



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas  
Departamento de Geografia  
Programa de Pós-Graduação em Geografia Física

LARISSA RODRIGUES MARQUES

**RISCO E VULNERABILIDADE SOCIAL À DENGUE NO MUNICÍPIO DE SÃO  
LUÍS - MARANHÃO**

São Paulo - SP

2021

LARISSA RODRIGUES MARQUES

**RISCO E VULNERABILIDADE SOCIAL À DENGUE NO MUNICÍPIO DE SÃO  
LUÍS - MARANHÃO**

**Versão Corrigida**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre.

---

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rúbia Gomes Morato

\_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**Coorientadora:** Profa. Dr<sup>ª</sup>. Zulimar Márita Ribeiro Rodrigues

**Área de concentração:** Geografia Física

**Linha de pesquisa:** Informação geográfica: tratamento, representação e análise.

**Agência financiadora:** Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES.

São Paulo – SP

2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na Publicação  
Serviço de Biblioteca e Documentação  
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

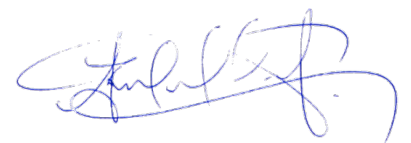
M357r Marques, Larissa Rodrigues  
Risco e vulnerabilidade social à dengue no município de São Luís - Maranhão. / Larissa Rodrigues Marques; orientador Rúbia Gomes Morato - São Paulo, 2021.  
155 f.

Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. Área de concentração: Geografia Física.

1. Arbovirose. 2. Clima. 3. Aedes aegypti. 4. Análise espacial. I. Morato, Rúbia Gomes, orient. II. Título.

**ENTREGA DO EXEMPLAR CORRIGIDO DA DISSERTAÇÃO/TESE****Termo de Ciência e Concordância do (a) orientador (a)**Nome do (a) aluno (a): **LARISSA RODRIGUES MARQUES** \_\_\_\_\_Data da defesa: **31 / 08 / 2021** \_\_\_\_\_Nome do Prof. (a) orientador (a): **RÚBIA GOMES MORATO** \_\_\_\_\_

Nos termos da legislação vigente, declaro **ESTAR CIENTE** do conteúdo deste **EXEMPLAR CORRIGIDO** elaborado em atenção às sugestões dos membros da comissão Julgadora na sessão de defesa do trabalho, manifestando-me **plenamente favorável** ao seu encaminhamento e publicação no **Portal Digital de Teses da USP**.

São Paulo, **7 / 11 / 2021** \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
*(Assinatura do (a) orientador (a))*

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas  
Programa de Pós-Graduação em Geografia Física

Larissa Rodrigues Marques

*Risco e vulnerabilidade social à dengue no município de São Luís - Maranhão*

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Física da Faculdade de Filosofia, Letras e  
Ciências Humanas da Universidade de São  
Paulo para obtenção do título de mestre.

Verão Corrigida.

Banca Examinadora

Dra. Rúbia Gomes Morato  
(Presidente/Orientadora)  
Instituição: FFLCH - Universidade de São  
Paulo (USP)

Assinatura:

---

Dra. Zulimar Márita Ribeiro Rodrigues  
(Co-orientadora)  
Instituição: CCH – Universidade Federal  
do Maranhão (UFMA)

Assinatura:

---

Prof. Dr. José Aquino Júnior  
Instituição: CCH – Universidade Federal  
do Maranhão (UFMA)

Assinatura:

---

Profa. Dra. Lígia Vizeu Barroso  
Instituição: FFLCH - Universidade de São  
Paulo (USP)

Assinatura:

---

Prof. Dr. Rafael de Castro Catão  
Instituição: Universidade Federal do  
Espírito Santo (UFES)

Assinatura:

---



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pela vida e pela possibilidade de realizar este sonho. Nos momentos de maior incerteza e medo, sabia que Ele não me faltaria.

Agradeço à minha mãe, Luzilene Rodrigues, que sempre me apoiou, incentivou e entendeu que eu precisava me distanciar de casa para cumprir essa etapa. Sempre estendeu a mão e fez o que estava a seu alcance para me ajudar. Agradeço também ao meu padrasto Wertevan e minha irmã Letícia pelo apoio e torcida.

À minha querida amiga Renata Castro, por todo apoio, ajuda, compreensão e tempo doado nas várias e longas conversas sobre os caminhos, dificuldades e alegrias da pesquisa científica e da vida. Foi sempre uma amiga companheira, mesmo com a distância.

À minha prima Cláudia Rodrigues, que sabe ouvir e acolher o outro como ninguém. Obrigada pela presença, pelo apoio e compreensão. Na reta final deste trabalho dividimos inúmeras risadas nos bons e maus momentos. Suportando e incentivando uma a outra. Tenho certeza de que nossos vizinhos acham que somos duas loucas.

À João, meu companheiro de fofoca e animes.

À Thays e Helena, meus amores de São Paulo. Agradeço por todo o amor e cuidado. Por serem em mim.

Aos amigos do Labcart, em especial Tainã e Mari, pelas tardes maravilhosas que compartilhamos com assuntos aleatórios e divertidos, mas também com muito aprendizado. Ter vocês deixou a jornada longe de casa mais fácil. Gostaria que essa pandemia tivesse acabado para que na reta final pudéssemos estar juntos.

À Michelle, por todos os bons momentos, zoeiras e saídas repentinas para a 25 de março para fazer compra em papelarias com o céu desabando de chuva. Saudades. Agradeço a boa receptividade e ideias compartilhadas.

