

Distribuição Espacial das arboviroses ~~para o~~ Vale do Paraíba e Litoral Norte-SP

Gabrielly V. C. do Prado¹

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)
Avenida dos Astronautas, 1758, Jardim Granja – CEP 12227-010 – São José dos Campos – SP – Brasil

Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada - INPE¹.

gabrielly.prado@inpe.br

Abstract. Arboviruses are viral diseases that are generally transmitted by arthropods. In the Vale do Paraíba and Litoral Norte region of the state of São Paulo, the most common arboviruses are Dengue, Zika, and Chikungunya, all of which share the same vector: the *Aedes Aegypti*. This study aims to map the spatial distribution of arboviruses, focusing on Dengue, Zika, and Chikungunya in the Vale do Paraíba and Litoral Norte region of São Paulo during the period 2021-2023, and to understand the socio-environmental determinants related to these diseases.

Resumo. As arboviroses são doenças virais que são transmitidas, geralmente, por artrópodes. Na região do Vale do Paraíba e Litoral Norte, no estado de São Paulo, as arboviroses mais recorrentes são dengue, zika e chikungunya, ambas possuindo o mesmo vetor transmissor, o mosquito *Aedes Aegypti*. O presente trabalho tem como objetivo realizar a distribuição espacial das arboviroses, com foco na dengue, zika e chikungunya na região do Vale do Paraíba e Litoral Norte de São Paulo no período 2021-2023, e compreender os determinantes socioambientais que estão relacionados a essas doenças.

1. Introdução

A urbanização no Brasil começou por volta do século XX, por conta do crescimento natural da população, famílias inteiras resolveram migrar para regiões que iriam trazer mais emprego e qualidade de vida para seus descendentes atuais e futuros. Por conta da industrialização de alguns estados, principalmente o estado de São Paulo, a migração dessas famílias não foi algo planejado pelo governo, muito menos pelas empresas que estavam contratando esses trabalhadores, com isso, as regiões de habitação ficaram superlotadas. A urbanização não planejada causa rápido aumento na variedade de vetores de doenças, porque moradias precárias, suprimento inadequado de água, resíduos sólidos e sistemas de esgoto são habitats adequados para o desenvolvimento das larvas de mosquitos (COSTA et al. 2018).

O estado de São Paulo é o mais populoso do Brasil e o mais industrializado, contando com mais de 44 milhões de habitantes e mais de 170 mil empresas registradas segundo o IBGE em 2024. O estado recebe constantemente imigrantes e emigrantes que buscam uma vida melhor e mais oportunidades de emprego. Além da capital, o interior do estado vem recebendo cada vez mais pessoas, que, ao contrário, buscam uma vida menos agitada e menos poluição. Segundo estimativa do IBGE (2018), mais de 2.528.345 habitantes vivem nos trinta e nove municípios da Região Metropolitana do

Vale do Paraíba do Sul, com destaque para São José dos Campos, Taubaté e Jacareí, os mais populosos (Alcantara, 2021). Entre 2007 e 2018, segundo dados do DATASUS (BRASIL, 2019), foram notificados 93.094 casos de dengue na Região Metropolitana do Vale do Paraíba do Sul (RMVP) - recorte da RMVPLN utilizado neste estudo, sem os municípios do Litoral Norte -, com uma taxa de incidência de 282,90 pessoas por 100 mil habitantes. Estes dados mostram que a dengue é um problema relevante na RMVP, e que esta doença, neste espaço regional, deve ser estudada do ponto de vista geográfico (Alcantara, 2021).

Por conta do grande aumento populacional do Vale do Paraíba e Litoral Norte (VPLN), da urbanização junto ao crescimento da pobreza urbana rápida e desordenada sem ampliação da rede de esgoto e coleta de lixo adequada, a distribuição espacial das arboviroses é de suma importância para que os órgãos competentes de cada município possam identificar os determinantes socioambientais das arboviroses dengue, zika e chikungunya no VPLN no período 2021-2023.

2. Objetivos

Analisar a distribuição espacial das arboviroses Dengue, Zika e Chikungunya na região do Vale do Paraíba e Litoral Norte no estado de São Paulo durante o período de 2021-2023 e compreender os determinantes socioambientais dessa região.

