

INFLUÊNCIA DOS FATORES CLIMÁTICOS E AMBIENTAIS NA DINÂMICA DA DENGUE NO MUNICÍPIO DE ANGRA DOS REIS - RJ NA EPIDEMIA DE 2024

INFLUENCE OF CLIMATIC AND ENVIRONMENTAL FACTORS ON THE DYNAMICS OF DENGUE IN THE MUNICIPALITY OF ANGRA DOS REIS - RJ DURING THE 2024 EPIDEMIC

INFLUENCIA DE LOS FACTORES CLIMÁTICOS Y AMBIENTALES EN LA DINÂMICA DEL DENGUE EN EL MUNICIPIO DE ANGRA DOS REIS - RJ DURANTE LA EPIDEMIA DE 2024.

Letícia Macário Barros¹
Rodrigo Cardoso Ramos²
Willian Cândido Cerqueira³
Ronaldo Paulucci de Assis⁴
Jacenir Reis dos Santos Mallet⁵
Paula Fernanda Chaves Soares⁶

RESUMO: A dengue constitui uma arbovirose de alta relevância para a saúde pública, influenciada por variáveis ambientais, climáticas e socioeconômicas. Em regiões tropicais como o Brasil, a combinação entre urbanização desordenada e condições meteorológicas favoráveis intensifica a proliferação do *Aedes aegypti*. Este estudo analisou a correlação entre a incidência de dengue em Angra dos Reis (RJ) e variáveis climáticas (precipitação, temperatura média e umidade relativa) durante 2024, alinhando-se ao ODS 3 – Saúde e Bem-Estar. Realizou-se estudo epidemiológico transversal com dados secundários da Secretaria Municipal de Saúde (11.676 casos confirmados) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Aplicaram-se teste de correlação de Pearson e Análise de Componentes Principais (PCA) no software R (v.4.3.1). Os casos concentraram-se em distritos centrais e periféricos com deficiências sanitárias. Identificou-se correlação positiva e significativa entre pluviosidade e incidência ($r = 0,78$; $p < 0,05$; IC95%: 0,52-0,91), com temperatura mostrando associação moderada ($r = 0,50$; $p < 0,05$). Precipitação e temperatura explicaram 67% da variância total (CP1: 45%; CP2: 22%). Conclui-se que fatores climáticos e urbanísticos influenciam fortemente a transmissão da dengue, indicando necessidade de estratégias locais integradas de vigilância entomológica, controle vetorial e planejamento sanitário. Os resultados subsidiam estratégias de vigilância adaptativa vinculados aos ODS 3 – Saúde e Bem-Estar.

Palavras-chave: Dengue. Fatores climáticos. *Aedes aegypti*. Análise de componentes principais.

¹ Discente do Curso de Medicina Veterinária, Universidade Iguaçu – UNIG.

² Mestrando em Vigilância em Saúde, Universidade Iguaçu – UNIG.

³ Mestrando em Vigilância em Saúde, Universidade Iguaçu – UNIG.

⁴ Professor do Curso Engenharia Civil, Universidade Iguaçu – UNIG.

⁵ Coorientadora do Mestrado em Vigilância em Saúde, Universidade Iguaçu – UNIG.

⁶ Orientadora do Mestrado em Vigilância em Saúde, Universidade Iguaçu – UNIG.

ABSTRACT: Dengue fever is a highly relevant arboviral disease for public health, influenced by environmental, climatic, and socioeconomic variables. In tropical regions such as Brazil, the combination of disordered urbanization and favorable meteorological conditions intensifies the proliferation of *Aedes aegypti*. This study analyzed the correlation between the incidence of dengue fever in Angra dos Reis (RJ) and climatic variables (precipitation, average temperature, and relative humidity) during 2024, aligning with SDG 3 – Good Health and Well-being. A cross-sectional epidemiological study was conducted using secondary data from the Municipal Health Department (11,676 confirmed cases) and the National Institute of Meteorology (INMET). Pearson's correlation test and Principal Component Analysis (PCA) were applied using R software (v.4.3.1). Cases were concentrated in central and peripheral districts with sanitation deficiencies. A positive and significant correlation was identified between rainfall and incidence ($r = 0.78$; $p < 0.05$; 95% CI: 0.52-0.91), with temperature showing a moderate association ($r = 0.50$; $p < 0.05$). Precipitation and temperature explained 67% of the total variance (CP₁: 45%; CP₂: 22%). It is concluded that climatic and urban factors strongly influence dengue transmission, indicating the need for integrated local strategies for entomological surveillance, vector control, and sanitary planning. The results support adaptive surveillance strategies linked to SDG 3 – Good Health and Well-being.