À Sara, pelo socorro com a estatística. Estava prestes a entrar em desespero. Obrigada pela paciência, pelos cafés e momentos de descontração.

À Gisele, minha companheira de resolução de ‘tretas’ acadêmicas, que me entende tão bem quando o assunto é ciência e trabalho.

Ao Paulo, pela amizade, incentivo e boa disposição em ajudar. Obrigada por tudo.

À querida professora Márita, que me incentivou e ajudou desde o início. Por acreditar que eu tinha potencial de ir longe. Obrigada por toda ajuda, atenção e por confiar que eu faria um bom trabalho.

À minha querida e maravilhosa orientadora Rúbia Morato, que sempre foi tão compreensível e me deixou tão à vontade na realização desse desafio. Obrigada por sempre ter me recebido tão bem.

Sou imensamente grata à essas duas mulheres que me orientaram no mestrado (Rúbia e Márta). Essa jornada é única para cada um. Alguns acumulam mais experiências ruins do que boas, principalmente com orientação. Eu, felizmente, tive uma boa orientação e saber que podia contar com o apoio delas para qualquer coisa, tornou tudo mais fácil. É ótimo quando você tem liberdade pra falar e é ouvida. E eu sempre tive isso com elas. Meu sincero obrigada a vocês!

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, com todo corpo docente e de funcionários; à Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas e à Universidade de São Paulo por toda a estrutura fornecida que possibilitou o desenvolvimento da pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil (CNPq) – código de financiamento/processo 164976/2018-3.



MARQUES, L. R. **Risco e vulnerabilidade social à dengue no município de São Luís – Maranhão**. 2021. Dissertação (Mestrado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

## RESUMO

Apesar dos inúmeros esforços para controlar o *Aedes aegypti*, ainda é alarmante o número de pessoas infectadas pela dengue anualmente. A identificação e mapeamento de áreas de risco é uma das formas mais importantes para reduzir a carga da doença. O principal objetivo da pesquisa foi avaliar o risco e a vulnerabilidade social à dengue no município de São Luís - Maranhão, no período de 2007-2017. Para tanto, foram obtidos dados climáticos (temperatura, umidade relativa do ar e precipitação); dados epidemiológicos (casos de dengue); dados entomológicos (Índice de Infestação Predial); e dados socioeconômicos. Foram realizadas análises estatísticas temporais e análises espaciais. Foi aplicado um modelo linear generalizado com distribuição binomial negativa para verificar associações entre as variáveis climáticas e os casos de dengue para o período de 2013 a 2017 e modelos lineares simples e múltiplos para verificar as associações entre as variáveis climáticas e o índice de infestação predial. Nas análises espaciais foi realizado o cálculo do Índice de Moran Global univariado para a taxa de incidência da dengue e Moran Local bivariado entre a taxa de incidência da dengue e variáveis socioeconômicas. Também foi aplicada a estatística de varredura espacial para os casos de dengue. Foi calculado o risco relativo no modelo binomial negativo e na análise de varredura. Os casos de dengue ocorreram ao longo de todos os anos, mas os picos da taxa de incidência ocorreram nos primeiros semestres nos meses de março, abril e maio, coincidindo com o período chuvoso e com os meses de maior volume pluviométrico. As variáveis temperatura média, umidade relativa do ar e precipitação foram significativas no nível de 0,01, enquanto a variável estação não foi significativa. A temperatura média apresentou alto risco relativo (RR = 1,986) para a ocorrência dos casos de dengue enquanto a umidade relativa do ar e a precipitação apresentaram tendência de aumento do risco à dengue (RR = 1,071 e 1,004, respectivamente). Foram encontradas associações significativas entre o índice de infestação predial e as variáveis climáticas apenas nos modelos simples, no modelo múltiplo nenhuma variável teve significância estatística. Houve autocorrelação espacial para a taxa de incidência da dengue (análise univariadas) e entre ela e 12 variáveis das subdimensões saneamento, escolaridade e condições de renda (análise bivariada). A dependência espacial mais forte encontrada foi para variável pessoas com renda de meio salário mínimo. Foram identificados agrupamentos de casos de dengue nas duas análises de varredura espacial. Em ambas as análises, o maior risco relativo foi identificado para o mesmo bairro. A zona rural teve agrupamentos para todas as variáveis, tanto nas análises univariadas quanto nas bivariadas. Embora a parte urbana também tenha registrado clusters, o padrão de distribuição nessa área foi irregular e pontual. Infere-se assim que as condições climáticas do município contribuem para o aumento do risco à dengue e que a distribuição espacial da doença não é aleatória. As áreas de maior risco à dengue estão na zona urbana, mas as áreas mais vulneráveis estão na zona rural.

**Palavras-chave:** Arbovirose; clima; *Aedes aegypti*; análise espacial.



MARQUES, L. R. **Risk and social vulnerability to dengue in the municipality of São Luís – Maranhão**. 2021. Thesis (Master's degree in Physical Geography). Faculty of Philosophy, Languages and Social Sciences, University of São Paulo, São Paulo, 2021.

