

A INFLUÊNCIA DE FATORES SOCIOAMBIENTAIS NA INCIDÊNCIA DE DENGUE NO BRASIL

ANA PAULA PINHEIRO DA SILVA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI-UFCA

FRANCISCO WEDSON FAUSTINO

ADRIANA BATISTA DO NASCIMENTO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI-UFCA

MARCUS VINICIUS DE OLIVEIRA BRASIL

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI-UFCA

ESTELITA LIMA CÂNDIDO

Resumo

O Brasil caracteriza-se como um dos países com o maior número relatado de casos de dengue, com aumento gradativo inclusive em formas mais graves da doença e obteve somente até o final de julho de 2024 cerca de 275.000 casos notificados de dengue, refletindo um aumento expressivo em relação aos anos anteriores, destacando a emergência de medidas eficazes de controle e prevenção das arboviroses. Assim, torna-se relevante identificar os fatores que poderem favorecer a incidência da doença. Dessa forma, a presente pesquisa tende a preencher esta lacuna de conhecimento imbricando sobre a qualidade de vida e bem-estar da população, buscando-se utilizar modelagem estatística para gerar um modelo preditivo que correlacione variáveis socioambientais com a incidência de dengue. Para tanto, realizou-se uma pesquisa documental, a qual se debruçou em documentos oficiais expedidos pelo Ministério da Saúde/Meio Ambiente (Boletins Epidemiológicos; Manuais de Normas Técnicas de controle das arboviroses; Leis; Decretos; Portarias), pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (Censo 2000 a 2023); e pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (informações/indicadores sobre a prestação dos serviços de água, esgotos, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais. Nesta etapa, almeja-se o enlear entre as variáveis estudadas e dos respectivos indicadores, para que assim ocorra a ordenação, tabulação, exportação e análise dos dados. Empregou-se, ainda, a correlação de Spearman, por sua melhor aplicabilidade em dados não paramétricos que permite a conversão das variáveis em classes iguais agrupadas segundo escores de mesmo valor. Sendo uma correlação perfeita de +1 ou -1, quando o valor do coeficiente de correlação se desloca para 0 a relação entre as duas variáveis se configura como fraca, dessa maneira o sinal do coeficiente aponta o norte da associação. A tabulação e análise dos dados ocorreu por meio de um cruzamento das variáveis identificadas e exportadas para o software R (REFERÊNCIA) em conjunto com o ambiente de desenvolvimento integrado de código aberto para R, conhecido como RStudio. Neste estudo, foi realizada uma análise abrangente da incidência da dengue no Brasil por um período de 10 anos (2013-2023), onde notou-se uma variabilidade nos casos por 100.000 habitantes, com alguns anos apresentando incidências mais elevadas. Observou-se um padrão de elevação seguido por quedas na incidência da doença em todo o país, com similitudes notáveis nas regiões do Sudeste e Centro-Oeste. A influência de fatores sociais e econômicos, como o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), na incidência da dengue foi destacada. Além disso, evidenciou-se uma grande variabilidade de dados, especialmente, em determinadas unidades federativas, bem como uma heterogeneidade entre

o perfil de casos e a intermitência epidemiológica da dengue ao longo dos anos. Nessa perspectiva, muitos fatores contribuem para a proliferação do vetor em questão, dentre estes o clima, a temperatura e as condições sanitárias como a insuficiência de saneamento básico tendem a elevar o potencial de reprodução do *Aedes aegypti*. Ademais, a análise estatística envolveu a criação de modelos de regressão linear, revelando algumas limitações, como um baixo R^2 e desafios de linearidade, multicolinearidade e normalidade dos resíduos. Evidenciou-se que ao longo dos anos as epidemias de dengue afetaram mais a região norte e nordeste. Embora, tenha sido observado quadros endêmicos em todas as regiões do país, principalmente nos anos de 2003, 2014 e 2017. Para estudos futuros sugeriu-se a consideração de abordagens mais complexas, como modelos de dados em painel e clusters, e a inclusão de variáveis adicionais, como fatores climáticos e urbanização, para uma análise mais abrangente da incidência da dengue no Brasil.