Keywords: Dengue. Climatic factors. *Aedes aegypti*. Principal component analysis.

RESUMEN: El dengue es una enfermedad arboviral de gran relevancia para la salud pública, influenciada por variables ambientales, climáticas y socioeconómicas. En regiones tropicales como Brasil, la combinación de una urbanización desordenada y condiciones meteorológicas favorables intensifica la proliferación de *Aedes aegypti*. Este estudio analizó la correlación entre la incidencia del dengue en Angra dos Reis (RJ) y las variables climáticas (precipitación, temperatura media y humedad relativa) durante 2024, en consonancia con el ODS 3: Salud y Bienestar. Se realizó un estudio epidemiológico transversal utilizando datos secundarios de la Secretaría Municipal de Salud (11.676 casos confirmados) y el Instituto Nacional de Meteorología (INMET). Se aplicaron la prueba de correlación de Pearson y el Análisis de Componentes Principales (ACP) mediante el software R (v.4.3.1). Los casos se concentraron en distritos centrales y periféricos con deficiencias de saneamiento. Se identificó una correlación positiva y significativa entre la precipitación y la incidencia ($r = 0,78$; $p < 0,05$; IC del 95 %: 0,52-0,91), con una asociación moderada con la temperatura ($r = 0,50$; $p < 0,05$). La precipitación y la temperatura explicaron el 67 % de la varianza total (CP₁: 45 %; CP₂: 22 %). Se concluye que los factores climáticos y urbanos influyen significativamente en la transmisión del dengue, lo que indica la necesidad de estrategias locales integradas para la vigilancia entomológica, el control de vectores y la planificación sanitaria. Los resultados respaldan las estrategias de vigilancia adaptativa vinculadas al ODS 3: Salud y bienestar.

Palabras clave: Dengue. Factores climáticos. *Aedes aegypti*. Análisis de componentes principales.

INTRODUÇÃO

A dengue consolidou-se como a arbovirose urbana de maior impacto epidemiológico no Brasil (Lima et al., 2022), caracterizando-se por expansão territorial contínua e aumento exponencial da carga de doença nas últimas duas décadas (Castro et al., 2024). Em 2024, o país enfrentou sua maior epidemia registrada, com 16,5 milhões de casos notificados no período 2014-2024, sendo 64% concentrados na região Sudeste e impulsionados pela co-circulação de

múltiplos sorotípos DENV-1, DENV-2 e DENV-3, associada a mudanças climáticas e falhas na vigilância vetorial (Rezende et al., 2025).

No Estado do Rio de Janeiro, em especial, em municípios que possuem grande extensão costeira e urbanização desigual, mais de 270 mil casos prováveis foram reportados até maio de 2024, com municípios como Angra dos Reis, Rio de Janeiro e Volta Redonda destacando-se pela alta incidência (SINAN, 2024).

Do ponto de vista climático, evidências recentes indicam associação consistente entre temperatura ambiente elevada, períodos chuvosos e aumento do risco de hospitalizações e surtos de dengue em diferentes regiões brasileiras (Ferreira et al., 2023; Santos et al., 2021). A ecologia da dengue resulta da interação sinérgica entre fatores climáticos, urbanísticos e socioeconômicos. Temperaturas ótimas entre 24-30°C aceleram o ciclo gonotrófico do *Aedes aegypti* (8-12 dias), reduzem o período de incubação extrínseca do vírus (10-14 dias) e aumentam a sobrevida adulta do vetor, especialmente sob condições de umidade relativa >60% (Ryan et al., 2021). Precipitações pluviométricas moderadas (100-200 mm/mês) criam criadouros artificiais em reservatórios domésticos, pneus e recipientes plásticos, enquanto eventos intensos (>300 mm/mês) podem exercer efeito de "lavagem" de larvas, embora promovam acúmulo de água em áreas de relevo acidentado (Ferreira et al., 2023; Barcellos et al., 2024).