### ABSTRACT

Despite the innumerable efforts to control the *Aedes aegypti* proliferation in Brazil, the number of people infected by dengue annually is still alarming. Identification and mapping of risk areas is one of the most important ways to reduce the burden of the disease. The main objective of this research was to analyze the risk and the social vulnerability to dengue in municipality of São Luís, Maranhão, during the period of 2007-2017. In order to achieve this goal the meteorological data (temperature, relative humidity and rainfall) were obtained from Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica; the epidemiological (dengue new cases) and entomological (Building Infestation Index) data were obtained from Secretaria Municipal de Saúde de São Luís; and the socioeconomics data were obtained from Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Temporal statistics analysis and spatial analysis were performed based on the data acquired. A generalized linear model with negative binomial distribution was applied to verify association between meteorological variables and dengue cases for the period 2013-2017 and both simple and multiple linear models were applied to verify association between climatic variables and Building Infestation Index. In spatial analysis the univariate Global Moran Index for the dengue incidence rate and the bivariate Local Moran Index for the dengue incidence rate and socioeconomic variables were calculated. The spatial scan statistics also were applied to dengue cases. The relative risks were calculated in the negative binomial model and in the scan analysis. The dengue cases occurred throughout the years, however the peak incidence rate occurred in the first semesters in March, April and May, coinciding with rainy season and months of the highest rainfall. The variables mean temperature, relative humidity and rainfall were significant at the 0,01 level while season variable was not significant. The mean temperature presented a high relative risk (RR = 1,986) for the occurrence of dengue cases while relative humidity and rainfall showed upward trend of risk for dengue (RR = 1,071 and 1,004, respectively). Significant associations between the Building Infestation Index and the climatic variables were found only in the simple models, in the multiple model no variable had statistical significance. There was spatial autocorrelation to dengue incidence rate (univariate analysis) and between it and 12 variables of the sewage, literacy and income (bivariate analysis). The strongest spatial dependence found was for the variable “people with income of half minimum wage”. Clusters of dengue case were identified in the two spatial scan analyses. In both analyses the highest relative risk was identified in the same neighborhood. The rural area had clusters for all variables, both in univariate and bivariate analyses. Although the urban area also had presented clusters, the distribution pattern in this area was irregular and punctual. Therefore, the climatic conditions of the municipality contribute to a increased risk of dengue and that the spatial distribution of the disease is not random. The areas of highest risk to dengue are in the urban area, however the most vulnerable areas are in the rural area.

**Keywords:** arbovirose; climate; *Aedes aegypti*; spatial analysis.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Elementos dos Paradigmas de Avaliação de Risco e Análise de Perigo.....	33
Figura 2 – Ciclo de desenvolvimento biológico do <i>Aedes aegypti</i> .....	59
Figura 3 – Localização do município de São Luís, Maranhão, Brasil.....	70
Figura 4 - Fluxograma dos procedimentos metodológicos realizados.....	73
Figura 5 – Envelope de resíduos do modelo com distribuição Poisson.....	82
Figura 6 – Boxplot do IIP, da temperatura média, da umidade relativa do ar e da precipitação. ....	98
Figura 7 – Histograma do IIP, da temperatura média, da umidade relativa do ar e da precipitação..	99
Figura 8 – Diagrama de dispersão do IIP, da temperatura média, da umidade relativa do ar e da precipitação. ....	99
Figura 9 – Gráfico de envelope dos resíduos do MLG Binomial Negativo. ....	101
Figura 10 – Diagramas de dispersão do IIP com as variáveis TMED, UR e PREC com a reta de regressão ajustada. ....	104
Figura 11 – Diagrama de dispersão dos resíduos versus a variável explicativa. ....	106
Figura 12 – Diagramas de dispersão dos resíduos padronizados versus valores ajustados dos modelos de regressão linear simples 1, 2 e 3. ....	107
Figura 13 – Diagrama de dispersão dos resíduos x variável explicativas.....	110
Figura 14 – Diagrama de dispersão dos resíduos padronizados x valores ajustados.....	110
Figura 15 – Diagrama de espalhamento de Moran para as taxas de incidência da dengue do município de São Luís, Maranhão, Brasil, no período de 2007 a 2017.....	112
Figura 16 – Diagrama de espalhamento de Moran para as variáveis socioeconômicas. ....	114
Figura 17 – Mapa dos LISAs para variáveis socioeconômicas da dimensão saneamento para o município de São Luís – MA, Brasil.....	117
Figura 18 – Mapa dos LISAs para variáveis socioeconômicas da dimensão saneamento e renda para o município de São Luís – MA, Brasil.....	119
Figura 19 – Mapa dos LISAs para variáveis socioeconômicas da dimensão renda e educação para o município de São Luís – MA, Brasil.....	120
Figura 20 – Clusters de casos de dengue com 50% da população em risco. Município de São Luís – MA, Brasil, 2007-2017. ....	122
Figura 21 – Clusters de casos de dengue com 10% da população em risco. Município de São Luís – MA, Brasil, 2007-2017. ....	124

Figura 22 – Risco relativo para os clusters de casos de dengue no município de São Luís – MA, Brasil, considerando 50% da população em risco.....	126
Figura 23 – Risco relativo para os clusters de casos de dengue no município de São Luís – MA, Brasil, considerando 10% da população em risco.....	127