Palavras Chave

Aedes aegypti, Epidemiologia da dengue, Saúde Pública

Agradecimento a órgão de fomento

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

A INFLUÊNCIA DE FATORES SOCIOAMBIENTAIS NA INCIDÊNCIA DE DENGUE NO BRASIL

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, até o final de julho de 2024, foram notificados 275.000 casos de dengue, refletindo um aumento expressivo em relação aos anos anteriores, destacando a emergência de medidas eficazes de controle e prevenção das arboviroses. As arboviroses vem se configurando como uma das maiores infecções virais em meio urbano, sendo a febre amarela a mais letal. Um dos vetores com maior índice de proliferação no Brasil é o *Aedes aegypti*, o qual transmite o vírus em cinco sorotipos distintos da dengue, além de arboviroses como zika, febre amarela e chikungunya (Teich; Arinelli; Fahham, 2017).

Entre os diversos fatores que contribuíram para a explosão da dengue, destaca-se a expansão desordenada dos centros urbanos, deixando grande faixas da população vivendo em condições precárias, sem acesso a sistemas adequados de fornecimento de água, tratamento de esgoto e coleta de lixo (Almeida; Cota; Rodrigues, 2020). Logo, a conjuntura ambiental influencia diretamente as condições de saúde pública, de maneira que a população residente em locais com precariedade de coleta de lixo, tratamento de esgoto e fornecimento de água potável estará mais suscetível às arboviroses devido a maiores chances de criatórios de mosquitos em potencial (Lima *et al.*, 2021).

Nesse contexto, a presente pesquisa objetiva por meio da modelagem estatística identificar a correlação de variáveis socioambientais com os casos de dengue no Brasil (2013-2023)

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ARBOVIROSES

As arboviroses são doenças causadas pelos arbovírus onde o principal vetor é o *Aedes aegypti*, principalmente no que concerne aos cenários endêmicos da dengue, zika, chikungunya e febre amarela (Lima *et al.*, 2021). Segundo a Organização Mundial de Saúde, as arboviroses se configuram como sendo um dos maiores problemas de saúde pública global (OMS, 2008).

A dengue é a arbovirose com maior taxa de acometimento na população brasileira. O agente etiológico é um vírus RNA, do gênero Flavivírus, pertencente à família *Flaviviridae*. Atualmente, a dengue possui cinco sorotipos no mundo, mas no Brasil são conhecidos quatro sorotipos: DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4 (De Lara, 2022). Os sorotipos DENV-1 e 4 surgiram no início da década de 80, o DENV-2 no início da década de 90 e, por fim, o DENV-4 em 2002. A transmissão ocorre através da picada da fêmea do mosquito *Aedes aegypti*. No ser humano, o ciclo inicia com o período de incubação que varia entre quatro e dez dias (Pereira *et al.*, 2022).

A Febre chikungunya é uma doença infecciosa febril, ocasionada pelo vírus Chikungunya (CHIKV), é transmitida tanto pelo *Aedes aegypti* como pelo *Aedes albopictus*. É pertencente à família *Togaviridae* e do gênero *Alphavirus*. O modo de transmissão é similar ao da dengue, seu período de incubação pode ser intrínseco ou extrínseco (Cavalcante *et al.*, 2022; Goupil; Mores, 2019). A febre chikungunya causa o enrijecimento articular e muscular, além de dores intensas acompanhadas de edemas (principalmente nas articulações do punho e tornozelo). As sequelas da chikungunya podem ser duradouras, ocasionando em perda da qualidade de vida dos sujeitos (Cavalcante *et al.*, 2022).

Outra arboviroses com taxa de incidência significativa é a Zika, que é uma doença viral aguda, a qual pode ser transmitida pelos mosquitos *Aedes aegypti* e/ou *Aedes albopictus*. Os primeiros casos de Zika no Brasil foram registrados em 2015. Esta doença pode ocasionar diversos problemas de saúde sejam permanentes ou não, entre eles está a microcefalia e algumas manifestações neurológicas com poder de induzir a outras doenças como a síndrome de Guillain-Barré que é uma doença neuropática caracterizada por danos na bainha de mielina, afetando a capacidade de propagação de impulsos nervosos, implicando em fraqueza muscular e provocando paralisia temporária do sistema locomotor (Costa *et al.*, 2022).

O vírus Zika (ZIKV) é um RNA vírus, do gênero Flavivírus, da família *Flaviviridae*. Sua transmissão é similar à da dengue (picada da fêmea do *Aedes aegypti*), mas outras possíveis formas de transmissão são durante a gravidez, por transplante de órgãos e medula óssea, por transfusão sanguínea. Seu período de incubação costuma ser em torno de dois a cinco dias (Oliveira; Akerman, 2023).

