezas nos modelos vetoriais e climáticos governamentais, secas, ondas de calor, inundações e tufões.	China, Ásia Oriental (realizado + dados).	2018

Título	Tipo de Estudo	Análise Estatística	Fatores de Risco	Local	Ano
17. Current and future distribution of <i>Aedes aegypti</i> and <i>Aedes albopictus</i> (Diptera: Culicidae) in WHO Eastern Mediterranean Region	Estudo descritivo e analítico	Avaliação da acurácia dos modelos de distribuição (utilizando índices de acurácia), avaliação da concordância com o índice de Cohen κ , análises de sensibilidade e especificidade, análise da influência de variáveis ambientais nas distribuições das espécies.	Variáveis ambientais, precipitação, temperatura, fatores demográficos.	Região do Mediterrâneo Oriental (EMR) da OMS, que inclui 22 países como Afeganistão, Egito. e Paquistão.	2018
18. Dengue knowledge, attitudes and practices and their impact on community-based vector control in rural Cambodia	Observacional Transversal	Qui-quadrado, regressão logística univariada e multivariada para determinar os fatores que influenciam o conhecimento e as práticas relacionadas à dengue, regressão linear e regressão binomial negativa para analisar a relação entre os níveis de conhecimento.	Falta de conhecimento sobre práticas de prevenção, presença de criadouros de mosquitos <i>Aedes aegypti</i> nas residências, falta de busca por cuidados médicos adequados ao surgirem sintomas de dengue.	Aldeias selecionadas na província de Kampong Cham, no Camboja.	2018
19. Effects of the Environmental Temperature on <i>Aedes aegypti</i> and <i>Aedes albopictus</i> Mosquitoes: A Review	Revisão de Literatura	Não	Mudanças climáticas, alterações na distribuição geográfica dos mosquitos	Não especificado.	2018
20. Global expansion and redistribution of <i>Aedes</i> borne virus transmission risk with climate change	Modelagem de projeção baseado em dados observacionais e projeções de mudanças climáticas.	Análise de variância, regressão e métodos de modelagem estatística	Mudanças climáticas e suas influências na distribuição e atividade dos vetores <i>Aedes aegypti</i> e <i>Aedes albopictus</i> . Essas mudanças incluem a temperatura, que afeta a transmissão viral, deslocamentos geográficos dos vetores, mudanças na atividade viral e na sazonalidade de transmissão.	Não especificado, análise global.	2018
21. Insecticide treated curtains and residual insecticide treatment to control <i>Aedes aegypti</i>: An acceptability study in Santiago de Cuba	Estudo de campo	Análise de dados dedutiva, suportada pelo software QSR NVivo 9, e revisão por um sociólogo para aumentar a validade interna.	Percepção de risco dos entrevistados em relação à contrair dengue, bem como a percepção da gravidade da doença. Esses são aspectos importantes para entender as atitudes da comunidade em relação à prevenção da dengue e à aceitabilidade de intervenções como cortinas tratadas com inseticida e tratamento residual com inseticida.	Santiago de Cuba, Cuba, América Central (realizado + dados).	2018

Título	Tipo de Estudo	Análise Estatística	Fatores de Risco	Local	Ano
22. Integrated Aedes management for the control of Aedes-borne diseases	Revisão Sistemática e/ou meta análise	Análise de efeitos fixos: pressupõe que os estudos incluídos na meta-análise compartilham o mesmo efeito verdadeiro, e variações observadas são devido ao erro de amostragem. Análise de efeitos aleatórios: leva em consideração a variação real entre os estudos, e não apenas o erro de amostragem, levando em conta tanto variação aleatória como variação sistemática. Modelagem de efeitos mistos: Esta abordagem combina os aspectos das análises de efeitos fixos e aleatórios, permitindo diferentes níveis de variação entre os estudos.	Multifatoriais, incluindo aspectos como: globalização, viagem internacional, urbanização, práticas de armazenamento de água e falta de recursos para intervenção.	Não especificado, análise global.	2018
23. Mapping the spatial distribution of Aedes aegypti and Aedes albopictus	Estudo de modelagem e avaliação de risco	Análises estatísticas para comparar o desempenho dos modelos de aprendizado de máquina (Support Vector Machine, Gradient Boosting Machine e Random Forest) na simulação da distribuição global de <i>Aedes aegypti</i> e <i>Aedes albopictus</i> . Eles utilizaram a área sob a curva (AUC) para avaliar o desempenho dos modelos.	O artigo não fornece informações específicas sobre os fatores de risco para a ocorrência das doenças (Rift Valley fever, Dengue, Chikungunya, Zika) transmitidas por <i>Aedes aegypti</i> e <i>Aedes albopictus</i> . O foco principal do artigo: simulação da distribuição global vetorial e a análise do desempenho dos modelos de aprendizado de máquina na previsão dessa distribuição.	Não especificado, análise global.	2018
24. Nonlinear and delayed impacts of climate on dengue risk in Barbados A modelling study	Observacional Longitudinal	Estrutura de modelagem mista hierárquica bayesiana utilizando a Aproximação de Laplace Aninhada Integrada (INLA) para a estimativa de parâmetros do modelo. Distribuições preditivas posteriores da variável resposta para previsões fora da amostra e avaliaram o desempenho de seus modelos utilizando análises de sensibilidade e especificidade. Isso envolveu o uso de medidas estatísticas como taxa de acertos, taxa de falsos alarmes e a área sob a curva característica de operação do receptor (ROC).	Indicadores climáticos: Seca e precipitação extrema Temperatura mínima (Tmin)	Barbados, Caribe Oriental, América do Norte.	2018

Título	Tipo de Estudo	Análise Estatística	Fatores de Risco	Local	Ano
25. Management of insecticide resistance in the major Aedes vectors of arboviruses: Advances and challenges	Revisão de Literatura	Não	Urbanização Mudanças climáticas Viagens e comércio global Características específicas dos mosquitos <i>Aedes aegypti</i> e <i>Ae. albopictus</i> Uso de inseticidas e resistência desenvolvida Tipos de inseticidas Frequência de aplicação de inseticidas Fatores ambientais	Não especificado, análise global.	2019
26. Present and future incidence of dengue fever in Ecuador nationwide and coast region scale using species distribution modeling for climate variability's effect	Estudo de Modelagem	Algoritmo de Máxima Entropia (MaxEnt) para análise espacial da presença de <i>Aedes aegypti</i> . Partial Least Square Regression (PLS-R) para previsão de casos de dengue usando dados meteorológicos. Análise temporal para identificar a estação de surtos de dengue e prever a ocorrência de surtos futuros.	Densidade populacional Elevação Temperaturas médias dos trimestres mais quentes e mais úmidos Temperatura máxima e mínima	Equador, América do Sul.	2019
27. Spatial and temporal patterns of dengue incidence in northeastern Thailand 2006-2016	Observacional Longitudinal	Regressão Espacial Poisson Bayesiana para investigar a associação entre a incidência mensal da doença e as variações climáticas a nível de subdistrito.	Sazonalidade da doença, associação positiva entre a incidência de dengue e a temperatura máxima, padrões de agrupamento de casos em áreas urbanizadas e rurais da província de Khon Kaen, Tailândia. O estudo sugere a necessidade de análises adicionais para esclarecer os efeitos da urbanização e outros potenciais fatores de risco ambientais.	Khon Kaen, nordeste da Tailândia, Ásia.	2019
28. The association between dengue incidences and provincial-level weather variables in Thailand from 2001 to 2014	Longitudinal	Regressão de Poisson, regressão binomial negativa, regressão de quase-verossimilhança, ARIMA, e SARIMA. Além disso, foram utilizados coeficiente de determinação (R ²) e erro quadrático médio (RMSE) para avaliar a acurácia dos modelos preditivos. Análises como scatter plots, line plots, e funções de autocorrelação (ACF) e autocorrelação parcial (PACF) também foram usadas para investigar as relações entre variáveis meteorológicas e casos de dengue.	Variáveis meteorológicas, precipitação, direção do vento, pressão barométrica e temperatura mostraram associações significativas com incidências de dengue. A ocorrência de casos de dengue nas semanas anteriores foi identificada como um fator de risco frequente para prever novos casos.	Tailândia, Ásia.	2019

Título	Tipo de Estudo	Análise Estatística	Fatores de Risco	Local	Ano
29. A greener vision for vector control: The example of the Singapore dengue control programme	Descritivo	Taxa de incidência Análise de regressão Análise de distribuição espacial	Urbanização, movimento populacional, ineficácia dos programas de controle, mudanças climáticas, alteração de temperatura média, umidade e pluviosidade.	Singapura, Ásia.	2020
30. An investigation of human-mosquito contact using surveys and its application in assessing dengue viral transmission risk	Observacional Transversal	Wilcoxon Rank Sum, modelos lineares	Densidade de vetores, tempo gasto ao ar livre durante períodos de maior risco, local do estudo e comportamento social	Estados Unidos, América do Norte.	2020
31. Entomological assessment of the risk of dengue outbreak in Abomey-Calavi Commune, Benin	Observacional Transversal	Análise descritiva	Tipos de recipientes de água encontrados nas residências e suas proximidades, práticas de armazenamento de água, condições ambientais e sazonais	Benin, África Ocidental.	2020
32. Estimating the Threshold Effects of Climate on Dengue: A Case Study of Taiwan	Análise Retrospectiva Observacional	Regressão de limiar e modelos de regressão binomial negativa para investigar e quantificar os efeitos não lineares das variáveis meteorológicas no índice vetorial de dengue	Variáveis meteorológicas, temperatura, precipitação e umidade relativa, e sua relação com o índice larval do mosquito Aedes.	Taiwan, Asia Oriental (realizado + dados).	2020
33. Knowledge, attitudes, and practices regarding dengue, chikungunya, and Zika in Cali, Colombia.	Observacional Transversal	Modelos lineares generalizados (GLMs) para identificar os preditores significativos do conhecimento, atitude e prática (KAP) em relação às doenças transmitidas por vetores. Testes de fator de inflação de variância (VIF) para avaliar possíveis problemas de multicolinearidade. Testes qui-quadrado (X2) para comparar variáveis independentes entre os grupos de estratos socioeconômicos. A análise dos dados foi realizada no software de programação estatística R.	Características socioeconômicas e demográficas: estrato social, sexo, estado civil, ocupação, raça e idade. Familiaridade e ocorrência prévia das doenças transmitidas por vetores, bem como a acessibilidade e o tempo de deslocamento para os serviços de saúde, foram identificados como fatores significativos. Estes fatores estão associados ao conhecimento, atitude e práticas em relação às doenças estudadas. Mudanças climáticas podem estar indiretamente associadas aos níveis de conhecimento, atitude e prática em relação às doenças transmitidas por vetores.	Cali, Colombia, América do Sul.	2020

Título	Tipo de Estudo	Análise Estatística	Fatores de Risco	Local	Ano
34. Land cover affects microclimate and temperature suitability for arbovirus transmission in an urban landscape	Observacional Longitudinal	Modelos de regressão, para prever as temperaturas microclimáticas mínimas e máximas. Modelos empíricos para relacionar a abundância de mosquitos com variáveis climáticas. Validação cruzada para avaliar o desempenho dos modelos.	Capacidade vetorial do mosquito sensível à cobertura arbórea durante o verão e tornava-se mais sensível à cobertura de superfícies impermeáveis no início do outono. Cobertura arbórea Cobertura de superfícies impermeáveis Sensibilidade da capacidade vetorial do mosquito a esses fatores ao longo do tempo (verão versus início do outono) Diferenças entre dados de microclima e dados de estações meteorológicas locais	Estados Unidos, América do Norte.	2020
35. The role of urbanisation in the spread of aedes mosquitoes and the diseases they transmit: a systematic review	Revisão Sistemática	Meta análise	Urbanização e expansão não planejada, abundância de mosquitos <i>Aedes</i> , criando condições favoráveis para a transmissão da dengue. Condições socioeconômicas: Bairros com alta densidade populacional e baixo status. Variações climáticas, temperatura e umidade.	Argentina Laos (Vientiane) Europa Colombia (Cali).	2021
36. Burning embers: synthesis of the health risks of climate change	Revisão Sistemática	Não	Aumento da temperatura global, mudanças climáticas, poluição do ar	Não especificado, análise global.	2021
37. Climate change and risk of arboviral diseases in the state of Rio de Janeiro (Brazil)	Estudo de Avaliação	Modelos de regressão, análises de séries temporais	Mudanças climáticas globais, projeções de aumento de temperatura e umidade, condições propícias para a proliferação do vetor, vulnerabilidade social e urbana	Rio de Janeiro, Brasil, América do Sul.	2021
38. Dengue risk assessment using multicriteria decision analysis: A case study of Bhutan	Análise de Risco	Médias sazonais de precipitação e temperatura, correlação de Pearson para fatores de risco associados à transmissão de dengue e a quantificação da capacidade preditiva do MCDA usando uma Curva Característica de Operação do Receptor (ROC).	Distância de corpos d'água abertos e rios, redes viárias, precipitação, temperatura, cobertura do solo, uso da terra, e densidade populacional	Butão. Ásia.	2021

Título	Tipo de Estudo	Análise Estatística	Fatores de Risco	Local	Ano
39. Dengue transmission risk in a changing climate: Bangladesh is likely to experience a longer dengue fever season in the future	Estudo de Modelagem	Média, variação e as tendências ao longo do tempo da capacidade vetorial dos mosquitos <i>Aedes aegypti</i> em diferentes regiões de Bangladesh sob cenários de concentrações de gases de efeito estufa. Eles também compararam os dados observados com projeções futuras derivadas de modelos climáticos.	Mudanças climáticas, aumento da temperatura, variabilidade sazonal, aumento das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera	Bangladesh, Ásia.	2021
40. Exploring the utility of social-ecological and entomological risk factors for dengue infection as surveillance indicators in the dengue hyper-endemic city of Machala, Ecuador	Observacional Longitudinal	Análises estatísticas bivariadas e modelagem de regressão logística multivariada para identificar associações entre variáveis sociais, ecológicas, entomológicas e epidemiológicas com a presença de <i>Aedes aegypti</i> e a infecção por dengue em nível domiciliar. As análises bivariadas examinaram associações simples entre variáveis. Regressão logística multivariada permitiu controlar múltiplas variáveis simultaneamente para identificar fatores independentes associados com a presença de <i>Aedes aegypti</i> e a infecção por dengue. Os resultados foram interpretados com base nos valores de p e OR (razão de chances).	Fatores de risco: Interrupções no fornecimento de água, coleta semanal de lixo e a falta de ar condicionado. Fatores de proteção: uso de ar condicionado e telas e janelas em boas condições. Para a infecção por dengue em nível domiciliar, os fatores de risco incluem a presença de pátios sombreados e o status de emprego do chefe de família. Estes achados são importantes para o desenvolvimento de estratégias de vigilância e intervenções direcionadas.	Machala, Equador, América do Sul.	2021
41. How will mosquitoes adapt to climate warming?	Revisão de Literatura	Não	Adaptação climática dos mosquitos e seu potencial impacto na transmissão de doenças. Tempo de geração dos mosquitos, as taxas de crescimento populacional, seleção imposta pela temperatura, plasticidade fenotípica e a variação genotípica na tolerância térmica.	Brasil, América do Sul.	2021

Título	Tipo de Estudo	Análise Estatística	Fatores de Risco	Local	Ano
42. Management of insecticides for use in disease vector control: Lessons from six countries in Asia and the Middle East	Estudo qualitativo	Não	Aspectos organizacionais do controle de vetores Coordenação entre programas Coordenação intersetorial Capacidade entomológica Gestão de resistência a inseticidas Controle regulatório de pesticidas Aquisição de pesticidas Métodos de aplicação e medidas de segurança Armazenamento e eliminação de pesticidas	Bangladesh, Cambodia, Nepal, Sri Lanka, Oman e Vietnam, Ásia.	2021
43. The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change code red for a healthy future	Revisão de Literatura	Não	Vulnerabilidade à doenças transmitidas por mosquitos, especialmente em países com baixo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Redução no potencial de rendimento de culturas alimentares como milho, trigo de inverno, soja e arroz devido ao aumento das temperaturas. Insegurança alimentar e subnutrição, mudanças climáticas. Aumento nas temperaturas da superfície do mar afetando a produtividade e segurança alimentar marinha, especialmente populações costeiras em países de baixo e médio IDH.	Não especificado, análise global.	2021
44. Circular Policy: A New Approach to Vector and Vector-Borne Diseases' Management in Line with the Global Vector Control Response (2017–2030)	Discussão	Não	Mudanças climáticas, introdução de espécies invasoras, densidade populacional, trânsito internacional	Não especificado, análise global.	2022
45. Climate-driven mosquito-borne viral suitability index: measuring risk transmission of dengue, chikungunya and Zika in Mexico	Análise temporal e análise espacial	Cálculo do Índice P (uma medida do potencial de transmissão do vírus do mosquito) e a correlação de Pearson entre o índice P e a incidência média de Zika e chikungunya	Variabilidade climática sazonal, temperatura, umidade, precipitação, movimentos populacionais, características socioeconômicas das famílias, densidade populacional, falta de capacidade em muitos países em desenvolvimento para coletar uma ampla gama de dados entomológicos, epidemiológicos e socioeconômicos de forma sistemática	México, América do Norte.	2022