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo dos dados adquiridos na SEMUS e com o PCUDCB para montagem da base de dados do IIP para o município de São Luís/MA – Brasil, no período de 2008-2017. ....	77
Tabela 2 – Variáveis socioeconômicas utilizadas na pesquisa. ....	78
Tabela 3 – Relação dos meses com disponibilidade de dados para o IIP no município de São Luís, Maranhão, Brasil. ....	84
Tabela 4 – Percentual de perda e aproveitamento de dados de casos de dengue para o período de 2007-2017, São Luís – MA. ....	87
Tabela 5 – Medidas descritivas dos casos de dengue por mês para o município de São Luís, MA no período de 2013-2017. ....	94
Tabela 6 – Medidas descritivas das variáveis meteorológicas do município de São Luís, MA para o período de 2013-2017. ....	94
Tabela 7 – Medidas de tendência central e de dispersão das variáveis IIP, TMED, UR e PREC. ....	97
Tabela 8 – Resultados do MLG com distribuição Binomial Negativa. ....	100
Tabela 9 – Variáveis mantidas no modelo após a adoção do método de AIC. ....	100
Tabela 10 – Valores do Risco Relativo para ocorrência de casos de dengue em relação as variáveis meteorológicas. ....	101
Tabela 11 – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre a variável dependente e as variáveis independentes. ....	102
Tabela 12 – Resultados dos modelos de regressão linear simples. ....	102
Tabela 13 – Análise da Variância do modelo 1 (TMED). ....	103
Tabela 14 – Análise da Variância do modelo 2 (UR). ....	103
Tabela 15 – Análise da Variância do modelo 3 (PREC). ....	103
Tabela 16 – Matriz de correlação de Pearson. ....	108
Tabela 17 – P-valor da correlação de Pearson. ....	108
Tabela 18 – Resultados do modelo de regressão linear múltipla. ....	108
Tabela 19 – Análise de variância do modelo de regressão linear múltiplo. ....	109
Tabela 20 – Índice de Moran Global Univariado e pseudo p-valor para as taxas de incidência da dengue do município de São Luís, Maranhão, Brasil, no período de 2007 a 2017. ....	111
Tabela 21 – Índice de Moran Global Bivariado entre as taxas de incidência da dengue e variáveis socioeconômicas do município de São Luís, Maranhão, Brasil, para o ano de 2010. ....	113

Tabela 22 – Resultados da estatística de varredura espaço-temporal dos casos de dengue do município de São Luís – MA, Brasil, no período de 2007-2017 considerando 50% da população total em risco.....	123
Tabela 23 – Resultados da estatística de varredura espaço-temporal dos casos de dengue do município de São Luís – MA, Brasil, no período de 2007-2017 considerando 10% da população total em risco.....	125



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Taxa de incidência da dengue por 100.000 habitantes no Brasil no período de 1998 a 2018.....	54
Gráfico 2 – Número de casos prováveis de dengue por região brasileira no período de 1998 a 2018.....	55
Gráfico 3 – Taxa de incidência da dengue por 100.000 habitantes por região brasileira no período de 1998 a 2018.....	56
Gráfico 4 – Total de casos de dengue no município de São Luís, Maranhão no período de 1997-2006. ....	57
Gráfico 5 – Variação do total de casos de dengue para o município de São Luís, MA no período de 2013-2017. ....	93
Gráfico 6 – Variação no total de casos de dengue por mês e ano para o município de São Luís, MA no período de 2013-2017. ....	93
Gráfico 7 – Médias mensais da precipitação e temperatura média (°C) para do município de São Luís, MA para o período de 2013-2017. ....	95
Gráfico 8 – Médias mensais da umidade relativa do ar (%) e da temperatura média (°C) para o município de São Luís, MA para o período de 2013-2017. ....	95
Gráfico 9 – Variação anual da taxa de incidência da dengue (%), da temperatura média (°C), da umidade relativa do ar (%) e da precipitação (mm) para o município de São Luís, MA para o período de 2013-2017. ....	96



## LISTAS DE SIGLAS E ABREVIACÕES

AIC – *Akaike Information Criterion* (Critério de Informação de Akaike)

ANOVA – Análise de Variância

CAEMA – Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão

CMP – Cluster Mais Provável

CHIKV – Chikungunya

CS – Cluster Secundário

DENV – Dengue vírus

DPP\_AARG – Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral

DPP\_BEEFS – Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa séptica

DPP\_BEERG – Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial

DPP\_LCCSL – Domicílios particulares permanentes com lixo coletado em caçamba de serviço de limpeza

DPP\_LCSL – Domicílios particulares permanentes com lixo coletado por serviço de limpeza

DPP\_LJTB – Domicílios particulares permanentes com lixo jogado em terreno baldio ou logradouro

DP – Desvio-padrão

DS – Distrito Sanitário

FAU – Febre Amarela Urbana

GL – Graus de Liberdade

GLM - *Generalized Linear Model*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IB – Índice de Breteau

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IIP – Índice de Infestação Predial

LIRAA – Levantamento Rápido de Índices para *Aedes Aegypti*

LLR – *Log likelihood ratio*

LISA – Indicadores Locais de Associação Espacial

MLG – Modelos Lineares Generalizados

MQ – Média Quadrática

PCUDCB – Projeto Clima Urbano e Dengue nas Cidades Brasileiras

PIB – Produto Interno Bruto

PREC – Precipitação total

P10M\_RMa1 – Pessoas de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de mais de  $\frac{1}{2}$  a 1 salário mínimo.

P10M\_RMSM – Pessoas de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de até  $\frac{1}{2}$  salário mínimo

P10M\_R1a2 – Pessoas de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de mais de 1 a 2 salários mínimos  
P10M\_R2a3 – Pessoas de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de mais de 2 a 3 salários mínimos

P10M\_R3a5 – Pessoas de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de mais de 3 a 5 salários mínimos

P10M\_SR – Pessoas de 10 anos ou mais de idade sem rendimento nominal mensal

Q1 – Quadrante 1

Q2 – Quadrante 2

Q3 – Quadrante 3

Q4 – Quadrante 4

REDEMET – Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica

RLM – Regressão Linear Múltipla

RLS – Regressão Linear Simples

RR – Risco Relativo

SEMUS – Secretaria Municipal de Saúde

SQ – Soma Quadrática

SVE – Secretaria de Vigilância Epidemiológica

TMED - Temperatura Média

TXCD\_2007 – Taxa de Casos de Dengue para o ano de 2007

TXCD\_2013 – Taxa de Casos de Dengue para o ano de 2013

TX\_ALF\_15M – Taxa de alfabetizados com 15 anos ou mais

ZIKV – Zika vírus

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

UR – Umidade Relativa

VIF - *Variance Inflation Fator* (fator de inflação da variância)



