

**Universidade Federal de Ouro Preto**

Núcleo de Pesquisa em Ciências Biológicas

Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas

---

Dissertação

---

**Mudanças climáticas e a  
expansão da dengue em uma  
área urbana endêmica da  
doença**

*Tamara Coelho Cruz*

Ouro Preto  
2021



UFOP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
NÚCLEO DE PESQUISAS EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

**Mudanças climáticas e a expansão da dengue em uma área  
urbana endêmica da doença**

TAMARA COELHO CRUZ

Ouro Preto, MG

Dezembro de 2021

TAMARA COELHO CRUZ

**Mudanças climáticas e a expansão da dengue em uma área  
urbana endêmica da doença**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Ouro Preto na Área de concentração de Imunobiologia de Protozoários.

Orientador: Prof. Dr. Wendel Coura Vital

Coorientador: Prof. Dr. Sérgio Pontes Ribeiro

Ouro Preto, MG

Dezembro de 2021

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

C957m Cruz, Tamara Coelho .  
Mudanças climáticas e a expansão da dengue em uma área urbana  
endêmica da doença. [manuscrito] / Tamara Coelho Cruz. - 2021.  
59 f.: il.: color., tab., mapa.

Orientador: Prof. Dr. Wendel Vital.  
Coorientador: Prof. Dr. Sérgio Ribeiro.  
Dissertação (Mestrado Acadêmico). Universidade Federal de Ouro  
Preto. Núcleo de Pesquisas em Ciências Biológicas. Programa de Pós-  
Graduação em Ciências Biológicas.  
Área de Concentração: Imunobiologia de Protozoários.

1. *Aedes aegypti* . 2. Análise espacial (Estatística). 3. Dengue -  
Epidemiologia. 4. Modelos lineares (Estatística). 5. Mudanças climáticas .  
I. Ribeiro, Sérgio. II. Vital, Wendel. III. Universidade Federal de Ouro Preto.  
IV. Título.

CDU 519.2:616.9

Bibliotecário(a) Responsável: Flavia Reis - CRB6-2431



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Tamara Coelho Cruz**

### **Mudanças climáticas e a expansão da dengue em uma área urbana endêmica da doença**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de mestre

Aprovada em 14 de dezembro de 2021

#### Membros da banca

Dr - Wendel Coura Vital - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)  
Dr - Sérgio Pontes Ribeiro - Coorientador (Universidade Federal de Ouro Preto)  
Dra. Mariângela Carneiro - (Universidade Federal de Ouro Preto)  
Dra. Michelle Cristine Pedrosa Cortez do Amaral - (Universidade de São Paulo)

Wendel Coura Vital, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito no Repositório Institucional da UFOP em 10/01/2022



Documento assinado eletronicamente por **Wendel Coura Vital, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 10/01/2022, às 17:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0266794** e o código CRC **A9107D25**.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por nunca me desamparar e estar sempre comigo me guiando e conduzindo os meus passos. Aos meus pais que nunca mediram esforços para me ajudar e sempre me apoiam em toda minha caminhada. Agradeço de forma muito especial ao meu orientador Wendel que não é apenas um orientador qualquer, desde a graduação ele me estendeu a mão me ajudando a trilhar os mais bonitos passos na minha jornada acadêmica, que além de professor tem um lado extremamente humano que sempre esteve contribuindo com o meu crescimento. Trabalhamos juntos na iniciação científica, me orientou no TCC, (só faltou a monitoria que fui monitora de outras disciplinas) e agora no mestrado, o que mostra que grande parte do que sei devo a ele que com toda paciência e dedicação não mediu esforços para me ajudar, você é top Figura!

Agradeço imensamente ao meu coorientador Sérgio por tanta dedicação e por ter compartilhado comigo tanto conhecimento que me fez aprender muito, você não apenas somou, você multiplicou conhecimento e foi fundamental para a realização desse trabalho. Junto com o Sérgio vieram os seus alunos do laboratório e eu não poderia deixar de agradecê-los, pessoas da melhor qualidade! A Mila, obrigada pela amizade virtual e por estar sempre disposta a me ajudar, sua amizade foi um presente. Igor, Guilherme e os demais integrantes do LEAF obrigada por tudo.

Agradeço aos meus companheiros de laboratório Josefa, Rafael e Lucas, com vocês a realização desse trabalho foi ainda mais prazerosa, o apoio, amizade e a contribuição de vocês foram fundamentais para a realização desse trabalho. Ao Gabriel pela amizade desde a graduação e por estar sempre disposto a me ajudar.

Gostaria de agradecer também às agências de fomento que tornaram possível a realização desse trabalho.

## **COLABORADORES**

Prof. Dr. Wendel Coura-Vital<sup>1,2</sup>,

Prof. Dr. Sérgio Pontes Ribeiro<sup>3</sup>,

Prof. Dr. Alexandre Barbosa Reis<sup>2,4</sup>,

Maria Helena Franco Morais<sup>5</sup>,

Ma. Josefa Clara Lafuente Monteiro<sup>1</sup>,

Rafael Vieira Duarte<sup>1</sup>,

Lucas Moreira Ribeiro<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Laboratório de Pesquisa em Epidemiologia, Escola de Farmácia/EFAR, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil.

<sup>2</sup>Departamento de Análises Clínicas, Escola de Farmácia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil.

<sup>3</sup>Laboratório de Ecologia do Adoecimento e Florestas, Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente/ICEB, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil.

<sup>4</sup>Laboratório de Imunopatologia, Núcleo de Pesquisas em Ciências Biológicas/NUPEB, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, Brazil.

<sup>5</sup>Secretaria Municipal de Saúde, Prefeitura de Belo Horizonte/PBH, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil.

### **Suporte Financeiro**

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

### **Apoio:**

Universidade Federal de Ouro Preto

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte

## RESUMO

A dengue é uma das arboviroses mais importantes no mundo, visto que atualmente cerca de 2,5 bilhões de pessoas correm o risco de se infectarem, principalmente em países tropicais, em que as condições ambientais favorecem o desenvolvimento e a proliferação do principal vetor, o *Aedes aegypti*. Assim, a compreensão dos fatores abióticos que interferem na expansão da dengue é de fundamental importância para direcionar as ações do Programa de Controle, visando reduzir a incidência e a mortalidade pela doença. Desta forma, o presente trabalho avaliou os impactos das mudanças climáticas na expansão da dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais, uma área urbana endêmica da doença. Foi avaliada a distribuição espacial da doença no período de 1996 a 2017, além da influência de variáveis climáticas no número de casos da dengue no município neste período. Foi utilizado o banco de dados com os casos notificados e confirmados laboratorialmente de dengue, registrados na Vigilância Epidemiológica do município. As variáveis explicativas climáticas foram obtidas no Instituto Nacional de Meteorologia. Foram confeccionados mapas com a distribuição dos casos e incidência suavizada da doença no município entre os anos de 1996 a 2017. Foi observado quatro picos epidêmicos da doença no período avaliado, sendo eles em 1998, 2010, 2013 e 2016 com respectivamente 86793, 51681, 96172 e 155819 casos de dengue e incidência de 4086,02 por 100.000 habitantes em 1998, 2175,90 em 2010, 3879,21 em 2013 e 6199,40 no ano de 2016. A partir da segunda década do estudo (2006) a frequência das epidemias de dengue aumentou, passando a ocorrer em intervalos de 3 anos (2010, 2013 e 2016), sendo que anteriormente ocorria em intervalos de 12 anos. A elevação da temperatura máxima do período seco resultou em aumento significativo no número de casos e, sendo essa variável crescente ao longo do tempo, o que possivelmente influenciou no aumento da frequência de anos epidêmicos. Os surtos epidêmicos tenderam a acontecer quando a temperatura máxima do período seco foi superior a 26°C. A diminuição e o aumento do número de casos nos anos seguintes foram acompanhados de uma diminuição ou aumento também da temperatura máxima do período seco. Assim, o monitoramento destas temperaturas pela vigilância epidemiológica, pode direcionar os esforços para ações de prevenção e controle da doença.

**Palavras-Chave:** Dengue; efeitos do clima; taxa de incidência; análise espacial; modelos lineares.



## ABSTRACT

Dengue is one of the most important arboviruses in the world, as currently about 2.5 billion people are at risk of becoming infected, mainly in tropical countries, where environmental conditions favor the development and proliferation of the main vector, the *Aedes aegypti*. Hence, to understand the abiotic factors that affect the expansion of Dengue is of fundamental importance to direct the actions of the Control Program, aiming to reduce the incidence and mortality caused by the disease. The present study seeks to assess the impacts of climate change on the spread of dengue in Belo Horizonte, Minas Gerais, an urban area endemic to the disease. The spatial distribution of the disease from 1996 to 2017 was investigated in regard the effect of climatic variables on the number of dengue cases in the city. We compare the database of notified and laboratory confirmed cases of dengue, registered in the Epidemiological Surveillance of the municipality against the climatic explanatory variables obtained from the National Institute of Meteorology. The distribution of the disease throughout the territory of the municipality between 1996 and 2017 were mapped. The number of the cases of the disease by coverage area per year, and smoothed incidence grouped per five-year periods were analyzed based on the spatial distribution map. Four epidemic peaks of the disease were observed in the period evaluated, namely in 1998, 2010, 2013 and 2016. From the second decade of the study (from 2006), the frequency of dengue epidemics increased, starting to occur at 3-year intervals (2010, 2013 and 2016), which previously occurred at 12-year intervals. The increase in the maximum temperature of the dry period resulted in a significant increase in the number of cases and, as this variable increased over time, it possibly influenced the increase in the frequency of years of epidemic peaks of cases. Epidemic outbreaks tended to occur when the maximum temperature of the dry period was above 26°C. The decrease and increase in the number of cases in the following years were accompanied by a decrease or increase also in the maximum temperature of the dry period. Thus, the monitoring of these temperatures by epidemiological surveillance can direct efforts towards actions to prevent and control the disease.

**Keywords:** Dengue; climate effects; incidence rate; spatial analysis; linear models.

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

*Ae.* – *Aedes*

BH – Belo Horizonte

CEVARB – Coordenadoria Estadual de Vigilância das Arboviroses de Minas Gerais

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono

COP26 - Conferência das Nações Unidas sobre o Clima

DENV – Vírus da dengue

ELISA – Enzyme Lynked Immunosorbent Assay

EPI – Período de incubação extrínseco

FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IgG – Imunoglobulina G

IgM – Imunoglobulina M

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

IVS - Índice de vulnerabilidade em saúde

LIRAA – Levantamento Rápido de Índice para *Aedes aegypti*

OMS- Organização Mundial de Saúde

ONU – Organização das Nações Unidas

OPAS- Organização Pan-Americana de Saúde

PAHO-Pan-American Health Orgazination

PBH - Prefeitura de Belo Horizonte

PCR – Reação em cadeia da polimerase

PNCD - Programa Nacional de Controle da Dengue

RT-PCR - Reação em cadeia da polimerase com transcrição reversa

SE - Semana Epidemiológica

SVS – Secretaria de Vigilância em Saúde

WHO- World Health Organization

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Curva epidêmica dos casos prováveis de Dengue, por semanas epidemiológicas de início de sintomas, Brasil, 2020 e 2021.....	24
Figura 2: Taxa de incidência de Dengue, SE 1 a 21/2021.....	24
Figura 3: Casos prováveis de Dengue por semana epidemiológica de início de sintomas, SE 27 a SE 26 - Minas Gerais. ....	25
Figura 4: Sorotipos circulantes de Dengue, Minas Gerais. ....	26
Figura 5: Incidência de casos prováveis de Dengue.....	26
Figura 6: Regionais de Belo Horizonte. ....	32
Figura 7: Sexo da população da amostra de estudo.....	35
Figura 8: Número de casos de dengue e incidência em Belo Horizonte, 1996-2017.....	36
Figura 9: Fluxograma dos casos analisados para análises espaciais. ....	37
Figura 10: Mapas de casos de dengue por área de abrangência durante o período de 1996 a 2017.. ....	38
Figura 11: Mapas de incidência suavizada de Dengue em Belo Horizonte em períodos de 5 anos, 1996-2017.....	39
Figura 12: Número de casos de dengue em função da temperatura máxima (estação seca).....	41
Figura 13: Número de casos de Dengue e temperatura máxima (período seco) em Belo Horizonte, 1996-2017.....	42

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Análise de regressão e equação. ....	40
--	----

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1 História da dengue.....	14
2.2 Dengue .....	16
2.3 Patologia da doença.....	18
2.4 Diagnóstico .....	18
2.5 Controle da doença.....	20
2.6 Epidemiologia da dengue .....	22
2.7 Fatores associados à expansão da dengue .....	27
3 OBJETIVOS.....	30
3.1 Objetivo Geral.....	30
3.2 Objetivos Específicos.....	30
4 HIPÓTESES E PREDIÇÕES.....	31
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
5.1 Aspectos éticos.....	32
5.2 Área do estudo.....	32
5.3 Delineamento .....	33
5.4 Fonte de dados e variáveis utilizadas .....	33
5.5 Tratamento dos bancos de dados e elaboração dos mapas temáticos .....	33
5.6 Análise dos dados.....	34
6 RESULTADOS .....	35
6.1 Caracterização da amostra.....	35
6.2 Número de casos e incidência da dengue em Belo Horizonte .....	35
6.3 Número de casos e incidência suavizada por área de abrangência .....	37
6.4 Casos de dengue e temperatura máxima do período seco.....	40
7 DISCUSSÃO.....	43
8 CONCLUSÃO.....	48
9 REFERÊNCIAS .....	49
10 APÊNDICE .....	58
10.1 ANEXO 1.....	58
10.2 ANEXO 2.....	59

## 1 INTRODUÇÃO

O *Aedes aegypti*, principal vetor da dengue, é oriundo da África e foi introduzido no continente Americano por meio das viagens marítimas. Ao encontrar condições favoráveis nessas regiões para o seu desenvolvimento e dispersão, a espécie então se estabeleceu causando surtos de várias arboviroses dentre elas a febre amarela, dengue, zika e chikungunya (IWAMURA; GUZMAN-HOLST; MURRAY, 2020). Essa espécie conseguiu se adaptar bem a regiões com habitações humanas sendo então antropofílica. Como exemplo de adaptação, o seu comportamento de oviposição que antes era feito em cavidades nas árvores passou a ser realizada em recipientes utilizados pelo homem, como pneus, vasos, etc. (POWELL; TABACHNICK, 2013).

Vários fatores contribuem para a eficiência vetorial das arboviroses pelo *Ae. aegypti*. Como exemplo podemos citar a resistência dos ovos à dessecação, o rápido desenvolvimento dos mosquitos, viver em estreita associação com os seres humanos se alimentando preferencialmente de sangue humano, além de sua resistência aos inseticidas (BRADY; HAY, 2020). Somado a esses fatores facilitadores da expansão da dengue, assim como de outras arboviroses, o aumento na emissão de gases de efeito estufa tem um efeito direto na elevação da temperatura mundial, o que têm contribuído cada vez mais com o aumento das arboviroses (IWAMURA; GUZMAN-HOLST; MURRAY, 2020; PEDROSA et al, 2020).

