

Desempenho da Vigilância Epidemiológica: Sazonalidade da Dengue e Insights Estratégicos, Cabo Frio (2015–2024)

João Guilherme Porto Mendes – Universidade Federal Fluminense (UFF)

4 de Novembro de 2025

joaoguilhermemendes@id.uff.br

Resumo

Este estudo utiliza métodos de Ciência de Dados e epidemiologia para analisar dez anos (2015–2024) da dinâmica temporal da dengue em Cabo Frio, município litorâneo do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Por meio de visualizações de alta densidade informacional (mapas de calor, séries temporais e curvas comparativas anuais), identificou-se que a sazonalidade típica (com pico entre fevereiro e maio) não é o único fator preditivo de surtos. A análise revelou uma heterogeneidade temporal crítica nas grandes epidemias de 2019 e 2024, levando à proposição de insights estratégicos: (1) O pico de 2024 foi o mais precoce e explosivo, exigindo intervenções de vigilância já em dezembro/janeiro, antes do auge do verão. (2) O pico histórico de 2019 foi tardio (maio), sugerindo que a alta suscetibilidade populacional e a possível reintrodução de sorotipos (por exemplo, DENV-2) foram fatores mais determinantes do que o clima imediato, demandando a extensão do controle vetorial até o outono, contrariando a rotina de relaxamento pós-Carnaval. A metodologia consolida-se como um modelo para a vigilância epidemiológica municipal.

Palavras-chave: Dengue, Sazonalidade, Vigilância Epidemiológica, Ciência de Dados, Cabo Frio, Análise de Séries Temporais.

“As epidemias são espelhos. Elas nos mostram não apenas o estado de nossos micróbios, mas também o de nossas sociedades.”

— *Frank M. Snowden*

1. Introdução

1.1. Contextualização da Dengue no Brasil

A dengue, causada pelos vírus DENV-1 a DENV-4 e transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti*, representa um importante fardo para a saúde pública brasileira. Sua natureza cíclica e a ocorrência de grandes epidemias a cada 3 a 5 anos [1], impulsionadas pela dinâmica de suscetibilidade populacional e pela introdução de novos sorotipos, demandam abordagens de vigilância cada vez mais sofisticadas. No Estado do Rio de Janeiro (RJ), a incidência é cronicamente elevada, tornando-o um epicentro de propagação viral para municípios vizinhos.

1.2. A Importância da Análise Temporal em Centros Turísticos

Cabo Frio, localizada na Região dos Lagos, é um importante polo turístico. Esse fluxo sazonal de pessoas atua como vetor amplificador, facilitando a introdução e dispersão de cepas virais oriundas de outras regiões do país. Análises temporais simplificadas (como contagens anuais) não capturam as nuances da transmissão sob a influência combinada de fatores climáticos e demográficos [2].

1.3. Aplicação da Ciência de Dados na Epidemiologia

O uso de ferramentas de Ciência de Dados — incluindo o processamento de dados em larga escala e visualizações complexas — permite uma decomposição detalhada das séries temporais de casos. A Curva de Comparação Anual (sobreposição das incidências mensais por ano) é um método superior à análise de séries temporais agregadas, pois revela a velocidade, o momento de início e o pico de cada epidemia anual. Esse nível de granularidade é essencial para transformar insights confirmatórios (“a dengue aumenta no verão”) em ações preditivas (“em 2024 a epidemia começou antes do padrão histórico”).

Este estudo propõe utilizar essa metodologia para analisar a década de 2015–2024 em Cabo Frio, buscando insights aplicáveis à otimização do tempo e da alocação de recursos da vigilância municipal.

2. Materiais e Métodos

2.1. Fonte e Escopo dos Dados

Os dados individuais de notificação de dengue foram extraídos do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), considerando exclusivamente os casos de residentes no município de Cabo Frio (IBGE: 330070). O período de análise compreende 10 anos epidemiológicos (2015 a 2024).

2.2. Limpeza e Consistência dos Dados

A coluna **DT_SIN_PRI** (Data de Início dos Sintomas) foi a principal variável utilizada, por representar o momento mais próximo da infecção, minimizando o atraso inerente à notificação.

- Conversão e Limpeza:** A coluna *DT_SIN_PRI* foi convertida para o formato *datetime* utilizando a função `pd.to_datetime` (biblioteca *Pandas*), com o parâmetro `errors='coerce'`, a fim de converter datas inconsistentes ou nulas em *NaT* (*Not a Time*). Essa etapa garantiu o uso apenas de registros com datas válidas.
- Filtragem Temporal:** O conjunto de dados foi filtrado para incluir apenas casos com ano de notificação entre 2015 e 2024.

