

ENTENDENDO A DINÂMICA CLIMÁTICA E SUA ASSOCIAÇÃO COM A DENGUE: UM ESTUDO DE DADOS NOS MUNICÍPIOS DO RIO DE JANEIRO

Heitor Cordeiro dos Santos

Universidade Federal Fluminense - UFF

R. Passo da Pátria, 152-470 - São Domingos, Niterói - RJ, 24210-240

heitorcordeiro@id.uff.br

Nissia Carvalho Rosa Bergiante

Universidade Federal Fluminense - UFF

R. Passo da Pátria, 152-470 - São Domingos, Niterói - RJ, 24210-240

nissiabergiante@id.uff.br

RESUMO

No Brasil a vulnerabilidade hídrica, influenciada por fatores socioeconômicos e ambientais, tem sido agravada pela demanda crescente por água e pelo aumento da frequência de secas e enchentes. A propagação da dengue está relacionada à presença do mosquito *Aedes aegypti*, cujo ciclo de reprodução é impulsionado por condições climáticas favoráveis, como períodos chuvosos ou elevações das temperaturas. Este trabalho aborda a relação entre mudanças climáticas, e a propagação da dengue nos municípios do estado do Rio de Janeiro, com foco na análise de como as mudanças climáticas relacionadas aos padrões de precipitação e temperatura, contribuem para a proliferação de doenças na região. O estudo analisa dados de precipitação, temperatura e casos de dengue entre 2020 e 2024, destacando um aumento significativo de casos, especialmente na capital do estado e em Campos dos Goytacazes. Conclui ainda a necessidade de inclusão de outras variáveis, tais como políticas públicas e lixos nas ruas.

PALAVRAS CHAVE. *Aedes aegypti*, Precipitação, Temperatura.

Tópicos (SA, AdP&ED e AG&Ma)

ABSTRACT

In Brazil, water vulnerability, influenced by socioeconomic and environmental factors, has been exacerbated by the growing demand for water and the increasing frequency of droughts and floods. The spread of dengue is related to the presence of the *Aedes aegypti* mosquito, whose reproductive cycle is driven by favorable climatic conditions, such as rainy periods or rising temperatures. This study addresses the relationship between climate change and the spread of dengue in the municipalities of the state of Rio de Janeiro, focusing on the analysis of how climate change related to precipitation and temperature patterns contributes to the proliferation of diseases in the region. The study analyzes data on precipitation, temperature, and dengue cases between 2020 and 2024, highlighting a significant increase in cases, especially in the state capital and in Campos dos Goytacazes. It also concludes the need to include other variables, such as public policies and street litter.

KEYWORDS. *Aedes aegypti*. Precipitation. Temperature.

Paper topics (SA, AdP&ED and AG&Ma)

1.Introdução

Para atender às necessidades individuais e coletivas da sociedade a humanidade tem atuado no sentido de gerar adaptações ou mudanças na biodiversidade [Costa 2023]. Essas intervenções geram os mais diversos efeitos, tanto do ponto de vista dos benefícios esperados, como dos danos não previstos. Assim, a degradação ambiental que advém do uso além da capacidade de recuperação dos recursos finitos, como o uso desenfreado de água, resulta em um novo panorama demográfico originado das mudanças climáticas. Tais mudanças referem-se a alterações substanciais e duradouras nos padrões climáticos da Terra, abrangendo elevação das temperaturas médias globais, ocorrência de eventos climáticos extremos e modificação nos regimes de chuvas e neve [Kosminsky 2023].

Apesar da variedade de fatores, sejam eles de origem humana ou natural, que contribuem para as mudanças climáticas, estudos indicam que sua principal causa é a liberação de gases de efeito estufa na atmosfera. Esses gases são resultantes de atividades como queimadas de combustíveis fósseis, desmatamentos e outras ações humanas [Martins e Ferreira 2011]. É importante destacar que o efeito estufa é um fenômeno natural crucial para a sustentação da vida na Terra, no qual esses gases retêm o calor do sol na atmosfera, promovendo um aumento nas temperaturas globais. No entanto, um aumento excessivo da temperatura global pode ser prejudicial para o equilíbrio ambiental do planeta [Santos, Ferreira e Pedersen 2022].

Dentre os impactos causados pelas mudanças climáticas, a vulnerabilidade hídrica (VH) é a que mais se destaca, visto que o suprimento de água de boa qualidade é necessário para o desenvolvimento econômico e para a qualidade de vida das populações humanas [Costa 2023]. Segundo Rola, Silva e Vazquez (2015) com o constante aumento da população humana no planeta, a demanda por água de qualidade e em quantidade tem crescido significativamente para atender a esse contingente em expansão. Consequentemente, os níveis de tensão têm se elevado consideravelmente devido aos diversos usos conflitantes desse recurso. Tais usos abrangem desde o abastecimento público, a geração de energia elétrica, a agricultura, o transporte, a recreação e o turismo, até a indústria e a gestão de resíduos [Gomes e de Melo 2023].

De acordo com Moura et al (2020) a vulnerabilidade hídrica ocorre quando uma região, comunidade ou sistema enfrenta desafios relacionados à água, como escassez, qualidade inadequada, acesso limitado à água potável ou dificuldade em lidar com eventos extremos como enchentes ou secas. Essa vulnerabilidade é influenciada por diversos fatores, como disponibilidade de recursos hídricos, demanda por água, gestão dos recursos, mudanças climáticas e desenvolvimento socioeconômico [Moura et al. 2020]. Além disso, o conceito de vulnerabilidade tem sido um forte recurso analítico para descrever estados de fragilidade, possibilidade de dano, impotência e marginalização tanto em sistemas físicos quanto sociais [Tomaz, Santos e Jepson 2023]. O processo de avaliação da vulnerabilidade hídrica é limitado pelas escolhas dos indicadores, pela qualidade e disponibilidade dos dados, bem como por detalhes específicos da região [Gleick 2015].