Muitos são os fatores que afetam a dinâmica da dengue, desde fatores socioeconômicos até ambientais e climáticos. Mudanças na temperatura e no padrão de precipitação são alguns dos fatores que podem contribuir com a expansão da doença. A ocorrência de surtos de dengue está relacionada ao aumento da temperatura média mensal mínima de até 3°C superior a de outros anos e a extremos de precipitação que também demonstram favorecer a ocorrência de surtos da doença (ROBERT; STEWART-IBARRA; ESTALLO, 2020). Nas últimas décadas, as ações humanas como o desmatamento, somado ao aumento da emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), vem propiciando a mudança de diversas condições climáticas levando a ocorrência de precipitação mais fortes e intensas além da elevação da temperatura mundial. De acordo com o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a temperatura da superfície da Terra aumentou aproximadamente 1,1°C desde a era

industrial e tende a elevar-se ainda mais, o que pode gerar um cenário preocupante (IPCC, 2021).

As mudanças de temperatura e precipitação além de afetarem o ambiente tornando-o mais ou menos favorável à transmissão da dengue, afetam também o seu vetor. Os insetos vetores das arboviroses são poiquilotérmicos, ou seja, não possuem um mecanismo que regule a temperatura corporal e a sua temperatura varia de acordo com a temperatura do ambiente. Assim, a variação da temperatura ambiente afeta diretamente a biologia do vetor, além de estar diretamente relacionada com o período de incubação do vírus no vetor. O aquecimento global tem levado a um aumento da temperatura em todo o mundo e esse fator, entre outros, tem então favorecido a transmissão e os surtos de dengue (FOUQUE; REEDER, 2019), inclusive em regiões onde a doença antes não ocorria (BRADY; HAY, 2020; IWAMURA; GUZMAN-HOLST; MURRAY, 2020; PEDROSA et al, 2020; POWELL; TABACHNICK, 2013).

Embora *Ae. aegypti aegypti*, a subespécie invasora em todo o mundo, tenha evoluído em íntima dependência ecológica com a estrutura urbana e as pessoas (POWELL; TABACHNICK, 2013), certas condições podem favorecer a disseminação da espécie, e assim, da doença. Dentre essas condições, a ausência de áreas arborizadas de qualidade, antes apontadas como fonte de arboviroses, têm se mostrado como uma importante barreira a essa espécie de mosquito (PEDROSA et al, 2020; CUNHA et al, 2021). A expansão da doença no Brasil está associada com a urbanização desordenada, sem uma infraestrutura adequada de saneamento, contribuindo para a dispersão do vetor e para disseminação dos diversos sorotipos da doença (GONÇALVES NETO; REBÊLO, 2004). Fatores climáticos, ambientais, socioeconômicos e fatores relacionados a biologia do vetor podem interferir na expansão da doença (DE SOUSA et al, 2021). Dentre eles podemos destacar: temperatura, precipitação, umidade, taxas de cobertura vegetal em cidades, desmatamento, padrões de distribuição de biótopos urbanos, imunossupressão do hospedeiro e processos migratórios (LEE et al, 2018; WERNECK, 2008; CUNHA et al 2021; PEDROSA et al, 2020). Além desses fatores, cidades caracterizadas pela urbanização e com saneamento básico ineficiente, são as que apresentam alto risco para a dengue (TEIXEIRA; MEDRONHO, 2008).

Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais é o sexto município mais populoso do país e sofreu um rápido e intenso processo de crescimento e urbanização. O município teve seu primeiro caso de dengue notificado em 1996 e já foram registradas quatro grandes epidemias: em 1998, 2010, 2013 e 2016, com a confirmação de 86.793

casos no ano de 1998, 50.025 em 2010, 96.126 em 2013 e 154.615 em 2016. No ano de 2019 foram notificados 115.456 casos de dengue em BH (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2021). Assim, a compreensão dos fatores que interferiram na expansão da dengue é de fundamental importância para direcionar as ações do Programa de Controle, visando reduzir a incidência e a mortalidade pela doença. O presente trabalho buscou avaliar a distribuição espacial da dengue e os impactos de variáveis climáticas no número de casos da dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais.



## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 História da dengue

O *Ae. aegypti*, inicialmente conhecido como vetor da febre amarela, posteriormente caracterizado também como vetor da dengue, chikungunya e zika é originário da África e inicialmente encontrado em regiões onde não havia a presença humana (POWELL; GLORIA-SORIA; KOTSAKIOZI, 2018). Antes essa espécie realizava sua oviposição nos buracos das árvores contendo água e se alimentava de animais não humanos. Após períodos de grandes secas o vetor passou a buscar outros locais para sua oviposição e então encontraram os recipientes gerados pela ação humana, uma vez que os seres humanos passaram a se estabelecer cada vez mais próximos das florestas. A partir de então, esse vetor de diversas arboviroses começou a evoluir e se adaptar ao domicílio e peridomicílio tornando-se um grande problema de saúde pública (BRADY; HAY, 2020; POWELL; GLORIA-SORIA; KOTSAKIOZI, 2018). Com esta aproximação os insetos hematófagos passam a ter como principal fonte de alimento os seres humanos, que começam a adquirir doenças anteriormente restritas aos animais (GLORIA-SORIA et al, 2016; POWELL; TABACHNICK, 2013). A alimentação de sangue humano está diretamente ligada ao aumento na expressão e na sensibilidade de um receptor que reconhece o odor do corpo humano (MCBRIDE et al, 2014).

*Ae. aegypti* foi dividido em duas subespécies, *Ae. aegypti aegypti* que é mais antropofílico, de coloração mais clara e que se espalhou por todo o mundo nas regiões de clima tropical e subtropical e *Ae. aegypti formosus* que vive em florestas, apresenta coloração mais escura e é mais encontrado geralmente na África (CRAWFORD et al, 2017; KOTSAKIOZI et al, 2018). Diferenças podem ser observadas nessas subespécies como a cor do mosquito, locais de oviposição, tempo de desenvolvimento, escolha do hospedeiro para alimentação, competência vetorial, entre outros (POWELL; TABACHNICK, 2013). O *Ae. aegypti* é a espécie que mais está associada ao homem, pois passou por processos adaptativos que propiciaram sua sobrevivência e desenvolvimento em meio aos seres humanos (BROWN et al, 2014). Seu tamanho e cores favorecem sua sobrevivência, as fêmeas são ágeis ao realizarem suas picadas, seus

ovos são resistentes à dessecação e essa espécie se adaptou muito bem à oviposição em recipientes como vasos de plantas, pneus, entre outros (BROWN et al, 2014).

O primeiro caso de uma doença com descrição clínica semelhante à dengue ocorreu na China no século III durante a dinastia Chinesa (WEAVER; VASILAKIS, 2009). O *Aedes albopictus* foi encontrado pela primeira vez na América, infectado com o vírus da dengue, durante um surto da doença no México. Esta espécie já havia sido reconhecida como vetor secundário na Ásia (TAUIL, 2001).

Entre 1947 e 1962, o *Ae. aegypti* foi eliminado em mais de 20 países por meio de campanhas com o uso de DDT para combater o vetor. Isto se deve a uma campanha realizada com a finalidade de prevenir as epidemias de febre amarela urbana conduzida pela Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS, 2020). Na década de 1970 com a diminuição da atividade do programa, o *Ae. aegypti* voltou a reaparecer e se espalhou por vários países novamente. O programa foi encerrado no ano de 1985 (BRADY; HAY, 2020). Nos anos 80, a dengue começou a circular no Brasil, Bolívia, Paraguai, Equador e outros países da América do Sul, onde não haviam sido relatados casos da doença (SAN MARTÍN et al, 2010).

Entre os anos de 1923 e 1982 não houve registros de casos de dengue no Brasil. A partir 1976, o *Ae. aegypti* foi reintroduzido no Brasil, a partir de Salvador, Bahia, e estava presente em muitos países vizinhos (TAUIL, 2001). O primeiro surto de dengue confirmado laboratorialmente no Brasil foi registrado em 1982 na cidade de Boa Vista no estado de Roraima. Esse surto foi contido após a implementação de medidas locais de controle de vetores (SAN MARTÍN et al, 2010). No Rio de Janeiro o primeiro caso de dengue (DEN1) foi registrado no município de Nova Iguaçu, no ano de 1986 (NOGUEIRA et al, 1999).

Em 1990, o sorotipo DENV-2 foi introduzido no Rio de Janeiro, ele se espalhou para outras partes do país com apresentações clínicas mais graves e levando aos primeiros casos fatais, tendo sido observados casos de dengue hemorrágica (NOGUEIRA et al, 1990). O DENV-3 foi isolado em janeiro de 2001 no município de Nova Iguaçu, Rio de Janeiro. Em 2010, o DENV-4 foi isolado a partir de casos detectados no estado de Roraima e no Amazonas. Em janeiro de 2011, foi isolado no Pará e, em março do mesmo ano, os primeiros casos de DENV-4 foram confirmados pelo Instituto Oswaldo Cruz no Rio de Janeiro (IOC/Fiocruz; SAN MARTÍN et al, 2010).

Um estudo realizado por SAN MARTÍN, et al (2010) no continente americano entre os anos de 1980 a 2007, revelou que dentre todos os países do continente, o Brasil relatou a maioria dos casos de dengue (54,5%). A maioria dos casos registrados ocorreram na primeira metade do ano, atingindo o pico de março a abril e a proporção de mulheres infectadas foi maior que a de homens. Além disso observaram que a dengue no continente americano apresenta picos recorrentes de casos relatados em intervalos de 3 a 5 anos.

Entre os anos 2000 e 2010, foi demonstrado um grande aumento no número de casos de dengue nas Américas, circulando todos os quatro sorotipos do vírus. Em 2010, no Brasil o número de pessoas afetadas excedeu um milhão de casos, quase o dobro do número de casos observados no ano anterior, sendo relatadas 656 mortes. O surto no Brasil teve particular relevância devido à circulação ativa do DENV-4 (DICK et al, 2012).

## 2.2 Dengue

A dengue é uma arbovirose transmitida ao homem pelo mosquito vetor fêmea *Ae. aegypti* e pelo *Ae.albopictus*, tendo em vista que essas espécies tem como hábito alimentar preferencial o sangue. O *Ae. aegypti* é o vetor principal, entretanto *Ae. albopictus* também pode atuar como um vetor, especialmente em regiões onde *Ae. aegypti* não está presente (MONAGHAN et al, 2019).

Embora possa haver coexistência dessas duas espécies em um mesmo ambiente, o *Ae.aegypti* é encontrado predominantemente em áreas urbanas nas regiões do domicílio e peridomicílio e o *Ae.albopictus* principalmente em áreas rurais. Essas duas espécies de vetores são capazes de transmitir várias doenças, entre elas a dengue, chikungunya, zika, febre amarela e febre do Nilo Ocidental (MUKTAR; TAMERAT; SHEWAFERA, 2016). Entretanto o *Ae. aegypti* é mais antropofílico que *Ae. albopictus*, o que o torna um vetor mais eficiente em áreas urbanas (REINHOLD; LAZZARI; LAHONDÈRE, 2018). Após a alimentação do mosquito em uma pessoa infectada, o vírus da dengue se replica no intestino do mosquito e em seguida se dissemina para os tecidos secundários inclusive as glândulas salivares. O tempo decorrido desde a ingestão do vírus até sua transmissão para um novo hospedeiro é chamado de período de incubação extrínseco (EPI) que leva cerca de 8 a 12 dias quando a temperatura

ambiente está entre 25-28 °C, podendo haver alterações no EPI de acordo com as mudanças de temperatura, temperaturas mais elevadas podem levar a uma diminuição do EPI. Uma vez infeccioso, o mosquito pode transmitir o vírus pelo resto da vida (TJADEN et al, 2013).

Ambos os vetores sobrevivem bem em clima quente e úmido e seus hábitos alimentares são preferencialmente no início da manhã e final da tarde, momentos do dia onde ocorre o maior número de picadas, sendo a maioria dessas picadas nos pés e tornozelos. Entretanto o *Ae. aegypti* não sobrevive bem em climas mais frios, ao passo que o *Ae.albopictus* sobrevive em temperaturas mais baixas (climas subtropicais e temperados), resistindo a invernos frios, o que propicia uma faixa geográfica mais ampla para esse vetor (PAIXÃO; TEIXEIRA; RODRIGUES,2018).Os ovos de *Ae. albopictus* podem sobreviver a temperaturas abaixo de 0° C, já os ovos de *Ae. aegypti* não sobrevivem a temperaturas muito baixas (LWANDE, 2019). Em climas quentes, como os trópicos, os ovos podem se desenvolver em menos de dois dias, enquanto que em climas mais frios, pode levar até uma semana. Os ovos do *Ae. aegypti* podem sobreviver à dessecação por meses e eclodem uma vez submersos na água, tornando o controle do *Ae. aegypti* um problema (MUKTAR; TAMERAT; SHEWAFERA, 2016).

O vírus da dengue (DENV), assim como o vírus da zika e febre amarela, pertence à família *Flaviviridae*, gênero *Flavivirus*. Os flavivírus são vírus pequenos (cerca de 40 a 50 nm), de formato esférico com envelopes lipídicos que contém RNA de fita simples não segmentado (WEAVER; BARRETT, 2004). O genoma do vírus é formado por uma única cadeia de RNA senso positivo. O vírus possui três proteínas estruturais: C do capsídeo, M de membrana e E do envelope, e sete proteínas não estruturais (NS1, NS2A, NS2B, NS3, NS4A, NS4B e NS5). Destas proteínas não estruturais, a proteína NS1 interage com o sistema imune do hospedeiro e estimula respostas de células T. Esta resposta tem sido usada como um marcador para diagnóstico da infecção (BELTRÁN-SILVA et al, 2018; GAUNT et al, 2001).

Existem quatro sorotipos antigenicamente semelhantes, mas que se diferem o suficiente para não conferir imunidade a longo prazo (DEN 1, DEN 2, DEN 3 e DEN 4), ou seja, a infecção por um sorotipo fornece imunidade permanente apenas contra esse sorotipo infectante (imunidade homóloga) e imunidade temporária (imunidade heteróloga) para os outros sorotipos por cerca de dois a três meses. Sendo que infecção subsequente com sorotipo diferente pode levar a sintomas graves, como um quadro de dengue hemorrágica (TIWARI, 2019). Foi relatado que a infecção por DENV 2 é mais

grave, responsável por causar febre hemorrágica e mortalidade, enquanto o DENV 3 foi encontrado com mais frequência em pacientes hospitalizados do que o DENV 1 e o DENV 4 (TIWARI, 2019).

### **2.3 Patologia da doença**

A Organização Mundial da Saúde classifica a dengue em duas categorias principais: dengue (com/sem sinais de alerta) e dengue grave. Suspeita-se de dengue quando durante o período febril (40°C) ocorre no mínimo dois dos seguintes sintomas: dor de cabeça forte, dor atrás dos olhos, dores musculares e articulares, náusea, vômito, glândulas inchadas e erupção cutânea. Já a dengue grave pode ser fatal devido a vazamento de plasma, acúmulo de líquidos, dificuldade respiratória, sangramento grave ou comprometimento de órgãos. Os sintomas da dengue são semelhantes aos de outras arboviroses, como zika e chikungunya, o que torna difícil o seu diagnóstico clínico sendo então necessário a realização de exames laboratoriais para confirmação. Os sintomas geralmente começam dentro de 2 semanas após o homem ser picado por um mosquito infectado e geralmente duram de 2 a 7 dias, sendo que a maioria das pessoas se recupera após cerca de uma semana. Os sintomas característicos da doença são febre de início rápido, dor de cabeça, dores musculares e articulares e erupção cutânea (MUKTAR; TAMERAT; SHEWAFERA, 2016). Algumas pessoas podem ser assintomáticas enquanto outras podem ter sintomas graves como, por exemplo, sangramentos graves, comprometimento de órgãos e/ou vazamento de plasma que é o quadro clínico característico da dengue grave (menos comum de acontecer) (MUKTAR; TAMERAT; SHEWAFERA, 2016).