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>25</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>27</b>
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1. O Risco.....</b>	<b>28</b>
3.1.1. <i>Os paradigmas Natural Hazards e Risk Assessment.....</i>	29
3.1.2 <i>As percepções e conceitos de risco.....</i>	33
<b>3.2. A categoria vulnerabilidade.....</b>	<b>42</b>
<b>3.3. A dengue.....</b>	<b>52</b>
3.3.1. <i>Aspectos biológicos do Aedes aegypti.....</i>	57
3.3.2. <i>Os fatores condicionantes do Aedes aegypti.....</i>	61
3.3.3. <i>As relações entre clima e Aedes aegypti: qual o impacto do clima sobre o vetor?.....</i>	61
<b>3.4. O contexto social.....</b>	<b>65</b>
<b>4. ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>70</b>
<b>5. PROCEDIMENTO METODOLÓGICOS E TÉCNICOS.....</b>	<b>72</b>
<b>5.1. Delineamento do Estudo.....</b>	<b>73</b>
<b>5.2. Aquisição de dados.....</b>	<b>74</b>
5.2.1. <i>Dados climáticos.....</i>	74
5.2.2. <i>Dados entomológicos.....</i>	74
5.2.3. <i>Dados epidemiológicos.....</i>	77
5.2.4. <i>Dados socioeconômicos.....</i>	78
<b>5.3. Análise Estatística.....</b>	<b>79</b>
5.3.1. <i>Análise de Regressão - Modelos Lineares Generalizados (MLG).....</i>	79
5.3.1.1. <i>Análise temporal para os casos de dengue – MLG Binomial Negativo.....</i>	80
5.3.2. <i>Análise temporal para o IIP - Regressão Linear Simples.....</i>	83
5.3.3. <i>Regressão Linear Múltipla.....</i>	86
<b>5.4. Análise Espacial.....</b>	<b>87</b>
5.4.1. <i>Autocorrelação espacial - Índices de Moran.....</i>	88
5.4.2. <i>Estatística de Varredura Espacial.....</i>	90
<b>6. RESULTADOS.....</b>	<b>92</b>
<b>6.1. Análise Descritiva dos Dados Epidemiológicos.....</b>	<b>92</b>

<b>6.2</b>	<b>Análise Descritiva dos Dados Climáticos .....</b>	<b>94</b>
<b>6.2.</b>	<b>Análise Descritiva do IIP .....</b>	<b>97</b>
<b>6.3.</b>	<b>Análise Temporal – MLG Binomial Negativo.....</b>	<b>100</b>
<b>6.4.</b>	<b>Modelos de Regressão Linear Simples - RLS .....</b>	<b>102</b>
6.4.1.	<i>Análises simples .....</i>	102
6.4.1.1.	<i>Diagnóstico dos resíduos dos modelos de RLS .....</i>	104
6.4.2.	<i>Análise múltipla .....</i>	107
6.4.2.1.	<i>Diagnóstico dos resíduos dos modelos de RLM.....</i>	109
<b>6.5.</b>	<b>Análise Espacial.....</b>	<b>110</b>
6.5.1.	<i>Moran Global.....</i>	110
6.5.2.	<i>Moran Local.....</i>	115
6.5.3.	<i>Análise SaTScan – casos de dengue .....</i>	122
<b>7.</b>	<b>DISCUSSÃO.....</b>	<b>128</b>
<b>8.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>138</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>141</b>
	<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>152</b>
	<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>153</b>
	<b>APÊNDICE C.....</b>	<b>154</b>
	<b>APÊNDICE D.....</b>	<b>156</b>
	<b>APÊNDICE E .....</b>	<b>158</b>



## 1. INTRODUÇÃO

As contínuas transformações da sociedade têm gerado diversas consequências para o espaço e o ambiente que ela ocupa. Se por um lado muitas dessas transformações conduziram a progressos e melhorias no modo de vida, por outro lado elas também intensificaram processos naturais e sociais danosos à humanidade, principalmente nos espaços urbanos, onde a maioria deles ocorre e onde são registradas as maiores perdas, os perigos e riscos.

Antes, a maioria dos perigos e dos riscos estavam associados a eventos com origem puramente naturais como terremotos e tornados. No entanto, com a industrialização e a urbanização novos riscos começaram a surgir, associados tanto às tecnologias dos meios de produção quanto ao modo de ocupação do espaço (BECK, 2010; WHITE, 1988). Dessa forma, devido a maior interação entre sociedade e natureza, as fontes de riscos se diversificaram e ampliaram.

Muitas dessas situações só começaram a ser percebidas como condição de risco pelos danos causados ao ambiente (poluição e contaminação de água, ar e solo, por exemplo) e à saúde humana (surgimento de novas doenças) (BECK, 2010). Posteriormente, devido a ocorrência cada vez mais frequente de desastres como inundações e deslizamentos de terra e aumento de perdas de vidas e bens materiais, as preocupações em torno dessa problemática receberam mais atenção, dando ênfase no estabelecimento de medidas que pudessem reduzir as perdas, os prejuízos e a vulnerabilidade da população (ALMEIDA, 2012).