Título	Tipo de Estudo	Análise Estatística	Fatores de Risco	Local	Ano
46. The effect of weather and climate on dengue Peru	Série temporal	Teste de Moran's para avaliar autocorrelação espacial Funções de autocorrelação parcial Análises de estratificação para examinar possíveis efeitos modificadores Testes de significância estatística para avaliar a relação entre variáveis como temperatura, precipitação e incidência de dengue.	Temperatura El Niño Southern Oscillation (ENSO) Sazonalidade Variáveis geográficas Estação do ano	Peru, América do Sul.	2022
47. The use of drones for mosquito surveillance and control	Revisão de Literatura	Não	Expansão geográfica de doenças transmitidas por vetores, resistência a inseticidas, transmissão externa, heterogeneidade ecológica e comportamento das espécies de mosquitos. Desafios e percepções de segurança/privacidade e aceitação da comunidade para o uso de drones também pode ser considerada um fator de risco relacionado à implementação de programas de vigilância e controle de vetores.	Amazonia Peruana, Peru , América do Sul.	2022
48. An ecological assessment of the potential pandemic threat of Dengue Virus in Zhejiang province of China	Análise de Risco	Spatial analysis, geographic information systems (GIS)	Densidade populacional urbana, temperatura e precipitação, mosquitos infectados e fatores ambientais, mudanças climáticas.	Zhejiang, China, Ásia.	2023
49. Invasive mosquito vectors in Europe: From bioecology to surveillance and management	Revisão de Literatura	Não	Mudanças climáticas, urbanização crescente e a redução da biodiversidade, que podem impulsionar a disseminação de várias espécies de mosquito invasoras na Europa.	Europa.	2023
50. Wolbachia-Based Approaches to Controlling Mosquito-Borne Viral Threats: Innovations, AI Integration, and Future Directions in the Context of Climate Change	Revisão de Literatura	Não	Mudanças climáticas, urbanização, aquecimento global, eventos climáticos extremos e expansão geográfica do vetor.	Itália, Estados Unidos, Brasil.	2024

Título	Tipo de Estudo	Análise Estatística	Fatores de Risco	Local	Ano
51. Wolbachia: A Bacterial Weapon Against Dengue Fever- A Narrative Review of Risk Factors for Dengue Fever Outbreaks	Revisão Sistemática	Não	Mudanças climáticas, aquecimento global, eventos e viagens internacionais, temperatura e precipitação, guerras.	Irã.	2025

Os surtos autóctones de dengue registrados no Texas, Hawaii, Louisiana e Flórida, entre 2004 e 2011, suscitaram preocupações sobre o aumento do risco que o *Aedes aegypti* e o *Aedes albopictus* representam para a saúde pública nos Estados Unidos continentais (PATTERSON; SAMMON; GARG, 2016). Segundo Eisen e Moore (2013), ainda existe uma lacuna significativa no entendimento sobre como o aquecimento global afeta e/ou afetará a disseminação desses mosquitos em regiões de clima mais frio. Embora estudos realizados em áreas com características ambientais similares, como regiões elevadas do México e a Cordilheira dos Andes, na América do Sul, forneçam *insights* valiosos, suas condições climáticas não são totalmente comparáveis às dos Estados Unidos. Além disso, variáveis adicionais, como a introdução de novos sorotipos do vírus por meio de viagens à áreas endêmicas, resposta imunológica da população e capacidade dos vetores de se adaptar à urbanização crescente, tornam a dinâmica de transmissão local da dengue ainda mais complexa. Esses desafios destacam a necessidade urgente de pesquisas específicas, voltadas para avaliar de forma abrangente os impactos do aquecimento global e outros fatores sobre a proliferação de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* em áreas específicas do globo.

Na Austrália, quatro grandes epidemias acometeram as regiões de Queensland e New South Wales entre os anos de 1897 e 1926, sendo responsáveis por 733 óbitos e afetando 90% da população total a cada ciclo epidêmico. Em Brisbane, capital altamente populosa do estado de Queensland, o mosquito conseguiu ser eliminado à partir de políticas públicas “anti-mosquito”, iniciadas em 1911 e fortificadas em 1926 com a “Seção Entomológica de Brisbane”, portando regulamentações específicas e vigilância através de visitas domiciliares sistemáticas. O intuito principal visava manter os tanques utilizados para captar a água das chuvas completamente fechados, impedindo a entrada e saída dos mos-

quitos. A desobediência por parte da população frente a essas medidas era passível de multas e processos judiciais. A necessidade de tanques de estocagem de água foi diminuindo em resposta ao abastecimento público de água na região, sugerindo ter sido o principal motivo do desaparecimento do *Aedes aegypti* em Brisbane. Essa possibilidade de extinção pode ser explicada partindo do período total de observação de 128 anos (1887 até 2016) comparado ao número total de anos (27) em que o mosquito foi avistado. Por fim, o intervalo entre a última fiscalização positiva para a presença do vetor foi de 59 anos (1957 até 2016). Os resultados indicam que a probabilidade de que a espécie ainda esteja presente seja expressivamente baixa, com base na frequência média de avistamentos resultando $P=0,042$ (TREWIN et al., 2017).

Historicamente, algumas das iniciativas de mitigação das doenças transmitidas por vetores obtiveram diferentes graus de sucesso, como controle da febre amarela nas Américas no início do século XX até a década de 1960, ou mesmo a erradicação do *Aedes aegypti* no Brasil em 1958, após a implementação das brigadas sanitárias (BRAGA, 2007; ROIZ et al., 2018). Todavia, o *status quo* atual revela que, apesar desses êxitos históricos, o cenário contemporâneo impõe novos desafios que decorrem, em grande parte, de fatores como a urbanização desordenada, as mudanças climáticas, a crescente mobilidade humana e a evolução da resistência dos mosquitos aos inseticidas. Diante disso, torna-se imperativo o desenvolvimento e a implementação de estratégias de controle integradas e sustentáveis, que considerem as particularidades locais e promovam a colaboração intersetorial para reduzir efetivamente o risco de transmissão das doenças. Assim, o advento elaborado para a septuagésima Assembléia Mundial da Saúde (PAHO, 2017), intitulado *Global Vector Control Response* (GVCR) e vigente até o ano de 2030, objetivou fornecer aos países orientações estratégicas visando o controle vetorial eficaz, adequado e sustentável, através do desenvolvimento de duas bases de controle vetorial: a pesquisa básica aplicada e o desenvolvimento de capacidades e habilidades. Partindo dessa premissa, foram elaborados quatro pilares de ação: I) vigilância e avaliação vetorial; II) aplicação integrada de ferramentas e estratégias de controle; III) mobilização e engajamento das comunidades; e IV) colaboração intrasetorial e intersetorial. Ademais, por meio de diretrizes baseadas em evidências, é possível implementar o *Integrated Aedes Management* (IAM), que visa otimizar as

capacidades nacionais de acordo com os seus próprios programas de saúde pública. Propõe-se, então, tomadas de decisão baseadas no risco de transmissão e cenários de distribuição vetorial local e risco de disseminação do vírus, adaptando a resposta de acordo com os cinco cenários previstos:

- Cenário 1 (S1): ausência do *Aedes* e de transmissão;
- Cenário 2 (S2): *Aedes* estabelecido, ausência de transmissão;
- Cenário 3 (S3): *Aedes* amplamente estabelecido, transmissão esporádica;
- Cenário 4 (S4): *Aedes* amplamente estabelecido, transmissão endêmica;
- Cenário 5 (S5): *Aedes* amplamente estabelecido, transmissão epidêmica.

Complementarmente, o *Integrated Vector Management* (IVM) incorpora a chamada Política Circular, um ciclo contínuo composto por planejar, agir, avaliar e reagir, que assegura a constante reavaliação e aprimoramento das estratégias de controle vetorial (TOURAPI; TSIOUTIS, 2022). Dessa forma, enquanto o IAM fornece a estrutura para a definição de medidas baseadas em riscos e cenários epidemiológicos, o IVM, por meio da Política Circular, garante que essas medidas sejam implementadas de forma dinâmica e adaptável, possibilitando uma resposta coordenada e sustentável aos desafios emergentes do controle de doenças transmitidas por vetores.

No Brasil, os indicadores entomológicos desempenham um papel fundamental na vigilância epidemiológica nacional. Nesse contexto, o Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti* (LIRAA), por meio do Índice de *Breteau* e do Índice de Infestação Predial (IIP), permite o desenvolvimento de estratégias adaptadas às características específicas de diferentes localidades municipais. Contudo, embora essas taxas sejam essenciais para a metrificação das infestações, elas apresentam limitações no que tange a esferas significativas da transmissão, uma vez que esta ocorre por meio da ação dos mosquitos adultos. A análise de sazonalidade associada aos indicadores entomológicos e taxas de incidência elevadas da dengue concluíram que a densidade elevada do *Aedes aegypti* em seus estágios iniciais não apresenta relação direta com a ocorrência da dengue, evidenciando a complexidade do ciclo de transmissão (BARBOSA et al., 2014). Mensurados também na Comuna de Abomey-Calavi, em Benin, África, estabeleceram sinal de alerta após dois casos de dengue serem confirmados em 2010, e um caso de dengue hemorrágica em 2019. Diferentemente do Continente Asiático, Américas e Europa, casos de dengue, especialmente em comunidades pe-

quenas da África, são escassamente documentados devido à fragilidade da infraestrutura e do sistema de saúde, sendo a dengue e demais arboviroses erroneamente diagnosticadas como casos de malária (STOLER et al., 2014), sendo esta causada por vetor e agente infeccioso completamente distintos. Os resultados indicaram um Índice de *Breteau* de 160.2 e um Índice de Infestação Predial (IIP) de 58,5%, exacerbando os limites de alto risco epidêmico em Abomey-Calavi, e também na Comuna de Hêvié, com índices de *Breteau* e IIP de 150 e 61,6%, respectivamente (PADONOU et al., 2020).

Diante desse cenário de alto risco epidêmico, as estratégias de controle vetorial tornam-se ainda mais relevantes. A utilização de inseticidas químicos, por exemplo, continua sendo uma das principais ferramentas empregadas para conter a proliferação do mosquito. No entanto, estudos indicam uma lacuna significativa na gestão desses pesticidas, abrangendo aspectos como aquisição, armazenamento, descarte e os riscos ocupacionais aos trabalhadores responsáveis por sua aplicação. Em países da Ásia e do Oriente Médio, as políticas públicas são direcionadas principalmente para o controle de doenças como malária, leishmaniose visceral e dengue. Uma análise qualitativa revelou diversas deficiências na gestão desses produtos, evidenciando que as medidas de segurança e controle são amplamente centralizadas nas estratégias voltadas à malária, enquanto os programas de combate à dengue e à leishmaniose operam de forma descentralizada. Isso resulta em uma falta de padronização nas práticas de aquisição e manejo dos inseticidas. Os países Bangladesh, Camboja, Nepal, Omã, Sri Lanka e Vietnã apresentaram os piores índices tanto na gestão de inseticidas quanto na implementação de medidas apropriadas para o controle da dengue, destacando também a ausência de capacitação entomológica básica nesse setor (VAN DEN BERG; VELAYUDHAN; YADAV, 2021).

A crescente resistência a inseticidas é outro fator amplamente distribuído nas populações de vetores e, somado ao número limitado de inseticidas disponíveis – e eficazes – para a saúde pública, é imprescindível manter a eficácia dessas moléculas. Para isso, a implementação de estratégias de Manejo da Resistência a Inseticidas (*Insecticide Resistance Management* – IRM) surge como uma proposta que visa prevenir a resistência em populações suscetíveis, retardar sua evolução ou reverter essa resistência para um nível compatível com o uso eficiente dos insetici-

das no controle vetorial. Ademais, é nítida a possibilidade do que o aumento constante em ambos volume e periodicidade desses químicos desencadeie desequilíbrios ambientais, ao passo em que, questões ambientais já existentes, como pluviosidade, temperatura e vento, podem agir em detrimento do potencial de eficácia dos inseticidas (DUSFOUR et al., 2019). No Caribe, uma população de *Aedes aegypti* foi controlada através da liberação lenta de uma formulação do larvicida organofosforado Temefos, contudo, sua eficácia perdurou apenas três semanas em populações de resistência moderada. No caso de populações altamente resistentes, as taxas de mortalidade caíram para 50% no decorrer de uma semana. De forma semelhante, no Brasil, populações resistentes apresentaram mortalidade reduzida em recipientes tratados com Temefos, quando comparadas à cepa de referência suscetível. No caso da Fenitrothion, também organofosforado, sua eficácia parece ser mantida por um período maior de tempo, contudo, é sabido que esses compostos químicos são extremamente tóxicos, podendo causar enfermidades cardiorespiratórias e lesões cognitivas de caráter agudo e crônico e alterações em solo e água. Assim, cada vez mais países estão regulamentando a utilização desses organofosforados, requerendo procedimentos rigorosos de registro e aplicação (DUSFOUR et al., 2019; SCKROTK et al., 2024).

A deltametrina, substância sintética da classe dos piretroides, age como um eficaz aduictida. Em Cuba, estratégias para o controle do *Aedes* em todas as suas fases são empregadas através de uma combinação de compostos químicos, incluindo aplicação de Temefos em recipientes com água, aplicação seletiva de aduictidas via borrifação de Cipermetrina e Clorpirifós ou pulverização residual perifocal com deltametrina quando detectados criadouros ou casos de dengue. A *Perma-Net*, cortinas de poliéster tratadas com deltametrina de longa duração (55mg/m²) e revestidas com um protetor para evitar a degradação do inseticida pela exposição UV, tendo efeito residual de até dois anos de acordo com a fabricante suíça *Vestergaard-Frandsen*, foi proposta pelo Programa Nacional Cubano de Controle de Vetores como uma nova estratégia de controle em Santiago de Cuba. Através de levantamentos qualitativos baseados em entrevistas obtidas em ensaios clínicos randomizados para testar a eficácia da ferramenta, que obteve aceitação maior do que os tratamentos baseados em inseticida residual. As restrições levantadas pelo fabricante, como reações alérgicas, toxicidade e eficácia reduziram a aceitação das cortinas por parte da população, ressaltando que a percepção dos

moradores para com o risco de exposição à dengue e gravidade da infecção não influenciaram de forma significativa a aceitabilidade (PÉREZ et al., 2018). Em Singapura, as estratégias de controle visam cada vez mais a aplicabilidade de abordagens sustentáveis e limpas, limitando o uso de inseticidas e classificando estes como uma solução de curto prazo, restrito a áreas específicas e a períodos de surto. O controle da dengue nesta cidade-Estado insular de 5,64 milhões de habitantes é liderado pela *National Environment Agency* (NEA), uma agência estatutária do Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos locais. O triunfo das estratégias de controle de Singapura estabelece um paralelo ao *Global Vector Control Response* (GVCR), destacando a importância da colaboração intersetorial, envolvimento comunitário e medidas inovadoras. O Departamento de Comunicação Corporativa do NEA é responsável pela ampla divulgação de comunicados e informações através das mídias sociais, ao passo que a Divisão de Rede 3P (Pessoas, Público, Privado) abarca iniciativas de educação e prevenção ambiental, tanto da dengue quanto demais enfermidades. Através da abordagem colaborativa *bottom-up*, considerando a opinião comunitária e seu engajamento para a verificação de criadouros domiciliares. Também realizam o treinamento de voluntários que agem como disseminadores de informação, educando outros cidadãos sobre estratégias de controle e prevenção da dengue. As prefeituras de cada distrito são responsáveis pelo incentivo dessas ações através da metodologia *5-Step Mozzie Wipeout*, que objetiva a realização das medidas práticas que visam eliminar reservatórios de água e realizar a limpeza de locais que acumulam qualquer volume de água (SIM et al., 2020).

Uma alternativa promissora no controle do *Aedes aegypti* consiste na liberação de mosquitos infectados pela bactéria *Wolbachia*, Alphaproteobacterias pertencentes à família *Rickettsiaceae*, conhecidas por habitarem simbioticamente o organismo de vetores artrópodes e parasitas nematódeos. Foram primeiramente encontradas em células reprodutivas do mosquito *Culex pipiens*, possuem capacidade de disseminação vertical e horizontal, o que, conseqüentemente, exerce influências significativas como morte embrionária e incompatibilidade citoplasmática. Assim, a liberação de mosquitos machos infectados em laboratório representa uma estratégia biológica de supressão populacional, pois esses espécimes, ao acasalarem com fêmeas selvagens não infectadas, inviabilizam sua prole (SAFAEI; DERAKHSHAN-SEFIDI; KARIMI, 2025).