A vulnerabilidade hídrica está ligada à reação dos elementos naturais e humanos que compõem uma região específica diante dos efeitos de eventos hidrológicos extremos. Esta interação entre fatores naturais, socioeconômicos e infraestruturais, como obras hídricas e outras estruturas de engenharia, pode intensificar as consequências de enchentes e secas [Albulescu et al. 2022]. A natureza e o alcance dessa VH variam de acordo com fatores como a duração temporal e a extensão geográfica dos eventos, padrão de propagação e impactos resultantes, refletindo as vulnerabilidades específicas dos sistemas específicos que enfrentam tais fatores [Albulescu et al. 2022]. Para mais, as áreas onde doenças transmitidas por vetores são prevalentes, tanto emergentes quanto estabelecidas, provavelmente serão significativamente afetadas pelas mudanças climáticas, e a VH contribui para agravar essa situação.

A vulnerabilidade hídrica refere-se à susceptibilidade das regiões e populações à escassez de água e aos impactos adversos relacionados à gestão inadequada dos recursos hídricos. Este conceito está intimamente ligado à proliferação de doenças transmitidas por água, especialmente durante enchentes e inundações [Santos, Ferreira e Pedersen 2022]. Durante esses eventos, a água

contaminada pode espalhar patógenos, levando a surtos de doenças como cólera, leptospirose, e hepatite A. As enchentes podem comprometer a infraestrutura sanitária, aumentando o risco de contaminação da água potável. Além disso, as mudanças climáticas intensificam a frequência e a severidade dessas inundações, exacerbando a vulnerabilidade hídrica e os riscos à saúde pública [Howard e Bartram 2010].

Nesse contexto, o propósito deste artigo é analisar o impacto do volume de chuvas nos últimos quatro anos e sua relação com o número de casos de dengue registrados nos municípios do estado do Rio de Janeiro, uma região que tem enfrentado desafios relacionados às mudanças climáticas e eventos hídricos extremos. Com a previsão de que as mudanças climáticas não apenas aumentem a temperatura, mas também a frequência de tempestades, como o caso das inundações no Rio Grande do Sul (Brasil) em maio de 2024, e períodos de seca, é crucial avaliar como a variabilidade na precipitação influenciará a dinâmica populacional do mosquito transmissor da dengue [Carraro et al. 2024].

O estudo aqui desenvolvido, ainda em caráter preliminar, envolve um olhar focado para os municípios de um dos estados do Sudeste brasileiro, mapeando dados abertos do Sistema Único de Saúde (SUS) e correlacionando com informações de precipitação e temperatura da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Tais análises estão surgindo na literatura científica brasileira focada em outros estados, o que significa que o artigo amplia o leque de avaliações de VH neste país correlacionado com o índice de infecção através do *Aedes aegypti*, tanto de um ponto de vista metodológico e uma perspectiva de área de interesse.

2. Referencial Teórico

O termo vulnerabilidade surgiu para referenciar indivíduos que lutavam contra doenças ou feridas físicas, relacionado ao ser vulnerável, o qual posteriormente veio se expandir para diversas áreas do conhecimento além da medicina [Melkevik 2017]. Nesse sentido, o termo passou a um conceito mais abrangente, que representa populações e ambientes, como eventos sísmicos, inundações, secas e fome [Macêdo 2023]. Para mais, devido ao conceito ser abordado em diversas áreas de pensamento, foram desenvolvidas diferentes ferramentas e métodos de análise que contribuem no direcionamento em termos de avaliações sistemáticas de vulnerabilidade e oferecem uma base de comparação entre indicadores e critérios produzidos, sendo possível analisar diferentes vertentes do termo com base em parâmetros estudados, como enchentes ou secas (para a VH) [Abdrabo et al. 2023].

Assim como o termo vulnerabilidade, em um contexto geral, possui diferentes vertentes e conceitos amplos a depender da área de aplicação, a vulnerabilidade hídrica (VH) também varia de acordo com o ambiente ou o fenômeno investigado [Macêdo 2023]. Para se delimitar critérios de avaliação quanto a VH, é necessário compreender as relações entre sociedade e natureza, assim como os impactos das ações antrópicas que contribuem para o aumento da vulnerabilidade. Nesse sentido, segundo Tucci e Chagas (2017), para um sistema se tornar suscetível a VH, existe uma exposição associada à vulnerabilidade econômica ou social, ou sofre pressão pelo desenvolvimento econômico sobre o meio ambiente, além de ter um impacto indireto quanto a ambientes urbanos ou rurais.

Diretamente relacionada à vulnerabilidade hídrica, estão as doenças ou transmissão de vírus e bactérias no meio pluvial. Segundo a Fundação Oswaldo Cruz [FIOCRUZ, 2023], a dengue apresenta grandes desafios para a saúde pública do Brasil nos últimos anos, cujo vírus é transmitido pela picada do mosquito fêmea do *Aedes aegypti* e se multiplica em locais onde há água parada. Em uma semana, o *Aedes* passa por diferentes fases aquáticas até se tornar mosquito adulto capaz de voar e transmitir a doença, de forma que o ciclo é impulsionado nos períodos de chuva, principalmente em áreas urbanas, sendo que o mosquito também pode transmitir outros vírus como o da Zika, da Chikungunya e da febre amarela [FIOCRUZ, 2023; Maruyama et al. 2024].