### **2.4 Diagnóstico**

De acordo com a Organização Panamericana de Saúde e como já mencionado, o diagnóstico clínico da dengue é difícil sendo necessária a realização de exames laboratoriais, como hemograma, testes sorológicos e moleculares, para confirmação da doença. O diagnóstico direto da dengue é baseado no isolamento do vírus (DENV) ou na detecção do genoma viral ou do antígeno NS1. O diagnóstico indireto usando

métodos sorológicos para detectar IgM e IgG anti-DENV é comumente empregado (ANDRIES et al, 2016). Um dos métodos é o ensaio imunoenzimático ligado a enzima (ELISA), que detecta o antígeno NS1 (uma proteína produzida pelo vírus), abundante nos cinco primeiros dias de infecções por qualquer um dos quatro sorotipos de dengue (BELTRÁN-SILVA et al, 2018). Os testes sorológicos, como o ELISA, são os mais utilizados, pois são relativamente baratos e fáceis de realizar. Em indivíduos que se encontram na fase virêmica da infecção, esses testes detectam a presença dos anticorpos IgM, ao passo que a detecção de IgG só é possível em indivíduos infectados após o final da primeira semana da doença tendo um aumento gradual na sua quantidade (GUZMAN et al, 2010). Não é possível detectar os diferentes sorotipos do vírus através da técnica de ELISA (BELTRÁN-SILVA et al, 2018).

A reação em cadeia da polimerase com transcrição reversa (RT-PCR), utilizando soro para análise, é o principal teste para a detecção de ácido nucleico viral da dengue durante a fase virêmica inicial (PAIXÃO; TEIXEIRA; RODRIGUES, 2018). Principalmente para fins de monitoramento epidemiológico, a (RT-PCR) é utilizada para identificar sorotipos do vírus da dengue (DENV) na fase aguda (SUN et al, 2018; MISHRA et al, 2019; TIWARI, 2019).

A detecção direta do vírus por meio da PCR é muito específica quando positiva, entretanto este teste se limita a revelar a positividade da doença nos seus primeiros dias devido ao fato de que a duração da viremia nas infecções por flavivírus ser curta. Recentemente foi demonstrado que a detecção do RNA viral na urina pode prolongar a janela do diagnóstico de PCR por várias semanas após o início dos sintomas da dengue e outros arbovírus (ECKERLE et al, 2018).

Um estudo recente mostrou que além da utilização do sangue como material de análise para diagnóstico, a saliva e urina são meios potenciais de diagnóstico da dengue. Sendo porém, necessária a realização de mais estudos para comprovação. Os testes de diagnósticos rápidos que utilizam amostras de urina e saliva detectam a presença do antígeno NS1, IgG, IgM e IgA anti-dengue. Esses testes rápidos auxiliam os médicos na tomada de decisões acerca do manejo clínico do paciente (ANDRIES et al, 2016).

Segundo BALMASEDA et al (2003), a realização de testes para a detecção de IgM na saliva tem se mostrado como útil na detecção da dengue. Sendo que a utilização da saliva como amostra é vantajosa por não ser um método invasivo e útil quando se deseja fazer o diagnóstico em crianças evitando a punção venosa, sendo a detecção de IgA no soro uma possibilidade de diagnóstico para dengue.

## 2.5 Controle da doença

A principal forma de controlar e prevenir a dengue é por meio do controle do mosquito vetor. Atualmente, existem vários métodos de controle dos vetores tanto em sua forma imatura quanto na fase adulta. São eles os meios físicos, químicos e biológicos (PILAQUINGA et al, 2019). Na fase imatura do mosquito os meios físicos envolvem a eliminação de recipientes que contribuem com a proliferação do vetor, os químicos e biológicos consistem em impedir o desenvolvimento dos estados imaturos do mosquito através de larvicidas (MUKTAR; TAMERAT; SHEWAFERA, 2016). Já na fase adulta, os meios químicos de controle do mosquito são baseados na pulverização de inseticidas, o que geralmente leva a seleção de insetos resistentes, tornando ineficazes os tratamentos com estes produtos. A longo prazo foi observada uma associação negativa da pulverização química causada a organismos não-alvo, como seres humanos, animais selvagens, peixes e espécies de artrópodes (PILAQUINGA et al, 2019). Sendo então recomendada como uma estratégia alternativa ao uso dos inseticidas o controle físico que visa a proteção do organismo susceptível à doença como, por exemplo, a proteção do corpo com o uso de roupas compridas e a instalação de telas de proteção nas janelas das casas para evitar que o mosquito pique o homem, além disso, certas marcas de roupas são pré-tratadas com repelentes de mosquitos, como a permetrina (MUKTAR; TAMERAT; SHEWAFERA, 2016).

Tem sido demonstrado que mosquitos geneticamente modificados podem atuar no controle da dengue. Uma dessas estratégias, relatada por BUCHMAN et al (2020), mostra que *Ae. aegypti* geneticamente modificados que expressam o anticorpo scFv anti-DENV não podem ser infectados e nem transmitir qualquer um dos quatro sorotipos da dengue. Verificou-se que após a ingestão de sangue contendo o vírus da dengue por mosquitos geneticamente modificados, o vírus é neutralizado no intestino médio do mosquito que expressa anticorpos scFv, tornando o vetor incapaz de transmitir a doença.

Outro método de controle que tem se mostrado útil é o uso da Wolbachia. A Wolbachia é um microrganismo presente em cerca de 60% dos insetos na natureza, mas ausente no *Ae. aegypti*. Esse microrganismo quando inserido artificialmente nos ovos de *Ae. aegypti* fazem com que a capacidade do vetor de transmitir os vírus da dengue, zika, chikunguya e febre amarela diminuam. Com a liberação de mosquitos com a

Wolbachia, a tendência é que esses mosquitos se tornem predominante e diminua o número de casos dessas doenças (FIOCRUZ, 2020).

O Ministério da Saúde do Brasil, para avaliar a presença e abundância de *Ae. aegypti* e *Ae.albopictus*, realiza pesquisas larvais (LIRAA) como método oficial, onde são obtidos o índice de Breteau e o índice de infestação de propriedades (NASCIMENTO et al, 2020).NASCIMENTO et al (2020) mostraram que o uso de ovitrampas para detecção da presença de *Ae. aegypti* em áreas urbanas tem sido um método mais vantajoso quando comparado com o LIRAA (Levantamento Rápido de Índice para *Ae. aegypti*). Esse método permite identificar a presença de ovos postos por fêmeas grávidas que se encontram em plena atividade hematófaga e reprodutiva, portanto além de permitir a eliminação dos locais que atuam como potenciais criadouros, permite também a eliminação dos ovos.

No ano de 2002 foi implantado no Brasil pelo Ministério da Saúde o Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD) que buscava combater a doença por meio de ações que vão desde a conscientização da população da importância de evitar a presença de potenciais criadouros do vetor até as ações de controle realizadas através dos agentes de endemias. Devido ao fato de que o maior número de casos de dengue é registrado em grandes cidades com alta densidade populacional, a implantação do programa visou prioritariamente as grandes cidades brasileiras como as capitais dos estados e os municípios metropolitanos, municípios cuja população era superior ou igual a 50.000 habitantes além de municípios que eram potenciais portas de entrada de novos sorotipos da doença como regiões de turismo, portos, fronteiras, entre outros. O programa tinha como objetivo reduzir a infestação pelo *Ae. aegypti*, reduzir a incidência da dengue e reduzir a letalidade por febre hemorrágica da dengue (MINISTÉRIO PÚBLICO DO PARANÁ, 2021). Mesmo com a implantação do PNCD, na maioria das cidades onde foi implantado não conseguiram alcançar suas metas que eram: reduzir a menos de 1% a infestação predial em todos os municípios, reduzir em 50% o número de casos de 2003 em relação a 2002 e, nos anos seguintes, 25% a cada ano e reduzir a letalidade por febre hemorrágica de dengue a menos de 1% (PESSANHA et al, 2009).



## 2.6 Epidemiologia da dengue

A dengue é responsável por altas taxas de morbimortalidade em várias regiões endêmicas ao redor do mundo, é característica de regiões de clima subtropical e tropical. A grande maioria dos casos é assintomática e, portanto, o número real de casos de dengue é subnotificado e muitos casos são classificados incorretamente. Cerca de 390 milhões de pessoas são infectadas por ano, 96 milhões deles têm manifestações clínicas de qualquer nível de gravidade e até 20.000 deles vão a óbito. A incidência da dengue aumentou enormemente em todo o mundo nas últimas décadas e cerca de metade da população mundial está em risco de contrair a doença (BHATT et al, 2013; OMS, 2021). Aproximadamente 500 milhões de pessoas correm o risco de contrair a dengue no continente Americano e o número de casos da doença nessa região aumentou nas últimas quatro décadas, indo de 1,5 milhões de casos na década de 1980 para 16,2 milhões de casos no período de 2010-2019 (OPAS, 2021). O número de casos de dengue relatados à OMS aumentou mais de 15 vezes nas últimas duas décadas, de 505.430 casos em 2000 para mais de 2.400.138 em 2010 e 3.312.040 em 2015. As mortes de 2000 a 2015 aumentaram mais de quatro vezes, de 960 para mais de 4032. O maior número de casos de dengue já relatado globalmente foi em 2019 e cerca de 129 países estão em risco de contrair a infecção (OMS, 2020). De acordo com a Organização Pan Americana de Saúde (OPAS), em 2019 o continente americano notificou mais de 3 milhões de casos de dengue. Esses números superam os 2,4 milhões de casos registrados em 2015, quando ocorreu a maior epidemia de dengue na história da região. Naquele ano, quase 1.400 pessoas morreram em decorrência dessa enfermidade. As áreas geográficas que estão em risco de transmissão da doença têm se expandido nos últimos anos e todos os quatro sorotipos da dengue estão circulando na Ásia, África e nas Américas (GUZMAN et al, 2010).

Segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) mais de 1,6 milhões de casos de dengue foram notificados nos 5 primeiros meses do ano de 2020 em todo o continente americano, mostrando a necessidade de que mesmo em meio a pandemia do COVID-19 seja feito o controle vetorial. Também foram notificados, segundo a OPAS, 37.279 casos de chikungunya e 7.452 casos de zika. Até agora, os números deste ano mostram uma queda relativa de 10% em relação ao mesmo período de 2019, que foi um ano epidêmico. A maioria dos casos de dengue nas Américas foi registrada no Brasil, com 1.040.481 casos, representando 65% do total (OPAS, 2020). No ano de 2020 foram

notificados no Brasil 1.147.462 casos, e até o momento no ano de 2021 já foram registrados 837.347 casos (OPAS, 2021). De acordo com o Boletim Epidemiológico de Monitoramento dos casos de dengue, chikungunya e zika da Secretaria do Estado de Minas Gerais, publicado em 29 de setembro de 2021, até o dia 27 de setembro o estado tinha registrado 22.242 casos prováveis da doença sendo que 14.403 destes casos foram confirmados, além de terem sido confirmados 5 óbitos em virtude da dengue até o momento no estado de Minas Gerais (CEVARB, 2021).

De acordo com a Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS), até a Semana epidemiológica 15 do ano de 2020, foram notificados 557.750 casos prováveis (taxa de incidência de 265,4 casos por 100 mil habitantes) de dengue no Brasil. Nesse período, a região Centro-Oeste apresentou a maior incidência com 649,2 casos/100 mil habitantes, seguida das regiões Sul (632,7 casos/100 mil habitantes), Sudeste (237,9 casos/100 mil habitantes), Norte (78,9 casos/100 mil habitantes) e Nordeste (65,7 casos/100 mil habitantes). A maior parte dos óbitos (60,4%) ocorreu em pessoas acima de 60 anos e observa-se uma distribuição semelhante em ambos os sexos. O DENV-2 foi o sorotipo predominante (7.234/82,7%) no país, no período analisado e na região sudeste (89,0%) (SVS, 2021).

A pandemia da Covid-19, que iniciou em fevereiro de 2020, levou a uma diminuição nos registros de casos prováveis e óbitos por dengue no Brasil, como visto na figura 1. Até o momento no ano de 2021 o país não enfrenta uma epidemia de dengue. Até a semana epidemiológica (SE) 21 foram notificados 348.508 casos prováveis com a taxa de incidência de 164,6 casos por 100 mil habitantes. Dados esses que quando comparados com o ano de 2020 mostram uma redução de 57,4% dos casos registrados no mesmo período analisado. A região do país que apresentou maior incidência da doença foi a região Centro-Oeste, seguida do Sudeste, Norte e Nordeste (Figura 2).

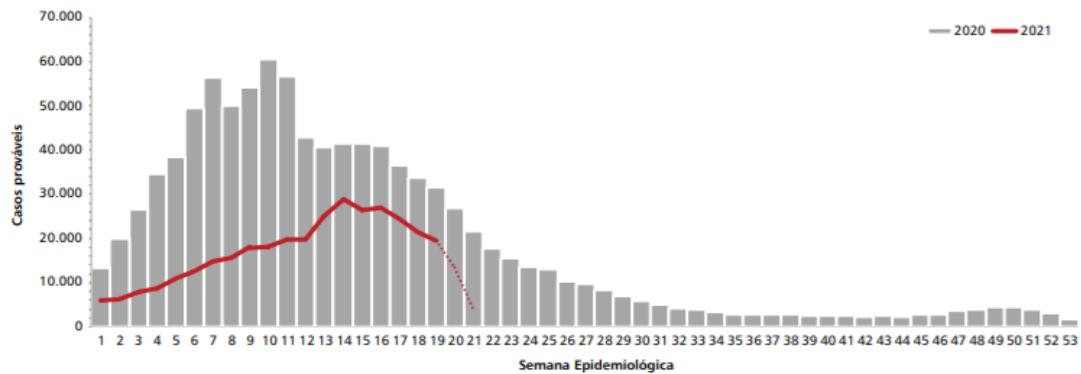


Figura 1: Curva epidêmica dos casos prováveis de Dengue, por semanas epidemiológicas de início de sintomas, Brasil, 2020 e 2021.

Fonte: Boletim Epidemiológico, Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde, Volume 52, junho de 2021.