Os mosquitos *Wolbachia* são resistentes ao vírus da dengue, podendo reduzir consideravelmente a transmissão da infecção. Além disso, a *Wolbachia* não é capaz de infectar hospedeiros vertebrados, o que torna essa abordagem de controle segura e viável (BRANDA et al., 2024; SIM et al., 2020). Outra ferramenta inovadora e que pode atuar como adjunto na liberação de mosquitos *Wolbachia*, dispersão de larvicidas e análise espacial é a utilização de drones para a vigilância ativa e controle vetorial.

Carrasco-Escobar et al. (2022) definiram cinco etapas de estratégia de mapeamento ambiental para a implementação dos drones. A primeira baseia-se na definição da área de interesse (*Area of Interest* – AOI) a ser determinada baseadas em características ambientais e epidemiológicas; a segunda visa a coleta de pontos de controle terrestres (*Ground Control Points* – GCP) e requerendo GPS (*Global Positioning System*) de alta precisão, garantindo precisão geoespacial; a terceira diretriz fixa-se em planejar e executar o voo, ajustando altitude, ângulos e programando rotas que cubram a área de interesse; após o voo, a quarta etapa processa e analisa as imagens obtidas, utilizando *softwares* que promovam a geração de imagens georreferenciadas e aprendizado de máquina, classificando áreas de risco e; a quinta etapa finaliza o processo através da interpretação dos resultados obtidos e sua posterior aplicação, que pode abranger ações de controle como remoção de criadouros, aplicação de inseticidas químicos e dispersão de mosquitos infectados por *Wolbachia*.

Além das estratégias biológicas voltadas ao controle vetorial, compreender as nuances adaptativas do *Aedes aegypti* torna-se essencial para prever sua distribuição futura e eficácia das intervenções. Ao longo das eras, uma ampla diversidade de espécies desenvolveu notáveis mecanismos de adaptação frente às condições extremas. No entanto, os limites fisiológicos da adaptação térmica do *Aedes aegypti* ainda não estão completamente esclarecidos. É sabido que fatores abióticos como temperatura, umidade e pressão atmosférica desempenham um papel crucial na manutenção das funções biológicas desses poiquilotérmicos, influenciando padrões reprodutivos e a competência larval por conta da dissecação dos ovos, perda de capacidade locomotiva e alterações metabólicas (COUPER et al., 2021; LI et al., 2018; REINHOLD; LAZZARI; LAHONDÈRE, 2018).

Outrossim, os hábitos do *Aedes aegypti* estão intimamente ligados às áreas urbanizadas e aos climas tropicais, estabelecendo um notável contraponto à versatilidade adaptativa do *Aedes albopictus*. Este último, vetor da febre amarela, chikungunya e dengue em seu ciclo silvático, tem demonstrado uma capacidade adaptativa e expansiva superior nos últimos anos, atribuída, em parte, à sua capacidade de induzir a diapausa (COUPER et al., 2021; DING et al., 2018), um estado de dormência fisiológica, induzido por condições ambientais adversas, e que possibilita a sobrevivência prolongada dos ovos em temperaturas desfavoráveis (GIUNTI; BECKER; BENELLI, 2023). Essa plasticidade fenotípica, ao permitir ajustes morfofisiológicos em resposta ao ambiente, confere ao *Aedes albopictus* vantagens evolutivas significativas. Entre elas, destacam-se uma maior carga viral em suas glândulas salivares e a capacidade de transmissão transovariana de patógenos, fatores que ampliam seu potencial como vetor e representam desafios adicionais às estratégias de controle (REINHOLD; LAZZARI; LAHONDÈRE, 2018).

As mudanças antropogênicas configuram um ciclo de causa e efeito na capacidade adaptativa dos mosquitos, redirecionando-os para os grandes centros urbanos. A variabilidade climática dessas metrópoles exige o desenvolvimento de abordagens sustentáveis de modulação térmica, como os telhados verdes. Embora válida, essa alternativa pode paradoxalmente criar mais uma frente para o *Aedes*, ao estabelecer microclimas favoráveis à oviposição e ao desenvolvimento larval, expandindo, assim, os nichos ecológicos desse vetor (WONG; JIM, 2016). O entendimento da bioecologia desses vetores não deve se restringir às variáveis macroclimáticas. Modelos de transmissão de doenças devem incorporar estimativas baseadas em dados microclimáticos, possibilitando uma compreensão espacial mais precisa e ecologicamente adequada às diferentes localidades. Um estudo realizado por Wimberly et al. (2020) observou a heterogeneidade microclimática encontrada entre diferentes gradientes de cobertura e de arborização, migrando de áreas populosas e pavimentadas do condado de *Athens-Clarke*, na Georgia, até regiões rurais com vasta vegetação. Ademais, foi demonstrado que paisagens urbanas retêm mais calor, formando as denominadas “ilhas de calor urbanas” que por vezes possuem áreas de vegetação. A crescente configuração estrutural das cidades, onde não há clara delimitação entre o urbano e o silvático, oferece uma espécie de refúgio microclimático, favorecendo não apenas a capacidade vetorial, mas também as chances de *spill-over*.

Compreender a dinâmica espaço-temporal da dengue requer análises antropológicas que dissipem possíveis vieses ao que infere o cenário epidemiológico como um todo. O comportamento humano pode influenciar padrões de disseminação tanto quanto a capacidade adaptativa vetorial. Ao realizarem um estudo de coorte longitudinal na cidade de Iquitos, Peru, Stoddard et al. (2013) identificaram que o movimento humano pode ser um fator de risco contribuinte para a ocorrência de surtos na região. Dos 54 *clusters* investigados no período de duas temporadas propícias para a transmissão da dengue, 191 residências foram investigadas, atribuindo análises sanguíneas para 906 residentes com idade igual ou superior a cinco anos. Dentre as amostras, 171 obtiveram resultado positivo para a dengue, estimando um percentual de 82,4 para a forma assintomática da infecção. Dentre os casos *index* provenientes dos *clusters* investigados, 68% eram estudantes na faixa etária igual ou inferior a 22 anos, responsáveis pela visita à aproximadamente 8,5 residências e outros locais, com maior frequência a casa de amigos em familiares no período de 05:00 PM e 22:00 PM. Outro ponto importante do estudo foi a introdução do sorotipo DENV-4 em Iquitos, sendo este detectado em aproximadamente 99% das análises realizadas ao longo dos dois períodos de estudo. Informações relacionadas à interação entre mosquito e humano ainda são inópias, tendo como principal motivo o método utilizado para a coleta desses dados ser apoiado na Captura por Aterrissagem Humana (*Human Landing Capture – HLC*), sendo este pouco prático e antiético. Esse método é aplicado para mensurar a interação entre seres humanos e mosquitos do gênero *Anopheles*, transmissores da malária, e que possuem comportamento significativamente distinto quando comparado ao *Aedes aegypti*.

Dessa maneira, outras metodologias podem ser desenvolvidas a fim de contribuir na complementação desses dados. Thongsripong et al. (2020) desenvolveram duas modalidades de questionários epidemiológicos autoaplicáveis. O primeiro consistia em perguntas rápidas e de múltipla escolha no formato *Door Hangers*, visando avaliar a extensão de exposição à picadas e a taxa de retorno, questionando o número de lesões causadas por mosquitos contabilizadas em um período de sete dias, os locais onde essas lesões eram mais comumente encontradas e a frequência de exposição ao repasto sanguíneo em perímetro residencial. O segundo questionário, aplicado em formato *on-line* e portando ques-

tões abertas para detalhar as informações obtidas no questionário 1, e outras informações relevantes como tempo gasto ao ar livre, faixa etária, sexo e número de habitantes por residência. Foram incluídos quatro bairros do estado de Nova Orleans para a participação no questionário preliminar, e quatro quarteirões de cada bairro escolhidos aleatoriamente a cada mês, durante os dois meses da pesquisa (agosto e setembro de 2016). Os questionários ficavam nas casas por um período de 24 horas e posteriormente eram recolhidos. No segundo questionário, apenas dois locais do estudo foram incluídos, e abrangeu o período de abril a agosto de 2017, com a mesma logística de escolha de quarteirões para cada mês de estudo. Os resultados demonstram uma taxa de exposição significativamente maior para picadas de mosquito ao ar livre, em comparação com ambientes fechados, para todos os locais de análise. O número de repasto sanguíneo ao ar livre foi positivamente correlacionado ao tempo, especialmente durante a noite. Outrossim, foi observada uma divergência significativa para as repostas do questionário 2 reportando maior exposição a picadas ao ar livre em comparação aos do questionário 1, podendo ser atribuída à variação na densidade do vetor entre os dois locais. Esses estudos em mesoescala são úteis em atribuir fatores de risco, mas geralmente não incluem orientações abrangentes para intervenções residenciais.

Enquanto abordagens em mesoescala identificam padrões populacionais, análises em microescala revelam mecanismos de transmissão e proteção essenciais para intervenções direcionadas. O status de hiperendemicidade de dengue na cidade de Machala reflete uma gama de desafios para além do Equador, destacando a presença persistente do *Aedes aegypti* é corroborada por fatores como elevada densidade populacional e condições climáticas. Tais indicadores confirmam a correlação entre a presença do vetor e fatores de risco como interrupção de abastecimento de água, cursando para a necessidade de captura e armazenamento de água de maneira inadequada. Contudo, a presença do vetor não apresentou associação fidedigna para a ocorrência da dengue à nível domiciliar, o que sugere que o contato com o vírus possa estar atribuído a outros ambientes (LIPPI et al., 2021).

A inclusão de práticas comunitárias apresenta-se como uma abordagem promissora para estratégias de controle vetorial, embora a relação entre conhecimento e ação prática nem sempre seja direta, conforme evidenciado por estudos como o de Castro et al. (2013). Em Cuba, Análises Fatoriais Confirmatórias

(*Confirmatory Factor Analysis* – CFA) revelaram que o conhecimento sobre dengue teve um efeito positivo significativo na adoção de práticas preventivas, enquanto o status econômico mostrou-se associado apenas ao conhecimento, sem impacto direto na percepção de risco ou nas práticas. Esse achado reforça a complexidade dos determinantes comportamentais, já que mesmo em contextos com acesso universal a educação e saúde, como em Cuba, a mudança de práticas depende de fatores além do conhecimento teórico. A metodologia KAP (Knowledge, Attitudes and Practices), utilizada em estudos realizados na província de Kampong Cham, no Camboja, e também em Cali, na Colômbia, destaca a importância de ferramentas educacionais estruturadas para mapear lacunas comportamentais. No estudo cubano, questionários e guias de observação permitiram identificar que 39% dos entrevistados não se consideravam em risco de contrair dengue, apesar de 87% reconhecerem sua letalidade. Essa dissonância entre percepção de risco e ação prática ressoa com os resultados de Kumaran et al. (2018) e Desjardins et al. (2020), nos quais elevados níveis de conhecimento não se traduziram em engajamento comunitário robusto no que tange adoção de práticas de controle.

Além disso, o uso de Modelagem de Equações Estruturais (*Structural Equation Modeling* – SEM) utilizada para analisar relações complexas entre múltiplas variáveis, como Variáveis Observáveis atribuídas às respostas dos questionários, e a Análise Fatorial Confirmatória (CFA), oferece um arcabouço metodológico para analisar relações multidimensionais entre variáveis como status econômico e percepção de risco. Essa abordagem poderia ser aplicada para interpretar dados de estudos KAP, como os realizados no Camboja e na Colômbia, onde a dependência excessiva de larvicidas químicos – confirmada por 73% dos entrevistados – contrasta com a baixa adoção de medidas preventivas sustentáveis. Por conseguinte, estratégias comunitárias devem priorizar intervenções concretas e contextualizadas, como a eliminação de criadouros, em vez de depender exclusivamente de campanhas informativas. Dessa forma, torna-se evidente que o conhecimento, embora essencial, não é suficiente para promover mudanças efetivas no controle vetorial da dengue. A adoção de práticas preventivas depende de uma interação complexa entre fatores socioeconômicos, percepção de risco e estratégias educacionais bem estruturadas.

Nesse sentido, metodologias como a Modelagem de Equações Estruturais oferecem ferramentas valiosas para compreender esses determinantes e orientar

políticas públicas mais eficazes. Portanto, para que as estratégias comunitárias tenham impacto duradouro, é fundamental que sejam acompanhadas de ações que transcendam a disseminação de informação, incorporando medidas concretas e adaptadas às realidades locais.

Conclusões

As informações aqui apresentadas substanciam a intrincada correlação entre as mudanças climáticas e a disseminação da dengue. Observa-se que o aquecimento global, a intensificação dos eventos climáticos extremos e as alterações nos padrões de precipitação interferem significativamente na ecologia dos vetores *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. Esses fatores repercutem direta e/ou indiretamente na distribuição espacial e na incidência da dengue, sobretudo em regiões tropicais e subtropicais, marcadas por desigualdades sociais, infraestrutura precarizada e acesso limitado à saúde pública. Ademais, a urbanização desordenada, o desmatamento, o uso inadequado do solo e a ausência de saneamento básico são fatores que ampliam – em níveis tanto geoespaciais quanto numéricos – os habitats propícios à reprodução do vetor. Desta maneira, as mudanças climáticas não atuam de forma isolada, mas sim, como catalisadoras de um conjunto de vulnerabilidades pré-existentes, convertendo-se em fator agravante no quadro epidemiológico das arboviroses.

A inespecificidade ou ausência dos sinais clínicos conduz o sistema de saúde à subnotificação de casos, restringindo o acesso à real prevalência da enfermidade e, conseqüentemente, comprometendo a formulação de estratégias de controle eficazes, tecendo lacunas que carecem de dados regionais específicos e sistemas de vigilância integrados. Tal contexto reforça a importância de abordagens transdisciplinares, como a perspectiva *One Health*, que compreende a saúde humana, animal e ambiental como dimensões interdependentes.

Em virtude do anteriormente exposto, a presente revisão sistemática não apenas reforça a hipótese de que as mudanças climáticas influenciam os padrões de disseminação da dengue, como também evidencia a necessidade de se considerar tais variáveis no planejamento de políticas públicas e no aprimoramento das estratégias de vigilância epidemiológica. É imperativo que governos, instituições acadêmicas e a sociedade civil cooperem em prol da construção de sistemas de saúde resilientes, capazes de antecipar, mitigar e responder aos impactos das alterações ambientais sobre a saúde coletiva.

Referências Bibliográficas

BANU, S. et al. Projecting the impact of climate change on dengue transmission in dhaka, bangladesh. **Environment International**, v. 63, p. 137–142, 2014.

BARBOSA, G. L. et al. Spatial Distribution of the Risk of Dengue and the Entomological Indicators in Sumaré, State of São Paulo, Brazil. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 8, n. 5, 2014.

BELLONE, R.; FAILLOUX, A.-B. The Role of Temperature in Shaping Mosquito-Borne Viruses Transmission. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 584846, 2020.

BHATT, S. et al. The global distribution and burden of dengue. **Nature**, v. 496, n. 7446, p. 504–507, abr. 2013.

BRAGA, I. A. Aedes aegypti: histórico do controle no Brasil. Controle de Aedes aegypti no Brasil. v. 16, n. 2, p. 113–118, jun. 2007.

BRANDA, F. et al. Wolbachia-Based Approaches to Controlling Mosquito-Borne Viral Threats: Innovations, AI Integration, and Future Directions in the Context of Climate Change. **Viruses**, v. 16, n. 12, p. 1868, dez. 2024.

CARRASCO-ESCOBAR, G. et al. The use of drones for mosquito surveillance and control. **Parasites and Vectors**, v. 15, n. 1, 2022.

CARRETO, C.; GUTIÉRREZ-ROMERO, R.; RODRÍGUEZ, T. Climate-driven mosquito-borne viral suitability index: measuring risk transmission of dengue, chikungunya and Zika in Mexico. **International Journal of Health Geographics**, v. 21, n. 1, p. 15, 27 out. 2022.

CASTRO, M. et al. The relationship between economic status, knowledge on dengue, risk perceptions and practices. **PLoS ONE**, v. 8, n. 12, 2013.

CHEN, R.; VASILAKIS, N. Dengue — Quo tu et quo vadis? **Viruses**, v. 3, n. 9, p. 1562–1608, 1 set. 2011.

CHUMPU, R.; KHAMSEMANAN, N.; NATTEE, C. The association between dengue incidences and provincial-level weather variables in Thailand from 2001 to 2014. **PLOS ONE**, v. 14, n. 12, p. e0226945, 26 dez. 2019.

COUPER, L. I. et al. How will mosquitoes adapt to climate warming? **eLife**, v. 10, p. e69630, 17 ago. 2021.

Dengue - PAHO/WHO | Pan American Health Organization. Disponível em: <<https://www.paho.org/en/topics/dengue>>. Acesso em: 6 jun. 2024.