Nesse sentido, as condições adequadas do ambiente urbano são extremamente importantes, pois podem atenuar ou potencializar o impacto do risco, assim como da vulnerabilidade. As desigualdades sociais, as condições de moradia precárias e a falta de acesso a serviços básicos representam alguns dos fatores mais relevantes a serem sanados nas cidades, em especial naquelas que passam por um desenvolvimento tardio onde essas circunstâncias são mais acentuadas. Tais condições somadas a outros aspectos sociais, políticos e econômicos tem influência direta sobre a vulnerabilidade de pessoas e lugares.

Além desses fatores, a ausência ou precariedade de serviços como saneamento favorece o surgimento de várias doenças relacionadas direta ou indiretamente ao ambiente, como a dengue, uma doença transmitida por um vetor altamente adaptado ao ambiente urbano com uma grande carga global de infecções e ônus econômico

(COSTA; NATAL, 1998; SHEPARD et al., 2016). Assim, tendo em vista que vários elementos importantes para a prevalência do vetor (*Aedes aegypti*) são conhecidos, o estudo da dengue na perspectiva do risco ganha importância por proporcionar informações sobre condições e locais propícios à ocorrência de uma epidemia, possibilitando a antecipação de ações para tentar evitá-la ou para reduzir seu impacto (CARMO et al., 2020; FARINELLI et al., 2018).

Igualmente, a análise da vulnerabilidade da população auxilia na identificação de fatores que mais contribuem para aumentar ou diminuir a capacidade de reação da população, bem como na identificação dos grupos mais vulneráveis. Ademais, essa abordagem pode ainda facilitar a definição de prioridades na destinação de recursos públicos para as ações de combate ao vetor e aumento da resiliência. Apesar dessas contribuições potenciais, poucos estudos analisaram a dengue nessa perspectiva.

Portanto, nesta pesquisa, adotou-se a tríade espaço urbano-risco-vulnerabilidade para compreender a exposição a dengue no município de São Luís - MA. É uma abordagem multidisciplinar e necessária para analisar a dinâmica urbana e as formas de mensurar as categorias risco e vulnerabilidade.

Dessa forma, o objetivo da pesquisa foi evidenciar e analisar o risco e a vulnerabilidade social à dengue no município de São Luís, Maranhão no período de 2007-2017, buscando compreender a dinâmica entre o *Aedes aegypti*, as condições ambientais e sociais do município, bem como a ocorrência e a distribuição espacial da dengue a partir de uma análise integrada. Analisar a dinâmica espacial dessa arbovirose e do mosquito, na escala intraurbana favorece um delineamento mais apropriado do que deve ser considerado nos planejamentos e implementações das ações de combate vetorial.

O conhecimento do risco e da vulnerabilidade pode ser tomado como uma medida preventiva pela gestão pública, podendo auxiliar na tomada de decisões para definição de estratégias, alocação de recursos humanos e financeiros, como também propiciar o desenvolvimento de sistemas de alerta precoce para epidemias e surtos. Além disso, a compreensão espacial da dinâmica entre doença, vetor e ambiente é relevante para o monitoramento das condições ideais para o aumento e expansão da infestação do vetor, uma vez que o controle vetorial ainda é a principal medida de combate à doença.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar o risco e a vulnerabilidade social à dengue no município de São Luís - MA, no período de 2007-2017. Mais especificamente:

- Verificar a associação dos casos de dengue com variáveis meteorológicas;
- Verificar a associação da infestação larvária do *Aedes aegypti* com variáveis meteorológicas;
- Averiguar se há padrão espacial na distribuição dos casos de dengue;
- Associar espacialmente as variáveis socioeconômicas e os casos de dengue com a vulnerabilidade social à dengue.

### **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1. O Risco**

O tema sobre riscos está atualmente muito presente na academia e na sociedade em geral, recebendo significativa atenção no meio político. Apesar desse interesse parecer recente, sobretudo pela maior visibilidade na mídia, tanto as preocupações políticas quanto os estudos sobre risco não são novos. Alguns autores consideram que o início da análise e gestão de risco ocorreu na Babilônia antiga a cerca de 3.000 a. C (COVELLO; MUMPOWER, 1985), mas ela só alcançou força como categoria de análise no contexto científico a partir da década de 1920 (CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005).

Anteriormente, a noção de risco estava subentendida nas noções de perigo e desastres naturais e permaneceu associada a elas por muito tempo, até que em meio aos debates acadêmicos e profissionais sobre o tema, surgiu a necessidade de distinguir e conceituar cada categoria. Essa evolução acompanhou o desenvolvimento da própria sociedade (CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005) e de suas demandas por resoluções de problemas que as atingiam, principalmente aqueles associados à fenômenos de ordem natural, assim, o conhecimento sobre os riscos e perigos aos quais a população estava exposta já tinha relevância no contexto social e político. Essa distinção de termos, no entanto, ocorreu de forma gradual a partir dos trabalhos realizados em diversas vertentes científicas.

Essa diversidade de estudos teve como primeiro resultado a separação entre perigo, desastre e risco; e como segundo resultado as adjetivações do risco, como ambiental, social, natural, tecnológico etc. (CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005), próprios de um momento histórico cujas interações entre sociedade e natureza ainda não estavam intensamente relacionadas e essa divisão era aplicável. No contexto pós-moderno essas relações se estreitaram ao ponto de tal distinção não ser mais possível, isto é, não há mais como distinguir claramente os riscos quanto à sua origem, ou seja, riscos puramente sociais ou puramente naturais, ao contrário, há uma interação entre os tipos de risco (ALMEIDA, 2012; CUTTER, 2001).