O transmissor do vírus está presente nas regiões tropicais e subtropicais do planeta. Segundo Shaik et al. (2023), a dengue tornou-se uma ameaça estadual durante todo o ano no Paquistão, devido à sua crescente economia urbana e rural, superlotação nas cidades, falta de

banheiros e água limpa e o número de pessoas em situação de rua. Laporta et al. (2022) também realizou um estudo sobre o impacto do mosquito transmissor da dengue em diferentes continentes, mostrando que o transmissor foi identificado em 167 países diferentes, sofrendo uma variação de adaptações a depender do clima e do ambiente. Especialmente na América Latina e Central, os eventos extremos de temperatura acima da média estão causando ao *Aedes aegypti* uma adaptação em diferentes habitats, incluindo oviposição subterrânea e repouso em diferentes espaços [Laporta et al. 2022].

Farjana, Tuno e Higa (2011) desenvolveram uma análise para identificar o efeito da mudança da temperatura no desenvolvimento e competição das espécies *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* e o estudo mostrou que o mosquito transmissor do vírus da dengue possui melhor desenvolvimento em temperaturas ambientes acima de 25 °C. Esse estudo vai ao encontro ao fato dessa infecção ter maior volume de casos em regiões tropicais e semitropicais [Farjana, Tuno e Higa 2011].

Similarmente, Barreira, Amador e MacKay (2011) realizaram um estudo em uma cidade de Porto Rico, mostrando a influência da precipitação das chuvas com o aumento de mosquitos da espécie *Aedes aegypti*. Nesse estudo, eles mostram os picos de densidades do inseto em diferentes períodos do ano, destacando que a maior incidência é nos períodos mais quentes (onde há mais chuvas). Apesar desses apontamentos, a densidade da população dos mosquitos pode ser alta também em períodos de seca, onde a proliferação ocorre em recipientes ou locais afetados pela população humana, como objetos com água parada, esgoto a céu aberto e entre outros [Barreira, Amador e MacKay 2011].

No que tange ao Brasil, de acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), descrito no Atlas de Vulnerabilidade a Inundações do ano de 2023, foram identificados quase 14 mil trechos de rios inundáveis em 2.780 cursos d'água do Brasil, dos quais mais de 4 mil trechos, foram considerados de alta vulnerabilidade a inundações graduais, 6 mil de média e 3,7 mil de baixa propensão a essas ocorrências.

3. Material e Metodologia

3.1. Área de Estudo

Localizado no sudeste brasileiro, o estado do Rio de Janeiro possui a maior densidade demográfica do país com cerca de 360 habitantes por quilômetro quadrado, com uma área territorial de 43,75 mil quilômetros quadrados e 16 milhões de habitantes [IBGE, 2022]. Além disso, o estado possui uma taxa de urbanização maior que 90%, e em 2012 foi registrado que apenas 5% da população do estado vive em áreas rurais, sendo o estado mais urbanizado do país [Ribeiro e Nunes 2019].

Entretanto, o interior fluminense vem apresentando maior contribuição no que tange à demografia do estado, seja fornecendo suplementos alimentícios, abastecendo a metrópole e as cidades arredores, ou seja oferecendo novas possibilidades de desenvolvimento ao estado do Rio de Janeiro em questão de turismo (praias, histórico e ecológico) [Prefeitura do Rio de Janeiro 2024]. Diante de tal quadro, o setor industrial possui um índice de desenvolvimento em municípios mais distantes da metrópole, o que implica em menores custos de produtividade (mão de obra infraestrutura, redução de encargos fiscais e organização sindical), mas ao mesmo tempo, fornece maior possibilidade de crescimento residencial nas áreas mais urbanas.

Nesse sentido, devido ao alto percentual de urbanização no estado do Rio de Janeiro, nas últimas duas décadas foram registrados diversos problemas climáticos atrelados a inundações e alagamentos, como as fortes enchentes na região serrana, Petrópolis e Nova Friburgo, em 2022 e 2011, respectivamente [Filpo et al. 2023; Da Silva 2015]. O INEA, junto com a CEMADEN e a Defesa Civil do Estado do Rio de Janeiro, são responsáveis por articular informações e tecnologias para prever e articular informações relacionadas a possibilidades de eventos climáticos, bem como parâmetros para mapear áreas de risco e providenciar centros de suporte aos afetados.

Para o Rio de Janeiro, especificamente, dos 367 trechos inundáveis, 174 são de alto risco a sobrecarga de águas e alagamentos nas cidades. Nesse contexto, quanto maior a probabilidade de inundações, maior a quantidade de água parada nos centros urbanos e, com isso, maior chance de áreas de proliferação dos mosquitos transmissores da dengue. Para mais, mesmo em áreas rurais, no período de intensas chuvas, o solo acaba saturado e não consegue absorver toda a água sobre ele, o que influencia diretamente em alagamentos e inundações, também influenciando em água estagnada por um período e contribuindo, assim, para proliferação das larvas e mosquitos [Alenou et al. 2023].

3.2. Metodologia

Como qualquer outra vulnerabilidade decorrente de incidentes ambientais e a relação com vírus e doenças que possuem um índice de propagação nesses cenários, existem diversos métodos e estimativas para investigar a correlação e os fatores entre a causa e consequência. Assim, este artigo propõe uma análise de dados de precipitação e temperatura nos municípios do estado do Rio de Janeiro e uma verificação de correlação com os casos de dengue registrados entre os anos de 2020 e 2024, um período de 4 anos completos e um semestre do ano mais recente (2024) para restrição e uma análise mais cautelosa sem ferramentas mais complexas. A escolha deste período temporal se deve à restrição do prazo para realização desta pesquisa, de caráter experimental, ainda incipiente, sendo necessário expandi-la em estudos futuros.

Os dados referentes a precipitação, em milímetros por metro quadrado, foram extraídos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do Ministério da Agricultura e Pecuária para apenas 23 municípios do estado, listados na Tabela 1, devido às limitações em não haver estações meteorológicas em todos os outros 69. Os dados são encontrados com uma aferição por dia, de forma que foi utilizado a média anual de precipitação para cada município. Similarmente, os dados de temperaturas máximas registradas também foram coletados da INMET e realizado uma média anual das informações.