2.3. Metodologia Analítica e Visualização dos Dados

Os dados foram agrupados pela contagem de casos por **Ano** e **Mês**, resultando no *DataFrame* *sazonalidade_df*. As seguintes visualizações foram geradas utilizando as bibliotecas *Seaborn* e *Matplotlib*:

- Heatmap:** Visualização matricial (*sazonalidade_pivot*) em que as linhas representam os anos e as colunas os meses (jan–dez). A intensidade da cor vermelha representa a magnitude dos casos, permitindo a identificação rápida de períodos de alta incidência.
- Padrão Sazonal Típico:** Calculado pela média de casos por mês ao longo de todo o período (2015–2024). Este gráfico de linhas estabelece o padrão de risco climatológico.
- Curva de Comparação Annual:** Técnica central da análise. Os dados foram reorganizados (*pivoted*, índice = Mês, colunas = Ano) e plotados em um gráfico de linhas, em que cada ano é representado por uma curva. Essa sobreposição permite comparar diretamente a inclinação

da curva (velocidade de transmissão) e o ponto máximo (momento do pico) de cada epidemia anual.

3. Resultados e Discussão

3.1. Sazonalidade e a Contradição do Pico

Os resultados confirmam a sazonalidade esperada. O **Padrão Sazonal Típico** (média mensal), apresentado na Figura 1, demonstra que a maior incidência de dengue em Cabo Frio ocorre entre fevereiro e maio. A **Evolução Temporal dos Casos** (Figura 3), por sua vez, valida a ocorrência de picos cíclicos de grande magnitude em 2016, 2019 e 2024. No entanto, a análise do **Heatmap de Sazonalidade** (Figura 2) revela a variação na magnitude dos surtos ao longo dos anos.

O descompasso entre o pico de precipitação (tipicamente em dezembro/janeiro) e o pico de casos (março/abril/maio), evidente na Figura 1, destaca que o risco está menos associado à chuva imediata e mais à manutenção e ao acúmulo de criadouros no período subsequente, potencializados pelas altas temperaturas que persistem até o início do outono.

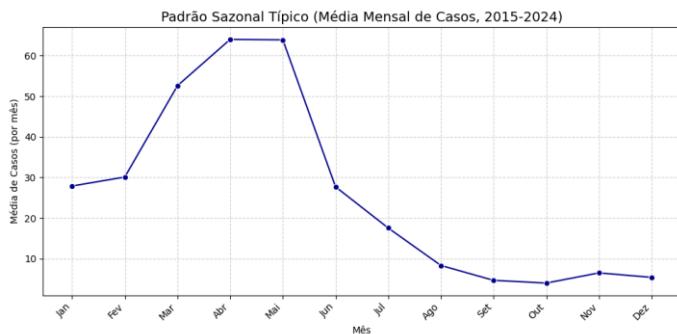


Figura 1. Padrão Sazonal Típico da Dengue em Cabo Frio (2015–2024). O gráfico de linhas (média mensal) demonstra o padrão médio de risco. O pico de risco concentra-se e se prolonga entre março e maio.

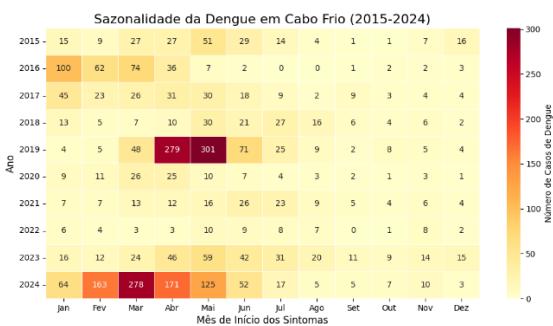


Figura 2. Mapa de Calor da Sazonalidade da Dengue em Cabo Frio (2015–2024). A intensidade da cor (escala de 0 a >300 casos) ilustra a alta concentração de surtos nos meses de fevereiro a maio (eixo horizontal) e permite a identificação visual imediata dos anos epidêmicos de maior magnitude (2019 e 2024, no eixo vertical).

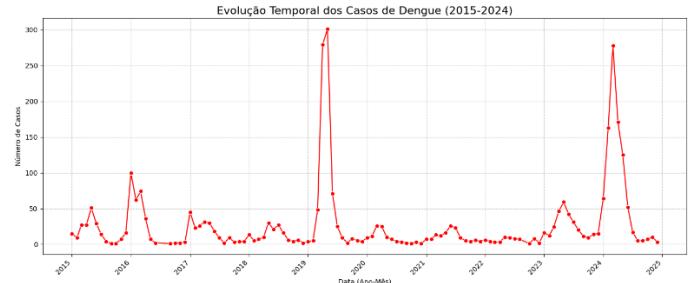


Figura 3. Evolução Temporal dos Casos de Dengue (2015–2024). Série temporal que demonstra o total de casos mês a mês ao longo da década, destacando a natureza cíclica da doença e a magnitude dos picos de 2016, 2019 e, notavelmente, de 2024.