Nesse íterim, a Geografia desempenhou um importante papel através do geógrafo Gilbert F. White (1986), precursor dos estudos sobre risco nessa ciência. Esse

profissional, ao se deparar com o problema das inundações constantes em uma área dos Estados Unidos, incluiu nas suas investigações não apenas os elementos naturais, como também os fatores sociais para chegar a uma resolução para aquele problema. Assim como ele, outros geógrafos consideraram as soluções dadas por engenheiros e outros profissionais, excessivamente centradas nos aspectos naturais, insuficientes para resolver os frequentes episódios de inundações e evitar as consequências onerosas desses eventos à população (ALMEIDA, 2012). Desse modo, White observou que para uma eficiente compreensão e gestão dos riscos era necessário integrar àquela perspectiva, os aspectos sociais.

Os aspectos abordados por ele e os apontamentos advindos da sua análise para àquela questão resultaram em significativas contribuições para o desenvolvimento das pesquisas sobre risco. Destarte, os conceitos e definições de risco, perigo e desastre natural, suas distinções e interrelações evoluíram a partir de aplicações e do contexto social e histórico, passando de concepções delimitadas e individuais, para uma abordagem onde não há riscos e desastres puros (WHITE; KATES; BURTON, 2001), mas sim riscos como produtos de uma constante interação.

Considerando a importância de compreender o que são os riscos e de conhecer sua evolução, principalmente no desenvolvimento de pesquisas, é apresentada a seguir uma análise sobre essa categoria na Geografia, perpassando sua distinção de perigo e desastre, bem como seus conceitos.

### *3.1.1. Os paradigmas Natural Hazards e Risk Assessment*

A terminologia perigos naturais (*natural hazards*) pode induzir em um primeiro momento à uma concepção de perigo associada a algo natural e desvinculado de qualquer relação humana ou contexto social, no entanto, na abordagem iniciada por Gilbert F. White, considerado o precursor dos estudos dos riscos na Geografia, a sociedade é incluída como fator de interesse nas análises de perigo em diversos aspectos.

Seu trabalho teve início quando os Estados Unidos estavam experimentando medidas técnicas e sociais para reduzir os impactos negativos de secas, inundações e erosão do solo (WHITE, 1988). Assim, ele “procurou por processos sociais e suas interações com os processos biológicos e físicos” (WHITE, 1988, tradução nossa). A

partir do conhecimento da interação entre forças naturais e sociais e das consequências que surgiam dela (os perigos), a sociedade poderia realizar ajustes para diminuir os impactos negativos.

Sua pesquisa foi baseada na perspectiva dos perigos naturais sugerida pelo seu professor Harlan Barrows, na qual a adaptação de indivíduos e grupos para redução dos perigos tem papel central e a interação entre a sociedade e o ambiente é estabelecida por esses ajustes. Segundo Cutter (2001, p. 5), em um discurso proferido à Associação Americana de Geógrafos Barrows sugeriu que “[...] a sociedade interage com o ambiente físico e essa interação produz efeitos tanto benéficos quanto prejudiciais. Essa relação entre pessoas e seu ambiente é melhor vista como uma série de ajustamentos nos sistemas de uso humano e de eventos naturais” (Tradução nossa).

Essa abordagem foi empregada em seu trabalho “*Human Adjustments to Floods*”, dando início nos Estados Unidos ao paradigma dos Natural Hazards. Segundo Cutter (2001, p. 5), esse paradigma incluía cinco áreas temáticas:

- (1) Identificação e mapeamento da ocupação humana da zona de perigo;
- (2) Identificação da faixa completa de ajustamentos ao perigo;
- (3) Estudo sobre como as pessoas percebem e estimam a ocorrência dos perigos;
- (4) Descrição dos processos em que as medidas de mitigação são adotadas, incluindo o contexto social dentro do qual essas adoções ocorrem;
- (5) Identificação do conjunto ideal de ajustamentos aos perigos e suas consequências sociais (CUTTER 2001, tradução nossa).

Outros geógrafos, assim como White, observaram que dado o modo de organização espacial da sociedade, as ações de intervenção para as inundações baseadas puramente em obras de engenharia não seriam suficientes para impedir que novos episódios ocorressem (ALMEIDA, 2012). Essa visão provocou uma nova percepção sobre os perigos naturais ao considerar o contexto social como um fator importante para a formação e análise do perigo, destacando sua relevância para a gestão do território. Segundo White (1988, p. 173), “é extremamente raro que qualquer evento natural não tenha consequências e que a magnitude e extensão de tais consequências não sejam o produto de interações naturais-sociais” (Tradução nossa).

Com base nisso, muitos estudos buscaram desenvolver modelos de sistemas que fornecessem mecanismos causais relacionando os eventos naturais com as respostas sociais, o que provocou reações de críticos contra o sequenciamento causal e para as explicações dadas para os ajustes sociais, defendendo que forças culturais, econômicas,

políticas e sociais tem intensificado os perigos e tornado as pessoas mais vulneráveis (CUTTER, 2001).

As divergências entre esses dois pontos de vista se concentram no papel que a sociedade tem na ocorrência dos perigos, com o segundo ponto defendendo a capacidade que as ações do homem em interação com a natureza têm de gerar riscos. Desse modo, a sociedade não apenas recebe e se ajusta aos impactos dos perigos, mas atua na produção deles. A ênfase na análise de White era dada aos “perigos em que o componente principal ou primário era uma perturbação em um sistema natural” (WHITE, 1988).