DESJARDINS, M. R. et al. Knowledge, attitudes, and practices regarding dengue, chikungunya, and Zika in Cali, Colombia. **Health & Place**, v. 63, p. 102339, maio 2020.

DING, F. et al. Mapping the spatial distribution of Aedes aegypti and Aedes albopictus. **Acta Tropica**, v. 178, p. 155–162, 2018.

DOSTAL, T. et al. The effect of weather and climate on dengue outbreak risk in Peru, 2000-2018: A time-series analysis. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 16, n. 6, p. e0010479, 30 jun. 2022.

DUSFOUR, I. et al. Management of insecticide resistance in the major Aedes vectors of arboviruses: Advances and challenges. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 13, n. 10, p. e0007615, 10 out. 2019.

EISEN, L.; MOORE, C. G. Aedes (stegomyia) aegypti in the continental united states: A vector at the cool margin of its geographic range. **Journal of Medical Entomology**, v. 50, n. 3, p. 467–478, 2013.

FARAONE, J. et al. Hatching pattern and coexistence of Aedes aegypti and Aedes albopictus (Culicidae) in a subtropical city, Argentina, after three decades of coexistence. **Acta Tropica**, v. 218, p. 105885, jun. 2021.

GIUNTI, G.; BECKER, N.; BENELLI, G. Invasive mosquito vectors in Europe: From bioecology to surveillance and management. **Acta Tropica**, v. 239, p. 106832, mar. 2023.

HADDAWAY, N. R. et al. PRISMA2020: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and Open Synthesis. **Campbell Systematic Reviews**, v. 18, n. 2, p. e1230, 2022.

HANLEY, K. A. et al. Fever versus fever: The role of host and vector susceptibility and interspecific competition in shaping the current and future distributions of the sylvatic cycles of dengue virus and yellow fever virus. **Infection, Genetics and Evolution**, p. 1–20, 26 mar. 2013.

HII, Y. L. et al. Forecast of dengue incidence using temperature and rainfall. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 6, n. 11, p. e1908, 2012.

HORSTICK, O.; MORRISON, A. C. Dengue Disease Surveillance: Improving Data for Dengue Control. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 8, n. 11, p. e3311, 6 nov. 2014.

JÁCOME, G.; VILELA, P.; YOO, C. Present and future incidence of dengue fever in Ecuador nationwide and coast region scale using species distribution modeling for climate variability's effect. **Ecological Modelling**, v. 400, p. 60–72, 2019.

KARGER, B. N. et al. Climatologies at High resolution for the Earth Land Surface Areas. **Chelsa Climate**, 2021.

KUMARAN, E. et al. Dengue knowledge, attitudes and practices and their impact on community-based vector control in rural Cambodia. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 12, n. 2, p. e0006268, 16 fev. 2018.

LI, C. et al. Climate change and dengue fever transmission in China: Evidences and challenges. **Science of The Total Environment**, v. 622–623, p. 493–501, maio 2018.

LIPPI, C. A. et al. Exploring the utility of social-ecological and entomological risk factors for dengue infection as surveillance indicators in the dengue hyper-endemic city of Machala, Ecuador. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 15, n. 3, 2021.

LIU, H. et al. Climate change and *Aedes albopictus* risks in China: current impact and future projection. **Infectious Diseases of Poverty**, v. 12, n. 1, 2023.

LOWE, R. et al. Nonlinear and delayed impacts of climate on dengue risk in Barbados: A modelling study. **PLoS Medicine**, v. 15, n. 7, 2018.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Guia de Vigilância em Saúde**. Ministério da Saúde, 2017. Acesso em: 14 fev. 2025.

MULLIGAN, K. et al. Is dengue a disease of poverty? A systematic review. **Pathogens and Global Health**, v. 109, n. 1, p. 10–18, fev. 2015.

MWEYA, C. N. et al. Climate change influences potential distribution of infected *Aedes aegypti* co-occurrence with dengue epidemics risk areas in Tanzania. **PLoS ONE**, v. 11, n. 9, 2016.

NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION. **El Niño / Southern Oscillation (ENSO). Technical Discussion. National Centers for Environmental Information (NCEI)**. Disponível em: <<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/enso/technical-discussion>>. Acesso em: 15 jan. 2025.

PADONOU, G. G. et al. Entomological assessment of the risk of dengue outbreak in Abomey-Calavi Commune, Benin. **Tropical Medicine and Health**, v. 48, n. 1, 2020.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, p. n71, 29 mar. 2021.

PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. **SEVENTIETH WORLD HEALTH ASSEMBLY - 160th SESSION OF THE EXECUTIVE COMMITTEE**. World Health Organization, , 4 maio 2017.

PATTERSON, J.; SAMMON, M.; GARG, M. Dengue, Zika and Chikungunya: Emerging Arboviruses in the New World. **Western Journal of Emergency Medicine**, v. 17, n. 6, p. 671–679, 1 nov. 2016.

PAUL, K. K. et al. Dengue transmission risk in a changing climate: Bangladesh is likely to experience a longer dengue fever season in the future. **Environmental Research Letters**, v. 16, n. 11, p. 114003, 1 nov. 2021.

PÉREZ, D. et al. Insecticide treated curtains and residual insecticide treatment to control *Aedes aegypti*: An acceptability study in Santiago de Cuba. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 12, n. 1, p. e0006115, 2 jan. 2018.

PHANITCHAT, T. et al. Spatial and temporal patterns of dengue incidence in northeastern Thailand 2006–2016. **BMC Infectious Diseases**, v. 19, n. 1, p. 743, dez. 2019.

REINHOLD, J.; LAZZARI, C.; LAHONDÈRE, C. Effects of the Environmental Temperature on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* Mosquitoes: A Review. **Insects**, v. 9, n. 4, p. 158, 6 nov. 2018.

ROIZ, D. et al. Integrated Aedes management for the control of Aedes-borne diseases. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 12, n. 12, 2018.

ROMANELLO, M. et al. The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: code red for a healthy future. **The Lancet**, v. 398, n. 10311, p. 1619–1662, out. 2021.

RUIZ-LÓPEZ, F. et al. Presencia de *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (Linnaeus, 1762) y su infección natural con el virus del dengue en alturas no registradas para Colombia. **Biomédica**, v. 36, n. 2, p. 303, 23 maio 2016.

RYAN, S. J. et al. Global expansion and redistribution of Aedes-borne virus transmission risk with climate change. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 13, n. 3, 2018.

SAFAEI, S.; DERAKHSHAN-SEFIDI, M.; KARIMI, A. Wolbachia: A Bacterial Weapon Against Dengue Fever- A Narrative Review of Risk Factors for Dengue Fever Outbreaks. **New Microbes and New Infections**, p. 101578, 8 mar. 2025.

SCHUAB, G. et al. Exploring the urban arbovirus landscape in Rio de Janeiro, Brazil: transmission dynamics and patterns of disease spread. **The Lancet Regional Health - Americas**, v. 35, p. 100786, jul. 2024.

SCKROTK, R. et al. EFEITO DOS ORGANOFOSFORADOS NA SAÚDE HUMANA: UM ESTUDO DE REVISÃO. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 6, n. 10, p. 2750–2770, 19 out. 2024.

SIM, S. et al. A greener vision for vector control: The example of the singapore dengue control programme. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 14, n. 8, p. 1–20, 2020.

STODDARD, S. T. et al. House-to-house human movement drives dengue virus transmission. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 110, n. 3, p. 994–999, 2013.

STOLER, J. et al. Deconstructing “malaria”: West Africa as the next front for dengue fever surveillance and control. **Acta Tropica**, v. 134, p. 58–65, jun. 2014.

TAN, W. et al. Inapparent dengue in a community living among dengue-positive *Aedes* mosquitoes and in a hospital in Klang Valley, Malaysia. **Acta Tropica**, v. 204, p. 105330, abr. 2020.

THOMAS, S. M. et al. Risk assessment of dengue virus amplification in Europe based on spatio-temporal high resolution climate change projections. **Erdkunde**, v. 65, n. 2, p. 137–150, 2011.

THONGSRIPONG, P. et al. An Investigation of Human–Mosquito Contact Using Surveys and Its Application in Assessing Dengue Viral Transmission Risk. **Journal of Medical Entomology**, v. 57, n. 6, p. 1942–1954, 13 nov. 2020.

THRUSFIELD, M. et al. **Veterinary Epidemiology**. 1. ed. [s.l.] Wiley, 2018.

TOURAPI, C.; TSIOUTIS, C. Circular Policy: A New Approach to Vector and Vector-Borne Diseases' Management in Line with the Global Vector Control Response (2017–2030). **Tropical Medicine and Infectious Disease**, v. 7, n. 7, 2022.

TREWIN, B. J. et al. The elimination of the dengue vector, *Aedes aegypti*, from Brisbane, Australia: The role of surveillance, larval habitat removal and policy. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 11, n. 8, 2017.

TSHETEN, T. et al. Dengue risk assessment using multicriteria decision analysis: A case study of Bhutan. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 15, n. 2, p. e0009021, 10 fev. 2021.

VAN DEN BERG, H.; VELAYUDHAN, R.; YADAV, R. S. Management of insecticides for use in disease vector control: Lessons from six countries in Asia and the Middle East. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 15, n. 4, p. e0009358, 30 abr. 2021.

VARIZA, P. F. et al. Updated spatio-temporal distribution of *Aedes (Stegomyia) albopictus* in Brazil. **Acta Tropica**, v. 232, p. 106511, ago. 2022.

WIMBERLY, M. C. et al. Land cover affects microclimate and temperature suitability for arbovirus transmission in an urban landscape. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 14, n. 9, p. e0008614, 21 set. 2020.

WONG, G. K. L.; JIM, C. Y. Do vegetated rooftops attract more mosquitoes? Monitoring disease vector abundance on urban green roofs. **Science of the Total Environment**, v. 573, p. 222–232, 2016.

WU, P.-C. et al. Weather as an effective predictor for occurrence of dengue fever in Taiwan. **Acta Tropica**, v. 103, n. 1, p. 50–57, jul. 2007.

ZHANG, Y. et al. An ecological assessment of the potential pandemic threat of Dengue Virus in Zhejiang province of China. **BMC Infectious Diseases**, v. 23, n. 1, p. 473, 17 jul. 2023.

CAPÍTULO 4

Artigo publicado em 09/06/2025 pela Biblioteca Digital da Sociedade Brasileira de Computação em 2025: Anais do XXV Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde

DOI: <https://doi.org/10.5753/sbcas.2025.7830>

Pampacare Ae Ae: Um App para Gestão e Rastreamento da Dengue

Rafaela de Carvalho Machado¹, Mathias Baldissera³, Laura Ilarraz Massia², Fábio Paulo Basso³, Gilleanes Thorwald Araujo Guedes³, Debóra da Cruz Payao Pellegrini¹

Universidade Federal do Pampa, Uruguaiiana, RS, Brasil¹

Prefeitura Municipal de Uruguaiiana, Uruguaiiana, RS, Brasil²

Universidade Federal do Pampa - PPGES, Alegrete, RS, Brasil³

Abstract

Dengue is a disease transmitted by the bite of the *Aedes aegypti* mosquito, which, in some cases, can lead to human fatalities. This work presents the proposal and development of a mobile application aimed at digitizing the process of reporting dengue cases and mosquito breeding sites, carried out by endemic disease control agents, with a focus on usability and practicality. Some proposed features include: digitization of dengue case and mosquito breeding site reports, offline functionality, automatic address filling based on location, and reports generated from the entered data. With the completed application, it is believed that it can make processes more efficient and assist public authorities in decision-making for disease control.

Resumo

A dengue é uma doença transmitida pela picada do mosquito *Aedes aegypti*, que em alguns casos, pode elevar a morte de seres humanos. Este trabalho apresenta a proposta e o desenvolvimento de uma aplicação para dispositivos móveis com o intuito de digitalizar o processo de notificação de casos de dengue e focos do mosquito, efetuado pelos agentes de combate à endemias, com foco em usabilidade e praticidade. Algumas funcionalidades propostas são: digitalização de notificação de casos de dengue e focos do mosquito, funcionamento offline, preenchimento automático de endereço com base na localização, e relatórios com base nos dados inseridos. Com o aplicativo concluído, acredita-se que o mesmo possa tornar mais eficientes os processos e ajudar na tomada de decisões dos órgãos público para o controle da doença.

Introdução

No momento da redação deste artigo, 7,6 milhões de casos de dengue haviam sido reportados à Organização Mundial da Saúde (OMS). Desses, 3,4 milhões foram confirmados, 16.000 foram classificados como dengue grave, e mais de 3.000 mortes ocorreram. A doença transmitida por mosquitos, causada por qualquer um dos quatro sorotipos (DENV 1-4), é uma grande preocupação de saúde pública, sendo endêmica em 129 países ao redor do mundo. Os principais vetores são as fêmeas infectadas do subgênero *Stegomyia*, dentro do gênero *Aedes*, sendo as espécies mais comuns o *Aedes aegypti* e o *Aedes albopictus* (KHETARPAL; KHANNA, 2016; OMS 2024). A crescente urbanização de áreas silvestres, aliada às mudanças climáticas, cria um cenário ideal para a proliferação desses mosquitos. Eles depositam seus ovos em água limpa e parada, geralmente encontrada em locais com saneamento inadequado, ameaçando, assim, as populações mais vulneráveis (KULARTANE; CHAMARRA, 2022; THAKALI, 2022). Existem duas formas conhecidas da doença: a dengue inaparente – ou assintomática – e a febre hemorrágica da dengue (FHD), que pode levar a complicações graves, como febre alta, náuseas, vômitos, erupções cutâneas, dor de cabeça, dor retroorbital, extravasamento de plasma e morte (KULARTANE; CHAMARRA, 2022).

A doença é amplamente disseminada em regiões tropicais e subtropicais, sendo endêmica em países subdesenvolvidos ou emergentes na África, Ásia e América do Sul. No entanto, devido ao aquecimento global, representa uma ameaça crescente para áreas com alto Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), como Europa, Estados Unidos e Canadá, à medida que o vetor se espalha e se adapta rapidamente (PATTERSON et al. 2016; ROMANELO, 2021). No Brasil, medidas estratégicas de controle avançaram conforme o número de focos de dengue e casos aumentou. O país conseguiu manter a erradicação do vetor por um breve período, mas, devido a mudanças ambientais e demográficas nos anos 1970, o *Aedes aegypti* e, conseqüentemente, o vírus foram reintroduzidos.

A dengue é uma doença de notificação compulsória no Brasil, conforme estipulado pela Portaria de Consolidação Nº 4, de 28 de setembro de 2017, o que significa que todo caso suspeito ou confirmado deve ser obrigatoriamente notificado ao Serviço de Vigilância Epidemiológica da Secretaria Municipal de Saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017). O processo de notificação de dengue inicia-se com

a identificação de um caso suspeito ou confirmado, que é imediatamente comunicado ao serviço de Vigilância Epidemiológica da Secretaria Municipal de Saúde. Em seguida, o caso é registrado no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), onde os dados epidemiológicos são armazenados. Isso é seguido por uma notificação obrigatória de 24 horas ao Sistema Único de Saúde (SUS), garantindo uma intervenção rápida de saúde pública. Finalmente, os dados são processados no sistema SINAN para análise posterior, auxiliando no monitoramento contínuo e na tomada de decisões para os esforços de controle e prevenção da dengue.

O Ministério da Saúde do Brasil, juntamente com a Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente, compartilha boletins epidemiológicos mensalmente e/ou semanalmente, com o objetivo de informar profissionais de saúde e o público em geral sobre o status atual da infecção (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2024). Em 16 de Setembro de 2024, da semana 1 até a semana 37, foram reportados um total de 6.528.563 casos possíveis positivos, com uma taxa de incidência de 3.215,1 casos por 100.000 habitantes. As regiões geográficas com as maiores taxas de incidência são Sudeste, Centro-Oeste e Sul, com uma taxa de dengue grave de 48,3% no Sudeste. As taxas de mortalidade são as seguintes: São Paulo (1.679), Minas Gerais (995), Paraná (660), Distrito Federal (440), Goiás (381) e Santa Catarina (338). No estado do Rio Grande do Sul, a dengue é documentada desde 2007, marcada pela notificação do primeiro caso autóctone (GREGIANINI, 2018; TUMIOTO, 2014).

No entanto, casos importados são registrados desde 1996, provavelmente devido à migração humana de regiões endêmicas (TUMIOTO, 2014). Atualmente, observa-se um aumento acentuado de casos, reinfecções, manifestações graves e mortes. Consequentemente, há uma ênfase crescente na eficácia dos programas de controle regulamentados e no desenvolvimento de novas estratégias para mitigar o vetor e, subsequentemente, o agente viral. De acordo com o Painel de Casos de Dengue RS, em 2023, foram reportados 73.495 casos em investigação, com 38.743 confirmados, dos quais 34.840 foram autóctones, e 54 óbitos foram registrados. Em 2024, houve um aumento notável, com 280.073 casos suspeitos, 192.233 casos confirmados, dos quais 156.220 foram autóctones, e 281 óbitos (RIO GRANDE DO SUL, 2024).