2.2 O ENFRENTAMENTO DAS ARBOVIROSES NA PERSPECTIVA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Cada ODS possui uma especificidade que se articula com as demais, para que assim os objetivos e metas possam ser universalmente extensivos. Na contramão dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, os ODS priorizam as diferentes realidades e níveis de desenvolvimento (Aboul-Atta; Rashed, 2021). Conforme demonstra a figura a seguir.

Figura 1. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável



Fonte: PNUD, 2015.

Os ODS de maior impacto na saúde pública no contexto do manejo de pesticidas usados no controle do *Aedes aegypti*, são os ODS 3 (boa saúde e bem-estar); 4 (educação de qualidade) e 6 (água limpa e saneamento). Cada um deles se relacionam com os demais e possuem metas inerentes ao desenvolvimento sustentável. A justificativa em prol de cada ODS supracitado é de que a saúde não se remete a ausência de doenças, mas ao gozo do bem-estar físico, mental e social.

O bem-estar é dependente da relação entre humanidade e meio ambiente/social, sendo que apesar dos sujeitos serem singulares são também pertencentes ao nicho coletivo e, portanto, os fatores dessa pluralidade costumam afetar toda a comunidade (Martins *et al.*, 2022). A

exemplo disso, no caso do controle químico do *Aedes aegypti*, os inseticidas podem contaminar o solo, a água, intoxicar as pessoas e desencadear uma série de doenças. Esse objetivo em questão trata justamente de doenças transmitidas pela água imprópria para consumo e visa erradicá-las até 2030 (ONU, 2015).

No caso da educação de qualidade, a principal meta desse ODS é equiparar a educação sem distinção de gênero e/ou classe social, a fim de emancipar intelectualmente os cidadãos. Entende-se que o conhecimento torna os sujeitos protagonistas também no que concerne ao autocuidado no processo de saúde-doença, por isso a emergência da Educação Ambiental nas escolas e da Educação em Saúde nas comunidades com maior vulnerabilidade social e econômica, onde estão concentradas a maior parcela das notificações de doenças relacionadas a falta de saneamento básico como as arboviroses, as doenças transmitidas por alimentos, as doenças transmitidas pela água, dentre outras.

3 METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa documental, a qual se debruçou em documentos oficiais expedidos pelo Ministério da Saúde/Meio Ambiente (Boletins Epidemiológicos; Manuais de Normas Técnicas de controle das arboviroses; Leis; Decretos; Portarias), pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (Censo 2000 a 2023); e pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (informações/indicadores sobre a prestação dos serviços de água, esgotos, manejo de resíduos sólidos e manejo de águas pluviais. Nesta etapa, almeja-se o enlear entre as variáveis estudadas e dos respectivos indicadores, para que assim ocorra a ordenação, tabulação, exportação e análise dos dados. Feito isso, serão categorizadas as variáveis do presente estudo.

Tabela 1 – Variáveis do estudo segundo suas respectivas bases (2013-2023)

Variável	Base de extração dos dados
Casos de dengue/ano	SINAN
IDH/UF	IBGE
Rendimentos Médios Reais	IBGE
Índice de Gini	IBGE
Cobertura de esgoto	SNIS
População/Esgoto/hab	SNIS
Percentual de cobertura de água	Calculado a partir de dados do SNIS/IBGE
População/Água/hab	SNIS
Percentual de cobertura de esgoto	Calculado a partir de dados do SNIS/IBGE
Densidade demográfica/hab	IBGE
População/UF	IBGE

Fonte: elaborada pelos autores, 2024.