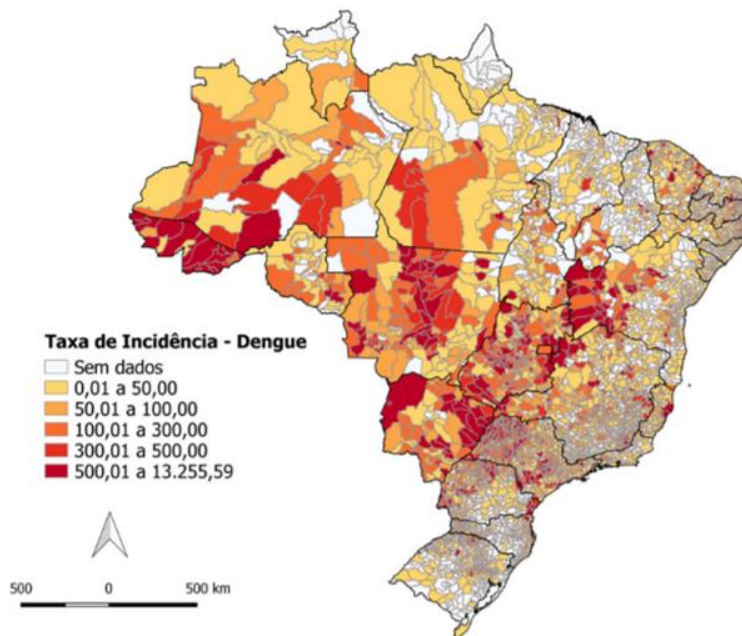


Figura 2: Taxa de incidência de Dengue, SE 1 a 21/2021.

Fonte: Boletim Epidemiológico, Secretaria de Vigilância em Saúde, Ministério da Saúde, Volume 52, junho de 2021.

Visando o combate ao vetor e conseqüente diminuição nos casos de dengue, foram realizadas algumas ações no ano de 2021 como a distribuição aos estados brasileiros e Distrito Federal do larvicida Pyriproxyfen e Praetrina para tratamento dos possíveis criadouros, além de Clodianidina+Deltametrina para tratamento em pontos estratégicos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021).

Já no estado de Minas Gerais, já foram registradas quatro epidemias da dengue, sendo elas em 2010, 2013, 2016 e 2019. Com 474 mil casos prováveis e 188 óbitos por dengue no ano de 2019, já no ano de 2020 foram registrados 84.636 casos prováveis e 15 óbitos por dengue (Figura 3) (CEVARB, 2021).

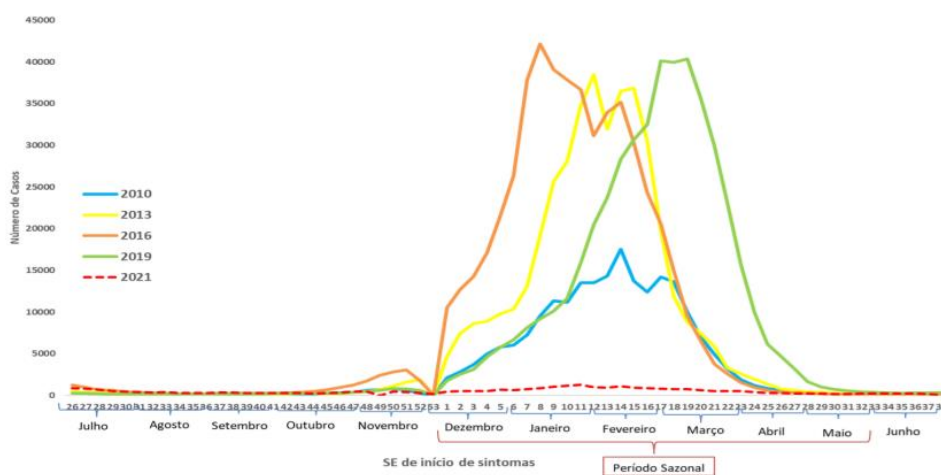


Figura 3: Casos prováveis de Dengue por semana epidemiológica de início de sintomas, SE 27 a SE 26 - Minas Gerais.

Fonte: Boletim Epidemiológico de Monitoramento dos casos de Dengue, Chikungunya e Zika Vírus da SES-MG (atualizado em 27/09/2021).

Dados do boletim epidemiológico da Secretaria de Saúde do Estado de Minas Gerais mostram que até o mês de setembro de 2021 os sorotipos circulantes no estado são o DENV1 e DENV2, havendo a cocirculação desses dois sorotipos em cidades como Belo Horizonte e Governador Valadares (Figura 4). Além disso, a incidência de casos prováveis da doença no estado apresenta um risco muito alto na cidade de Belo Horizonte, alto risco em Diamantina e risco baixo ou moderado nos outros municípios do estado (Figura 5). Dentre todas as cidades do estado, Cataguases, Governador

Valadares e Belo Horizonte são as cidades que apresentam maior número de casos prováveis de dengue no ano de 2021 durante SE (Semana Epidemiológica) 01 A SE 38.

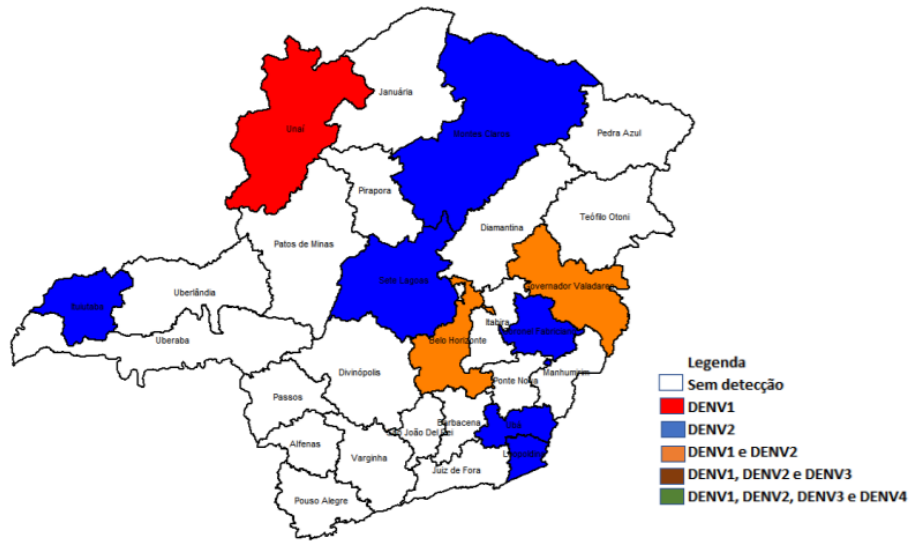


Figura 4: Sorotipos circulantes de Dengue, Minas Gerais.

Fonte: Boletim Epidemiológico de Monitoramento dos casos de Dengue, Chikungunya e Zika Vírus da SES-MG (atualizado em 27/09/2021).

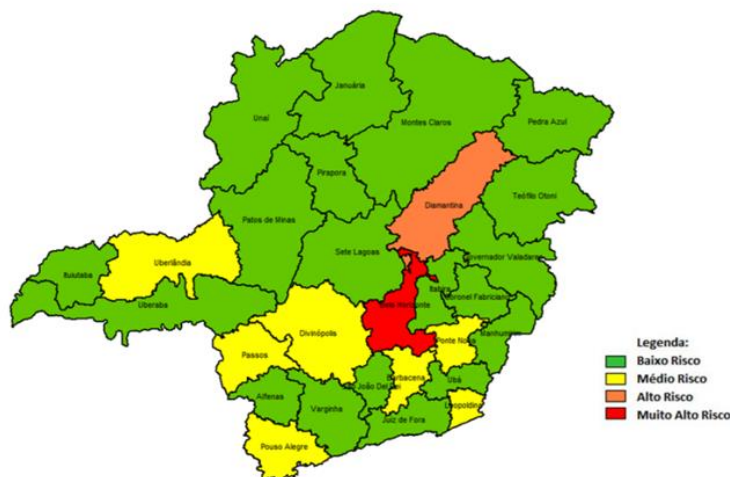


Figura 5: Incidência de casos prováveis de Dengue.

Fonte: Boletim Epidemiológico de Monitoramento dos casos de Dengue, Chikungunya e Zika Vírus da SES-MG (atualizado em 27/09/2021).

Os primeiros registros de casos autóctones de dengue em Belo Horizonte foram no ano de 1996, com 1806 casos notificados. No início do ano de 1997 iniciou-se a segunda epidemia com a circulação apenas do DENV1, no final desse mesmo ano também passou a circular o DENV2. O DENV3 foi identificado pela primeira vez no município em fevereiro de 2003 (ALMEIDA et al, 2008). Em 1998, ocorreu em Belo Horizonte uma das maiores epidemias registradas em grandes centros urbanos do Brasil. Com taxa de incidência anual de 4,1%, correspondendo a 12,4% dos 700 mil casos de dengue notificados nos países do continente americano e a 48,8% dos casos do estado de Minas Gerais. Sendo observado nesse mesmo ano, uma grande infestação do vetor *Ae. aegypti* nos imóveis do município (CORRÊA; FRANÇA; BOGUTCHI, 2005). Uma grande epidemia ocorreu em 2010, com 51753 casos registrados em Belo Horizonte (NHANTUMBO, 2012).

## **2.7 Fatores associados à expansão da dengue**

A dengue tem cada vez mais se espalhado por todo o mundo, essa expansão da doença está intimamente relacionada com o aumento do alcance de regiões antes inalcançadas pelos vetores da doença. Devido à existência do vetor no ciclo de transmissão da doença, a ocorrência de números elevados de casos de dengue está diretamente relacionada com a densidade vetorial. Dessa forma, é de extrema importância conhecer e compreender as características e os hábitos dos vetores além dos fatores que favorecem sua sobrevivência e reprodução (FIOCRUZ, 2013).

São diversos os fatores influenciadores da expansão da doença, dentre eles estão os fatores climáticos e ambientais (como temperatura, precipitação, umidade, velocidade do ar, tipo do solo) que favorecem o desenvolvimento e proliferação tanto das formas maduras e imaturas do vetor proporcionando condições favoráveis. Fatores antrópicos como o desmatamento e os socioeconômicos também apresentam influência na dinâmica dessa arbovirose, como por exemplo, as condições das habitações e do entorno e as condições de saneamento básico (DE SOUSA et al, 2021). Outro importante fator facilitador da expansão da doença é o fato de que a espécie *Ae. albopictus* é capaz de ser um vetor eficaz da doença em regiões rurais e de clima temperado onde o *Ae. aegypti* não se adapta bem, aumentando dessa forma as áreas

acometidas por essas arboviroses que ambos os vetores são capazes de transmitir (GUBLER DJ, MELTZER M, 1999).

Dentre os fatores climáticos a temperatura e precipitação são os que mostraram ter mais efeito direto na dinâmica do vetor. De uma forma geral, a temperatura pode afetar de duas maneiras, sendo elas na sobrevivência do mosquito e no período de incubação do vírus da dengue. E as chuvas proporcionam a presença de potenciais criadouros e estimula a eclosão dos ovos (GUO et al, 2017).

Além dos fatores ecológicos, fatores humanos podem impactar na doença, como por exemplo a presença de ambientes urbanos degradados, recipientes que podem se tornar depósito de água parada, viagens aéreas que podem ser capazes de transportar os vetores ainda na forma imatura para regiões distantes (PAIXÃO; TEIXEIRA; RODRIGUES, 2018). A pobreza também está relacionada com a incidência da dengue, o que culmina em condições precárias de saneamento básico com a ocorrência de habitats favoráveis para o vetor, além do acesso dificultado à saúde e educação. Um estudo realizado em Várzea Paulista, São Paulo, caracterizando a primeira epidemia de dengue nessa cidade, que foi no ano de 2007, mostrou que condições socioeconômicas desfavoráveis estão relacionadas com o risco aumentado de dengue, sendo estas condições a baixa renda do chefe da família, as condições da moradia e do seu entorno. Casas construídas em regiões com licença do governo local e em áreas regularizadas foram regiões de menor risco da doença ao passo que em locais onde as casas eram construídas em áreas invadidas (favelas) estavam sob maior risco da doença. Renda mais baixa, menor nível de escolaridade e piores condições do domicílio foram associados a um maior risco de dengue (FARINELLI et al, 2018).

Em um estudo realizado em Pucallpa, segunda maior cidade da Amazônia peruana que faz divisa ao leste com o Brasil, mostrou que as taxas de incidência da dengue foram maiores em crianças, idosos e mulheres e que o aumento de 1°C na temperatura média semanal associado a estação chuvosa foram relacionados com aumentos na taxa de incidência da dengue (CHARETTE et al, 2020). As mudanças climáticas tem mostrado grande potencial na expansão das arboviroses, podendo facilitar a sua propagação de diversos modos: afetando a biologia dos vetores, sua abundância e distribuição geográfica, incluindo a expansão territorial para novas áreas e mudanças no período de incubação extrínseca dos patógenos. Somado a mudanças ambientais, urbanização e aumento das viagens (PAIXÃO; TEIXEIRA;

RODRIGUES,2018). Dentre os fatores ambientais a temperatura e precipitação são os que mostram maior contribuição na expansão da doença, as chuvas favorecem o aumento dos potenciais criadouros para oviposição do vetor (RIBEIRO et al, 2006). De acordo com REINHOLD; LAZZARI; LAHONDÈRE (2018), a temperatura ambiental afeta os vetores *Ae. aegypti* e *Ae. albopictus* desde o seu desenvolvimento até sua atividade geral na fase adulta, além de afetar a transmissão do vírus. Em temperaturas mais altas as fases imaturas (isto é, ovos, larvas e pupas) se desenvolvem mais rapidamente. A capacidade de se mover e voar a procura do hospedeiro foi considerada ótima entre 15 e 32°C com 50% de umidade. Foi observado que o período de incubação extrínseco em DENV2 foi menor em temperaturas mais altas, mostrando que em temperaturas mais altas o vírus da dengue pode ser transmitido mais rapidamente. Em um estudo realizado por CARRINGTON, et al (2013) na Tailândia, mostraram que o período de incubação extrínseco em fêmeas de *Ae.aegypti* infectadas com o DENV1 era menor em ambientes onde a temperatura era constante e onde a variação da temperatura diurna era menor quando comparado a ambientes onde ocorriam uma maior variação da temperatura diurna. Além disso pequenas variações da temperatura ambiental diurna propiciavam maior taxa de fêmeas infectadas com o vírus quando comparadas com fêmeas submetidas a grandes variações na temperatura ambiente. Houve uma menor sobrevivência nas fêmeas infectadas pelo DENV1 que foram submetidas a uma grande variação de temperatura diurna quando comparada às fêmeas infectadas que ficaram sob regime de temperatura constante ou baixa variação da temperatura diurna do ambiente. O que mostra que grandes variações na temperatura ambiente podem reduzir a probabilidade de transmissão do vírus da dengue.



### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Avaliar a associação de variáveis climáticas na expansão da dengue em uma área urbana endêmica da doença.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Analisar a distribuição espacial da dengue em Belo Horizonte desde os primeiros casos notificados;
- Estimar a incidência da doença ao longo dos anos;
- Identificar áreas de maior risco para dengue ao longo do período avaliado;
- Identificar os fatores climáticos associados ao número de casos da doença na área de estudo.

#### **4 HIPÓTESES E PREDIÇÕES**

- Fatores climáticos afetariam a distribuição e o número de casos de dengue ao longo do tempo;
- Condições mais favoráveis ao vetor, como temperatura mais elevada, aumentariam a sua proliferação levando a um aumento no número de casos de dengue.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Aspectos éticos

Este trabalho foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Ouro Preto (Parecer nº3.291.628) e no Comitê de Ética da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (Parecer nº 3.343.825).