A Iniciativa Mundial contra Arbovírus, lançada em 2022 pela Organização Mundial da Saúde, visa estabelecer uma resposta eficaz para as preocupações de

saúde pública representadas por arbovírus com potencial epidêmico e pandêmico, incluindo Zika, Chikungunya, Febre Amarela e Dengue. Para isso, a iniciativa busca construir uma abordagem coordenada com base em seis pilares fundamentais que demandam a gestão da informação em saúde como segue: pilar 1 - monitorar o risco e antecipar; pilar 2 - reduzir riscos epidêmicos; pilar 3 - fortalecer o controle de vetores; pilar 4 - prevenir e preparar para pandemias; pilar 5 - fortalecer inovações e abordagens; pilar 6 - construir uma coalizão de parceiros.

Dos seis pilares para a gestão da informação, dois são particularmente relevantes para o foco deste artigo: promover a inovação e desenvolver novas abordagens (pilar 5) e construir uma coalizão de parceiros (pilar 6). Nesse sentido, a colaboração entre o Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e o curso de Engenharia de *Software* da Universidade Federal do Pampa resultou no desenvolvimento de um aplicativo móvel chamado PampaCare *Aedes Aegypti* (PampaCare Ae Ae). Esse *software* opera com duas funções principais: 1) o registro automático de casos de dengue e focos de *Aedes aegypti*, visando otimizar o trabalho dos Agentes de Controle de Endemias, uma demanda da Secretaria Municipal de Uruguaiana - RS e 2) o mapeamento das regiões dos casos registrados, a criação de um banco de dados e a minimização do risco de perda de registros em papel.

Este artigo está organizado como segue: A Seção 2 apresenta uma discussão de anterioridade, apresentando os *softwares* relacionados; A Seção 3 apresenta o app PampaCare Ae Ae, avaliado quanto à sua usabilidade na Seção 4. Por fim, o artigo apresenta as conclusões.

Trabalhos Relacionados

Esta seção compara trabalhos relacionados e analisa como as soluções existentes se assemelham ou divergem da aplicação Pampacare Ae Ae. Uma vez que a contribuição de interesse da saúde pública apresenta-se com caráter mais tecnológico, não foi efetuada uma busca diretamente na literatura, mas sim uma análise tecnológica de *softwares* concorrentes. Portanto, foi efetuada uma busca em bases de registros e patentes do INPI e em lojas de aplicativos. A seguir apresenta-se as características dos *softwares* encontrados. Cabe ressaltar que buscou-se instalar e

testar cada aplicativo para realizar uma justa comparação, mas que uma delas não estava disponível para *download*.

Você Agente: Você agente (FIOCRUZ, 2024), é uma plataforma desenvolvida por um projeto da Fundação Oswaldo Cruz com o objetivo de efetuar o gerenciamento de informações referentes às arboviroses, doenças transmitidas por mosquitos, incluindo a Dengue. Esta plataforma possui o foco em denúncias dos focos dos mosquitos transmissores, tanto por parte dos como por parte da população, como pelos Agentes de Endemias. A plataforma possui três aplicações: uma para o público, outra para os agentes de endemias e um site para gestores de saúde e o público geral. Durante testes, não foi possível instalar a aplicação pública, pois requer um pré-cadastro realizado pela equipe do projeto. Quanto à aplicação para os Agentes de Endemias, as informações são limitadas, mas indicam que os dados são transmitidos em tempo real para os gestores, incluindo imagens com dados sobre focos identificados e eliminados. O site, acessível aos gestores e parcialmente ao público, permite a visualização de focos reportados e resolvidos, mas o restante das funcionalidades é restrito aos gestores. A análise das informações disponíveis revela semelhanças com a proposta do PampaCare Ae Ae, como o registro de focos e visualização em mapas. No entanto, a principal diferença reside no registro de casos humanos de dengue; a aplicação Pampacare Ae Ae busca digitalizar esse processo de notificação, promovendo maior eficiência no controle da doença.

RS Contra Aedes: O RS Contra Aedes (SECRETARIA ESTADUAL DA SAÚDE, 2016) é um projeto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) juntamente com a Secretaria Estadual de Saúde do Rio Grande do Sul (SES-RS) para denúncia de focos do mosquito por parte da população e a informações sobre a prevenção das doenças por ele causadas. O aplicativo também possui um alerta para lembrar semanalmente o usuário a verificar por possíveis focos de dengue em sua residência. Não foi possível encontrar nenhum lugar para efetuar o *download* da aplicação, nem acessar a página do mesmo no site da UFRGS. Isso, juntamente com o fato de que a notícia mais recente encontrada sobre o projeto data de 2016, o que indica que o mesmo possa ter sido descontinuado (SECRETARIA ESTADUAL DA SAÚDE, 2016). Embora este projeto e a aplicação Pampacare Ae Ae abordem o tema de uma aplicação voltada à dengue, a única semelhança entre os mesmos é a existência de funcionalidades de registro de focos, porém voltadas a públicos distintos.

Goiânia contra o Aedes: O Goiânia contra o Aedes (MINISTÉRIO PÚBLICO DE GOIÂNIA, 2017) é uma aplicação desenvolvida pelo Ministério Público de Goiânia (MPGO) com o objetivo de disponibilizar um canal para a população denunciar focos do mosquito da dengue. Nesta aplicação é possível denunciar focos do mosquito, visualizar os focos denunciados pelo usuário, como também visualizar um mapa com todas as denúncias. Analisando as avaliações da aplicação na loja de aplicativos *Google Play*, onde diversos usuários relatam que, embora conseguindo efetuar as denúncias, elas nunca são analisadas. Além disso, a última notícia sobre esta aplicação que consta no site do MPGO data de Julho de 2017, e portanto um indicativo de que este aplicativo não possui mais suporte por parte do MPGO ou que foi descontinuado. Esta aplicação, assim como o RS Contra Aedes, possui semelhanças com o aplicativo Pampacare Ae Ae: a) funcionalidades de registro de focos, porém voltadas a públicos distintos; e b) a possibilidade da visualização dos focos em um mapa, uma das funcionalidades que será desenvolvida no Pampacare Ae Ae. Além dessas duas funcionalidades, que não são voltadas ao mesmo público, não existem outras semelhanças.

Controle Dengue Itajaí: O aplicativo Controle Dengue Itajaí (SECRETARIA DE TECNOLOGIA DE ITAJAÍ, 2022), desenvolvido pela Secretaria de Tecnologia de Itajaí (SETEC- Itajaí), tem por objetivo ser uma solução tecnológica para auxiliar os agentes de saúde nos processos de fiscalização de focos de dengue e análise de dados, substituindo procedimentos antes manuais e burocráticos. Não foi possível efetuar o teste da aplicação, devido ao fato de ser necessário usuário e senha para entrar no sistema, que não é aberto ao público. Ao analisar as imagens do aplicativo na *Google Play*, nota-se que o mesmo possui como funcionalidades: a) um cadastro de visitas; b) o cadastro de inspeção de armadilhas, c) dados podendo ser cadastrados de maneira *offline*, e sincronizados quando tiver internet disponível; e d) um mapa com todos os focos tratados pelos agentes, sendo possível categorizar por rua, bairro, ano, entre outros dados. Ao comparar a aplicação em questão com a Pampacare Ae Ae, é possível notar algumas semelhanças nas funcionalidades, como o registro de focos por parte dos agentes, funcionamento *offline*, disponibilização de gráficos em diversos tipos de visualizações, funcionando também como um *DataMart*. O que a difere da nossa proposta é a ausência do registro de casos em humanos, além da indisponibilidade da aplicação para outras localidades, pois o aplicativo Controle Dengue Itajaí está disponível somente para a cidade de Itajaí.

Após a análise destas aplicações, pode-se concluir que a informatização de processos de notificação relacionados à dengue é um assunto de interesse por parte de organizações públicas e da população. Visando isso, é plausível a criação de sistemas que permitam aos agentes efetuarem o trabalho de maneira digital, como no caso do Você Agente e do Controle Dengue Itajaí. Porém, como as secretarias da saúde de cada cidade e estado possuem suas particularidades no registro dos casos, faz-se necessária a criação de uma aplicação com um foco mais específico para a cidade de Uruguaiana-RS.

Pampacare Ae Ae

Primeiramente, foi efetuado um levantamento de requisitos junto às partes interessadas, e, juntamente a alguns materiais coletados, alguns requisitos foram criados. Estes requisitos, por fim, foram escritos como histórias de usuário, para melhor organizá-los e compreendê-los:

RQ1 Eu, como usuário, quero poder efetuar o login no sistema, para ter acesso ao que meu perfil me permite ter.

RQ2 Eu, como administrador, quero ser capaz de cadastrar novos usuários e definir o nível de acesso aos mesmos.

RQ3 Eu, como administrador, quero ter todas as permissões que um agente e analista possuem, porém sem restrições de poder visualizar apenas aquilo que cadastro.

RQ4 Eu, como agente, devo ter acesso e poder editar apenas dados cadastrados por mim.

RQ5 Eu, como analista, devo ter acesso a todos os dados cadastrados, mas sem poder editá-los.

RQ6 Eu, como usuário, quero poder editar os dados específicos do meu usuário, com exceção do nível de acesso.

RQ7 Eu, como agente, quero poder cadastrar novos casos de dengue através do aplicativo.

RQ8 Eu, como agente ou como analista, quero poder listar os casos de dengue cadastrados.

RQ9 Eu, como agente, quero poder cadastrar novos focos de dengue através do aplicativo.

RQ10 Eu, como agente ou como analista, quero poder listar os focos de dengue cadastrados.

RQ11 Eu, como agente, quero ter o preenchimento do endereço automatizado através da minha localização.

RQ12 Eu, como analista, quero poder visualizar de alguma maneira, os casos e focos cadastrados em algum serviço de mapas.

RQ13 Eu, como analista, quero poder visualizar a distribuição de casos através dos meses, anos ou algum período definido.

RQ14 Eu, como agente, quero poder cadastrar casos e focos de dengue de maneira offline, para quando estiver em alguma localização que não possua rede de dados móveis, poder continuar trabalhando.

Inicialmente um total de 14 requisitos foram levantados. Dentre eles, há tanto requisitos funcionais, como também não funcionais, sendo os mesmos distribuídos como segue:

- Requisitos funcionais: RQ1, RQ2, RQ6, RQ7, RQ8, RQ9, RQ10, RQ11, RQ12 e RQ13
- Requisitos não funcionais: RQ3, RQ4, RQ5 e RQ14

Escolha das tecnologias

A definição das tecnologias para o desenvolvimento da aplicação foi uma das últimas partes no levantamento de requisitos. Alguns fatores levaram em conta as escolhas efetuadas, como a possibilidade de reutilização de código entre diversas plataformas, a possibilidade e facilidade de migrar entre diversos provedores de serviços em nuvens, a facilidade de desenvolvimento, e também o prévio conhecimento da tecnologia com o intuito de acelerar o processo e diminuir a curva de aprendizado.

Para desenvolver a aplicação *mobile*, foi escolhido o *Flutter*. Uma vez que trata-se de uma tecnologia multiplataforma, e que o mesmo código-fonte é usado para gerar versões para os dois principais sistemas operacionais presentes do mercado de dispositivos móveis: *iOS* da *Apple* e *Android* do *Google*. Além disso, o *Flutter* disponibiliza de diversos componentes de interface prontos para a utilização, o que facilita o design de *frontend* já estilizado.

Para o desenvolvimento do *backend*, foi escolhida a plataforma *Node.JS*, mais especificamente com o *framework Nest.JS*. O *Nest.JS* auxilia o desenvolvimento com diversos recursos padrões que vem integrados como, por exemplo, declarar o modulo de autenticação e autorização de acesso a banco de dados, tanto relacionais e não relacionais.

Também impactou na escolha do *Node.JS* a possibilidade de migrar serviços de nuvem, um requisito da equipe de TI da prefeitura de Uruguaiana. Como o serviço será efetuado em nesta plataforma específica, é possível executá-lo em qualquer serviço de nuvem que ofereça suporte a aplicações *Node.JS*. Outro fator que influencia em sua escolha é a compatibilidade com o *TypeScript*, uma linguagem que estende o *JavaScript* adicionando tipagem estática, o que permite uma maior manutenibilidade do código, como uma melhor depuração (HANENBERG et al. 2014).

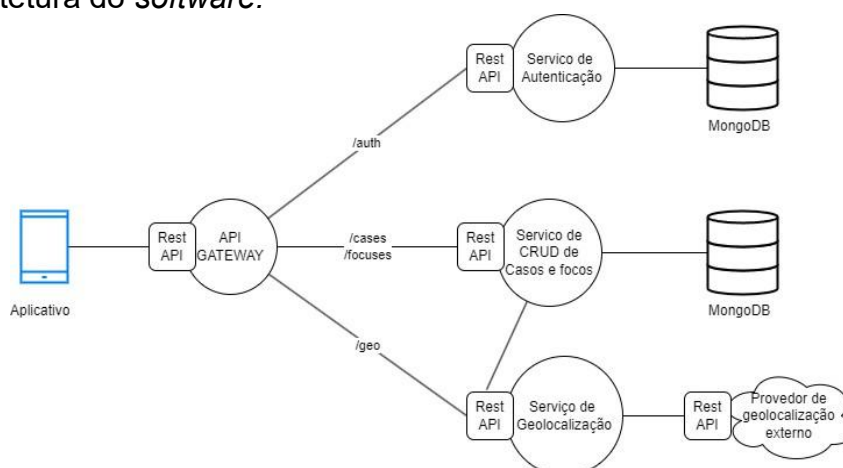
Para o banco de dados, foi escolhido o *MongoDB*, um banco de dados não relacional, com uma estrutura de dados baseada no *JSON* (*JavaScript Object Notation*). Sua escolha se deu por possuir uma maior compatibilidade com sistemas

em *NodeJS*. Além disso, pelo ele pode armazenar objetos complexos, que em um cenário de *DataMart* facilita e agiliza a busca dos dados.

Arquitetura

O próximo passo envolveu a definição da arquitetura do *software*, identificando a melhor alternativa no contexto dos demais *softwares* desenvolvidos no escopo do projeto Pampacare (MASSIA et al., 2023). Foi decidido utilizar uma arquitetura baseada em microsserviços. Isto permite separar as regras de negócios e responsabilidades em diferentes serviços do Pampacare, deixando-os menores e coesos, além de permitir a futura adição de novos serviços sem a modificação dos já existentes. A Figura 1 exemplifica a arquitetura de maneira visual.

Figura 1. Arquitetura do *software*.



O aplicativo se comunica com um *Gateway* através de requisições *REST*. Este *Gateway*, a depender do início da rota requisitada, irá redirecionar para o serviço desejado. O serviço de Autenticação é responsável pela parte de login e cadastro de usuários do sistema. Ele gera os *tokens* de acesso *JWT* que os demais serviços utilizarão para autorizar ou negar acesso aos recursos. O serviço de *CRUD* de Casos e Focos de dengue é o responsável pela criação, visualização, edição e deleção dos dados relacionados a Casos de dengue e Focos de dengue. Este serviço também é o responsável pela geração dos relatórios dos requisitos RQ12 e RQ13. E por último, o serviço de Geolocalização é o responsável por fazer a interface com um provedor de geolocalização externo, onde será possível transformar as coordenadas do usuário em um endereço, quando solicitado.

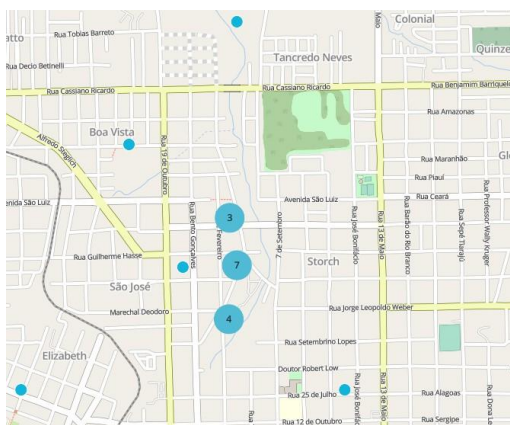
Geolocalização e a utilização das coordenadas

Outro requisito da Secretaria Municipal de Uruguaiana foi a implementação da aquisição dos dados de geolocalização do usuário. Assim, quando o usuário está no local do caso ou do foco, seleciona-se o preenchimento automático. Ao selecionar o preenchimento automático, o aplicativo obtém os dados da localização atual do agente e envia para o Serviço de geolocalização. Este, através de um provedor externo, transforma as coordenadas em um endereço legível, retornando o mesmo para o aplicativo e preenchendo os campos correspondentes. Com isto, é possível agilizar o preenchimento dos dados no aplicativo, facilitando o trabalho do agente no local. Aproveitando que as coordenadas do agente já estão disponíveis no aplicativo no momento do cadastro, foi incluído nas entidades o atributo extra *coordinates*, utilizado no desenvolvimento do requisito RQ12. Este atributo foi salvo de maneira compatível com o formato *GeoJSON*, que permite fazer buscas informando áreas geográficas com coordenadas dentro do banco.