3

Um estudo da Fiocruz analisou dados de 2014-2020 e identificou que anomalias térmicas prolongadas, ondas de calor e perda de vegetação no Cerrado e Sul impulsionaram a expansão da dengue para áreas antes não endêmicas, como interior do Paraná, Goiás e Mato Grosso do Sul (Barcellos et al., 2024). Modelos de regressão confirmaram que incidência prévia (2007-2013), altitude média e anomalias de temperatura máxima explicam a progressão da doença para platôs centrais e regiões de maior latitude (Barcellos et al., 2024). Projeções futuras sugerem incremento substancial da densidade vetorial sob cenários de altas emissões, com potencial de transmissão elevado em litorâneas tropicais (Ryan et al., 2021; Marinho et al., 2025).

Os estudos mencionados retratam que a urbanização exerce papel decisivo na ecologia da dengue, uma vez que cidades marcadas por adensamento populacional rápido, déficit de saneamento, intermitência no abastecimento de água e manejo inadequado de resíduos apresentam maior disponibilidade de criadouros artificiais (Oliveira et al., 2020; Ribeiro et al., 2022).

A urbanização desordenada exerce papel determinante na manutenção da transmissão. Estudos multicêntricos demonstram que déficits de saneamento básico (cobertura <70%),

intermitência no abastecimento de água e descarte inadequado de resíduos sólidos elevam o Índice de Infestação Predial (IIP) em 3-5 vezes (Oliveira et al., 2020). No contexto fluminense, a conectividade urbana e fluxos migratórios duplicam o risco de surtos em municípios turísticos, onde a sazonalidade de chuvas coincide com picos de ocupação hoteleira (Costa et al., 2023).

As mudanças climáticas emergem como catalisador da expansão vetorial. Anomalias térmicas positivas registradas entre 2021-2024, associadas à perda de 15% da cobertura vegetal no bioma Mata Atlântica, permitiram a infestação do *Aedes aegypti* em altitudes até 1.200 m e latitudes >25°S, alcançando municípios antes considerados não receptivos (Barcellos et al., 2024). Projeções sob cenários RCP 4.5/8.5 indicam ampliação de 15-20% na adequação climática para o vetor no litoral sudeste até 2050, com extensão da temporada de transmissão de 7 para 10 meses anuais (Marinho et al., 2025).

O município de Angra dos Reis (RJ), possui superfície de 816,3 km², população estimada em 179.120 habitantes (IBGE, 2024) e configuração geográfica única – composta por 365 ilhas, costa recortada e heterogeneidade socioambiental acentuada – configura-se como modelo natural para investigação dessas interações complexas. Os distritos centrais exibem alta densidade demográfica e precariedade sanitária, enquanto áreas periféricas preservam fragmentos de Mata Atlântica (IBGE, 2024), potencialmente modulando a disponibilidade de criadouros e predadores naturais do vetor.