### 5.2 Área do estudo

O município de Belo Horizonte está localizado no Estado de Minas Gerais, sudeste brasileiro, a 859.19 metros acima do nível do mar, com área territorial de 331,354 km<sup>2</sup> e altitude média de 903 metros. A cidade é dividida em nove regionais (Barreiro, Centro-Sul, Leste, Nordeste, Noroeste, Norte, Oeste, Pampulha e Venda Nova) (Figura 6), sendo que cada regional corresponde a um polo de saúde, e em 152 áreas de abrangência. A população estimada para 2021, de acordo com o IBGE, é de 2.530.701 habitantes e o clima é predominantemente tropical, com verão chuvoso e inverno seco. O bioma é composto pela Mata Atlântica na zona Sul e uma vegetação de transição com o cerrado na zona Norte (IBGE, 2021).



Figura 6: Regionais de Belo Horizonte.

### **5.3 Delineamento**

Foi realizado um estudo de série de casos com todos os casos notificados de dengue do município de Belo Horizonte de 1996 a 2017. Foi avaliada a distribuição espaço-temporal dos casos e os fatores climáticos associados à flutuação no número de casos ao longo de toda a série histórica.

### **5.4 Fonte de dados e variáveis utilizadas**

Além dos casos de dengue notificados à Vigilância Epidemiológica do Município de Belo Horizonte, foram utilizadas variáveis climáticas obtidas no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (precipitação total, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, dias chuvosos, precipitação/dias chuvosos, precipitação no período seco, temperatura máxima do período seco, temperatura mínima do período seco, precipitação do período chuvoso, temperatura máxima do período chuvoso e temperatura mínima do período chuvoso).

Os bancos de dados dos casos continham o número de notificação, ano da notificação, endereço de residência (rua, número e bairro) e o sexo do paciente. Foram analisados dois bancos de dados distintos cujas formas de disposição dos dados estava de acordo com a ficha de notificação do período, sendo o primeiro banco com os casos notificados de 1996 a 2002 e o segundo banco com os casos a partir de 2002 até 2017, e as informações necessárias para a realização das análises foram então agrupadas em um único banco de dados contendo o número de notificação (exclusivo de cada caso, o que garantia a identificação dos casos e evitava a ocorrência de duplicidade do mesmo caso), ano e as coordenadas (latitude e longitude) de cada caso.

### **5.5 Tratamento dos bancos de dados e elaboração dos mapas temáticos**

Inicialmente foi realizado o tratamento do banco de dados com todos os casos notificados na vigilância epidemiológica do município no período de 1996 a 2017, cada caso notificado continha o endereço com o nome da rua, o número da casa, o nome da cidade e o estado. A partir destes dados foi realizado o georreferenciamento utilizando o ezGeocode, uma extensão do Google *documents*. Após o georreferenciamento, as

coordenadas de cada ponto correspondendo a cada caso foram obtidas em graus, minutos e segundos (coordenadas gráficas) e então foi realizada a conversão dessas coordenadas para UTM (unidades métricas) no software ArcMap (versão 10.3). Os casos que não foram obtidas as coordenadas, foram excluídos e não participaram na elaboração dos mapas. Para as análises espaciais e elaboração dos mapas foi utilizado o software ArcMap (versão 10.3), os casos foram avaliados por área de abrangência e também foi calculada a incidência da doença por 100 mil habitantes a cada 5 anos. Foi realizada a incidência suavizada pelo método de Pearson utilizando o software GeoDa e os dados de estimativa populacional foram obtidos no IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Para a análise dos casos por área de abrangência e incidência suavizada foram utilizados dois mapas da cidade de Belo Horizonte, um com as 131 áreas de abrangências (período de 1996 a 2005), utilizando para o cálculo da incidência suavizada o censo populacional do ano de 2000, o outro com 152 áreas de abrangências (período de 2006 a 2017) utilizando o censo populacional do ano de 2010. Dessa forma foram elaborados 22 mapas avaliando os casos de dengue por área de abrangência a cada ano estudado e elaborados 5 mapas de incidência suavizada da doença no município durante os anos avaliados.

## **5.6 Análise dos dados**

Para avaliar a influência de fatores climáticos na expansão da dengue em Belo Horizonte, foi utilizado o número de casos total da doença no município no período de estudo, de 1996 a 2017, e os dados de 12 variáveis climáticas a cada ano obtidos no INMET. Verificou-se a multicolinearidade das variáveis, e todas com  $VIF < 1$  ou  $= 1$  foram mantidas. Assim, foi realizada a regressão linear múltipla, com método stepwise de exclusão de variáveis não significativas, utilizando o software MiniTab versão 10.3, com as seguintes variáveis: precipitação total, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média, dias chuvosos, precipitação/dias chuvosos, precipitação no período seco, temperatura máxima do período seco, temperatura mínima do período seco, precipitação do período chuvoso, temperatura máxima do período chuvoso e temperatura mínima do período chuvoso. Para a elaboração dos gráficos foi utilizado o software GraphPad Prism versão 8.

## 6 RESULTADOS

### 6.1 Caracterização da amostra

Foi observado que entre os 458.359 casos avaliados, a doença foi predominante no sexo feminino, representando 57,0% dos casos (n=261.209), cerca de 42,9% dos casos foram relatados em pessoas do sexo masculino (n=196.426) e 0,1% dos casos avaliados foram definidos como sexo ignorado (n=724).

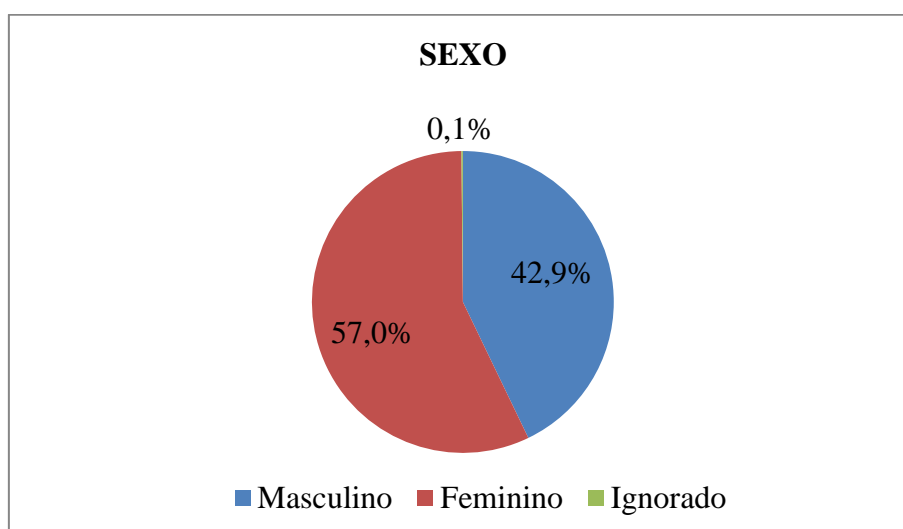


Figura 7: Sexo da população da amostra de estudo.

### 6.2 Número de casos e incidência da dengue em Belo Horizonte

A Figura 8 mostra a distribuição anual dos 458.359 casos de dengue notificados em Belo Horizonte de 1996 a 2017, além da incidência neste período. Pode-se observar que houveram quatro picos epidêmicos da doença nesse período, sendo eles nos anos de 1998, 2010, 2013 e 2016. O primeiro pico da doença ocorreu em 1998, totalizando 86.793 casos e com uma incidência de 4086,02 por 100.000 habitantes, os anos anteriores (1996 e 1997) vinham apresentando 1806 e 2327 casos com a incidência de 86,35 e 110,32 por 100.000 habitantes, respectivamente. Nos anos seguintes de 1999 a 2009 houveram períodos em que o número de casos e consequentemente a incidência aumentou (2001, 2002, 2007, 2008, 2009), mas não superou os anos onde ocorreram os surtos da doença. Curiosamente, em 2005 foi o ano da série histórica que apresentou menor número de casos e taxa de incidência, 56 casos de dengue com incidência de 2,36

por 100.000 habitantes. Já no ano de 2010 houve um aumento no número de casos confirmados da doença onde ocorreram 51.681 casos e a taxa de incidência foi de 2175,90 por 100.000 habitantes. Em 2013 novamente se observa um aumento repentino no número de casos de dengue, sendo registrados 96.172 casos com uma taxa de incidência de 3879,21 por 100.000 habitantes, valores esses superiores aos apresentados pelo surto ocorrido em 1998. Os anos seguintes, 2014 e 2015 apresentaram uma queda no número de casos e incidência. Já o quarto e maior pico da doença registrado durante o período de estudo foi em 2016, sendo registrados 155.819 casos de dengue com a incidência de 6199,40 por 100.000 habitantes, correspondendo a quase o dobro de casos registrados no ano de 1998. Em 2017 o número de casos e a incidência voltam a cair novamente com 913 casos de dengue e incidência de 36,18 por 100.000 habitantes (Figura 8).

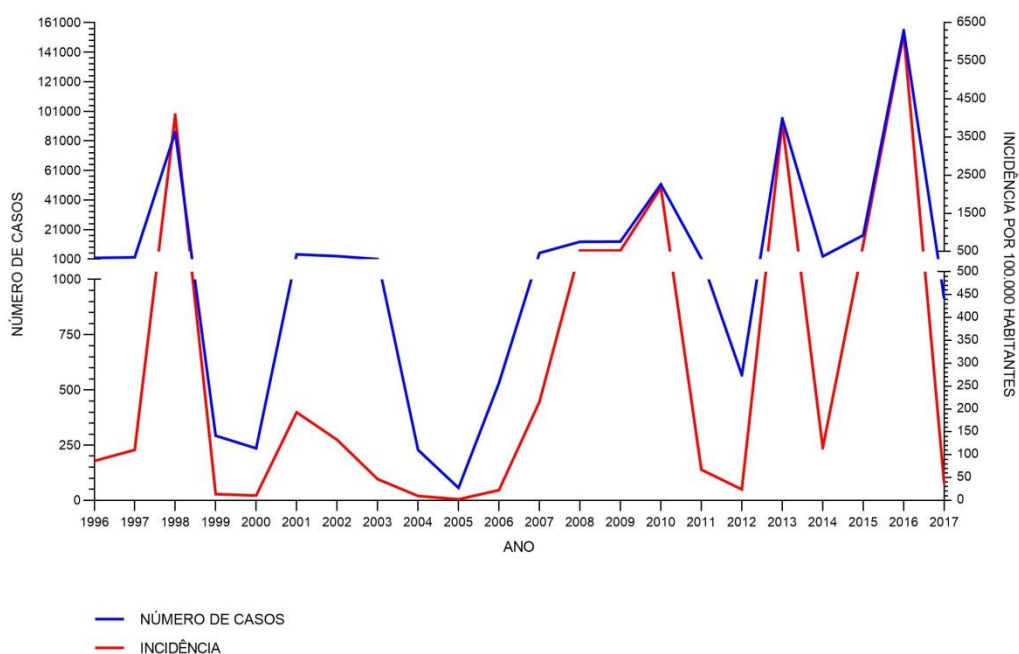


Figura 8: Número de casos de dengue e incidência em Belo Horizonte, 1996-2017.

### 6.3 Número de casos e incidência suavizada por área de abrangência

Após o georreferenciamento foram analisados 416.580 casos para as análises espaciais e elaboração dos mapas, conforme o fluxograma.

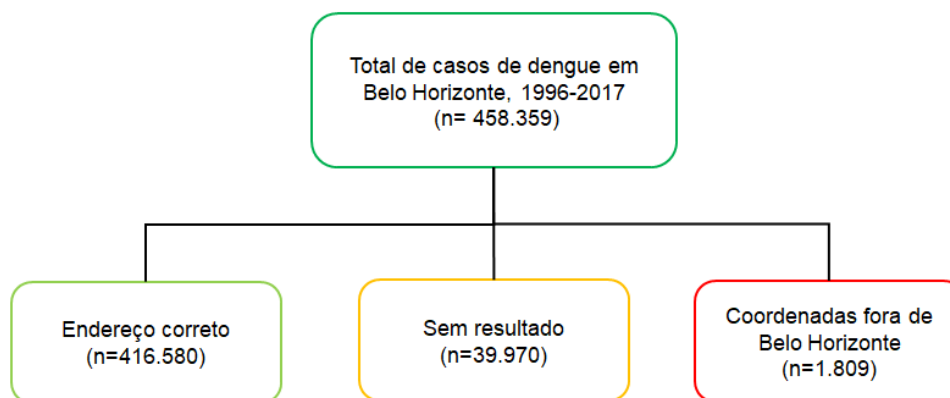


Figura 9: Fluxograma dos casos analisados para análises espaciais.

Nos mapas que representam os casos de dengue por área de abrangência a cada ano da série histórica avaliada, podemos observar que no primeiro ano (1996) os maiores números de casos de dengue notificados foram nas regiões de Venda Nova e região Norte, ou seja, mais ao norte do município. Já em 1997 e nos anos seguintes a doença foi expandindo por toda a cidade de Belo Horizonte alcançando regiões onde não haviam registros da doença no primeiro ano de estudo. No ano de 1998 onde ocorreu o primeiro pico da doença, a dengue se espalhou por todo o município com elevado número de casos. Nos anos de 1999 e 2000 houve uma diminuição no número de casos, já no ano de 2001 um aumento foi observado e do ano de 2002 ao ano de 2006, os casos concentram-se principalmente nas regiões Noroeste, Nordeste, Oeste e Barreiro, mostrando que há uma retração na ocorrência dos casos por todo o município. Ainda assim, observa-se que em algumas regiões da cidade sempre tem a ocorrência da doença mesmo com menores números de casos, como por exemplo, na região Nordeste (circulado de verde na Figura 10).

A partir do ano de 2007 até o ano de 2010 observamos novamente um aumento de casos de dengue, sendo 2010 um ano epidêmico da doença. Anos como 2011, 2012, 2014, 2015 e 2017 apresentaram número de casos consideráveis ao passo que 2013 e 2016 apresentaram números muito elevados da doença.