Para as informações relacionadas aos casos de dengue, tanto os casos mais leves quanto os mais agravantes a ponto de internação, foram coletados do DataSUS. Os dados encontrados apresentam apenas o número de habitantes infectados por ano para cada município, e por isso foi necessário realizar uma média anual da precipitação e da temperatura para ser realizada a análise, visto que não seria possível um estudo de correlação por mês ou trimestre.

No que tange às informações do ano de 2024, foram encontradas nas bases de dados registros dos primeiros quatro meses do ano, tanto para as alterações climáticas quanto para as infecções causadas pelo mosquito *Aedes aegypti*. Para os demais anos obteve-se o acesso a todos os casos notificados e registrados pelo SUS nos doze meses de cada ano. Entretanto, não é possível garantir que todos os casos de infecções ocorridos no período analisado foram notificados e estão no sistema, de forma que pode haver indivíduos infectados, principalmente em municípios rurais, que não passaram por consultas médias e registradas no sistema de dados abertos.

Tabela 1: Municípios do estado do Rio de Janeiro com dados históricos anuais de precipitação e temperatura fornecidos pelo INMET.

Município	Município	Município
Angra dos Reis	Niterói	São Gonçalo
Arraial do Cabo	Nova Friburgo	Saquarema
Cambuci	Paraty	Seropédica
Campos dos Goytacazes	Paty do Alfeires	Silva Jardim
Carmo	Resende	Teresópolis
Duque de Caxias	Rio Claro	Três Rios
Itatiaia	Rio de Janeiro	Valença
Macaé	Santa Maria Madalena	

Para esta análise preliminar, os dados não passaram por tratamento estatístico ou nenhuma técnica de mineração, apenas utilizados como dados brutos para as construções das análises. Para mais, foram selecionados os últimos cinco anos para uma investigação de curva de relação entre condições climáticas e infecção do vírus da dengue, visto que ao analisar um ou dois anos não seria possível essa visualização. Por fim, fez-se uma análise mais detalhada do município com maior incidência de casos de dengue em todos os anos investigados.

4. Resultados

A presença de indivíduos contaminados pelo vírus transmitido pelo mosquito *Aedes aegypti* vem crescendo nos últimos 5 anos. A Figura 1 mostra o mapa de números de casos identificados nos municípios do estado do RJ entre 2020 e 2023. É possível notar um escurecimento nas áreas da capital e de Campos dos Goytacazes. É importante ressaltar que, por limitações da ferramenta utilizada para a plotagem das figuras de mapa, quatro municípios (os que estão em cinza: Cantagalo, Maricá, Rio Claro e Trajano de Moraes), não foram identificados no mapa, mas não possuem números de casos significativos em comparação com os dois citados acima.

A Figura 2 mostra, em números, os dez municípios que possuem o maior número de infectados por ano, de forma que a capital do estado se encontra em primeiro lugar nos 4 anos analisados e o município de Campos dos Goytacazes possui um aumento significativo (de 15 casos registrados em 2020 para 3435 em 2023), como foi avaliado na Figura 1.

Ademais, quando comparado o ano inteiro de 2023 com apenas o primeiro semestre de 2024, é possível identificar que o índice de indivíduos infectados quadruplicou para o município do Rio de Janeiro e um aumento alarmante para outras localidades, o que pode ser visualizado nas Figuras 3 e 4, como os casos de Volta Redonda com um aumento de 2594,6% e Angra dos Reis com aumento de 382,4%.

No que tange a média de precipitação e de temperatura anual, os mapas de calor não indicam uma mudança significativa ao longo dos anos que acompanhe a curva de crescimento de casos de dengue no estado, vistos nas Figuras 5 e 6.

Como a capital do estado mostrou um aumento agravante, em cerca de 6933%, de casos identificados pelo vírus da dengue nos últimos cinco anos e apenas em 2024 representa 82,6% dos casos em todo o estado do Rio de Janeiro, foi realizada uma análise mais aprofundada voltada para esse município. Na Figura 7 foi construído um gráfico que mostra o número de casos de dengue ao longo dos anos para a capital do RJ com a média de precipitação anual e entre os anos de 2020 e 2023 vemos uma relação inversa.

Figura 1: Mapa de índice de infectados pelo vírus da Dengue nos municípios localizados no estado do Rio de Janeiro para os anos de 2020, 2021, 2022 e 2023.

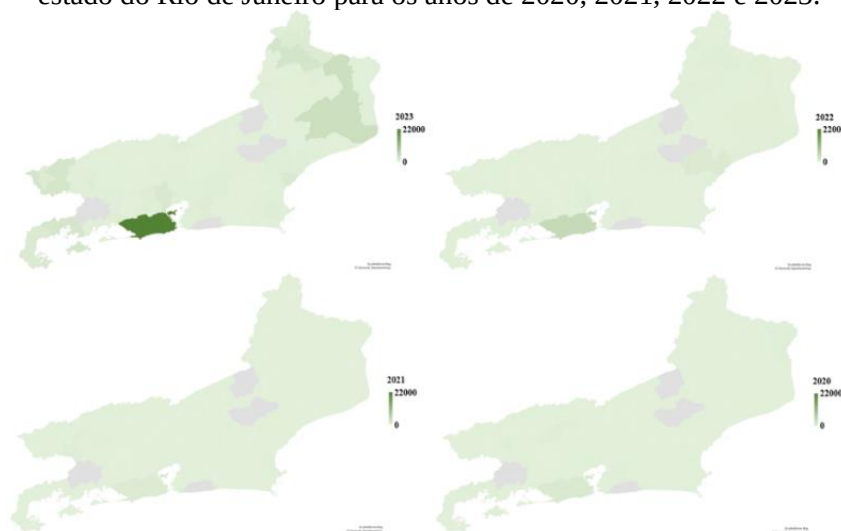


Figura 2: Os dez municípios com maiores números de infectados pelo vírus da Dengue no estado do Rio de Janeiro para os anos de 2020, 2021, 2022 e 2023.