3. Metodologia

A principal atividade do projeto foi desenvolver um algoritmo na linguagem Python que realizasse o tratamento e filtragem dos dados, estatísticas descritivas, cálculo de incidência e visualizações com mapas. Todas as etapas foram realizadas na plataforma Google Colab.

A primeira parte consistia em agrupar os dados necessários. Para as arboviroses dengue, zika e chikungunya, foram extraídos os dados do site DataSUS na seção TabNet, para cada uma das arboviroses foi colocado o seguinte filtro: linha é para o município de notificação e coluna é o ano de notificação, após bastava selecionar o ano correspondente, sendo realizado três vezes para cada uma delas. Para a malha municipal do estado de São Paulo e censo demográfico, os dados foram extraídos do site do IBGE, para a malha municipal foi escolhido o ano de 2023, e para o censo demográfico foram usados os dados de 2022. Após isso, os arquivos passaram por uma filtragem usando Python para que fosse recortado apenas os 39 municípios do Vale do Paraíba e Litoral Norte. Como ferramenta foram usadas as seguintes bibliotecas que auxiliam no processo: Pandas, GeoPandas, Re, Unicodedata e Html.

A segunda parte foi realizar o cálculo de estatística descritiva para todos os municípios. Foi calculado a média, mediana, desvio padrão, mínimo e máximo e seu respectivo município e total de casos. Foram realizados nove cálculos, três para cada arbovirose e período respectivo. Como forma de visualização, foi feito um gráfico de linhas mostrando a evolução da arbovirose dentro desse período. As bibliotecas usadas foram: Numpy, Statistics e Scipy.stats e para visualização Seaborn. A terceira parte é fundamental. Nesta foi realizado o cálculo de incidência usando a seguinte fórmula:

$$Incidência = \frac{Total\ de\ casos}{População} \times 100.000\ habitantes$$

Este cálculo ajuda a compreender quantas pessoas foram afetadas pelas arboviroses no período analisado. É importante destacar que com os resultados, é possível compreender os danos causados em municípios pequenos que possuem baixa densidade populacional.

A última etapa ~~e mais importante~~, foi a distribuição espacial para a dengue, zika e chikungunya. Com a malha de São Paulo foi possível realizar o recorte dos municípios do VPLN, e foi realizado o cruzamento de dados das arboviroses com o mapa do recorte. O principal objetivo era verificar os municípios mais afetados, usando os resultados obtidos do cálculo de incidência. As bibliotecas usadas foram: Matplotlib.pyplot, Matplotlib.cm, Matplotlib.colors, Matplotlib.patches, Line2D e ScaleBar. Outras bibliotecas foram usadas para garantir a organização da pasta que continha os arquivos dos dados no drive e a importação de forma correta: Os e Zipfile.

4. Resultados

A seção 4.1 mostra os resultados estatísticos das arboviroses durante o período 2021-2023, e a 4.2 mostra a distribuição espacial usando como principal dado o cálculo de incidência em cada um dos municípios e destacando o pior caso. Para facilitar a associação de resultados, foram escolhidas cores específicas para as arboviroses, sendo azul para chikungunya, vermelho para dengue e verde para zika.

4.1. Estatísticas Descritivas: Dengue, Zika e Chikungunya

A tabela 1 são os resultados obtidos a partir do cálculo das estatísticas descritivas para a chikungunya, a tabela 2 são os resultados da dengue e a tabela 3 são os resultados da zika. Com a análise estatística é possível ver que a distribuição de casos não é proporcional. Em diversos cenários, o desvio padrão possui valores próximos à média ou muito elevados, mostrando a dispersão dos dados. O resultado sugere que alguns municípios concentram uma quantidade significativa de casos, outros poucos ou nenhum caso. As diferenças podem estar associadas com o fator densidade populacional, fluxo de turistas, focos de ninho do vetor e fatores socioambientais.