Com o intuito de validar se a localização estava sendo salva da maneira correta, foi desenvolvida uma busca utilizando o atributo *coordinates*, onde a mesma retorna todos os registros existentes em uma área demarcada. O exemplo da busca pode ser visto na Figura 2a: quando os resultados são colocados em um mapa gera-se um resultado semelhante ao da Figura 2b, onde cada ponto no mapa é ou um caso de dengue, ou um foco do mosquito da dengue.

Figura 2. Exemplo de utilização da geolocalização. 2a) Exemplo de busca em uma área de coordenadas. 2b) Exemplo da visualização de casos em um mapa utilizando as coordenadas coletadas.

```
{
  coordinates: {
    $geoWithin: {
      $geometry: {
        type: 'Polygon',
        coordinates: [[
          [southwestLng, southwestLat],
          [northeastLng, southwestLat],
          [northeastLng, northeastLat],
          [southwestLng, northeastLat],
          [southwestLng, southwestLat],
        ]],
      },
    },
  },
}
```



Demonstração da Aplicação

Nesta seção são exibidas as telas desenvolvidas no aplicativo, juntamente com a explicação das mesmas e seus fluxos de navegação. A Figura 3 apresenta o fluxo referente ao cadastro de Casos de Dengue em Humanos. À esquerda (3a), visualiza-se a tela de inclusão de um caso, com um endereço preenchido automaticamente como exemplo. Após salvar, o usuário é redirecionado para a tela de listagem (3b), onde poderá escolher entre visualizar, editar ou excluir um caso. À direita (3c), visualiza-se um caso já preenchido tanto com campos obrigatórios e opcionais.

A Figura 4 mostra o fluxo referente ao cadastro de focos do mosquito. À esquerda (4a) encontra-se a tela de inclusão de um foco com todos os campos a serem preenchidos. Ao salvar, o usuário é redirecionado para a tela de listagem (4b), onde também poderá escolher entre visualizar, editar ou excluir um registro de foco. E por último, à direita (4c), exemplifica-se um foco já preenchido.

Figura 3. Inclusão, Listagem e Visualização de casos de dengue em humanos. 3a) Inclusão de um caso. 3b) Listagem de casos. 3c) Visualização de um caso.

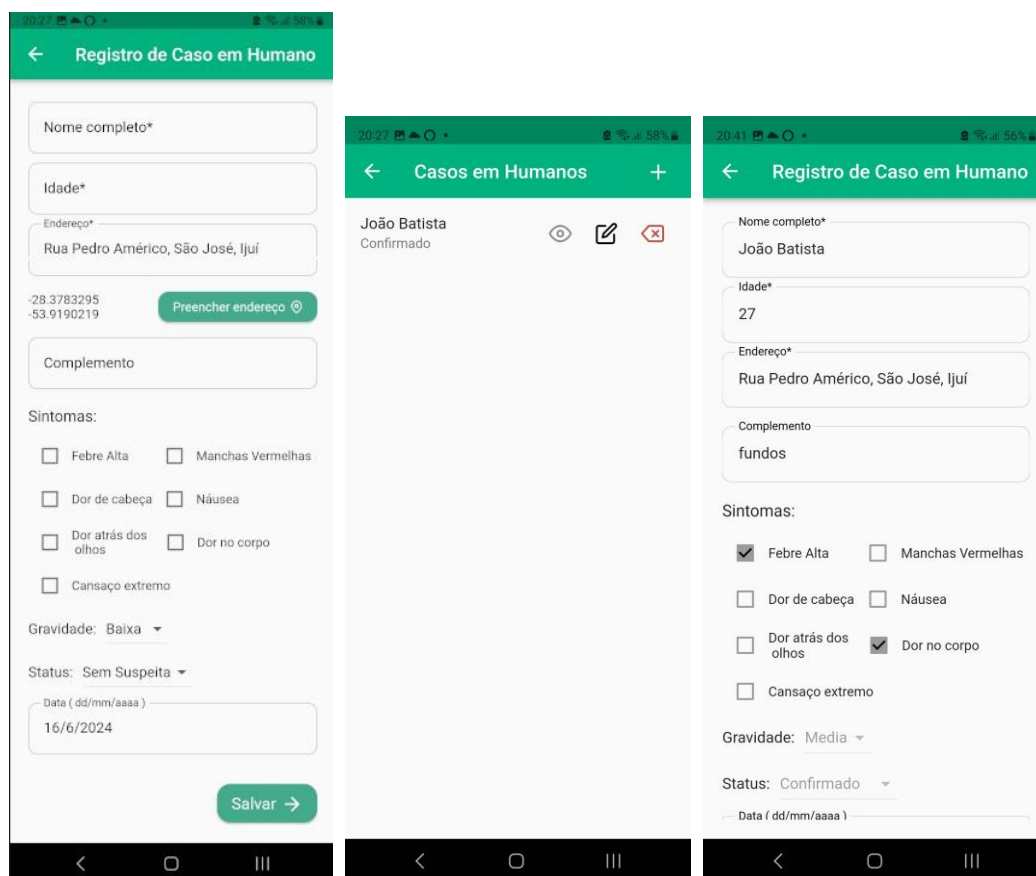


Figura 4. Cadastro de Focos do Mosquito. 4a) Tela de inclusão de um foco. 4b) Listagem de focos. 4c) Foco já preenchido.

The figure displays three screenshots of a mobile application interface for registering mosquito foci. All screenshots have a green header bar with white text and a status bar at the top showing the time as 21:06 and battery level at 54%.

4a) Tela de inclusão de um foco (Left): The title is "Registro de Foco do Mosquito". It features three input fields for "Endereço*", "Bairro*", and "Cidade*". Below these is a green button labeled "Preencher endereço" with a location pin icon. Further down are two dropdown menus: "Água parada?" set to "Nao" and "Mosquito da Dengue?" set to "Nao". A date input field is labeled "Data (dd/mm/aaaa)" and contains "16/6/2024". At the bottom is a green button labeled "Salvar" with a right-pointing arrow.

4b) Listagem de focos (Middle): The title is "Focos do Mosquito" with a plus icon on the right. It shows a list of three entries, each with the address "Rua Pedro Américo" and the city "Ijuí". To the right of each entry are three icons: an eye, a pencil, and a red 'X'.

4c) Foco já preenchido (Right): The title is "Registro de Foco do Mosquito". The "Endereço*" field is pre-filled with "Rua Pedro Américo". The "Bairro*" field is pre-filled with "São José". The "Cidade*" field is pre-filled with "Ijuí". Below these are two dropdown menus: "Água parada?" set to "Nao" and "Mosquito da Dengue?" set to "Nao". A date input field is labeled "Data (dd/mm/aaaa)" and contains "6/5/2024".

Avaliação de Experiência do Usuário

Para realizar uma análise de cobertura de categorias importantes em aplicativos, foi utilizada a técnica *User Experience and Usability Guidelines for Agile Project* (UXUG-AP) (SOUSA; VALENTIM, 2021). Esta técnica foi construída com a intenção de dar suporte ao projeto da Usabilidade e UX durante o ciclo de vida do processo de desenvolvimento ágil. A técnica é dividida em 11 categorias, onde cada categoria apresenta suas respectivas subcategorias e cada subcategoria possui diretrizes que apoiam o projeto da Usabilidade e da UX em projetos ágeis.

Após realizar o processo proposto na técnica, através de uma autoavaliação, chegou-se no resultado apresentado na Tabela 1. Como pode-se observar, o aplicativo cumpriu com 76% das subcategorias, ou seja, possui um desempenho satisfatório no que diz respeito a experiência de usuário e usabilidade. Para as atualizações, em breve, deseja-se alcançar 92% de cobertura, de modo a restar apenas a parte de Acessibilidade como não atingido para ser feito no futuro.

Tabela 1. Técnica UXUG-AP

Categorias	Subcategorias	Possui
Requisitos	Troca de Informações – Time/Cliente	Sim
	Entrevistas e Workshops	Sim
	Requisitos Chave	Sim
Entendimento das Necessidades do Usuário	Iniciantes e Especialistas	Sim
	Crianças, Jovens, Adultos e Idosos	Sim
	Leigos, Acadêmicos e Profissionais	Sim
Acessibilidade	Deficientes Visuais I	Não
	Deficientes Visuais II	Não
Facilidade no Uso	Localização	Sim
Feedback Informativo	Mensagens de Alerta e Confirmação	Não
	Mensagens de Erro	Não
	Componentes de Carregamento	Sim
	Títulos e Links	Sim
Prevenção de Erros	Campos Obrigatórios	Não
	Limitando Campos	Não
	Apresentação Autoexplicativa	Sim
Agrupamento de Informação	Independência da Informação	Sim
	Modularização da Informação	Sim
Sequência de Ações	Organização de Ações Sequenciais	Sim
	Comportamento das Ações Sequenciais	Sim
Sentimento de Pertencimento	Conectividade Emocional	Sim
Grau de Importância	Posição da Informação	Sim
	Termos Relevantes	Sim
Privacidade	Controle de Informação	Sim
	Senhas	Sim

A avaliação apresentada é limitada no sentido de fornecer evidências sobre a usabilidade do aplicativo, atendo-se à avaliação de cobertura motivada. De modo à buscar evidências quanto à sua utilização, a avaliação será complementada com outra mais adequada, dedicada para os usuários finais do Pampacare Ae Ae que seguirão técnicas de *walkthrough*.

Conclusão

A solução proposta por meio deste aplicativo visa suportar aos profissionais da saúde funcionalidades para registro de dados relativos à diagnóstico da dengue, além de servir como base de dados para órgãos sanitários no controle mais efetivo da doença. Este projeto tem como objetivo principal contribuir significativamente para o controle da doença em Uruguaiana/RS, atendendo assim uma demanda local da vigilância sanitária no estado e, uma vez implantado, pretende-se ampliar a sua utilização para outros municípios.

A aplicação PampaCare Ae Ae visa a gestão da saúde por informatizar o trabalho efetuado pelos agentes de combate à endemias, facilitando o registro de casos e focos de dengue, armazenando esses dados com o objetivo de servir como uma base de dados para órgãos públicos. Em outras palavras, auxilia na tomada de decisão sobre o controle da dengue.

A primeira versão do aplicativo será implantada na prefeitura de Uruguaiana em Abril, e a versão final que inclui algumas melhorias para ciência de dados, como geração de relatórios e lançamento de previsões de alastramento da doença pelo mapa, em Outubro. Para versão final, a funcionalidade de funcionamento *offline* também é prevista, bem como a extração de dados de formulários de papel, viabilizando assim a criação de um *DataMart* com o histórico da doença.

Referências Bibliográficas

- BRASIL. Ministério da Saúde. **Capítulo II dos Sistemas de Vigilância em Saúde**. 2017. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0004_03_10_2017.html. Acesso em: 7 out. 2024.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Informe semanal nº 14 - arboviroses urbanas - SE 37 | 16 de setembro de 2024**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/arboviroses/informe-semanal/informe-semanal-sna-no-14.pdf/view>. Acesso em: 23 set. 2024.
- FIOCRUZ. **Você agente - uma plataforma completa de gerenciamento de informações referentes às arboviroses**. 2024. Disponível em: <http://voceagente.fiocruz.br/>. Acesso em: 18 jun. 2024.
- GREGIANINI, T. S. et al. Dengue in Rio Grande do Sul, Brazil: 2014 to 2016. **Reviews in Medical Virology**, v. 28, n. 1, p. e1960, 2018.
- HANENBERG, S. et al. An empirical study on the impact of static typing on software maintainability. **Empirical Software Engineering**, v. 19, n. 5, p. 1335–1382, 2014.
- ITAJAÍ. Secretaria de Tecnologia (SETEC). **Controle Dengue Itajaí**. 2022. Disponível em: <https://setec.itajai.sc.gov.br/control-dengue/>. Acesso em: 18 jun. 2024.
- KHETARPAL, N.; KHANNA, I. Dengue fever: Causes, complications, and vaccine strategies. **Journal of Immunology Research**, p. 6803098, 2016.
- KULARATNE, A. S. A.; CHAMARA, D. Dengue infection: Global importance, immunopathology and management. **Clinical Medicine**, v. 22, n. 1, p. 9–13, 2022.
- MASSIA, L. I. et al. Aplicativo de vigilância e monitoramento de leishmaniose visceral canina (pampacare lvc) – uma abordagem saúde única em Uruguai (rs). **Vigilância Sanitária em Debate**, Rio de Janeiro, v. 11, p. 1-10, 2023.
- MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE GOIÁS (MPGO). **Projeto Goiânia contra o Aedes**. 2017. Disponível em: <https://www.mpggo.mp.br/portal/pagina/projeto-goiania-contra-o-aedes>. Acesso em: 18 jun. 2024.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Dengue and severe dengue**. 2024. Disponível em: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>. Acesso em: 11 jun. 2024.
- PATTERSON, J.; SAMMON, M.; GARG, M. Dengue, zika and chikungunya: Emerging arboviruses in the new world. **Western Journal of Emergency Medicine**, v. 17, n. 6, p. 671–679, 2016.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual da Saúde (SES-RS). **RS contra Aedes - aplicativo para celular reforça o combate ao mosquito da dengue**. 2016. Disponível em: <https://atencaobasica.saude.rs.gov.br/aplicativo-para-celular-reforca-o-combate-ao-mosquito-da-dengue>. Acesso em: 18 jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual da Saúde. **Painel de Casos de Dengue no Rio Grande do Sul**. 2024. Disponível em: <https://dengue.saude.rs.gov.br/>. Acesso em: 9 out. 2024.

ROMANELO, M. et al. The 2021 report of the lancet countdown on health and climate change: code red for a healthy future. **The Lancet**, v. 398, n. 10311, p. 1619–1662, 2021.

SOUSA, A. d. O.; VALENTIM, N. M. C. **Designing usability and ux with uxug-ap: An observational study and an interview with experts**. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON INFORMATION SYSTEMS, 17., 2021, Uberlândia. Anais... New York: Association for Computing Machinery, 2021. p. 9.

THAKALI, O. et al. Pilot study on wastewater surveillance of dengue virus rna: Lessons, challenges, and implications for future research. **Environmental Challenges**, v. 9, p. 100614, 2022.

TUMIOTO, G. L. et al. Laboratory surveillance of dengue in Rio Grande do Sul, Brazil, from 2007 to 2013. **PLoS ONE**, v. 9, n. 8, p. e104394, 2014.

CAPÍTULO 5

Discussão

É a complexa e multifacetada a interação entre as mudanças climáticas e a disseminação da dengue, ressaltando o impacto das condições ambientais na dinâmica do vetor *Aedes aegypti* e na incidência da doença. O aumento das temperaturas globais, a elevação da umidade e a irregularidade nos padrões de precipitação têm se mostrado fatores determinantes para a expansão geográfica e a intensificação dos surtos de dengue, especialmente em regiões tropicais e subtropicais, onde tais condições são altamente propícias ao desenvolvimento do vetor (BANU et al., 2014; JÁCOME; VILELA; YOO, 2019; PAUL et al., 2021; WHO, 2024).

Estudos recentes demonstram que o aquecimento global altera diretamente os parâmetros fisiológicos e comportamentais dos mosquitos vetores, além de prolongar as estações de transmissão em áreas urbanas densamente povoadas. Ferramentas como o modelo *Burning Embers* têm sido empregadas para demonstrar como o aumento da temperatura intensifica os riscos associados à dengue, incluindo a elevação da taxa de transmissão vetorial e a colonização de regiões anteriormente inóspitas (EBI et al., 2021). A presença do *Aedes aegypti* em altitudes superiores a 2.000 metros, como observado na Colômbia, desafia a noção de que elevações funcionam como barreiras biogeográficas, sugerindo uma adaptação progressiva do vetor às novas condições ambientais (RUIZ-LÓPEZ et al., 2016; TSHETEN et al., 2021).

Nesse cenário, modelos preditivos despontam como ferramentas centrais para a vigilância epidemiológica e o controle da dengue. Modelos de Nicho Ecológico (ENM) e de Análise de Decisão Multicritério (MCDA) vêm sendo utilizados para estimar a distribuição espacial dos vetores e antecipar áreas de risco para surtos futuros (MWEYA et al., 2016; LIU et al., 2023). Em Taiwan, por exemplo, a aplicação de modelos ARIMA em séries temporais identificou correlações significativas – inclusive inversas – entre o desvio de temperatura e a incidência da doença, sugerindo uma relação não linear entre clima e transmissão viral (WU et al., 2007).