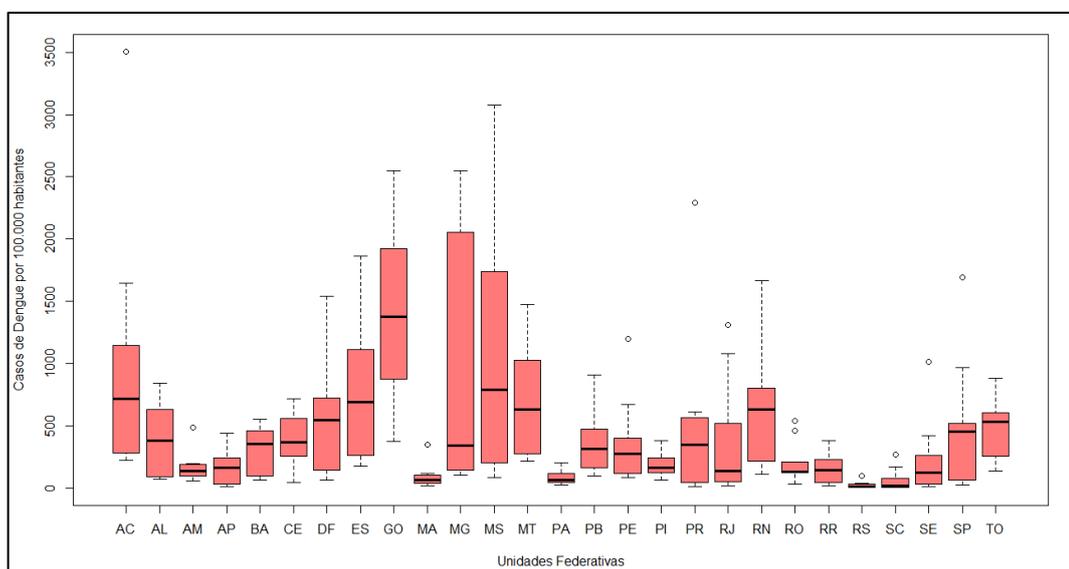
Tabulação e análise dos dados será realizado um cruzamento das variáveis identificadas, por meio do *software* R (REFERÊNCIA) em conjunto com o ambiente de desenvolvimento integrado de código aberto para R, conhecido como RStudio (FONTE). Essa abordagem possibilitará a execução de procedimentos estatísticos descritivos sobre as variáveis

estudadas. Empregou-se a correlação de Spearman, por sua melhor aplicabilidade em dados não paramétricos, permitindo a conversão das variáveis em classes iguais agrupadas segundo escores de mesmo valor. Sendo uma correlação perfeita de +1 ou -1, quando o valor do coeficiente de correlação se desloca para 0 a relação entre as duas variáveis se configura como fraca, dessa maneira o sinal do coeficiente aponta o norte da associação (Spearman, 1904).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A possibilidade de um cenário fértil para geração de novas cepas encontra-se mais associado às características de espectros similares o que não necessariamente ocorre delimitado por região, pois a variabilidade genética do DENV em detrimento da concentração populacional e de padrões geográficos homogêneos, como exposto na Figura 2.

Figura 2 – Distribuição temporal dos casos de dengue por 100.000 habitantes nas unidades federativas brasileiras no período de 10 anos (2013-2023).



Fonte: Elaborado pelos autores com auxílio do *software* R (versão 4.1.2), com base nos dados extraídos do SINAN-Online

Além disso, verifica-se uma grande variabilidade de dados, especialmente, em determinadas unidades federativas, bem como uma heterogeneidade entre o perfil de casos representados pelas medianas (Figura 1). Por sua vez, no que diz respeito as correlações de Spearman, verifica-se que a incidência de dengue apresentou a maior correlação, mesmo de forma tímida, com o percentual de cobertura de esgoto ($ps = 0,25$).

Nessa perspectiva, muitos fatores contribuem para a proliferação do vetor em questão, dentre estes o clima, a temperatura e as condições sanitárias (Santos *et al.*, 2023). Nesse sentido, a insuficiência de saneamento básico tende a elevar o potencial de agravos à saúde. Um exemplo disso são as arboviroses que são caracterizadas pela Organização Mundial de Saúde como doenças tipicamente tropicais/subtropicais (dengue, Zika e a chikungunya), e estão relacionadas com as condições sanitárias (OMS, 2008; Lopes *et al.*, 2022).

Ressalta-se que há uma tendência de maior circulação do DENV-1 e DENV-2 no Brasil, principalmente nas Regiões Sul, Sudeste e Parte do Centro-Oeste o que amplia o espectro de reincidência viral nos sujeitos (Gularte *et al.*, 2021). Ressalta-se que a

predominância dos sorotipos é efêmera, variando sua rotatividade ao longo dos anos e contribuindo para o ciclo de variação genômica do vírus da dengue, tornando-o irreconhecível imunologicamente pelo organismo o que perpetua o ciclo de infecção-imunização-reinfecção (Aguiar; Barros; Ribeiro *et al.*, 2023).

5 CONCLUSÃO

Em relação a dengue, foi observado uma grande variabilidade ao longo de uma década, com anos de alta e baixa incidência. O padrão epidemiológico da dengue no Brasil é caracterizado por aumentos abruptos de casos seguidos por quedas significativas no ano seguinte. Diante disso, faz-se necessário refletir sobre a incidência da dengue fortemente influenciada por fatores sanitários relacionados à oferta insuficiente de bens e serviços à população como saneamento básico, água potável e coleta de lixo uma vez que estes determinantes influenciam no quadro endêmico.