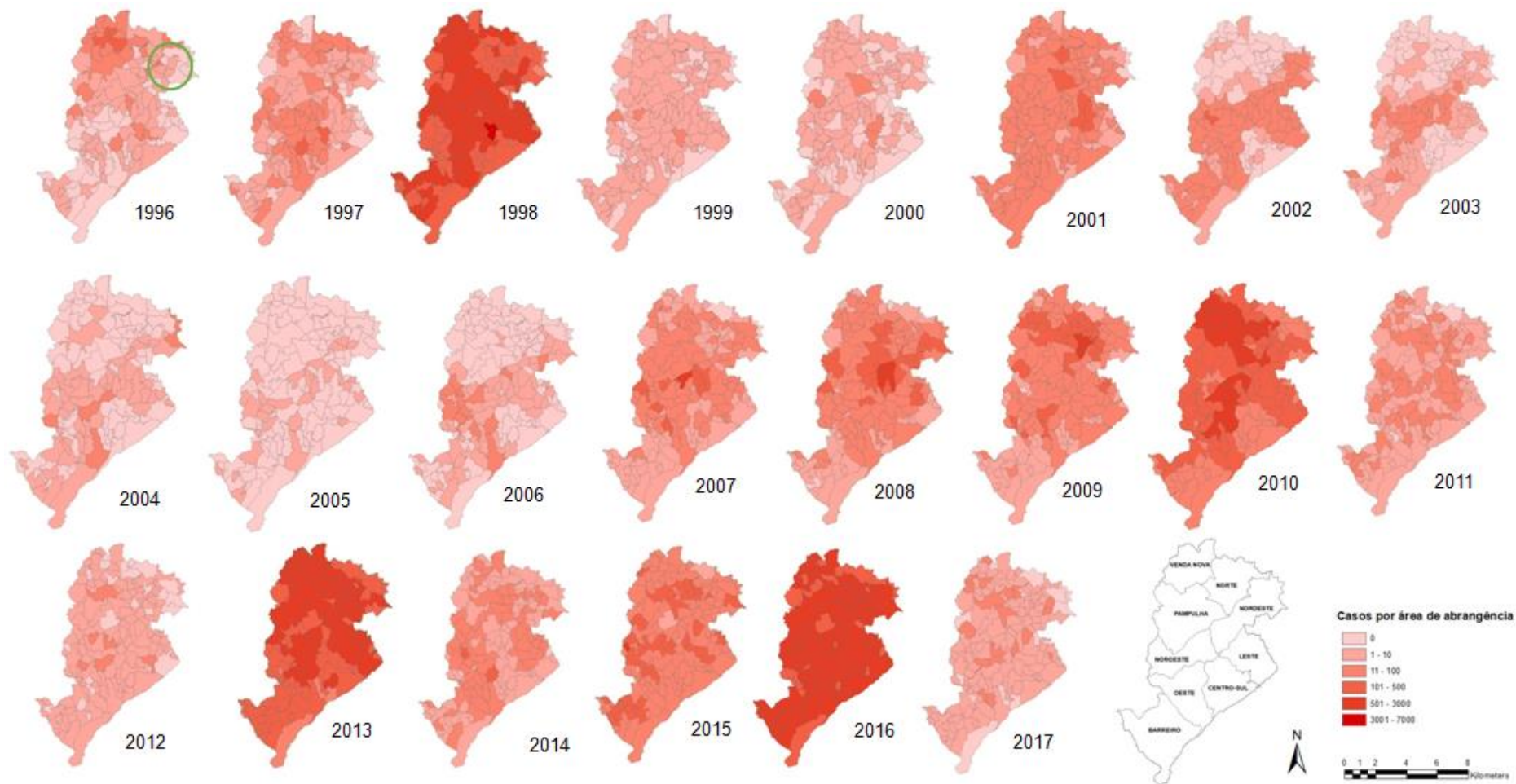


Figura 10: Mapas de casos de dengue por área de abrangência durante o período de 1996 a 2017. Os anos cujos mapas se apresentam em coloração mais intensa são justamente os anos que ocorreram picos no número da doença em Belo Horizonte (1998, 2010, 2013 e 2016). A coloração rosa mais fraca nos mapas representa a ausência de casos, conforme a legenda.

Ao avaliar a incidência suavizada por 100 mil habitantes a cada 5 anos, foi observado que nos quinquênios onde houveram picos de casos da doença os mapas apresentaram coloração mais intensa como nos períodos de 1996 a 2000, período dentro do qual houve uma epidemia, no ano de 1998. Nos dois períodos seguintes não houveram picos da doença (2001 a 2005 e 2006 a 2009). No período de 2010 a 2013 tiveram duas epidemias nos anos de 2010 e 2013. No último período de 2014 a 2017 ocorreu uma epidemia no ano de 2016. Em todos os quinquênios avaliados a doença se encontra presente em todas as áreas de abrangência do município. Inicialmente no primeiro mapa avaliando a incidência suavizada, a incidência é muito elevada em todo o município, nesse primeiro mapa é registrado a primeira epidemia da doença no ano de 1998. Já em períodos como 2001 a 2005 e 2006 a 2009, observa-se uma diminuição da incidência da doença, sendo menor no período de 2001 a 2005 com a região Noroeste apresentando maior incidência nesse período, no período de 2006 a 2009 a incidência passa a ser mais elevada nas regiões da Pampulha, Venda Nova, Norte, Nordeste e Noroeste. A partir de 2010 a 2013 e 2014 a 2017 a incidência da doença passa a ser alta na maior parte de todo o município com casos registrados em todas as áreas de abrangência, sendo que nesses períodos ocorreram as epidemias nos anos de 2010, 2013 e 2016 (Figura 11).

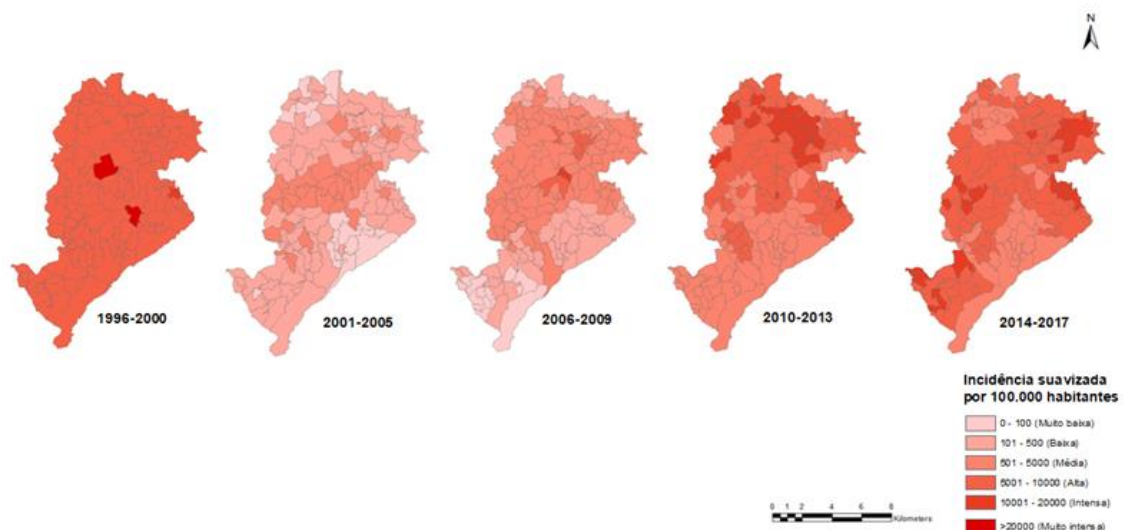


Figura 11: Mapas de incidência suavizada de Dengue em Belo Horizonte em períodos de 5 anos, 1996-2017. Os mapas mostram que durante o período de 1996 a 2000 houve uma incidência muito elevada da doença em todo o território afetado. Nos dois períodos seguintes (2001-2005 e 2006-2009) houve queda da taxa de incidência. Nos anos seguintes, de 2010 a 2017, houve aumento da taxa de incidência, com a presença da doença em todo o território do município.

#### 6.4 Casos de dengue e temperatura máxima do período seco

Avaliando a influência de fatores climáticos no aumento do número de casos de dengue em Belo Horizonte, foi observado um aumento significativo no número de casos em função da temperatura máxima do período seco ( $LN\ CASOS = -68,1 + 2,904\ TempMaxSeca$ ;  $F_{1;20} = 12,93$ ;  $R^2 = 39,3\%$ )(Figura 12 e Tabela 1).

Tabela 1: Análise de regressão e equação.

Fonte	DF	Adj SS	Adj MS	Valor F	Valor P
<b>Regressão</b>	1	38,51	38,515	12,93	0,002
<b>Temperatura máxima (período seco)</b>	1	38,51	38,515	12,93	0,002
<b>Erro</b>	20	59,58	2,979		
<b>Total</b>	21	98,10			
<b>Equação da regressão</b>	LN CASOS = -68,1 + 2,904 Temperatura máxima (período seco)				
<b>R<sup>2</sup></b>	39,26%				

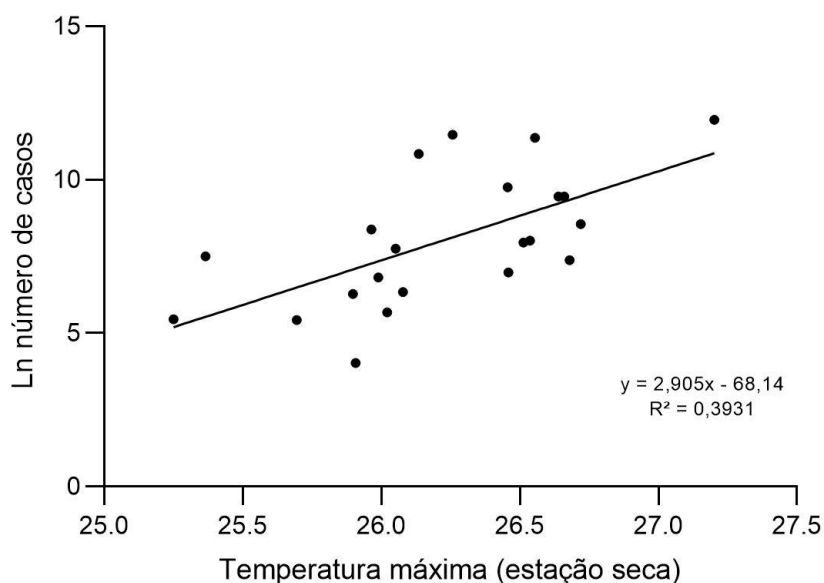


Figura 12: Número de casos de dengue em função da temperatura máxima (estação seca).

Nos picos onde houveram maior número de casos de dengue a temperatura máxima do período seco foi superior a 26°C, sendo que em 1998, 2010, 2013 e 2016 essa temperatura foi de 26,6°C, 26,1°C, 26,3°C e 27,2°C, respectivamente (Figura 13). É possível observar também que a variação do número de casos nos anos seguintes foram acompanhados pela flutuação da temperatura máxima do período seco.

Anos como 2002, 2003 e o período de 2007 a 2015, onde a temperatura mesmo sofrendo algumas variações foi maior que 26°C, foram anos com um número expressivo de casos da doença. Dois desses anos foram picos da doença (2010 e 2013) (Figura 13).

Em destaque para o ano de 2016 onde a temperatura máxima do período seco atingiu o seu maior valor (27,2°C) durante o período de estudo, coincidindo também com o maior número de casos (155.819) no período (Figura 13).

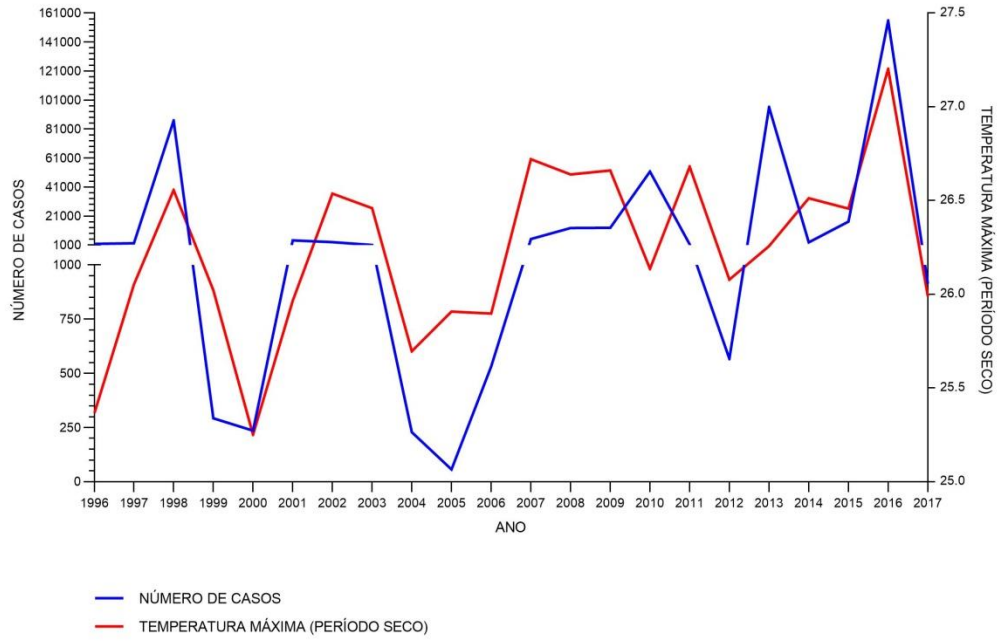


Figura 13: Número de casos de Dengue e temperatura máxima (período seco) em Belo Horizonte, 1996-2017.

## 7 DISCUSSÃO

O presente estudo mostra uma variação espaço-temporal dos casos de dengue ocorridos em Belo Horizonte e uma associação entre a variação no número de casos e a temperatura máxima no período seco. Foram observados quatro picos epidêmicos da doença, sendo eles em 1998, 2010, 2013 e 2016, que coincidem com temperaturas máximas no período seco superiores a 26°C. Além disso, foi observado também que o intervalo entre os picos epidêmicos diminuiu ao longo dos anos.

Os primeiros registros de dengue na cidade de Belo Horizonte foram no ano de 1996 e não foram registrados casos da doença em todas as áreas de abrangência do município. Já no ano de 1998, onde houve a primeira epidemia da doença, foram registrados casos em todas as áreas de abrangência da cidade. A doença então ocorre em todo o território do município havendo flutuações ao longo do tempo, com regiões apresentando maior número de casos e outras com menor número. Outro trabalho conduzido em Belo Horizonte mostra resultados semelhantes (CORRÊA; FRANÇA; BOGUTCHI, 2005).

A incidência da dengue no Brasil durante o período de 2000 a 2010 atingiu um pico no ano de 2010 com mais de 1 milhão de casos (538/100.000 habitantes) e o valor mais baixo foi de cerca de 72.000 casos no ano de 2004 (63,2/100.000 habitantes) (TEIXEIRA et al, 2013). Nesse mesmo ano de 2010 na cidade de Belo Horizonte, apresentou outra epidemia da doença sendo registrados 51.681 casos da doença e a incidência de 2.175,9/100.000 habitantes, ano este onde a temperatura máxima do período seco (inverno) foi superior a 26°C (26,14°C) no município.

Diversos fatores influenciam na ocorrência, distribuição e instalação da dengue nos municípios. De acordo com CORRÊA; FRANÇA; BOGUTCHI, 2005, a incidência de dengue em Belo Horizonte está associada ao índice de infestação vetorial, também chamado de índice de infestação predial que mede o risco de transmissão da dengue, sendo observada nesse estudo associação positiva entre a intensidade da infestação vetorial e a ocorrência de dengue. Além disso, residir em regiões com IVS (Índice de vulnerabilidade em saúde) de elevado risco e em moradias horizontais levou a uma maior soroprevalência da dengue (PESSANHA et al, 2010). Menor renda do chefe da família, maior densidade familiar, maior proporção de crianças e mulheres idosas, a baixa renda e altas taxas de soroprevalência foram fatores encontrados em regiões de alto risco para dengue na cidade de Belo Horizonte (DE MATTOS ALMEIDA et al,

2007). O que mostra que as condições do entorno onde se vive, ou seja, saneamento básico, infraestrutura entre outros fatores estão intimamente associados com a presença da doença.