Contudo, a disseminação da dengue não pode ser atribuída exclusivamente a fatores climáticos. Condições socioeconômicas precárias, crescimento urbano des-

ordenado, déficit de saneamento básico e acúmulo de resíduos sólidos contribuem significativamente para a proliferação do *Aedes aegypti* em áreas urbanas (ROMANELLO et al., 2021). A desigualdade social, por sua vez, limita a capacidade das populações vulneráveis de adotarem medidas preventivas, perpetuando um ciclo de exposição e transmissão da doença (SCHUAB et al., 2024).

Outrossim, a resistência do vetor aos inseticidas tradicionalmente utilizados, como Temefos, Deltametrina e Fenitrothion, compromete a eficácia das ações de controle químico (DUSFOUR et al., 2019). Essa realidade impulsiona a busca por estratégias mais sustentáveis e inovadoras. A liberação de mosquitos infectados com a bactéria *Wolbachia*, por exemplo, tem mostrado resultados promissores ao reduzir a competência vetorial sem impactos ambientais adversos, como evidenciado por iniciativas bem-sucedidas em Singapura (SIM et al., 2020; BRANDA et al., 2024). Em Cuba, o uso de cortinas impregnadas com inseticidas desponta como solução complementar (PÉREZ et al., 2018).

Diante de uma paisagem urbana em constante transformação, marcada pela intensificação das ilhas de calor e pela ocupação desordenada do território, torna-se imperativo considerar tanto variáveis macroclimáticas quanto microclimas urbanos nas estratégias de contenção da dengue (WIMBERLY et al., 2020). A adaptação dos vetores a novos nichos ecológicos urbanos reforça a necessidade de monitoramento contínuo e abordagens localmente ajustadas. Nesse sentido, tecnologias emergentes assumem papel central no fortalecimento da vigilância epidemiológica. Ferramentas baseadas em Big Data, Inteligência Artificial e aplicativos móveis têm possibilitado o monitoramento em tempo real da doença, além da identificação precoce de padrões de transmissão (CARRETO; GUTIÉRREZ-ROMERO; RODRÍGUEZ, 2022). O exemplo do aplicativo *PampaCare Ae Ae*, voltado para a notificação digital e georreferenciada de casos e focos de dengue, representa um avanço na digitalização da resposta epidemiológica local, promovendo agilidade na tomada de decisões e integração entre diferentes atores da saúde pública local.

No entanto, a adoção dessas inovações ainda enfrenta desafios estruturais, como a resistência por parte dos profissionais de saúde ao uso de ferramentas digitais, bem como a necessidade de infraestrutura adequada para garantir conectividade e segurança na gestão dos dados (SILVA et al., 2020). Assim, a efi-

cácia desses sistemas depende de um esforço colaborativo e intersetorial, que envolva governos, instituições acadêmicas, setor tecnológico e sociedade civil.

Em síntese, a expansão da dengue no contexto das mudanças climáticas exige uma abordagem integrada, interdisciplinar e adaptativa. A convergência entre fatores ambientais, socioeconômicos e urbanos impõe a necessidade de políticas públicas resilientes, estratégias inovadoras de controle vetorial e fortalecimento da vigilância epidemiológica. Os avanços científicos e tecnológicos, quando acompanhados de governança eficiente e engajamento comunitário, oferecem caminhos promissores para mitigar os impactos da dengue e promover a segurança sanitária em um cenário global cada vez mais afetado pelas mudanças climáticas.

CAPÍTULO 6

Considerações Finais

A presente tese abordou, sob uma perspectiva integrativa, a complexa interação entre as mudanças climáticas e a dinâmica de transmissão da dengue, propondo, além da análise científica, uma solução tecnológica aplicável ao contexto local. A revisão sistemática evidenciou, de maneira robusta, que a intensificação de eventos climáticos extremos e padrões socioeconômicos de vulnerabilidade atuam em conjunto sobre a proliferação dos vetores *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*, apontando para uma tendência de expansão geográfica e maior incidência da doença nos próximos anos. Nesse sentido, o risco de surtos epidêmicos demanda respostas integradas e adaptáveis por parte do poder público. A implementação dessas respostas pela perspectiva da Saúde Única (*One Health*) revela-se imprescindível, uma vez que esta reconhece a interdependência entre saúde humana, animal e ambiental no enfrentamento das arboviroses.

Como desdobramento aplicado deste trabalho, o desenvolvimento do aplicativo *PampaCare Ae Ae*, elaborado em colaboração intersetorial, representa um avanço no fortalecimento da vigilância epidemiológica e entomológica em no município de Uruguaiana, Rio Grande do Sul, Brasil. A proposta de substituir fichas físicas por um sistema digitalizado de registro e monitoramento almeja otimizar a atuação dos agentes de saúde, viabilizando respostas mais ágeis e direcionadas frente aos focos do mosquito e casos da doença.

Ainda que as propostas, nesta tese apresentadas, traduzam a inovação tecnologia como ação factível ao local, faz-se necessário o reconhecimento de limitações. A heterogeneidade de dados já registrados, adaptabilidade ao aplicativo e aceitação do mesmo pelos agentes de controle de endemias e demais profissionais da saúde estabelecem aspectos que ainda precisam ser reavaliados e aperfeiçoados em um futuro próximo.

A interseção entre a ciência e a tecnologia reafirma que a inovação digital está em curso acelerado de atuar como uma aliada estratégica da saúde pública, especialmente em tempos de crise climática. Espera-se que os resultados desta tese possam embasar prospectivos estudos, orientar no desenvolvimento de políticas pú-

blicas e permear soluções tecnológicas replicáveis em outras localidades, ampliando as possibilidades de controle e mitigação tanto da dengue, quanto das demais arboviroses.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Anvisa aprova nova vacina contra a dengue**. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2023/anvisa-aprova-nova-vacina-para-a-dengue>. Acesso em: 24 mar. 2023.

ALLEN, M. R. et al. Framing and Context. Global Warming of 1.5°C. Cambridge: **Cambridge University Press**, 2022. p. 49–92.

ARMBRUSTER, P. A. Photoperiodic Diapause and the Establishment of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in North America. **Journal of Medical Entomology**, v. 53, n. 5, p. 1013–1023, 2016.

BAKER, R. E. et al. Infectious disease in an era of global change. **Nature Reviews Microbiology**, v. 20, p. 193–205, 2022.

BANU, S. et al. Projecting the impact of climate change on dengue transmission in Dhaka, Bangladesh. **Environment International**, v. 63, p. 137–142, 2014.

BARBOSA, G. L. et al. Spatial Distribution of the Risk of Dengue and the Entomological Indicators in Sumaré, State of São Paulo, Brazil. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 8, n. 5, 2014.

BARROS, A. J. Uma revisão sobre o vírus da dengue e seus vetores. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, e289101018733, 2021.

BELLONE, R.; FAILLOUX, A. B. The Role of Temperature in Shaping Mosquito-Borne Viruses Transmission. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, p. 1–15, 2020.

BHATT, S. et al. The global distribution and burden of dengue. **Nature**, v. 496, n. 7446, p. 504–507, 2013.

BORTOLUZZI, L. R.; SOUZA, M. V. **O Dia do Bioma Pampa**. PUCRS, v. 5, n. 2, 2007.

BRAGA, I. A.; VALLE, D. *Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 16, n. 2, p. 113–118, 2007.

BRANDA, F. et al. Wolbachia-Based Approaches to Controlling Mosquito-Borne Viral Threats: Innovations, AI Integration, and Future Directions in the Context of Climate Change. **Viruses**, v. 16, n. 12, p. 1868, 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico**. Brasília: Ministério da Saúde, 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia de Vigilância em Saúde**. 3. ed. Brasília: Secretaria de Vigilância em Saúde, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Levantamento Rápido de Índices para *Aedes aegypti* (LIRAA): Metodologia para avaliação dos índices de Breteau e Predial**. Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Plano de Contingência para Resposta às Emergências em Saúde Pública por Dengue, Chikungunya e Zika**. Brasília: Editora MS, 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria de Consolidação nº 4, de 28 de setembro de 2017**. Diário Oficial da União, Brasília, 2017.

CARRASCO-ESCOBAR, G. et al. The use of drones for mosquito surveillance and control. **Parasites and Vectors**, v. 15, n. 1, 2022.

CARRETO, C.; GUTIÉRREZ-ROMERO, R.; RODRÍGUEZ, T. Climate-driven mosquito-borne viral suitability index: measuring risk transmission of dengue, chikungunya and Zika in Mexico. **International Journal of Health Geographics**, v. 21, n. 1, p. 15, 2022.

CASTRO, M. et al. The relationship between economic status, knowledge on dengue, risk perceptions and practices. **PLoS ONE**, v. 8, n. 12, 2013.

CHEN, R.; VASILAKIS, N. Dengue — Quo tu et quo vadis? **Viruses**, v. 3, n. 9, p. 1562–1608, 2011.

CHUMPU, R.; KHAMSEMANAN, N.; NATTEE, C. The association between dengue incidences and provincial-level weather variables in Thailand from 2001 to 2014. **PLOS ONE**, v. 14, n. 12, p. e0226945, 2019.

CIOTA, A. T.; KEYEL, A. C. The role of temperature in transmission of zoonotic arboviruses. **Viruses**, v. 11, n. 11, 1013, 2019.

COUPER, L. I. et al. How will mosquitoes adapt to climate warming? **eLife**, v. 10, p. 69630, 2021.

Dengue - PAHO/WHO | Pan American Health Organization. Disponível em: <https://www.paho.org/en/topics/dengue>. Acesso em: 6 jun. 2024.

DESJARDINS, M. R. et al. Knowledge, attitudes, and practices regarding dengue, chikungunya, and Zika in Cali, Colombia. **Health & Place**, v. 63, p. 102339, 2020.

DING, F. et al. Mapping the spatial distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. **Acta Tropica**, v. 178, p. 155–162, 2018.

DOM, N. C. et al. Application of geographical information system-based analytical hierarchy process as a tool for dengue risk assessment. **Asian Pacific Journal of Tropical Disease**, v. 6, n. 12, p. 928–935, 2016.

DOSTAL, T. et al. The effect of weather and climate on dengue outbreak risk in Peru, 2000-2018: A time-series analysis. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 16, n. 6, p. e0010479, 2022.

DUSFOUR, I. et al. Management of insecticide resistance in the major *Aedes* vectors of arboviruses: Advances and challenges. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 13, n. 10, p. e0007615, 2019.

EISEN, L.; MOORE, C. G. *Aedes (Stegomyia) aegypti* in the continental United States: A vector at the cool margin of its geographic range. **Journal of Medical Entomology**, v. 50, n. 3, p. 467–478, 2013.

FARAONE, J. et al. Hatching pattern and coexistence of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Culicidae) in a subtropical city, Argentina. **Acta Tropica**, v. 218, 105885, 2021.

FIGUEIREDO, L. T. M. Human urban arboviruses can infect wild animals and jump to sylvatic maintenance cycles in South America. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 9, 2019.

FIOCRUZ. **Você Agente: uma plataforma completa de gerenciamento de informações referentes às arboviroses**. 2024. Disponível em: <http://voceagente.fiocruz.br/>. Acesso em: 18 jun. 2024.

FREITAS, C. M. Avaliação de Riscos como Ferramenta para a Vigilância Ambiental em Saúde. **Informe Epidemiológico do SUS**, v. 11, n. 3/4, p. 1–13, 2002.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ (FIOCRUZ). **Biologia do *Aedes aegypti***. Disponível em: <https://www.invivo.fiocruz.br/saude/biologia-do-aedes-aegypti/>. Acesso em: 31 mar. 2023.

GIRARD, M. et al. Arboviruses: A global public health threat. **Vaccine**, v. 38, p. 3989–3994, 2020.

GIUNTI, G.; BECKER, N.; BENELLI, G. Invasive mosquito vectors in Europe: From bioecology to surveillance and management. **Acta Tropica**, v. 239, p. 106-832, 2023.

GLATTER, K. A.; FINKELMAN, P. History of the Plague: An Ancient Pandemic for the Age of COVID-19. **The American Journal of Medicine**, v. 134, n. 2, p. 176–181, 2021.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **SES/RS : Painel de casos de dengue no RS**. Disponível em: <https://dengue.saude.rs.gov.br/>. Acesso em: 25 jan. 2023.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL SECRETARIA ESTADUAL DA SAÚDE CENTRO ESTADUAL DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE SALA DE SITUAÇÃO DE ARBOVIROSES.

GREGIANINI, T. S. et al. Dengue in Rio Grande do Sul, Brazil: 2014 to 2016. **Reviews in Medical Virology**, v. 28, n. 1, e1960, 2018.

GUZMAN, M. G. et al. Dengue infection. **Nature Reviews Disease Primers**, v. 2, 16055, 2016.

HADDAWAY, N. R. et al. PRISMA2020: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and Open Synthesis. **Campbell Systematic Reviews**, v. 18, n. 2, p. e1230, 2022.

HANENBERG, S. et al. An empirical study on the impact of static typing on software maintainability. **Empirical Software Engineering**, v. 19, n. 5, p. 1335–1382, 2014.

HANLEY, K. A. et al. Fever versus fever: The role of host and vector susceptibility in shaping distributions of dengue and yellow fever viruses. **Infection, Genetics and Evolution**, v. 19, p. 292–311, 2013.

HASAN, S. et al. Dengue virus: A global human threat. **Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry**, v. 6, n. 1, p. 1–6, 2016.

HII, Y. L. et al. Forecast of Dengue Incidence Using Temperature and Rainfall. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 6, n. 11, e1908, 2012.

HORSTICK, O.; MORRISON, A. C. Dengue Disease Surveillance: Improving Data for Dengue Control. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 8, n. 11, e3311, 2014.

INTERNATIONAL COMMITTEE ON TAXONOMY OF VIRUSES (ICTV). **ICTV Taxonomy Browser**. 2022. Disponível em: <https://ictv.global/taxonomy>. Acesso em: 21 set. 2022.

JÁCOME, G.; VILELA, P.; YOO, C. Present and future incidence of dengue fever in Ecuador nationwide and coast region scale using species distribution modeling for climate variability's effect. **Ecological Modelling**, v. 400, p. 60–72, 2019.

KARGER, B. N. et al. Climatologies at High resolution for the Earth Land Surface Areas. **Chelsa Climate**, 2021.

KHETARPAL, N.; KHANNA, I. Dengue fever: Causes, complications, and vaccine strategies. **Journal of Immunology Research**, p. 6803098, 2016.

KULARATNE, A. S. A.; CHAMARA, D. Dengue infection: Global importance, immunopathology and management. **Clinical Medicine**, v. 22, n. 1, p. 9–13, 2022.

KUMARAN, E. et al. Dengue knowledge, attitudes and practices and their impact on community-based vector control in rural Cambodia. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 12, n. 2, p. e0006268, 2018.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G. A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, v. 2, n. 1, p. 171–182, 2001.

LI, C. et al. Climate change and dengue fever transmission in China: Evidences and challenges. **Science of The Total Environment**, v. 622–623, p. 493–501, 2018.

LIPPI, C. A. et al. Exploring the utility of social-ecological and entomological risk factors for dengue infection as surveillance indicators in the dengue hyper-endemic city of Machala, Ecuador. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 15, n. 3, 2021.

LIU, H. et al. Climate change and *Aedes albopictus* risks in China: current impact and future projection. **Infectious Diseases of Poverty**, v. 12, n. 1, 2023.

LOWE, R. et al. Nonlinear and delayed impacts of climate on dengue risk in Barbados: A modelling study. **PLoS Medicine**, v. 15, n. 7, 2018.

MASSIA, L. I. et al. Aplicativo de vigilância e monitoramento de leishmaniose visceral canina (PampaCare LVC) – uma abordagem saúde única em Uruguaiana (RS). **Vigilância Sanitária em Debate**, v. 11, p. 1–10, 2023.

MCLEOD, K. S. Our sense of Snow: the myth of John Snow in medical geography. **Social Science & Medicine**, v. 50, n. 7-8, p. 923–935, 2000.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE GOIÁS (MPGO). **Projeto Goiânia contra o Aedes**. 2017. Disponível em: <https://www.mpggo.mp.br/portal/pagina/projeto-goiania-contra-o-aedes>. Acesso em: 18 jun. 2024.

MULLIGAN, K. et al. Is dengue a disease of poverty? A systematic review. **Pathogens and Global Health**, v. 109, n. 1, p. 10–18, 2015.

MWEYA, C. N. et al. Climate change influences potential distribution of infected *Aedes aegypti* co-occurrence with dengue epidemics risk areas in Tanzania. **PLoS ONE**, v. 11, n. 9, 2016.

NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION. **El Niño / Southern Oscillation (ENSO): Technical Discussion**. 2025. Disponível em: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/enso/technical-discussion>. Acesso em: 15 jan. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Dengue and severe dengue**. 2024. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>. Acesso em: 11 jun. 2024.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Ending the neglect to attain the SDGs: A road map for neglected tropical diseases 2021–2030**. Genebra: WHO, 2020.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Launch of the WHO Global Arbovirus Initiative**. Genebra: WHO, 2022.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Strategic toolkit for assessing risks**. Genebra: WHO, 2022.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **WHO Director-General's statement on monkeypox**. 2022c. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/speeches/item/who-director-general-s-statement-on-the-press-conference-following-IHR-emergency-committee-regarding-the-multi-country-outbreak-of-monkeypox--23-july-2022>. Acesso em: 20 set. 2022.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS). **Módulo de Princípios de Epidemiologia para o Controle de Enfermidades**. Brasília: OPAS, 2010.

PADONOU, G. G. et al. Entomological assessment of the risk of dengue outbreak in Abomey-Calavi Commune, Benin. **Tropical Medicine and Health**, v. 48, n. 1, 2020.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, p. n71, 2021.

PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION (PAHO). **Dengue**. 2023. Disponível em: <https://www.paho.org/en/topics/dengue>. Acesso em: 30 mar. 2023.

PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION. **Seventieth World Health Assembly - 160th Session of the Executive Committee**. Geneva: World Health Organization, 2017.

PATTERSON, J.; SAMMON, M.; GARG, M. Dengue, Zika and Chikungunya: Emerging Arboviruses in the New World. **Western Journal of Emergency Medicine**, v. 17, n. 6, p. 671–679, 2016.

PAUL, K. K. et al. Dengue transmission risk in a changing climate: Bangladesh is likely to experience a longer dengue fever season in the future. **Environmental Research Letters**, v. 16, n. 11, p. 114003, 2021.

PÉREZ, D. et al. Insecticide treated curtains and residual insecticide treatment to control *Aedes aegypti*: An acceptability study in Santiago de Cuba. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 12, n. 1, p. e0006115, 2018.

PHANITCHAT, T. et al. Spatial and temporal patterns of dengue incidence in northeastern Thailand 2006–2016. **BMC Infectious Diseases**, v. 19, n. 1, p. 743, 2019.

PITT, S. J.; GUNN, A. The One Health Concept. **British Journal of Biomedical Science**, v. 81, p. 12366, 15 fev. 2024.

REINHOLD, J.; LAZZARI, C.; LAHONDÈRE, C. Effects of the Environmental Temperature on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* Mosquitoes: A Review. **Insects**, v. 9, n. 4, p. 158, 2018.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual da Saúde. **Informativo Epidemiológico de Arboviroses**. Porto Alegre: SES-RS.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual da Saúde. **Painel de casos de dengue no Rio Grande do Sul**. 2024. Disponível em: <https://dengue.saude.rs.gov.br/>. Acesso em: 9 out. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual da Saúde (SES-RS). **RS contra Aedes: aplicativo para celular reforça o combate ao mosquito da dengue**. 2016. Disponível em: <https://atencaobasica.saude.rs.gov.br/aplicativo-para-celular-reforca-o-combate-ao-mosquito-da-dengue>. Acesso em: 18 jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria Estadual da Saúde. **Sala de Situação de Arboviroses**. Porto Alegre: CEVS, 2024.

ROIZ, D. et al. Integrated *Aedes* management for the control of Aedes-borne diseases. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 12, n. 12, 2018.

ROMANELLO, M. et al. The 2021 report of the Lancet Countdown on health and climate change: code red for a healthy future. **The Lancet**, v. 398, n. 10311, p. 1619–1662, 2021.

RUIZ-LÓPEZ, F. et al. Presencia de *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) y su infección natural con el virus del dengue en alturas no registradas para Colombia. **Biomédica**, v. 36, n. 2, p. 303, 2016.

RYAN, S. J. et al. Global expansion and redistribution of Aedes-borne virus transmission risk with climate change. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 13, n. 3, 2018.

SAFAEI, S.; DERAKHSHAN-SEFIDI, M.; KARIMI, A. *Wolbachia*: A Bacterial Weapon Against Dengue Fever- A Narrative Review of Risk Factors for Dengue Fever Outbreaks. **New Microbes and New Infections**, v. 58, p. 101578, 2025.

SASAKAWA, Y. Learning the Truth about Leprosy. In: HURST, C. (Ed.). No Matter Where the Journey Takes Me. Londres: **Hurst & Co**, 2019. p. 11–62.

SCHUAB, G. et al. Exploring the urban arbovirus landscape in Rio de Janeiro, Brazil: transmission dynamics and patterns of disease spread. **The Lancet Regional Health - Americas**, v. 35, p. 100786, 2024.

SCKROTK, R. et al. Efeito dos organofosforados na saúde humana: um estudo de revisão. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 6, n. 10, p. 2750–2770, 2024.

SEDDA, L. et al. Using the intrinsic growth rate of mosquitoes for spatio-temporal dengue risk estimation. **Acta Tropica**, v. 208, 105519, 2020.

SETEC (ITAJAÍ). **Controle dengue Itajaí**. 2022. Disponível em: <https://setec.itajai.sc.gov.br/control-dengue/>. Acesso em: 18 jun. 2024.

SIGERA, P. C. et al. Dengue and post-infection fatigue: Findings from a prospective cohort. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 115, n. 6, p. 669–676, 2021.

SIM, S. et al. A greener vision for vector control: The example of the Singapore dengue control programme. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 14, n. 8, p. 1–20, 2020.

SIQUEIRA-JÚNIOR, J. B. et al. Spatial point analysis based on dengue surveys at household level. **BMC Public Health**, v. 8, 361, 2008.

SOUSA, A. O.; VALENTIM, N. M. C. **Designing usability and UX with UXUG-AP: An observational study and an interview with experts**. In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON INFORMATION SYSTEMS, 17., 2021, Uberlândia. New York: Association for Computing Machinery, 2021. p. 9.

STODDARD, S. T. et al. House-to-house human movement drives dengue virus transmission. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 110, n. 3, p. 994–999, 2013.

STOLER, J. et al. Deconstructing “malaria”: West Africa as the next front for dengue fever surveillance and control. **Acta Tropica**, v. 134, p. 58–65, 2014.

TAKEDA PHARMACEUTICAL. **Vacina QDENGAR[®] aprovada no Brasil**. 2023. Disponível em: <https://www.takeda.com/pt-br/Newsroom/releases/2023/vacina-qdenga-vacina-dengue-1-2-3-e-4-atenuada-da-takeda-e-aprovada-no-brasil-para-uso-independentemente-de-exposicao-previa-a-dengue>. Acesso em: 24 mar. 2023.

TAN, W. et al. Inapparent dengue in a community living among dengue-positive *Aedes* mosquitoes. **Acta Tropica**, v. 204, 105330, 2020.

THAKALI, O. et al. Wastewater surveillance of dengue virus RNA. **Environmental Challenges**, v. 9, 100614, 2022.

THOMAS, S. M. et al. Risk assessment of dengue virus amplification in Europe based on spatio-temporal high resolution climate change projections. **Erdkunde**, v. 65, n. 2, p. 137–150, 2011.

THONGSRIPONG, P. et al. An Investigation of Human–Mosquito Contact Using Surveys and Its Application in Assessing Dengue Viral Transmission Risk. **Journal of Medical Entomology**, v. 57, n. 6, p. 1942–1954, 2020.

THRUSFIELD, M. et al. **Veterinary Epidemiology**. 4. ed. Hoboken: Wiley, 2018.

TOURAPI, C.; TSIOUTIS, C. Circular Policy: A New Approach to Vector and Vector-Borne Diseases’ Management in Line with the Global Vector Control Response (2017–2030). **Tropical Medicine and Infectious Disease**, v. 7, n. 7, 2022.

TRAN, B. L. et al. Estimating the threshold effects of climate on dengue: Taiwan. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 4, 1192, 2020.

TREWIN, B. J. et al. The elimination of the dengue vector, *Aedes aegypti*, from Brisbane, Australia: The role of surveillance, larval habitat removal and policy. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 11, n. 8, 2017.

TSHETEN, T. et al. Dengue risk assessment using multicriteria decision analysis: A case study of Bhutan. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 15, n. 2, p. e0009021, 2021.

TULODZIECKI, D. John Snow’s conclusions about cholera. **Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Science**, v. 42, n. 3, p. 306–316, 2011.

TUMIOTO, G. L. et al. Laboratory surveillance of dengue in Rio Grande do Sul, Brazil, from 2007 to 2013. **PLoS ONE**, v. 9, n. 8, e104394, 2014.

URUGUAIANA. Secretaria Municipal da Saúde. **Levantamento Rápido de Índice do *Aedes aegypti* (LIRAA) em Uruguaiana-RS**. Uruguaiana: Vigilância Ambiental, 2023.

VAN DEN BERG, H.; VELAYUDHAN, R.; YADAV, R. S. Management of insecticides for use in disease vector control: Lessons from six countries in Asia and the Middle East. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 15, n. 4, p. e0009358, 2021.

VARIZA, P. F. et al. Updated spatio-temporal distribution of *Aedes albopictus* in Brazil. **Acta Tropica**, v. 232, 106511, 2022.

VIGILÂNCIA AMBIENTAL EM SAÚDE - SECRETARIA MUNICIPAL DA SAÚDE. **Levantamento Rápido de Índice do *Aedes aegypti* (LIRAA) em Uruguaiana-RS**. Janeiro 2023. Uruguaiana.

WIMBERLY, M. C. et al. Land cover affects microclimate and temperature suitability for arbovirus transmission in an urban landscape. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, v. 14, n. 9, p. e0008614, 2020.

WONG, G. K. L.; JIM, C. Y. Do vegetated rooftops attract more mosquitoes? Monitoring disease vector abundance on urban green roofs. **Science of the Total Environment**, v. 573, p. 222–232, 2016.

WREGE, M. S. et al. **Atlas climático da região sul do Brasil**. Brasília: Embrapa, 2012. Disponível em: <https://www.embrapa.br/liv>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Ending the neglect to attain the SDGs: A road map for neglected tropical diseases 2021–2030**. Genebra: WHO, 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Strategic toolkit for assessing risks**. Genebra: WHO, 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Dengue and severe dengue**. 2022a. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>. Acesso em: 9 out. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Launch of the WHO Global Arbovirus Initiative**. Genebra: WHO, 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **WHO Director-General's statement on monkeypox**. 2022c. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/speeches/item/who-director-general-s-statement-on-the-press-conference-following-IHR-emergency-committee-regarding-the-multi-country-outbreak-of-monkeypox--23-july-2022>. Acesso em: 20 set. 2022.

WU, P.-C. et al. Weather as an effective predictor for occurrence of dengue fever in Taiwan. **Acta Tropica**, v. 103, n. 1, p. 50–57, 2007.

ZAIDLER, J. D. et al. Dengue virus in *Aedes aegypti* larvae in Roraima, Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 42, n. 6, p. 986–991, 2008.

ZHANG, Y. et al. An ecological assessment of the potential pandemic threat of Dengue Virus in Zhejiang province of China. **BMC Infectious Diseases**, v. 23, n. 1, p. 473, 2023.

ANEXOS

ANEXO A – Ficha de Investigação Dengue e Febre Chikungunya.

República Federativa do Brasil Ministério da Saúde		SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO		Nº
FICHA DE INVESTIGAÇÃO DENGUE E FEBRE DE CHIKUNGUNYA				
<p>Caso suspeito de dengue: pessoa que viva ou tenha viajado nos últimos 14 dias para área onde esteja ocorrendo transmissão de dengue ou tenha presença de <i>Ae. aegypti</i> que apresente febre, usualmente entre 2 e 7 dias, e apresente duas ou mais das seguintes manifestações: náuseas, vômitos, exantema, mialgias, cefaleia, dor retroorbital, petéquias ou prova do laço positiva e leucopenia.</p> <p>Caso suspeito de Chikungunya: febre de início súbito e artralgia ou artrite intensa com início agudo, não explicado por outras condições, que resida ou tenha viajado para áreas endêmicas ou epidêmicas até 14 dias antes do início dos sintomas, ou que tenha vínculo epidemiológico com um caso importado confirmado.</p>				
Dados Gerais	1	Tipo de Notificação		
	2	Agravado/doença 1- DENGUE 2- CHIKUNGUNYA		
	3	Data da Notificação		
	4	5	Município de Notificação	
Notificação Individual	6	Unidade de Saúde (ou outra fonte notificadora)		
	7	Data dos Primeiros Sintomas		
	8	Nome do Paciente		
	9	Data de Nascimento		
Dados de Residência	10	(ou) Idade		
	11	Sexo M - Masculino F - Feminino		
	12	Gestante		
	13	Raça/Cor		
Dados clínicos e laboratoriais	14	Escolaridade		
	15	Número do Cartão SUS		
	16	Nome da mãe		
	17	18	Município de Residência	
Dados clínicos	19	Distrito		
	20	Bairro		
	21	Logradouro (rua, avenida,...)		
	22	23	Número Complemento (apto., casa, ...)	
Dados laboratoriais	24	Geo campo 1		
	25	Geo campo 2		
	26	Ponto de Referência		
	27	CEP		
Dados clínicos	28	(DDD) Telefone		
	29	Zona 1 - Urbana 2 - Rural 3 - Periurbana 9 - Ignorado		
	30	País (se residente fora do Brasil)		
	31	Data da Investigação		
Dados clínicos	32	Ocupação		
	33	Sinais clínicos 1-Sim 2- Não		
	34	Doenças pré-existent 1-Sim 2- Não		
	35	Sorologia (IgM) Chikungunya		
Dados laboratoriais	36	Data da Coleta da 1ª Amostra (S1)		
	37	Data da Coleta da 2ª Amostra (S2)		
	38	Resultado		
	39	Data da Coleta		
Dados laboratoriais	40	Resultado		
	41	Data da Coleta		
	42	Resultado		
	43	Data da Coleta		
Dados laboratoriais	44	Resultado		
	45	Data da Coleta		
	46	Resultado		
	47	Data da Coleta		
Dados laboratoriais	48	Resultado		
	49	Data da Coleta		
	50	Resultado		
	51	Data da Coleta		

Hospitalização	50 Ocorreu Hospitalização? 1 - Sim 2 - Não 9 - Ignorado ☐		51 Data da Internação		52 UF	53 Município do Hospital	Código (IBGE)
	54 Nome do Hospital		Código		55 (DDD) Telefone		
Conclusão	Local Provável de Infecção (no período de 15 dias)						
	56 O caso é autóctone do município de residência? 1-Sim 2-Não 3-Indeterminado ☐		57 UF		58 País		
	59 Município		Código (IBGE)		60 Distrito	61 Bairro	
	62 Classificação 5- Descartado 10- Dengue 11- Dengue com Sinais de Alarme 12- Dengue Grave 13- Chikungunya ☐		63 Critério de Confirmação/Descarte 1 - Laboratório 2 - Clínico-Epidemiológico 3-Em investigação ☐		64 Apresentação clínica ☐ 1- Aguda ☐ 2- Crônica		
	65 Evolução do Caso 1-Cura 2- Óbito pelo agravo 3- Óbito por outras causas 4-Óbito em investigação 9-Ignorado ☐		66 Data do Óbito		67 Data do Encerramento		
Preencher os sinais clínicos para Dengue com Sinais de Alarme e Dengue Grave							
Dados Clínicos - Dengue com Sinais de Alarme e Dengue Grave	68 Dengue com sinais de alarme 1-Sim 2- Não ☐		☐ Vômitos persistentes ☐ Dor abdominal intensa e contínua ☐ Letargia ou irritabilidade ☐ Sangramento de mucosa/outras hemorragias		☐ Aumento progressivo do hematócrito ☐ Hepatomegalia $\geq$ 2cm ☐ Acúmulo de líquidos		69 Data de início dos sinais de alarme:
	☐ Hipotensão postural e/ou lipotímia ☐ Queda abrupta de plaquetas						
	70 Dengue grave 1-Sim 2- Não Extravasamento grave de plasma: ☐ Pulso débil ou indetectável ☐ PA convergente $\leq$ 20 mmHg ☐ Tempo de enchimento capilar ☐ Acúmulo de líquidos com insuficiência respiratória		☐ Taquicardia ☐ Extremidades frias ☐ Hipotensão arterial em fase tardia		Sangramento grave: ☐ Hematêmese ☐ Melena ☐ Metrorragia volumosa ☐ Sangramento do SNC		
					Comprometimento grave de órgãos: ☐ AST/ALT > 1.000 ☐ Outros órgãos, especificar: _____		
71 Data de início dos sinais de gravidade:							
Informações complementares e observações							
Observações Adicionais							
Investigador	Município/Unidade de Saúde				Cód. da Unid. de Saúde		
	Nome		Função		Assinatura		
Chikungunya/Dengue				Sinan Online		SVS 14/03/2016	

ANEXO C – Certificado do XXV Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde (SBCAS 2025).