Ano	Total de casos de Chikungunya no VPLN	Município com menor número de casos	Valor mín.	Município com maior número de casos	Valor máx.	μ	Mediana de casos	σ
2021	172	IGARATA	0	SAO JOSE DOS CAMPOS	66	4.41	0.0	12.08
2022	99	IGARATA	0	UBATUBA	42	2.54	0.0	7.19
2023	253	IGARATA	0	UBATUBA	193	6.49	0.0	30.89

Tabela 1 - Estatística Descritiva para Chikungunya 2021-2023

Ano	Total de casos de Dengue no VPLN	Município com menor número de casos	Valor mín.	Município com maior número de casos	Valor máx.	μ	Mediana de casos	σ
2021	4951	LOBATO	0	PINDAMONHANGABA	1255	126.95	5.0	291.97
2022	7514	JAMBEIRO	0	SAO JOSE DOS CAMPOS	2092	192.67	13.0	446.15
2023	14559	REDENÇÃO DA SERRA	0	PINDAMONHANGABA	2611	373.31	11.0	672.05

Tabela 2 - Estatística Descritiva para Dengue 2021-2023

Ano	Total de casos de Zika no VPLN	Município com menor número de casos	Valor mín.	Município com maior número de casos	Valor máx.	μ	Mediana de casos	σ
2021	65	IGARATA	0	UBATUBA	20	1.67	0.0	4.24
2022	45	CAÇAPAVA	0	UBATUBA	15	1.15	0.0	3.21
2023	31	CAÇAPAVA	0	SAO JOSE DOS CAMPOS	10	0.79	0.0	2.0

Tabela 3 - Estatística Descritiva para Zika 2021-2023

4.2. Distribuição Espacial: Municípios e Incidência

A visualização dos resultados é muito importante para que seja mais fácil de identificar os municípios mais atingidos, e desse modo, compreender melhor os fatores socioambientais que contribuam para o aumento significativo de casos para cada uma das arboviroses. As imagens 1, 2 e 3 são mapas do ano de 2023 referente às arboviroses estudadas nesse projeto. O ano de 2023, dentro do período, foi o que mais foram notificados casos de chikungunya, dengue e zika. O projeto teve um foco muito grande no desenvolvimento de um programa que fizesse o tratamento dos dados usados, filtrasse os 39 municípios do VPLN, fizesse o cálculo das estatísticas e o cálculo de incidência. Para facilitar, os mapas foram gerados em Python na plataforma Colab, com as bibliotecas usadas, esse feito foi possível.

Cada um dos mapas conta com legenda com nome dos municípios, legenda para o cálculo de incidência, seta norte e a escala cartográfica. É possível ver que há diversos municípios com casos zerados, e a geração do mapa usando a incidência como fator de análise, ajuda na percepção dos municípios que mais foram afetados pelas arboviroses no ano de 2023.

Incidência de Chikungunya no Vale do Paraíba e Litoral Norte (2023)

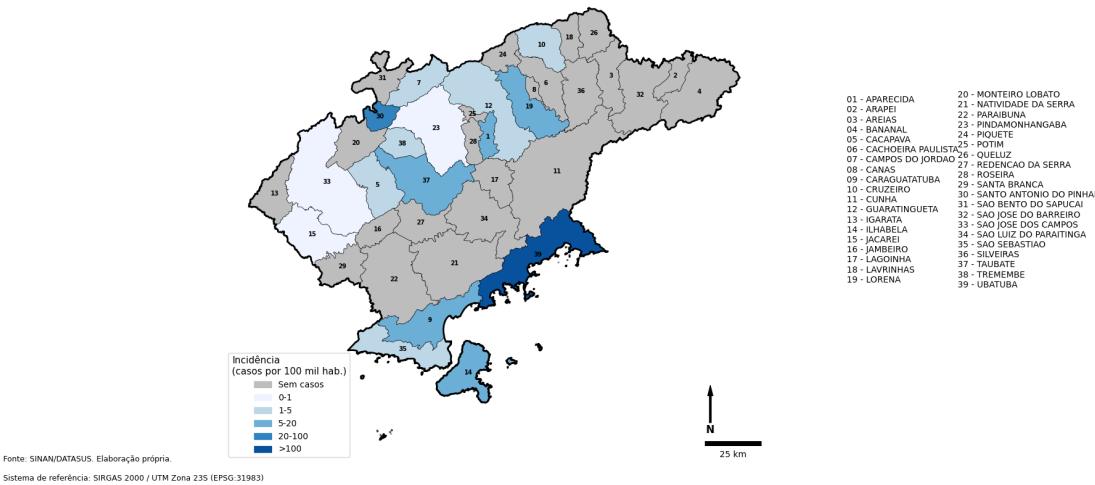


Imagem 1 - Distribuição Espacial para Chikungunya 2023

Incidência de Dengue no Vale do Paraíba e Litoral Norte (2023)