Diante da influência dos fatores ambientais e climáticos na expansão da dengue, o presente estudo mostrou que as epidemias da doença tenderam a acontecer quando a temperatura máxima do período seco é mais elevada. Um aumento de aproximadamente 1°C na temperatura máxima do período seco do ano de 1996 (25,4°C) para o ano de 1998 (26,6°C) pode ter contribuído, juntamente com outros fatores, com um aumento expressivo no número de casos de dengue do ano de 1996 com 1806 casos para 86793 casos em 1998, ou seja, um aumento de aproximadamente 4.806%, levando a uma epidemia da doença no município. Quando se avalia o primeiro e o último pico da doença dentro da série histórica avaliada, é possível observar que de 1998 a 2016 houve um aumento de cerca de 0,5°C na temperatura máxima do período seco, o que pode ter contribuído, juntamente com outros fatores, para dobrar os casos em 2016 quando comparado com o ano de 1998. Somado ao aumento da temperatura tem-se a entrada de novos sorotipos da doença (CUNHA et al, 2008; PESSANHA et al, 2010). Dessa forma a associação de novos sorotipos da doença e o aumento da temperatura máxima do período seco podem contribuir com os picos epidêmicos da doença.

No ano de 1996 e 1997 foi detectado apenas o sorotipo 1 do vírus da dengue (DENV1) circulando em Belo Horizonte, já em 1998 além do DENV1 estava presente o DENV2 e nesse ano houveram notificações de casos da doença mesmo no período de inverno, época que geralmente a presença dos vetores é menor (CUNHA et al, 2008). Esse fato está de acordo com o que foi observado em nosso estudo, onde o aumento da temperatura máxima do período seco favorece o aumento do número de casos e incidência da dengue, uma vez que favorece a sobrevivência do vetor e consequentemente o seu aumento. Até o ano de 2001 tinham sido isolados os sorotipos 1 e 2, entre 2002 e 2005 circulavam os sorotipos 1, 2 e 3, a partir de 2005 e até 2007 foi identificado circulando apenas o sorotipo 3. Pode-se observar que apesar das medidas de controle da doença, a combinação entre o aumento da temperatura máxima do período seco e a entrada e circulação de novos sorotipos da doença na cidade de Belo Horizonte, podem levar a epidemias da doença. Nos anos de 2009 a 2014, foi identificado o sorotipo 1 em cerca de 60,4% dos casos, seguido pelo DENV4 (22,1%), DENV2 (9,8%) e DENV3 (7,7%). Em 2010 e 2013, anos de pico da doença, foram registrados a circulação de três sorotipos (DENV1, DENV2 e DENV3) e dois sorotipos

(DENV1 e DENV4), respectivamente. Além disso, a maioria dos casos nesse período foram classificados como dengue clássica (RABELO et al, 2020). No Brasil foi observado um aumento na distribuição geográfica da dengue e na incidência dos casos entre os anos de 2000 a 2010 (TEIXEIRA et al, 2013). No nosso estudo ficou claro que a partir da segunda década do estudo a frequência das epidemias de dengue aumentou enormemente, passando a ocorrer em intervalos de 3 anos (2010, 2013 e 2016), sendo que anteriormente o primeiro pico ocorreu em 1998 e demorou 12 anos para que ocorresse o segundo pico em 2010. O que vemos ao longo do tempo é um aumento da frequência de anos epidêmicos no período mais quente da série avaliada, que são os anos a partir da segunda década do século XXI. Semelhante ao que foi observado em nosso estudo com os picos da doença ocorrendo em intervalos de três anos, no Nepal também foram registrados grandes surtos da doença nos anos de 2010, 2013 e 2016 atingindo todo o país, desde as regiões de clima subtropical até as regiões montanhosas de clima temperado (GUPTA et al, 2018).

De acordo com SIQUEIRA JR et al (2005), apesar dos maiores surtos de dengue registrados no Brasil no período de 1981 a 2002 terem ocorrido no período chuvoso, houve um aumento significativo dos casos também no período sem chuva o que mostra uma atividade do vetor durante todo o ano. Além de que os maiores registros de casos foram em cidades metropolitanas do país, mostrando também a influência da urbanização e saneamento básico no número de casos da doença (SIQUEIRA JR et al, 2005).

No cenário de mudanças climáticas e aquecimento global vivenciado no século 21, tem-se tornado frequente o aumento da temperatura mundial. Períodos mais sustentados de temperaturas elevadas como invernos e verões mais quentes passaram a ocorrer mais frequentemente. Pedrosa et al, 2020 mostraram que a elevação da temperatura máxima do período seco (inverno) e a sua persistência ao longo dos anos favoreceu a invasão de *Ae. aegypti* na cidade de Ouro Preto e Mariana, além disso, observaram também que o aumento dessa temperatura passou a ocorrer a partir de 2007. Um estudo realizado em Hanói, Vietnã, relatou que após a ocorrência de períodos sustentados (dias a semanas) de temperaturas maiores, o que foi chamado de ondas de calor, houve uma maior ocorrência de casos de dengue (CHENG et al, 2020). Fato este semelhante ao observado no nosso estudo, onde o aumento da temperatura por um espaço de tempo considerável (período seco, inverno) levou ao aumento do número de casos de dengue em Belo Horizonte. Em anos onde ocorreram ondas de calor houveram



mais surtos de dengue quando comparado a anos onde não ocorreram ondas de calor (CHENG et al, 2020). A temperatura máxima do período seco diz o quanto o inverno foi mais quente e isso pode ser mais importante do que todas as outras temperaturas (média e máxima total). A temperatura máxima do inverno reflete ciclos quentes mais longos o que favorece a sobrevivência e proliferação do mosquito vetor da dengue e ajuda na ocorrência de mais ciclos de oviposição, conseqüentemente levando a um aumento da população de vetores e no número de casos da dengue (PEDROSA et al, 2020). Em temperaturas mais baixas os mosquitos podem não sobreviver e a população pode entrar em colapso demorando mais tempo para se recuperar e restabelecer (BRADY; HAY, 2020). Além disso, é conhecido o efeito da temperatura em atividades intrínsecas do vetor *Ae. aegypti*, como por exemplo, a velocidade do vôo, a distância e altura voadas, o número de batidas das asas, a quantidade de picadas realizadas no hospedeiro, o período de incubação extrínseca do vírus que afetam diretamente a transmissão da doença, sendo que extremos de temperatura estão relacionados com pior atividade do vetor. Além disso, os limites de temperatura para o desenvolvimento larval e sobrevivência do *Ae. aegypti* é de 16°C e 34°C, sendo que a 8°C as larvas ficam imóveis e morrem. Já a temperatura entre 15°C e 32°C foi considerada a faixa onde as fêmeas do mosquito foram capazes de manter um vôo sustentável, enquanto que em temperaturas extremas como 10°C e 35°C o vôo era possível, mas apenas por curtos períodos de tempo (REINHOLD; LAZZARI; LAHONDÈRE, 2018).

Conforme mostrado pelos resultados da regressão linear, a temperatura máxima do período seco responde a cerca de 39,3% da variação dos dados e isso para uma doença que ocorre no ambiente urbano, onde diversos fatores podem interferir na sua ocorrência chama a atenção para a sua importância. Podemos destacar a influência da temperatura no início da detecção do *Ae. aegypti* em Ouro Preto, que ocorreu quando o inverno foi quase tão quente quanto o verão (PEDROSA et al, 2020). Assim o número de vetores aumenta no verão mas a temperatura mais elevada no inverno aumenta a sobrevivência do inseto no ambiente, dessa forma as populações não entram em colapso e não demoram a recuperar ao iniciar o período chuvoso. Sabe-se que é necessário a presença de água para que as formas imaturas do vetor possam se desenvolver (GABRIEL et al, 2018; SILVA et al, 2006), mas em centros urbanos a presença de água durante todo o ano não é o problema, uma vez que o número de terrenos abandonados, vasos de planta com água parada e outros ambientes propícios para seu acúmulo são constantemente encontrados.

Nos últimos anos tem-se observado uma elevação da temperatura mundial, ocasionado principalmente pelo o aumento da emissão dos gases causadores do efeito estufa, além disso eventos de precipitação cada vez mais intensos também são observados (IPCC, 2021). É esperado que até o final do século XXI a temperatura mundial aumente de 1,5°C até 2°C se não forem tomadas medidas de controle da emissão de CO<sub>2</sub> e de outros gases de efeito estufa nas próximas décadas (ONU, 2021). Os efeitos de temperaturas mais elevadas são conhecidos no favorecimento da expansão de várias doenças transmitidas por vetores (LORENZ et al, 2017). No caso de arboviroses como a dengue, a temperatura afeta desde o vetor até o vírus, podendo alterar o número de picadas realizadas pelo vetor, a distância e altura voadas, o batimento das asas além de afetar também o período de incubação extrínseca do vírus, facilitando dessa forma a ocorrência da doença e aumentando o número de casos (BAKER et al, 2021). Diante disso, acordos são firmados entre os países de todo o mundo visando a diminuição da emissão dos gases de efeito estufa e a consequente diminuição ou desaceleração das suas consequências. Nesse ano ocorreu a vigésima sexta Conferência das Nações Unidas sobre o Clima (COP26) em Glasgow, na Escócia, que tem como meta a redução da emissão de gases de efeito estufa afim de manter a elevação da temperatura mundial de cerca de 1,5°C e não acima disso (ONU, 2021). O que mostra a importância de cada vez mais controlar a emissão desses gases afim de que não haja, dentre outros prejuízos ao mundo, um impulso na expansão das arboviroses.

## **8 CONCLUSÃO**

Após os primeiros casos de dengue em Belo Horizonte no ano de 1996, a doença se espalhou por todas as regiões do município. Houveram flutuações no número de casos ao longo da série histórica com quatro picos epidêmicos marcantes da doença. Possivelmente a temperatura máxima do período seco contribuiu consideravelmente no aumento do número de casos no período avaliado. Assim, o monitoramento destas temperaturas pela vigilância epidemiológica, pode direcionar os esforços para ações de prevenção e controle da doença.

## 9 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Maria Cristina de Mattos et al. Dinâmica intra-urbana das epidemias de dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 1996-2002. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 24, p. 2385-2395, 2008.

ANDRIES, Anne-Claire, et al. Evaluation of the performances of six commercial kits designed for dengue NS1 and anti-dengue IgM, IgG and IgA detection in urine and saliva clinical specimens. **BMC infectious diseases**, 2016, 16.1: 201.

BALMASEDA, Angel et al. Diagnosis of dengue virus infection by detection of specific immunoglobulin M (IgM) and IgA antibodies in serum and saliva. **Clin.Diagn.Lab. Immunol.**, v. 10, n. 2, p. 317-322, 2003.

BAKER, Rachel E. et al. Infectious disease in an era of global change. **Nature Reviews Microbiology**, p. 1-13, 2021.

BELTRÁN-SILVA, S. L. et al. Clinical and differential diagnosis: Dengue, chikungunya and Zika. **Revista Médica del Hospital General de México**, v. 81, n. 3, p. 146-153, 2018.

BHATT, Samir et al. The global distribution and burden of dengue. **Nature**, v. 496, n. 7446, p. 504-507, 2013.

BRADY, Oliver J.; HAY, Simon I. The global expansion of dengue: How *Aedes aegypti* mosquitoes enabled the first pandemic arbovirus. **Annual Review of Entomology**, v. 65, p. 191-208, 2020.

BROWN, Julia E. et al. Human impacts have shaped historical and recent evolution in *Aedes aegypti*, the dengue and yellow fever mosquito. **Evolution**, v. 68, n. 2, p. 514-525, 2014.

BUCHMAN, Anna et al. Broad dengue neutralization in mosquitoes expressing an engineered antibody. **PLoSpathogens**, v. 16, n. 1, p. e1008103, 2020.

CARRINGTON, Lauren B. et al. Reduction of *Aedes aegypti* vector competence for dengue virus under large temperature fluctuations. **The American journal of tropical medicine and hygiene**, v. 88, n. 4, p. 689-697, 2013.

CENTROS DE CONTROLE E PREVENÇÃO DE DOENÇAS. **Dengue e mosquito *Aedes aegypti***, 2020. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/dengue/transmission/index.html>>, acesso em 15 de abril de 2020.

CEVARB. **BOLETIM EPIDEMIOLÓGICO ARBOVIROSES URBANAS-Semana 50**. [S.l: s.n.], 2021. Disponível em: <[https://www.saude.mg.gov.br/images/Boletim\\_Arboviroses%20N%C2%BA%20222%20-%2027-09-2021.pdf](https://www.saude.mg.gov.br/images/Boletim_Arboviroses%20N%C2%BA%20222%20-%2027-09-2021.pdf)>, acesso em 16 de outubro de 2021.

CHARETTE, Margot et al. Incidência de dengue e condições sociodemográficas em Pucallpa, Amazônia peruana: qual o papel da modificação da relação dengue-temperatura ?. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene** , v. 102, n. 1, pág. 180, 2020.

CHENG, Jian et al. Heatwaves and dengue outbreaks in Hanoi, Vietnam: New evidence on early warning. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 14, n. 1, p. e0007997, 2020.

CORRÊA, Paulo Roberto Lopes; FRANÇA, Elisabeth; BOGUTCHI, Tânia Fernandes. Infestação pelo *Aedes aegypti* e ocorrência da dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais. **Revista de Saúde Pública**, v. 39, p. 33-40, 2005.

CRAWFORD, Jacob E. et al. Population genomics reveals that an anthropophilic population of *Aedes aegypti* mosquitoes in West Africa recently gave rise to American and Asian populations of this major disease vector. **BMC biology**, v. 15, n. 1, p. 1-16, 2017.

CUNHA, Maria da Consolação Magalhães et al. Fatores associados à infecção pelo vírus do dengue no Município de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, Brasil: características individuais e diferenças intra-urbanas. **Epidemiologia e serviços de saúde**, v. 17, n. 3, p. 217-230, 2008.

CUNHA, Maria da Consolação Magalhães et al. Disentangling associations between vegetation greenness and dengue in a Latin American city: Findings and challenges. **Landscape and Urban Planning**, v. 216, p. 104255, 2021.

DE MATTOS ALMEIDA, Maria Cristina et al. Spatial vulnerability to dengue in a Brazilian urban area during a 7-year surveillance. **Journal of Urban Health**, v. 84, n. 3, p. 334-345, 2007.

DE SOUSA, Selma Costa et al. Factors associated with the occurrence of dengue epidemics in Brazil: a systematic review. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 45, p. e84, 2021.

DICK, Olivia Brathwaite et al. The history of dengue outbreaks in the Americas. **The American journal of tropical medicine and hygiene**, v. 87, n. 4, p. 584-593, 2012.

ECKERLE, Isabella et al. Emerging souvenirs—clinical presentation of the returning traveller with imported arbovirus infections in Europe. **Clinical Microbiology and Infection**, v. 24, n. 3, p. 240-245, 2018.

FARINELLI, Elaine Cristina et al. Baixa condição socioeconômica e o risco de dengue: uma relação direta. **Acta tropica**, v. 180, p. 47-57, 2018.

FOUQUE, Florence; REEDER, John C. Impact of past and on-going changes on climate and weather on vector-borne diseases transmission: a look at the evidence. **Infectiousdiseasesofpoverty**, v. 8, n. 1, p. 1-9, 2019.

Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). **Dengue, 2013**. Disponível em: <<https://agencia.fiocruz.br/dengue-0>>. Acesso em 11 de setembro de 2021.

FIOCRUZ. **Fiocruz retoma liberação de mosquitos contra arboviroses, 2020**. Disponível em: <<https://portal.fiocruz.br/noticia/fiocruz-retoma-liberacao-de-mosquitos-contr-arboviroses>>. Acesso em 25 de junho de 2020.