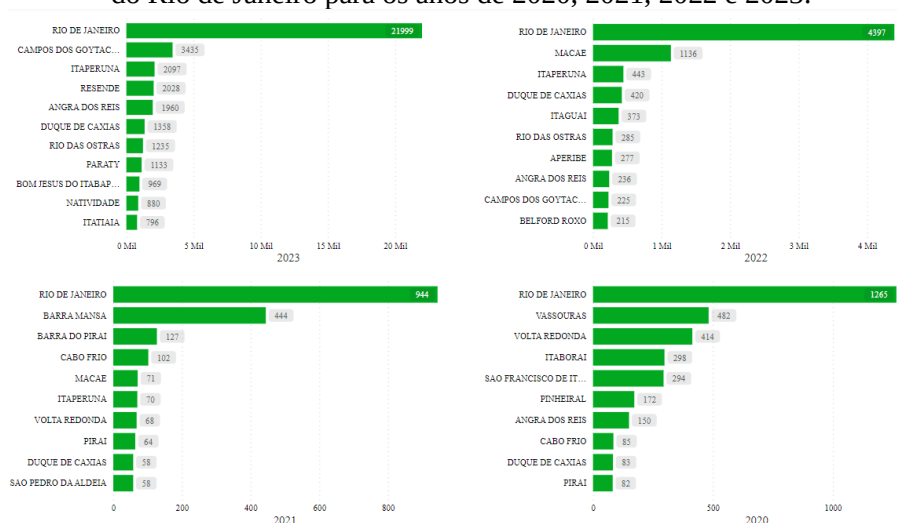
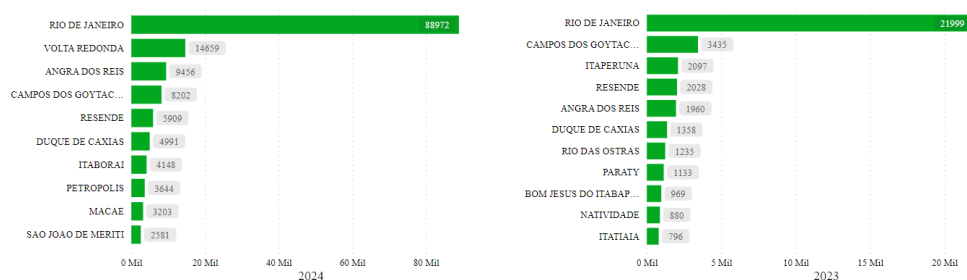


Figura 3: Mapa de índice de infectados pelo vírus da Dengue nos municípios localizados no estado do Rio de Janeiro para o primeiro semestre do ano de 2024 e o ano de 2023.



Figura 4: Os dez municípios com maiores números de infectados pelo vírus da Dengue no estado do Rio de Janeiro para o primeiro semestre do ano de 2024 e o ano de 2023.



Para o ano de 2024 há um aumento de precipitação média significativo, chegando a 0,26 mililitros por metro quadrado (mais que o dobro quando comparado com a média anual de 2023), acompanhando os casos de dengue registrados, mas como os dados correspondem apenas ao primeiro semestre do ano, esse valor elevado está relacionado com os meses mais chuvosos do ano em um território tropical.

Nesse sentido, os dados não apresentam uma correlação esperada entre precipitação média anual e a transmissão do vírus pelo *Aedes aegypti*, onde cenários com maior precipitação e, consequentemente, mais água nas ruas influenciariam na proliferação dos mosquitos transmissores. Por outro lado, ao analisar o número de infectados com a temperatura média registrada ao longo dos anos, nota-se uma relação proporcional, onde no ano de 2021 há um decaimento em ambas as

informações, mas nos anos seguintes elas crescem simultaneamente. Assim como a média de precipitação para o ano de 2024, a temperatura também se mostra em um patamar mais elevado que nos anos anteriores devido a serem considerados apenas os meses que, na maioria, incluem a estação do verão e, sobretudo, no ano de 2024 foram identificadas diversas ondas de calor que contribuem com o aumento da média [Ministério da Saúde 2024].

Ao analisar os dados trabalhados, com apenas as variáveis de precipitação e temperatura, não é possível encontrar uma correlação clara que determine a influência dos casos de infecção de dengue atrelados apenas a essas duas características climáticas. Apesar de estudos apontados na revisão da literatura apontarem que o mosquito *Aedes aegypti* possui uma evolução mais rápida e em temperaturas maiores e com alto índice de precipitação, somente essas justificativas, junto à com os dados analisados para o município do Rio de Janeiro, não garante que o aumento alarmante de casos em 2024 seja decorrente a essas causas climáticas. Nesse sentido, também seria interessante haver a disponibilidade de dados para analisar as temperaturas com os casos de dengue mês a mês e não com uma média anual, devido ao perfil das estações do ano.

Figura 5: Mapa da média de precipitação anual (em mililitros por metro quadrado) no estado do Rio de Janeiro para os anos de 2020, 2021, 2022 e 2023.