3.2. Heterogeneidade Temporal dos Surtos Epidêmicos (2019 vs. 2024)

A **Curva de Comparação Anual** (Figura 4), que sobrepõe a incidência mensal de cada ano, é o ponto central desta análise, pois permite distinguir claramente os anos epidêmicos da linha de base endêmica. Essa abordagem possibilita uma avaliação direta da velocidade e do momento de cada surto, revelando nuances cruciais para a vigilância.

3.2.1. O Perfil de “Máxima Suscetibilidade” (2019)

O surto de 2019 (linha roxa na Figura 4) apresentou a maior magnitude em termos de pico absoluto, atingindo aproximadamente 300 casos, com um pico tardio em maio. Esse atraso temporal sugere que fatores externos — como a suscetibilidade populacional e a introdução de sorotipos — exerceram papel dominante sobre a sazonalidade climática imediata.

3.2.2. O Perfil de “Velocidade Explosiva” (2024)

A curva de 2024 (linha ciano na Figura 4) revela o surto mais precoce e com a maior taxa inicial de crescimento do período. A incidência já era elevada em janeiro, alcançando seu pico em março (~280 casos). Essa aceleração explosiva exige um modelo de vigilância mais antecipatório.

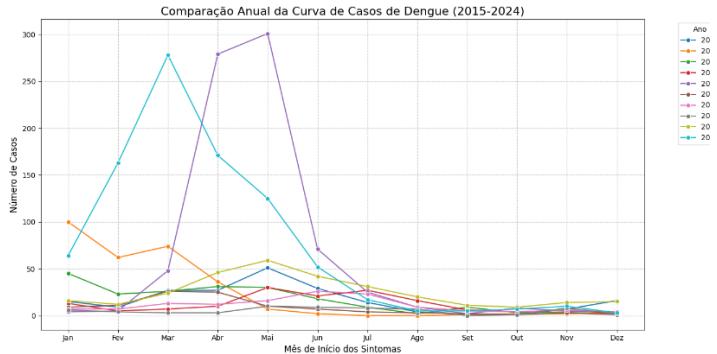


Figura 4. Curva de Comparação Anual da Incidência de Dengue em Cabo Frio (2015–2024). O gráfico de linhas sobrepostas ilustra a heterogeneidade da transmissão. A linha de 2024 (ciano) demonstra o surto mais precoce, com a maior velocidade inicial de crescimento, atingindo o pico em março. A linha de 2019 (roxa) representa o surto de maior magnitude, com pico tardio em maio.

4. Conclusões e Implicações para a Vigilância

A análise detalhada da série temporal transformou a compreensão da dengue em Cabo Frio:

1. **Janela Dupla de Intervenção Crítica:** o risco não é monolítico. A vigilância deve atuar em duas janelas críticas:
- **Alerta Precoce (Dezembro/Janeiro):** voltado para prevenir o cenário observado em 2024, mitigando a aceleração inicial da transmissão.

- **Controle Sustentado (Abril/Maio):** voltado para prevenir o cenário observado em 2019, combatendo a transmissão prolongada durante o outono — medida essencial para conter a propagação entre populações suscetíveis.

2. **Fator Sorológico:** a discrepância entre os picos de 2019 e 2024 sugere que a vigilância municipal deve integrar a análise temporal aos dados de circulação sorológica do Estado, utilizando o perfil de crescimento das curvas como indicador de alerta para a possível reintrodução de sorotipos mais agressivos (*DENV-2* ou *DENV-3*).

Referências

- [1] LOURENÇO-DE-OLIVEIRA, R. et al. Sazonalidade na incidência da dengue no Brasil nos últimos 10 anos: uma revisão epidemiológica. *Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences*, 2025.
- [2] AGÊNCIA BUTANTAN. Reemergência do sorotipo 2 do vírus da dengue no Brasil é um dos responsáveis pelo aumento de 600% dos casos da doença no país, 2019.
- [3] Perfil das notificações de dengue e febre chikungunya em Cabo Frio/RJ, 2014–2019. *Revistas UNIPAR*, 2020.
- [4] AGÊNCIA BRASIL. Casos de dengue em 2024 passam de 6,4 milhões; mortes somam 5,9 mil, 2025.