GABRIEL, Ana Flávia Barbosa et al. Avaliação de impacto à saúde da incidência de dengue associada à pluviosidade no município de Ribeirão Preto, São Paulo. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 26, p. 446-452, 2018.

GAUNT, Michael W. et al. Phylogenetic relationships of flaviviruses correlate with their epidemiology, disease association and biogeography. **Journal of General Virology**, v. 82, n. 8, p. 1867-1876, 2001.

GLORIA-SORIA, Andrea et al. Global genetic diversity of *Aedes aegypti*. **Molecular ecology**, v. 25, n. 21, p. 5377-5395, 2016.

GONÇALVES NETO, Vicente Silva; REBÊLO, José Manuel Macário. Aspectos epidemiológicos do dengue no município de São Luis, Maranhão, Brasil, 1997-2002. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, n. 5, p. 1427-1431, 2004.

GUBLER, Duane J.; MELTZER, Martin. Impact of dengue/dengue hemorrhagic fever on the developing world. **Advances in virus research**, v. 53, p. 35-70, 1999.

GUO, Congcong et al. Epidemiologia global dos surtos de dengue em 1990–2015: uma revisão sistemática e meta-análise. **Fronteiras em microbiologia celular e de infecção**, v. 7, p. 317, 2017.

GUPTA, Birendra Prasad et al. Dengue periodic outbreaks and epidemiological trends in Nepal. **Annals of clinical microbiology and antimicrobials**, v. 17, n. 1, p. 1-6, 2018.

GUZMAN, Maria G. et al. Dengue: a continuing global threat. **Nature reviews microbiology**, v. 8, n. 12, p. S7-S16, 2010.

GUZMAN, Maria G.; HARRIS, Eva. Dengue. **The Lancet**, v. 385, n. 9966, p. 453-465, 2015.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (**IBGE**). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/belo-horizonte.html?>> Acesso em: 03 de fevereiro de 2021.

IPCC. "Summary for Policymakers. **ClimateChange 2021: The Physical Science Basis.**", p. 41, 2021. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>>. Acesso em: 19 de outubro de 2021.

IWAMURA, Takuya; GUZMAN-HOLST, Adriana; MURRAY, Kris A. Accelerating invasion potential of disease vector *Aedes aegypti* under climate change. **Nature communications**, v. 11, n. 1, p. 1-10, 2020.

KOTSAKIOZI, Panayiota et al. *Aedes aegypti* in the Black Sea: recent introduction or ancient remnant?. **Parasites & vectors**, v. 11, n. 1, p. 1-13, 2018.

LEE, Jae Young et al. Projection of future mortality due to temperature and population changes under representative concentration pathways and shared socioeconomic pathways. **International journal of environmental research and public health**, v. 15, n. 4, p. 822, 2018.

LORENZ, Camila et al. Impact of environmental factors on neglected emerging arboviral diseases. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 11, n. 9, p. e0005959, 2017.

LWANDE, Olivia Wesula et al. Globe-Trotting *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*: Risk Factors for Arbovirus Pandemics. **Vector-Borne and Zoonotic Diseases**, 2019.

MCBRIDE, Carolyn S. et al. Evolution of mosquito preference for humans linked to an odorant receptor. **Nature**, v. 515, n. 7526, p. 222-227, 2014.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Boletim Epidemiológico-Monitoramento dos casos de arboviroses pelo mosquito *Aedes* (dengue, chikungunya urbanas causados por vírus transmitidos e zika), semanas epidemiológicas 1 a 21, 2021. Boletim Epidemiológico**. [S.l.: s.n.], 2021. Disponível em: <[https://www.gov.br/saude/pt-br/media/pdf/2021/junho/07/boletim\\_epidemiologico\\_svs\\_21.pdf](https://www.gov.br/saude/pt-br/media/pdf/2021/junho/07/boletim_epidemiologico_svs_21.pdf)>, acesso em 16 de outubro de 2021.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO PARANÁ (MPPR). **Saúde Pública, O Plano Nacional de Controle da Dengue – PNCD**. Disponível em: <<https://saude.mppr.mp.br/pagina-351.html>> , acesso em 13 de outubro de 2021.

MISHRA, Nischay et al. One-step pentaplex real-time polymerase chain reaction assay for detection of zika, dengue, chikungunya, West Nile viruses and a human housekeeping gene. **Journal of Clinical Virology**, v. 120, p. 44-50, 2019.

MONAGHAN, Andrew J. et al. Consensus and uncertainty in the geographic range of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in the contiguous United States: Multi-model assessment and synthesis. **PLoS computational biology**, v. 15, n. 10, 2019.

MUKTAR, Yimer; TAMERAT, Nateneal; SHEWAFERA, Abnet. *Aedes aegypti* as a Vector of Flavivirus. **J Trop Dis**, v. 4, n. 223, p. 2, 2016.

NASCIMENTO, Kauani Larissa Campana et al. Comparison Between Larval Survey Index and Positive Ovitrap Index in the Evaluation of Populations of *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* (Linnaeus, 1762) North of Paraná, Brazil. **Environmental Health Insights**, v. 14, p. 1178630219886570, 2020.



NHANTUMBO, Elsa Maria. Ocorrência da Dengue em áreas urbanas selecionadas e sua associação com indicadores entomológicos e de intervenção Belo Horizonte, Brasil. 2012.

NOGUEIRA, Rita Maria Ribeiro et al. Isolation of dengue virus type 2 in Rio de Janeiro. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 85, n. 2, 1990.

NOGUEIRA, Rita Maria R. et al. Dengue in the state of Rio de Janeiro, Brazil, 1986-1998. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 94, n. 3, p. 297-304, 1999.

ONU. **Aquecimento global sem precedentes tem clara influência humana, diz ONU**. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2021/08/1759272>>. Acesso em: 13 de novembro de 2021.

ONU. **COP26 em Glasgow: ONU lembra corrida contra o tempo para salvar planeta**. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2021/11/1770282>>. Acesso em: 13 de novembro de 2021.

Organização Panamericana da Saúde (OPAS). Disponível em: <[https://www.paho.org/bra/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6108:casos-de-dengue-nas-americas-ultrapassam-3-milhoes-em-2019&Itemid=812](https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6108:casos-de-dengue-nas-americas-ultrapassam-3-milhoes-em-2019&Itemid=812)>, acesso em 25 de junho de 2020.

Organização Panamericana da Saúde (OPAS). **PLISA Plataforma de Información em Salud para las Américas**. Disponível em: <<https://www3.paho.org/data/index.php/es/temas/indicadores-dengue/dengue-nacional/240-dengue-incidencia.html>> , acesso em 16 de outubro de 2021.

PAIXÃO, Enny S.; TEIXEIRA, Maria Gloria; RODRIGUES, Laura C. Zika, chikungunya and dengue: the causes and threats of new and re-emerging arboviral diseases. **BMJ global health**, v. 3, n. Suppl1, p. e000530, 2018.

PEDROSA, Michelle Cristine et al. Invasion of Tropical Montane Cities by *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) Depends on Continuous Warm Winters and Suitable Urban Biotopes. **Journal of Medical Entomology**, v. 58, n. 1, p. 333-342, 2020.

PESSANHA, José Eduardo Marques et al. Avaliação do plano nacional de controle da dengue. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, p. 1637-1641, 2009.

PESSANHA, José Eduardo Marques et al. Dengue em três distritos sanitários de Belo Horizonte, Brasil: inquérito soropidemiológico de base populacional, 2006 a 2007. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 27, p. 252-258, 2010.

PILAQUINGA, Fernanda et al. Green synthesis of silver nanoparticles using *Solanum mammosum* L. (Solanaceae) fruit extract and their larvicidal activity against *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). **PloSone**, v. 14, n. 10, 2019.

POWELL, Jeffrey R.; TABACHNICK, Walter J. History of domestication and spread of *Aedes aegypti*-a review. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 108, p. 11-17, 2013.

POWELL, Jeffrey R. Mosquito-borne human viral diseases: why *Aedes aegypti*?. **The American journal of tropical medicine and hygiene**, v. 98, n. 6, p. 1563, 2018.

POWELL, Jeffrey R.; GLORIA-SORIA, Andrea; KOTSAKIOZI, Panayiota. Recent history of *Aedes aegypti*: Vector genomics and epidemiology records. **Bioscience**, v. 68, n. 11, p. 854-860, 2018.

PREFEITURA, DE BELO HORIZONTE. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/saude/informacoes/vigilancia/vigilancia-epidemiologica/doencas-transmissiveis/dengue>., v. 20, 2019. Acesso em: 21 de abril de 2020.

RABELO, Ana Carolina Lemos et al. Caracterização dos casos confirmados de dengue por meio da técnica de linkage de bancos de dados, para avaliar a circulação viral em Belo Horizonte, 2009-2014. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 29, p. e2019354, 2020.

REINHOLD, Joanna M.; LAZZARI, Claudio R.; LAHONDÈRE, Chloé. Effects of the environmental temperature on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* mosquitoes: a review. **Insects**, v. 9, n. 4, p. 158, 2018.

RIBEIRO, Andressa F. et al. Association between dengue incidence and climatic factors. **Revista de saude publica**, v. 40, n. 4, p. 671-676, 2006.

ROBERT, Michael A.; STEWART-IBARRA, Anna M.; ESTALLO, Elizabet L. Climate change and viral emergence: evidence from Aedes-borne arboviruses. **Current opinion in virology**, v. 40, p. 41-47, 2020.

SAN MARTÍN, José Luis et al. The epidemiology of dengue in the Americas over the last three decades: a worrisome reality. **The American journal of tropical medicine and hygiene**, v. 82, n. 1, p. 128-135, 2010.

Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS). **Boletim Epidemiológico**. Monitoramento dos casos de arboviroses urbanas transmitidas pelo Aedes Aegypti (dengue, chikungunya e zika), Semanas Epidemiológicas 1 a 15, 2020. Vol. 51. Brasília, Brazil: SVS; 2020.

SILVA, Fabrício DS et al. Caracterização espacial da incidência sazonal da Dengue no Brasil. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA**. 2006.

SIQUEIRA JR, João Bosco et al. Dengue and dengue hemorrhagic fever, Brazil, 1981–2002. **Emerging infectious diseases**, v. 11, n. 1, p. 48, 2005.

SUN, Jiufeng et al. The epidemiological characteristics and molecular phylogeny of the dengue virus in Guangdong, China, 2015. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 1-14, 2018.

TAUIL, Pedro Luiz. Urbanização e ecologia do dengue. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, p. S99-S102, 2001.

TEIXEIRA, Tatiana Rodrigues de Araujo; MEDRONHO, Roberto de Andrade. Indicadores sócio-demográficos e a epidemia de dengue em 2002 no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 24, p. 2160-2170, 2008.

TEIXEIRA, Maria Glória et al. Epidemiological trends of dengue disease in Brazil (2000–2010): a systematic literature search and analysis. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 7, n. 12, p. e2520, 2013.

TIWARI, Shraddha et al. Outbreaks of dengue in Central India in 2016: Clinical, laboratory & epidemiological study. **Indian Journal of Medical Research**, v. 150, n. 5, p. 492, 2019.

TJADEN, Nils Benjamin et al. Extrinsic incubation period of dengue: knowledge, backlog, and applications of temperature dependence. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 7, n. 6, 2013.

WEAVER, Scott C.; BARRETT, Alan DT. Transmission cycles, host range, evolution and emergence of arboviral disease. **Nature Reviews Microbiology**, v. 2, n. 10, p. 789-801, 2004.

WEAVER, Scott C.; VASILAKIS, Nikos. Molecular evolution of dengue viruses: contributions of phylogenetics to understanding the history and epidemiology of the preeminent arboviral disease. **Infection, genetics and evolution**, v. 9, n. 4, p. 523-540, 2009.

WERNECK, Guilherme L. geographic spread and urbanization of visceral leishmaniasis in Brazil. Introduction. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 24, n. 12, p. 2937-2940, 2008.

WORLD HEALTH ORGANIZATION et al. **Global strategy for dengue prevention and control 2012-2020**. 2012.

World Health Organization (WHO). **Dengue and severe dengue**. Available in: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>>. Updated 2020. Accessed April 21, 2020.

## 10 APÊNDICE

### 10.1 ANEXO 1

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
OURO PRETO



#### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

##### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Associação entre mudanças climáticas e a expansão da leishmaniose visceral e da dengue em uma área urbana endêmica da doença

**Pesquisador:** Wendel Coura Vital

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 11980919.5.0000.5150

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Ouro Preto

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

##### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 3.291.628


**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

## 10.2 ANEXO 2

**PREFEITURA  
BELO HORIZONTE**  
GOVERNANDO PARA QUEM PRECISA

---

**TERMO DE ANUÊNCIA INSTITUCIONAL**

Declaramos conhecer o projeto de pesquisa "Associação entre mudanças climáticas e a expansão da leishmaniose visceral e da dengue em uma área urbana endêmica da doença", sob a responsabilidade do(a) pesquisador(a) Wendel Coura Vital, CPF 023796406-61, cujo objetivo é Avaliar a associação das mudanças climáticas na expansão da leishmaniose visceral e da dengue em uma área urbana endêmica. Além disso, avaliar os anos potenciais de vida perdidos por estas doenças, e autorizamos que este estudo seja executado nas Unidades da Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte – SMSA-BH.

Esta autorização foi subsidiada por uma apreciação institucional das gerências responsáveis pela temática da pesquisa e está condicionada ao cumprimento pelos (a/o) pesquisadores (a/o) dos requisitos das Resoluções 466/12, 510/16 e suas complementares.

A SMSA-BH deverá constar como coparticipante da pesquisa.

Solicitamos que, ao término da pesquisa, a data da apresentação do trabalho seja informada à Gerência de Educação em Saúde da Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte, assim como a referência do mesmo, em caso de publicação.

A utilização dos dados pessoais dos sujeitos da pesquisa se dará exclusivamente para os fins científicos propostos, mantendo o sigilo e garantindo a utilização das informações sem prejuízo das pessoas, grupos e ou comunidades.

O início do estudo dependerá de sua aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da SMSA.

Este Termo de Anuência terá validade de 24 (vinte e quatro) meses, a partir de sua assinatura.

Belo Horizonte, 01 de abril de 2019

<p><i>Lúcia Maria Miãna Mattos Paixão</i> Lúcia Maria Miãna Mattos Paixão – RM 36.657-2 Diretora de Promoção à Saúde e Vigilância Epidemiológica – SMSA/BH Secretaria Municipal de Saúde/SMSA</p>	<p><i>Cláudia Fidelis Barcaro</i> Cláudia Fidelis Barcaro Gerência de Educação em Saúde Secretaria Municipal de Saúde/SMSA</p>
---	--

---

Gerência de Educação em Saúde/GEDSA  
Diretoria de Promoção à Saúde e Vigilância Epidemiológica  
Subsecretaria de Promoção e Vigilância à Saúde  
Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte – SMSA/BH  
Rua Frederico Bracher Júnior, nº103 - 1º andar - Padre Eustáquio - CEP 30.720-000 - Belo Horizonte/MG.  
Telefone: (31) 3277 8281 / 8616 e Fax (31) 3277 8458 / e-mail: gedsa@pbh.gov.br