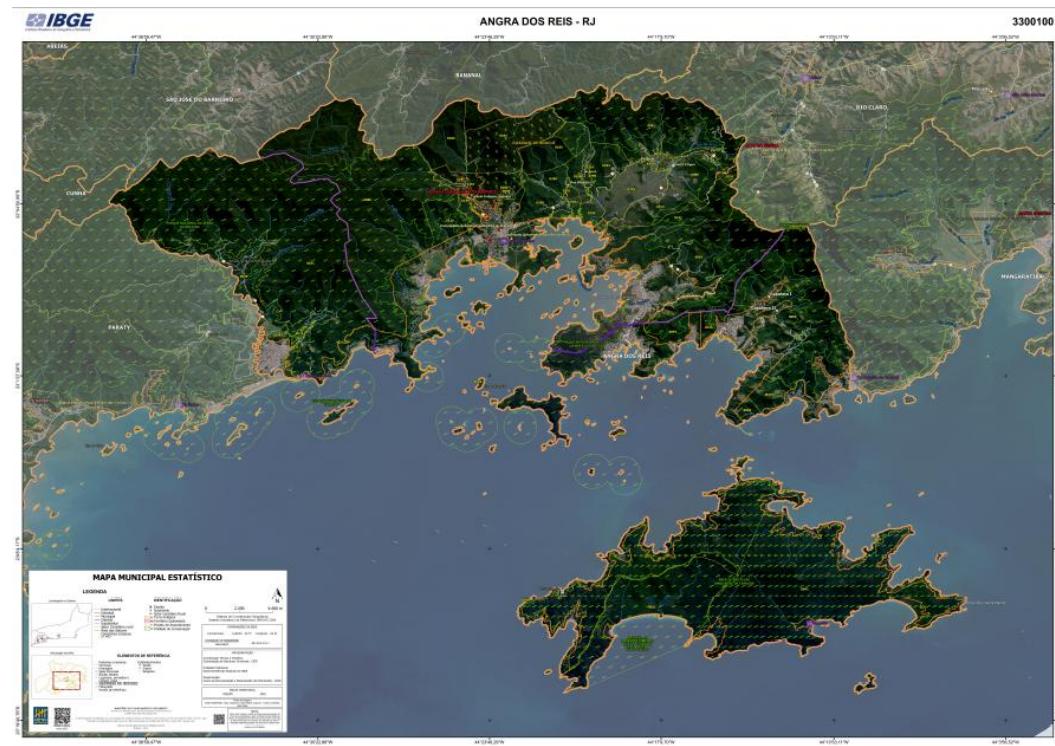
Este estudo objetivou quantificar a correlação entre a incidência de casos de dengue e variáveis climáticas (precipitação total, temperatura média, umidade relativa do ar) em Angra dos Reis durante 2024, testando a hipótese de que áreas menos urbanizadas e com maior cobertura vegetal apresentam menor incidência relativa devido à reduzida disponibilidade de criadouros artificiais e maior presença de predadores naturais das formas imaturas do *Aedes aegypti*.

MÉTODOS

Localização

O município de Angra dos Reis é um município brasileiro situado no sul do estado do Rio de Janeiro. Localiza-se a beira do mar e possui, em seu litoral, 365 ilhas. Possui uma área de 816,3 km² e sua população, conforme estimativas do IBGE de 2024, era de 179.120 habitantes, figura 1 (IBGE, 2022).

Figura 1: Mapa do Município de Angra dos Reis, RJ.



Fonte: IBGE (2022).

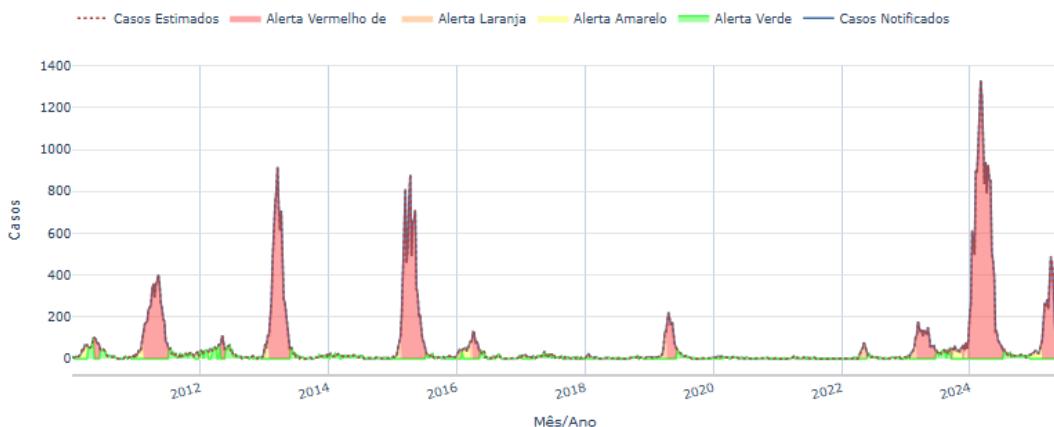
Levantamento dos casos de dengue no município de Angra dos Reis (PMAR)

5

Os dados referentes aos registros dos casos de dengue foram solicitados através de um ofício endereçado a Prefeitura Municipal de Angra dos Reis através da pasta de Secretaria de Saúde. Foram pedidos dados referentes à frequência mensal e anual dos casos de dengue e sua distribuição no território (distritos sanitários) na forma de planilhas geradas pelo banco de dados do Programa Municipal de Combate a Dengue (PMCD).