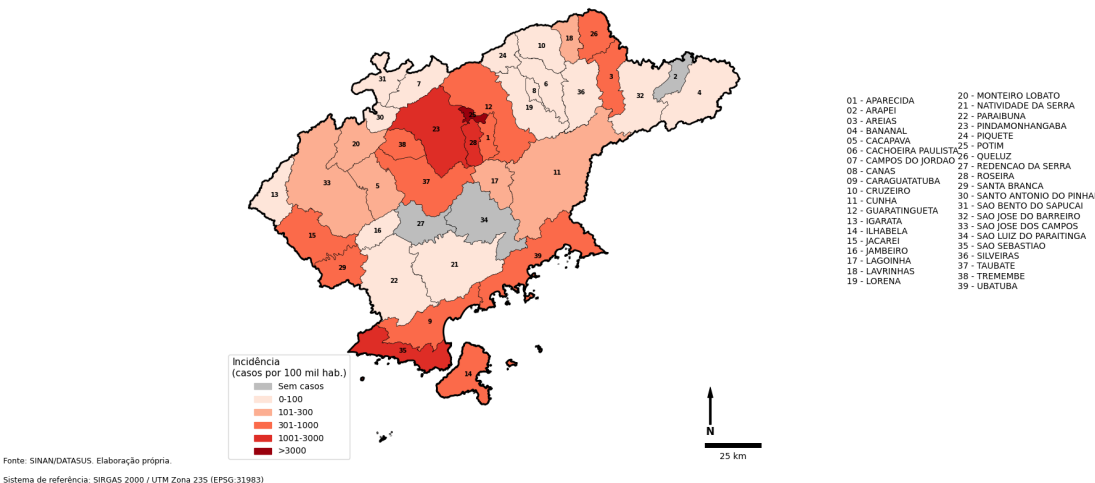


Imagem 2 - Distribuição Espacial para Dengue 2023

Incidência de Zika no Vale do Paraíba e Litoral Norte (2023)

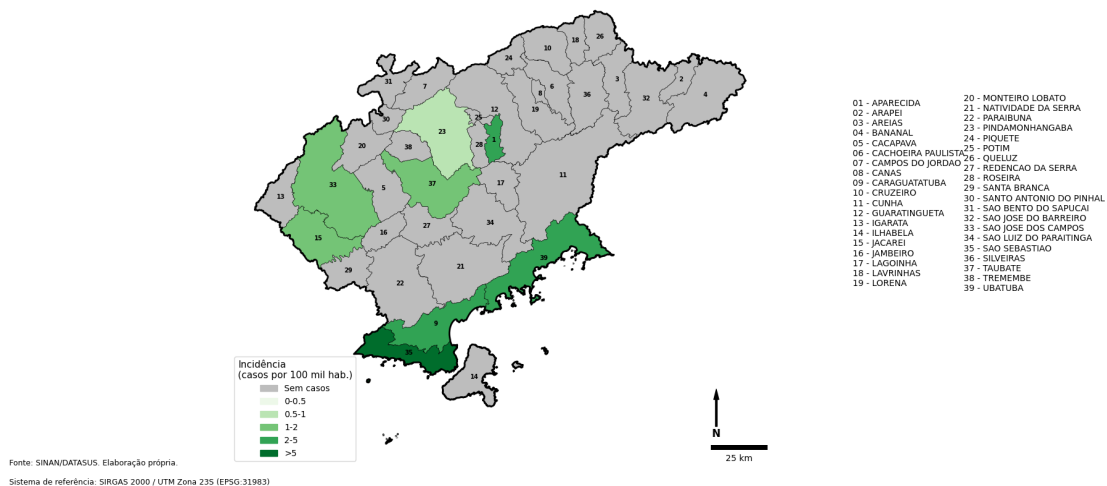


Imagem 3 - Distribuição Espacial para Zika 2023

Ao analisar os gráficos, é possível perceber que há um município que ganha destaque em todas as arboviroses: o município de Ubatuba. Por ser um local turístico e muito frequentado tanto pela população do VPLN quanto do resto do Brasil, foi realizada uma análise socioambiental para explicar porque este município se destacou durante a pesquisa.