REFERÊNCIAS

ABOUL-ATTA, Tarek Abdel-Latif; RASHED, Rania Hamed. Analisar a relação entre os indicadores de desenvolvimento sustentável e o consumo de energia renovável. **Journal of Engineering and Applied Science**, v. 68, n. 1, pág. 1-16, 2021.

AGUIAR, D. F.; BARROS, E. N. C.; RIBEIRO, G. S. *et al.* A prospective, multicentre, cohort study to assess the incidence of dengue illness in households from selected communities in Brazil (2014–2018). **International Journal of Infectious Diseases**, v.108, p. 443–453, 2021.

ALMEIDA, Lorena Sampaio; COTA, Ana Lúcia Soares; RODRIGUES, Diego Freitas. Saneamento, Arboviroses e Determinantes Ambientais: impactos na saúde urbana. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, p. 3857-3868, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. Sistema de informação de agravos de notificação – SINAN. **Casos de dengue até 2013/dengue de 2014 em diante**. Disponível em: <<https://datasus.saude.gov.br/aceso-a-informacao/doencas-e-agravos-de-notificacao-de-2007-em-diante-sinan/>>. Acesso em: 1 jan. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS). 2023a**. Disponível em: <<https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis>>. Acesso em: 3 jan. 2024.

CAVALCANTE, Antonio Felipe Lopes *et al.* Artralgia crônica por Chikungunya reduz funcionalidade, qualidade de vida e performance ocupacional: estudo descritivo transversal. **BrJP**, n. 5, v. 3, 2022.

COSTA, Roama Paulo Ulisses Vaz da *et al.* Síndrome congênita pelo vírus zika: análise das redes de apoio de pais. **Acta Paul Enferm**, v. 35, eAPE02912, 2022.

DE LARA, Jorge Tibilletti. A emergência da dengue como desafio virológico: 1986-1987. **Hist. cienc. saude-Manguinhos**, n.29, v. 2, 2022.

GOUPIL, B. A.; MORES, C. N. A review of Chikungunya virus-induced arthralgia: clinical manifestations, therapeutics, and pathogenesis. **Open Rheumatol J.** n. 10, p. 129-40, 2019.

GULARTE, J. C. *et al.* DENV-1 genotype V linked to the 2022 dengue epidemic in Southern Brazil. **Journal of Clinical Virology.** v.168, 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados.** Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/panorama>>. Acesso em: 12 fev. 2024.

LIMA, Maria Aparecida Oliveira *et al.* Distribuição espacial de dengue, chikungunya e Zika e os determinantes socioeconômicos em um município da Bahia. **Rev. Ciênc. Méd. Biol., Salvador,** v. 20, n. 4, p. 551-559, 2021.

LOPES, P. H. S. *et al.* Incidência dos casos de Dengue (2011-2017), Zika e Febre Chikungunya (2016-2017) em Balsas, Maranhão. **Research, Society and Development,** v. 11, n. 1, p. e44511123916-e44511123916, 2022.

MARTINS, A. L. J. *et al.* Potencialidades e desafios do monitoramento da saúde na Agenda 2030 no Brasil. **Ciênc. saúde coletiva.** v. 27, n. 7, 2022.

OLIVEIRA, Monique Batista de; AKERMAN, Marco. Disputas epistemológicas na associação causal entre Zika vírus e síndrome congênita: uma análise de controvérsia. **Ciênc. Saúde Colet. (Impr.),** n. 27, v. 8, p. 3171-3180, 2022.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** Nova York, 2015.

PEREIRA, Maria de Camargo *et al.* Distribuição espacial e temporal de internações por dengue no Brasil de 2008 a 2020. **Revista Univap,** [S. l.], v. 29, n. 62, 2023.

SANTOS, Marcelo Adriano Mendes dos *et al.* Dengue virus serotype 2 genotype III evolution during the 2019 outbreak in Mato Grosso, Midwestern Brazil, *Infection.* **Genetics and Evolution,** v. 113, e105487, 2023

SPEARMAN, C. S. The proof and measurement of association between two things. *American Journal of Psychology,* v. 15, p. 72-101, 1904.

TEICH Vanessa; ARINELLI Roberta; FAHHAM Lucas. *Aedes aegypti* e sociedade: o impacto econômico das arboviroses no Brasil. **J Bras Econ Saúd.** v. 9, n. 3, p. 267-76, 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **World Urbanization Prospects: The 2007 Revision.** United Nations Department of Economic Social Affairs/Population Division New York: WHO; 2008.