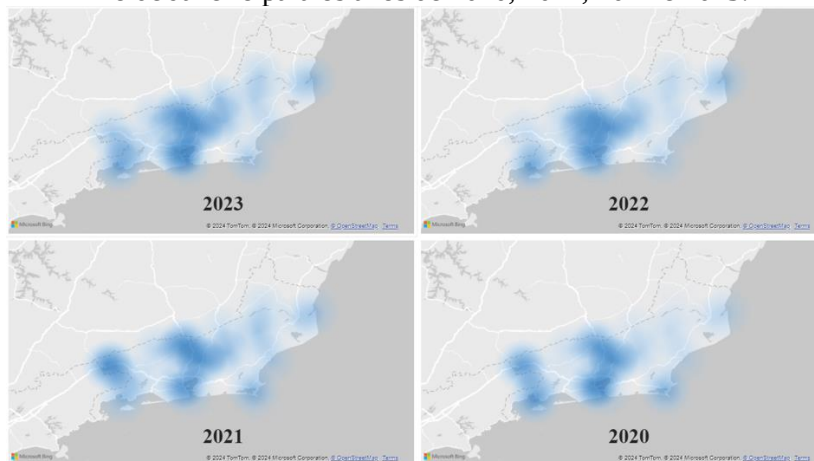
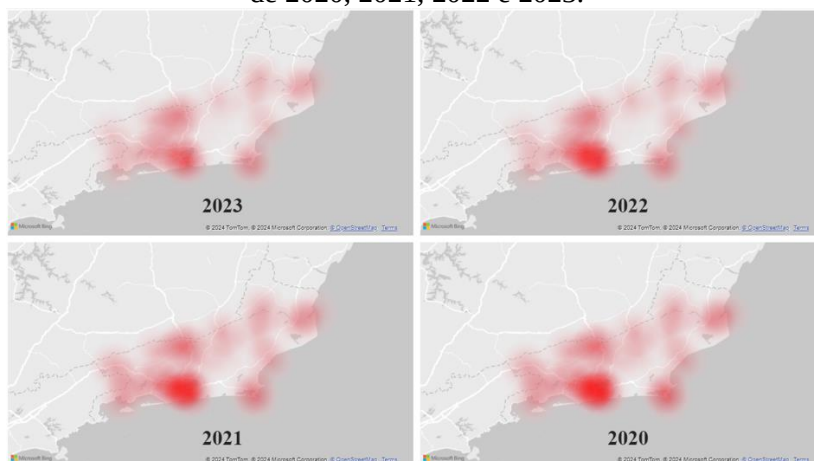


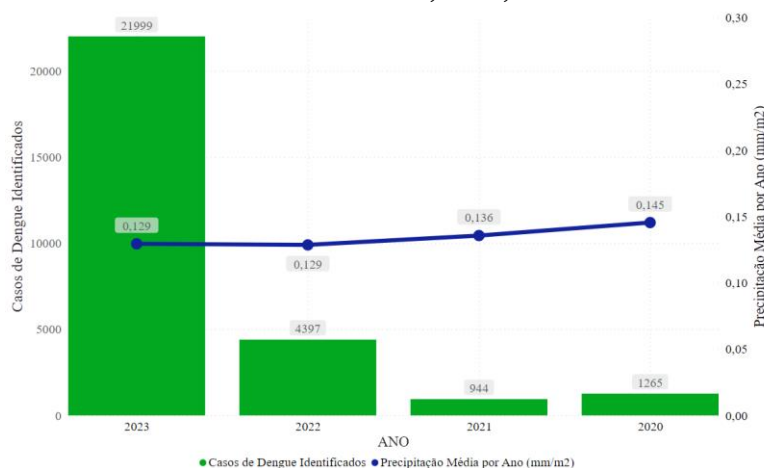
Figura 6: Mapa da média de temperatura anual (em °C) no estado do Rio de Janeiro para os anos de 2020, 2021, 2022 e 2023.



De tal forma, o número descrito de índice de casos em 2024 (mostrado na Figura 4) pode estar atrelado a novos métodos de identificação do vírus que estão sendo implementados em hospitais [Leite 2024], como também a influência de políticas públicas na área de saúde trazidas pela mudança de governo, que intensificou profissionais nos pontos de atendimento à população

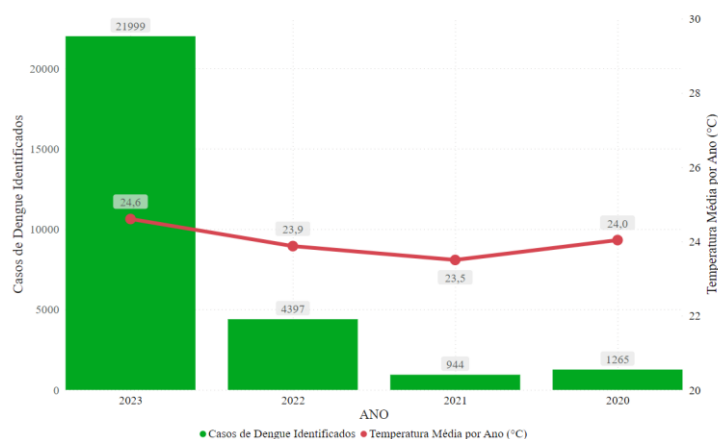
[De Lucena 2024]. Além disso, a premissa de que a temperatura e a precipitação influenciam no número de contaminações pelo vírus da dengue pode ser verdadeira, mas estar associada juntamente a outras variáveis, como quantidade de lixo nas ruas, quantidade de municípios com esgoto ao ar livre e entre outros [Flauzino, Souza-Santos, e Oliveira 2011].

Figura 7: Números de infectados pelo vírus da Dengue e a média de precipitação anual (em mililitros por metro quadrado) no município do Rio de Janeiro para o primeiro semestre do ano de 2024 e os anos de 2020, 2021, 2022 e 2023.