O primeiro ponto a ser destacado, é que Ubatuba é um local turístico e recebe em torno de 4 milhões de turistas durante o verão brasileiro, tempo propício para o mosquito vetor das arboviroses. E muitos desses turistas acabam se infectando com alguma dessas arboviroses e buscam tratamento na unidade de saúde local. A unidade, por sua vez, notifica o caso que ocorreu em sua cidade, fazendo com o que o número de casos aumente, mesmo que o turista não seja morador da cidade. O segundo ponto é que a região conta com clima tropical e chuvoso, perfeito para que sejam criados ninhos para o mosquito.

5. Conclusões

Usando como fator principal para a geração de mapas, o cálculo de incidência dos municípios do VPLN, é possível perceber que municípios com uma densidade populacional pequena são os que mais sofrem em casos de surto de alguma das arboviroses. Com isso, os órgãos competentes de cada um dos municípios, conseguem se preparar para uma onda de novos casos, de modo que não afete a saúde pública da região, além de traçar planos no combate aos focos do mosquito.

Para trabalhos futuros e complementares, será feita a distribuição temporal para todos os municípios de São Paulo, além do cálculo de incidência, para compreender o que influencia o estado a possuir muitos casos de chikungunya, dengue e zika. Além disso, será feita uma correlação de fatores socioambientais como rede de esgoto, distribuição de água, coleta de lixo, etc., que são fatores que influenciam no aumento de ninhos dos vetores.

6. Referências Bibliográficas

ALCÂNTARA, Gilson Queiroz. Análise espacial da incidência de dengue na Região Metropolitana do Vale do Paraíba, São Paulo, Brasil, entre 2007 e 2018. 2021. 1 recurso online (171 p.) Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP. Disponível em: 20.500.12733/1642102. Acesso em: 17 abr. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. Arboviroses. Brasília: Ministério da Saúde. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/a/arboviroses>. Acesso em: 20 abr. 2026.

CATARINA, Universidade Federal de Santa. Epidemiologia Conceitos da Epidemiologia. Disponível em: https://unasus2.moodle.ufsc.br/pluginfile.php/33454/mod_resource/content/1/un1/top5_1.html. Acesso em: 20 abr. 2026.

COSTA, S. DA S. B. et al.. Spatial analysis of probable cases of dengue fever, chikungunya fever and zika virus infections in Maranhao State, Brazil. Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo, v. 60, p. e62, 2018. Acesso em: 17 abr. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo 2022: População e Domicílios - Primeiros Resultados - São Paulo. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp.html>. Acesso em: 17 abr. 2026.

ROMANOWSKI, Francielle N. de A.; CASTRO, Mariane Boaventura de; NERIS, Naysa Wink. MANUAL DE TIPOS DE ESTUDO. 2019. Produção técnica do programa de pós- graduação da odontologia para obtenção da aprovação na disciplina de Métodos e Técnicas de Investigação Científica. Disponível em: <http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/15586/1/MANUAL%20DE%20TIPOS%20DE%20ESTUDO.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2026.

SANTOS, Prof. Fábio Pádua dos. Análise de Cluster: análise de dados para relações internacionais - ppgri/ufsc. Análise de Dados para Relações Internacionais - PPGR/UFSC. 2025. Disponível em: <https://rpubs.com/fpadua/cluster>. Acesso em: 20 abr. 2026.

SINAN. O Sinan. 2023. Disponível em: <https://portalsinan.saude.gov.br/o-sinan>. Acesso em: 20 abr. 2026.

SOUZA, Monise. **Ubatuba se prepara para receber 4 milhões de turistas no verão 2025/2026.** 2025. Disponível em: <https://www.gazetasp.com.br/turismo/ubatuba-se-prepara-para-receber-4-milhoes-de-turistas-no-verao/>. Acesso em: 04 jun. 2026.