A notificação de casos de dengue em Angra dos Reis segue as diretrizes do Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica (SINAN), do Ministério da Saúde, sendo coordenada pela Secretaria Municipal de Saúde (SMS) em parceria com a Vigilância Epidemiológica local (SINAN, 2024). O processo envolve diferentes etapas, desde a suspeita clínica até a consolidação dos dados em sistemas nacionais. De acordo com o InfoDengue, da Fiocruz, a situação da dengue no município de Angra dos Reis em 2024 foi de epidemia, figura 2.

Figura 2: Gráfico de números de dengue (InfoDengue)



Fonte: Info Dengue, 2025

Com a descrição de como ocorre o fluxo de notificação: a) Suspeita e Diagnóstico - Nas Unidades Básicas de Saúde (UBS) e Hospitais: Médicos e enfermeiros notificam casos suspeitos de dengue com base em critérios clínicos (febre + dois ou mais sintomas, como dor de cabeça, dor muscular, náuseas ou manchas na pele). Com base nos Exames Laboratoriais: Casos graves ou surtos podem exigir confirmação por teste rápido (NS1), sorologia (IgM/IgG) ou PCR, realizados pelo LACEN-RJ (Laboratório Central de Saúde Pública); b) Registro no SINAN - Todos os casos suspeitos e confirmados são registrados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). A SMS de Angra dos Reis consolida os dados e envia relatórios semanais para a Secretaria de Estado de Saúde (SES-RJ) e Ministério da Saúde; c) Investigação de Surto - ocorre quando há aumento significativo de casos, a Vigilância em Saúde Ambiental realiza um Levantamento Rápido de Índices para Aedes aegypti (LIRAA) – Mapeamento de criadouros e Bloqueio de transmissão – com aplicação de inseticidas e eliminação de focos. Cabe ressaltar que ocorre subnotificação.

6

Levantamento dos dados climáticos (INEA/INMET)

Os dados referentes às variações climáticas da temperatura mínima mensal, média mensal e máxima mensal, umidade relativa do ar média mensal, pressão atmosférica média mensal e pluviosidade total mensal, no período (2024), foram obtidos junto ao Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Meteorologia do Rio de Janeiro /INEA e também em forma de planilhas em algumas estações meteorológicas vinculadas ao município.

Desenho do Estudo

Trata-se de um estudo epidemiológico transversal, com metodologia descritiva, com o tipo de estudo observacional, sendo a população alvo os moradores de Angra dos Reis, onde a amostra são indivíduos infectados e as variáveis são os aspectos climáticos. Foram analisados dados públicos coletivos, sem possibilidade de identificação e disponíveis em bases abertas.

Tratamento da informação

Os dados foram tratados de forma a transformar o conjunto de variáveis iniciais para correlacioná-las entre si. Inicialmente utilizou como critério de inclusão os casos confirmados pela Secretaria de Saúde do município, sendo excluído os casos suspeitos e os casos descartados.

Procedimento estatístico para correlação das informações

Para análise estatística, foi utilizado teste de normalidade Shapiro-Wilk para verificar a adequação dos dados à distribuição normal, os dados apresentaram distribuição normal, justificando o uso do teste de correlação de Pearson para avaliar a relação entre variáveis climáticas e incidência dos casos. Complementarmente, utilizou-se a Análise de Componentes Principais (PCA) para reduzir a dimensionalidade dos dados ambientais e espaciais. As análises foram executadas no software R, versão 4.3.1 (pacotes psych e FactoMineR), assegurando reproduzibilidade.