Além da capital do estado, também se nota um aumento de 22800 % de casos notificados para dengue no município de Campos dos Goytacazes entre 2020 e 2023, mas o aumento da temperatura média anual foi de apenas 2,3% em graus Celsius e a precipitação diminuiu em 40% em mililitros por metro quadrado. Entretanto, os municípios de Itaperuna e Rio das Ostras, que estão entre os 10 municípios com mais casos de dengue em 2023, não possuem informações climáticas devido a limitações políticas e econômicas, de forma que não é possível analisar caso a caso entre os municípios do estado, o que torna uma limitação do estudo em questão.

Figura 8: Números de infectados pelo vírus da Dengue e a média de temperatura anual (em °C) no município do Rio de Janeiro para o primeiro semestre do ano de 2024 e os anos de 2020, 2021, 2022 e 2023.



5. Conclusão

Este estudo teve como objetivo estudar o índice de casos de dengue nos municípios do estado do Rio de Janeiro analisando as variáveis de temperatura e precipitação, sendo que o mosquito *Aedes aegypti* também pode transmitir outros vírus como o da Zika, da Chikungunya e

da febre amarela. Nota-se que, para os anos analisados, houve um aumento alarmante de casos de dengue notificados no sistema de saúde do país, como também foi possível observar um aumento suave de temperatura média, mas com apenas essa variável não torna possível afirmar uma influência direta.

A análise como um todo ficou limitada pela disponibilidade de informações, como a disponibilidade de casos de dengue por município somadas do ano corrido inteiro e não uma identificação por mês ou a questão de que apenas 25% dos municípios terem centros meteorológicos. Dessa forma, foi necessário trabalhar com os dados climáticos (precipitação e temperatura) em forma de média anual, mas seria interessante uma separação entre períodos de chuva e seca, bem como estações do ano como verão e inverno.

Dessa forma, como estudos futuros, sugere-se a inclusão de outras variáveis a serem analisadas junto com os dados, como a crescente economia urbana e rural, superlotação nas cidades, falta de banheiros e água limpa e o número de pessoas em situação de rua. Além disso, é fundamental analisar e entender se os anos de 2020 e 2021 tiveram um menor índice de contaminação com o vírus devido a pandemia do COVID-19, onde as pessoas ficaram restritas em ir e vir (devido ao isolamento social), deixaram de ir aos postos de atendimento quando os sintomas eram mais amenos, para não aumentar a exposição além de analisar se os casos de dengue foram mascarados pelo do vírus da COVID-19 ou sendo registrados como um falso positivo para o segundo caso. Nesse cenário, também é válido analisar alguns anos que antecedem a pandemia, verificando se realmente houve um crescimento gradual antes de 2020 ou se durante a pandemia houve uma baixa nos casos identificados de dengue. É importante verificar cenários em que não estejam associados a pandemia iniciada em 2020.

No que tange aos números alarmantes de casos verificados apenas no primeiro semestre de 2024, quando comparado com os anos anteriores, caberia compreender se houve influência nas políticas públicas do estado em fortalecer a área da saúde ou se houve uma melhoria na tecnologia para identificar os casos. Além disso, caberia uma análise de comparação com outros estados a fim de entender se o aumento foi um ponto nacional ou apenas estadual e identificar as influências sociais e políticas referentes ao estado que contribuem com a proliferação da doença.

Assim, este estudo, ainda que em suas etapas iniciais, contribui para identificar como os fatores climáticos influenciam na dinâmica da propagação da dengue, mesmo que ao analisar apenas duas variáveis (precipitação e temperatura) não seja possível inferir a influência direta. Além disso, ao realizar avaliações mais completas, podem contribuir às políticas de saúde pública, ajudando a planejar intervenções mais eficazes em épocas ou regiões específicas. A adição de dados regionais ao corpo de literatura científica existente enriquece o conhecimento global sobre dengue e a região estudada.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001"

Referências

Abdrabo, K. I., Kantoush, S. A., Esmail, A., Saber, M., Sumi, T., Almamari, M., Elboshy, I. e Ghoniem, S. (2023). An integrated indicator-based approach for constructing an urban flood vulnerability index as an urban decision-making tool using the PCA and AHP techniques: a case study of Alexandria, Egypt. *Urban Climate*, 48, 101426.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2023). Atlas de Vulnerabilidades e Inundações. https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/2cfa808b-b370-43ef-8107-5c3bfd7acf9c/attachments/Atlas_de_Vulnerabilidade_a_Inundaes.pdf. Acessado: 2024-05-14.