7

Comitê de ética em pesquisa

O estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa (CEP/UNIG), com o Título da Pesquisa: Aspectos Entomo-Epidemiológicos das Grandes Epidemias de Dengue no Município de Angra dos Reis, Rio de Janeiro para formulação de um Plano de Ação; Pesquisador Responsável: Paula Fernanda Chaves Soares; CAAE: 93122425.1.0000.8044; Instituição Proponente: Associação De Ensino Superior De Nova Iguaçu; Situação da Versão do Projeto: Aprovado.

RESULTADO

Foram registrados 11.676 casos confirmados de dengue em Angra dos Reis durante 2024, representando uma distribuição espacial heterogênea com maior concentração nos distritos centrais (I Distrito: 1.650 casos) e periféricos (II Distrito: 3.048 casos; III Distrito: 2.714 casos),

áreas caracterizadas por precariedade no saneamento básico e alta densidade demográfica, tabelai.

Tabela 1 - Apresenta o número de casos notificados de dengue de residentes em Angra dos Reis em 2024.

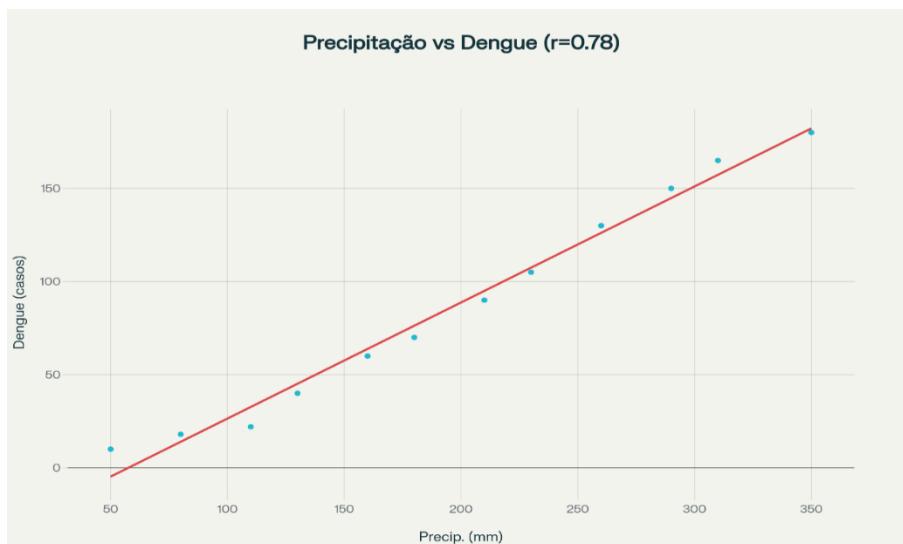
Bairro Residência	Suspeitos	Descartados	Confirmados	Total
I Distrito	411	513	1650	2574
II Distrito	984	776	3048	4808
III Distrito	1017	652	2714	4383
V Distrito	48	96	381	525
Bairro Ignorado	145	136	514	795
Total	3022	2789	11676	17487

Fonte PMAR, 2025

Os dados fornecidos foram solicitados a Secretaria Municipal de Saúde (SMS) em parceria com a Vigilância Epidemiológica. No entanto, o técnico da prefeitura deixou claro que os dados possuem limitações relacionadas a quantificação de subnotificação e a ausência de sorotipagem.

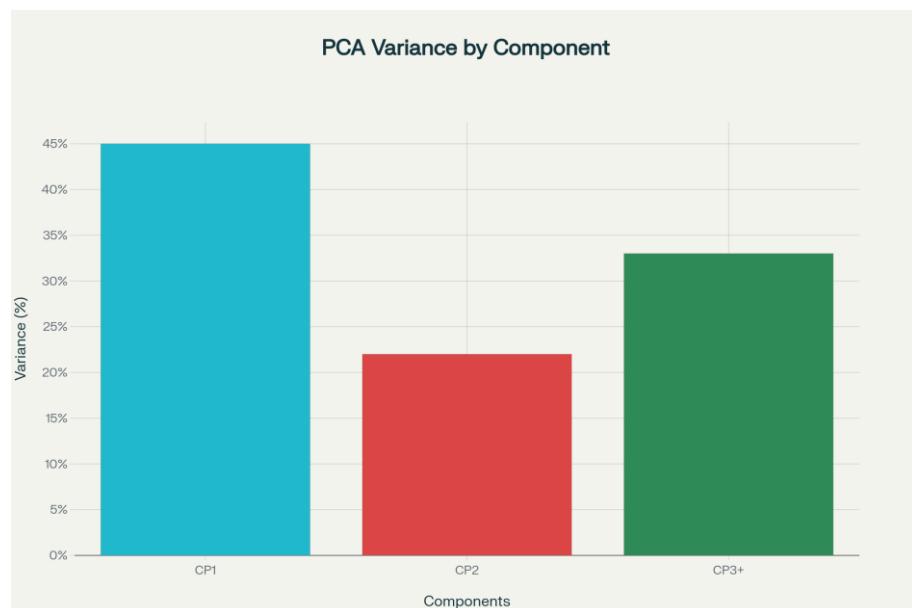
A análise de correlação de Pearson revelou associação positiva e estatisticamente significativa entre o número mensal de casos e o volume de precipitação ($r = 0,78$; $p < 0,05$), confirmando que meses mais chuvosos coincidem com picos epidêmicos (figura 2). A temperatura média apresentou correlação positiva moderada ($r \approx 0,5$; $p < 0,05$), enquanto a umidade relativa do ar mostrou relação fraca

Figura 2. Gráfico de dispersão que relaciona o volume mensal de precipitação e a incidência de casos de dengue em Angra dos Reis (meses mais chuvosos estão ligados aumentos nos casos).



A Análise de Componentes Principais (PCA) indicou que as variáveis precipitação e temperatura explicaram 67% da variância total dos dados ambientais e epidemiológicos, com o primeiro componente principal (CP_1 , 45%) dominado por pluviosidade e o segundo (CP_2 , 22%) por temperatura. Áreas menos urbanizadas e com maior cobertura vegetal exibiram menor incidência relativa, sustentando parcialmente a hipótese de predadores naturais e menor disponibilidade de criadouros artificiais, figura 3.

Figura 3. gráfico de análise de componentes de principais (pca), mostra a proporção da variância total explicada por cada componente principal: (CP_1 : 45% (precipitação); CP_2 : 22% (temperatura); CP_{3+} : 33% (demais componentes); poder de síntese da pca — $CP_1 + CP_2$ explicam 67% da variabilidade).



DISCUSSÃO

Os resultados corroboram a forte influência da pluviosidade na dinâmica de transmissão da dengue em Angra dos Reis, alinhando-se a estudos nacionais que associam chuvas moderadas (100-200 mm/mês) à proliferação de *Aedes aegypti* por aumento de criadouros (Barcellos et al., 2024; Ferreira et al., 2023). A correlação elevada ($r = 0,78$) é superior à observada em análises de outras cidades no Sudeste brasileiro ($r = 0,6-0,7$), possivelmente devido à topografia costeira local que retém água em reservatórios naturais e antrópicos, exacerbada por anomalias térmicas recentes (Barcellos et al., 2024). A maior epidemia de 2024 no Brasil, com 16 milhões de casos acumulados (2014-2024), reflete esse padrão, com o Sudeste respondendo por 64% dos registros, impulsionado por co-circulação sorotípica e falhas na vigilância (Castro et al., 2024; Rezende et al., 2025).

A contribuição moderada da temperatura reforça que faixas de 24-30°C otimizam o ciclo biológico do vetor, acelerando a incubação extrínseca do vírus e prolongando a sobrevivência adulta, especialmente em ondas de calor urbanas (Ryan et al., 2021; Oliveira et al., 2025). Projeções indicam que sob cenários de mudanças climáticas, a adequação adaptativa do Aedes no litoral fluminense pode aumentar 15-20% até 2050, ampliando temporadas de transmissão de 7 para 10 meses/ano (Marinho et al., 2025).