- Albulescu, A. C., Minea, I., Boicu, D. e Larion, D. (2022). Comparative multi-criteria assessment of hydrological vulnerability—case study: drainage basins in the Northeast Region of Romania. *Water*, 14(8), 1302.
- Alenou, L. D., Nwane, P., Mbakop, L. R., Piameu, M., Ekoko, W., Mandeng, S., Bikoy, E. N., Toto, J. C., Onguina, H. e Etang, J. (2023). Burden of mosquito-borne diseases across rural versus urban areas in Cameroon between 2002 and 2021: prospective for community-oriented vector management approaches. *Parasites & Vectors*, 16(1), 136.
- Almeida, R. e Kosminsky, D. (2023). Escalas em aquecimento: reflexões teóricas e projetuais sobre o design de uma visualização digital de dados de aquecimento global. *Arcos Design*, 16(1), 139-160.
- Barrera, R., Amador, M. e MacKay, A. J. (2011). Population dynamics of *Aedes aegypti* and dengue as influenced by weather and human behavior in San Juan, Puerto Rico. *PLoS neglected tropical diseases*, 5(12), e1378.
- Carraro, C., de Moraes, J. C., Eleres, G. V., de Carvalho, S. M. M. R., Azevedo, H. e de Andrade Ruela, G. (2024). Perfil das internações por Dengue entre as regiões brasileiras no período de 2019 a 2023. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, 6(4), 1217-1230.
- Costa, D. M. (2023). Ecoarqueologia das mudanças climáticas: da resiliência pré-histórica à sustentabilidade contemporânea. *Revista de Arqueologia*, 36(2), 274-298.
- Da Silva, C. A. M. (2015). Os desastres no Rio de Janeiro: conceitos e dados. *Cadernos do Desenvolvimento Fluminense*, (8), 55-72.
- De Lucena, E. P. (2024). O impacto da corrupção na eficiência das políticas públicas brasileiras na área da saúde: durante o período de pandemia no Brasil. *Iniciação Científica da FAMMA (RICFAMMA)*, 9(1).
- De Moura, M. R. F., dos Santos, F. M., Galvão, C. D. O., Montenegro, S. M. G. L. e da Silva, S. R. (2020). Segurança e vulnerabilidade hídrica: evoluções conceituais à luz da Gestão Integrada e Sustentável. *Ciência & Tropico* (03042685), 44(1).
- Farjana, T., Tuno, N. e Higa, Y. (2012). Effects of temperature and diet on development and interspecies competition in *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. *Medical and veterinary entomology*, 26(2), 210-217.
- Filpo, K. P. L., Lobato, J. D. T., Pires, Y. F. e Araújo, F. S. (2023). Desastres naturais, omissões do poder público e judicialização: reflexões a partir do caso cidade de Petrópolis-2022. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 12(1), e25610-e25610.
- Flauzino, R. F., Souza-Santos, R. e Oliveira, R. M. D. (2011). Indicadores socioambientais para vigilância da dengue em nível local. *Saúde e Sociedade*, 20, 225-240.
- Fundação Osvaldo da Cruz (2023). Doenças no Portal Fiocruz: Dengue. <https://portal.fiocruz.br/doenca/dengue>. Acessado: 2024-05-14.
- Gleick, P. H. (2015). On methods for assessing water-resource risks and vulnerabilities. *Environmental Research Letters*, 10(11), 111003.
- Gomes, K. V. S. D. e de Melo Silva, A. C. (2023). Educação Ambiental crítica e o poder da comunicação para a justiça climática. *Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)*, 18(1), 477-491.
- Howard, G. e Bartram, J. (2010). Vision 2030: the resilience of water supply and sanitation in the face of climate change: technical report (No. WHO/HSE/WSH/10.01). World Health Organization.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados. <https://nada.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj.html>. Acessado: 2024-05-14.
- Instituto Nacional de Metrologia. (2024). Dados Históricos - Ministério da Agricultura e Pecuária. <https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>. Acessado: 2024-05-14.

- Laporta, G. Z., Potter, A. M., Oliveira, J. F., Bourke, B. P., Pecor, D. B. e Linton, Y. M. (2023). Global distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in a climate change scenario of regional rivalry. *Insects*, 14(1), 49.
- Leite, L. T. B. (2024). Variação espaço-temporal na ocorrência de *Aedes* spp. (Diptera: Culicidae) no estado do Mato Grosso do Sul.
- Macêdo, J. A. (2023). Vulnerabilidade hídrica à ocorrência de eventos de secas e inundações no semiárido cearense. 132 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Martins, R. D. A. e Ferreira, L. D. C. (2011). Uma revisão crítica sobre cidades e mudança climática: vinho velho em garrafa nova ou um novo paradigma de ação para a governança local?. *Revista de Administração Pública*, 45, 611-641.
- Maruyama, W. I., Martins, G. S., Medeiros, G. D. e Toscano, L. C. (2024). Citronela como repelente de *Aedes aegypti*. *BARBAQUÁ*, 6, e8383-e8383.
- Melkevik, B. (2017). Vulnerabilidade, direito e autonomia: um ensaio sobre o sujeito de direito. *Rev. Faculdade Direito Universidade Federal de Minas Gerais*, 71, 641.
- Ministério da Saúde. (2024). DATASUS - Informações de Saúde. Sistema Único de Saúde. <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sinannet/cnv/denguebb.r.def>. Acessado: 2024-05-14.
- Prefeitura do Rio de Janeiro (2024). Crescimento do setor de serviços na cidade em 2023 impulsiona economia carioca. <https://prefeitura.rio/desenvolvimento-urbano-e-economico/crescimento-do-setor-de-servicos-na-cidade-em-2023-impulsiona-economia-carioca/>. Acessado: 2024-05-17.
- Ministério da Saúde (2024). Assuntos Saúde - Onda de calor. <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/onda-de-calor>. Acessado: 2024-05-21.
- Ribeiro, M. A. e Nunes, N. S. (2019). Geografia do Estado do Rio de Janeiro. Fundação CECIERJ, Rio de Janeiro. <https://canal.cecierj.edu.br/022020/6a6bfdba31d1653c8e1cb37b757a531a.pdf>. Acessado: 2024-05-14.
- Rola, S. M., Silva, N. F. e Vazquez, E. G. (2015). Águas pluviais e resiliência urbana ou os impactos da vulnerabilidade hídrica em áreas rurais e urbanas no Brasil. *Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo*, 15(1), 28-28.
- Santos, F. D., Ferreira, P. L. e Pedersen, J. S. T. (2022). The climate change challenge: A review of the barriers and solutions to deliver a Paris solution. *Climate*, 10(5), 75.
- Shaikh, O. A., Baig, M. T., Tahir, S., Parekh, A. D. E. e Nashwan, A. J. (2023). Dengue outbreak following unprecedented flooding in Pakistan. *Hygiene and Environmental Health Advances*, 7, 100076.
- Tomaz, P. A., Santos, J. D. O. e Jepson, W. (2023). Insegurança Hídrica Domiciliar e Vulnerabilidade Social em Contexto Municipal do Semiárido Cearense. *Sociedade & Natureza*, 35, e69988.
- Tucci, C. E. M. e Chagas, M. D. F. (2017). Segurança hídrica: conceitos e estratégia para Minas Gerais. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 14(1), e12.