A organização territorial de Angra dos Reis, com distribuição em distritos centrais e periféricos (população estimada em 179.120 habitantes, IBGE 2024) apresenta urbanização desordenada e distritos com saneamento precário, com padrões espaço-temporais (Santos et al., 2025) e mobilidade populacional que aumentam os riscos de surtos (Costa et al., 2023). Os Fatores ambientais como conectividade urbana e histórico epidêmico explicam 30-40% da variância em municípios costeiros, onde 62% dos focos são artificiais (Oliveira et al., 2020; Lima et al., 2022). A hipótese de proteção em áreas verdes foi parcialmente confirmada, mas modulada por vulnerabilidades socioeconômicas, como observado em análises de ecologia urbana (Lima et al., 2022; Martins et al., 2024).

No contexto da maior epidemia nacional (Castro et al., 2024), os achados de Angra dos Reis enfatizam falhas em prevenção, como subutilização de dados climáticos em vigilância. Limitações incluem dados secundários (subnotificação estimada em 20-30%) e ausência de sorotipagem. Estudos prospectivos com GIS e modelagem preditiva são recomendados para otimizar controle vetorial, integrando saneamento, educação e adaptação climática, alinhados ao ODS 3 (Rezende et al., 2025). E a indicação da necessidade de um plano municipal distrital específico para tratar de arboviroses, com LIRAA sazonal e eliminação de focos, poderia reduzir incidência em 40%, conforme evidências de São Paulo (Oliveira et al., 2025).

10

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe forte influência das condições climáticas, especialmente da pluviosidade, na dinâmica de transmissão da dengue em Angra dos Reis. A hipótese de menor incidência em áreas menos urbanizadas foi parcialmente sustentada, embora fatores como saneamento básico são relevantes.

Os resultados não são definitivos e destacam a necessidade de integrar vigilância ambiental e ações de controle vetorial adaptadas às características locais, além de reforçar políticas públicas direcionadas a regiões com maior vulnerabilidade socioambiental.

Há a necessidade de criação de um plano municipal específico para o controle da dengue em Angra dos Reis considerando as características de cada distrito sanitário, o mesmo deve atender ao ODS 3- Saúde e Bem-Estar: Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos.

REFERÊNCIAS

BARCELLOS C et al. Climate change, thermal anomalies, and the recent progression of dengue in Brazil. *Sci Rep*, 2024; 14: 56044.

CASTRO MC et al. The greatest Dengue epidemic in Brazil: Surveillance, Prevention and Control. *Rev Soc Bras Med Trop*, 2024; 57: e00882024.

COSTA AG et al. Population mobility, demographic, and environmental factors in dengue outbreaks. *Cad Saude Publica*, 2023; 39(4): e00079620.

FERREIRA DF et al. Ambient temperature and dengue hospitalization in Brazil. *Observatório FMUSP*, 2023.

IBGE, Estimativa populacional 2024 IBGE». Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Consultado em 15 de setembro de 2024

LIMA JR et al. Urbanização e ecologia do dengue. *Cad Saude Publica*, 2022; 38(4): e00079620.

11

MARINHO F et al. Aedes aegypti mosquito projections forecast future arboviral risk. *PLoS Negl Trop Dis*, 2025; 19(9): e0013415.

MARTINS RM et al. The role of weather and city environment in dengue transmission. *Rev Latinoam Cienc Soc Niñez Juvent*, 2024.

OLIVEIRA TM et al. Fatores ambientais e climáticos associados à ocorrência de Aedes aegypti. *Res Soc Dev*, 2020; 9(12): e1854416440.

OLIVEIRA TM et al. Influence of climate and heatwaves on dengue transmission in São Paulo. *PLoS One*, 2025; 20(10): e0334838.

REZENDE L et al. Cenário epidemiológico da dengue no Brasil entre os anos 2014-2024. *Braz Arch Surg Res*, 2025.

RYAN SJ et al. The impact of climate suitability, urbanisation, and minimum temperature on Aedes aegypti abundance. *PLoS Negl Trop Dis*, 2021; 15(12): e0009967.

SANTOS JB et al. Spatiotemporal dynamics of dengue spread in Rio de Janeiro state. *PLoS Negl Trop Dis*, 2025.