Paralelo ao paradigma dos perigos naturais emergiu o paradigma Risk Assessment (avaliação de risco), que deu início as análises de caráter quantitativo e de estimativa do risco. Essas análises buscavam definir a extensão da exposição humana a agentes químicos, biológicos ou físicos e as possíveis consequências em termos de vidas afetadas (CUTTER, 2001). Os principais riscos até então estavam relacionados aos problemas da natureza – inundações, secas, tornados, terremotos etc.

No entanto, com a inserção tecnológica crescente em diversos setores – energia nuclear, disposição de resíduos sólidos radioativos, produtos químicos contaminantes do solo e água, por exemplo – novas preocupações começaram a surgir. Conforme Burton e Pushchak (1984, p. 465), “essas preocupações estavam focadas em dois tipos de ameaças ambientais: a ameaça de contaminação crescente e generalizada da biosfera por um número crescente de substâncias perigosas e a ameaça de eventos ambientais catastróficos” (Tradução nossa).

Os apontamentos para a degradação ambiental e as doenças relacionadas a ela impulsionaram o desenvolvimento das avaliações de risco e forçaram um posicionamento político dos gestores diante dos novos riscos. Era preciso tomar providências para evitar que futuramente as decisões e ações acarretassem níveis de riscos inaceitáveis. A percepção pública do risco ambiental também contribuiu para que os métodos para medir a gravidade desses riscos e avaliar sua aceitabilidade fossem postos em prática (BURTON; PUSHCHAK, 1984).

Desse modo, a avaliação de risco teve como foco inicial os novos riscos para a humanidade num contexto de pós-guerra em que avanços tecnológicos começam a se processar. É fácil compreender então o porquê de os riscos tecnológicos terem tido grande destaque nessas primeiras avaliações. Nesse contexto, as avaliações de risco tinham a finalidade de “[...] tentar colocar ordem e racionalidade em nosso pensamento

sobre risco e criar as medidas e procedimentos necessários para alocar adequadamente os riscos para um público verdadeiramente informado e educado” (BURTON; PUSHCHAK, 1984, p. 464) (Tradução nossa).

Uma das características marcantes da avaliação do risco é a ênfase nos métodos de estimativas e probabilidades adotados as pesquisas e trabalhos. Isso pode ser devido ao contexto em que elas se desenvolveram, onde a necessidade de medir os riscos e as perdas era imprescindível, principalmente pela alta importância pública que o tema dos riscos estava recebendo. Além disso, antes da sistematização da avaliação como campo de estudo, as avaliações de perdas e impactos dos perigos eram fortemente realizados através de probabilidades, o que só reforçou a busca por melhorias nos métodos e nas técnicas de medição de probabilidades (BURTON; PUSHCHAK, 1984).

Desse modo, como ressalta Cutter (2001), cada paradigma possui sua própria consistência e força, como também similaridades conceituais, mas possuem abordagens e aplicações metodológicas diferentes. E apesar dessas suas especificidades, a autora destaca alguns pontos em comum entre as duas perspectivas e as suas diferenças (Figura 01). Com o desenvolvimento de pesquisas acadêmicas e as experiências profissionais, essas categorias de análise e os conceitos de perigos naturais e riscos evoluíram para uma perspectiva mais integradora entre homem e ambiente, refletindo as mudanças pelas quais a sociedade passava.



Figura 1 – Elementos dos Paradigmas de Avaliação de Risco e Análise de Perigo.

Elementos	Avaliação de Risco	Análise de Perigo
Identificação do perigo	O agente/toxina causa um efeito adverso?	Qual é a ameaça? Qual é a ocorrência do perigo?
	O químico Y tem uma chance de 1 em 1 milhão de causar câncer em humanos.	Mapeamentos de perigos específicos e/ou zonas de perigo.
Avaliação de dose-resposta	Qual é a relação entre dose e incidência em humanos?	Qual a magnitude, frequência e duração do evento?
	A exposição a X partes por milhão do químico Y por um período de 2 dias causa danos no fígado.	Quais as possíveis consequências humanas do evento?
Avaliação da exposição	Que exposições são atualmente experimentadas ou antecipadas sob diferentes condições?	Qual é o padrão da ocupação humana em zonas de perigo?
	Quanto da toxina atingirá uma população-alvo ou quantas pessoas receberão alguma exposição?	Qual é a vulnerabilidade de pessoas e lugares aos perigos?
Caracterização do risco	Qual é a incidência estimada de efeitos adversos em uma dada população?	O que explica os diferentes ajustes e adaptações aos perigos?
	Qual é a probabilidade de que um agente de preocupação seja realizado em pessoas expostas?	Como as sociedades se preparam, mitigam e respondem a riscos e perigos?

Fonte: Adaptado de: CUTTER, 2001.

### 3.1.2 As percepções e conceitos de risco

O termo risco não possui uma definição única e consensual. Muitos pesquisadores em várias áreas e disciplinas analisam, interpretam e desenvolvem conceitos sobre o que seria o risco de forma própria, baseados justamente na sua área de atuação (ALTHAUS, 2005). Isso coloca alguns obstáculos para sua abordagem, principalmente no meio acadêmico, além é claro, de dificuldades da sua operacionalização, devido a polissemia do termo.

Outro ponto relevante para a conceituação do risco levantado por Aven (2012), é a mistura entre o conceito de risco em si e a avaliação e gestão do risco, segundo o autor, algumas conceituações acabam misturando o conceito de risco com a sua aplicação. Desse modo, muitos conceitos realmente parecem aglutinar ambos os aspectos, além de acrescentar características de outras categorias como perigo e desastre.

Nesse ínterim, as traduções do termo risco para outros idiomas parecem ter alguma influência na confusão de termos. O termo *hazard*, por exemplo, pode ser traduzido para o português como risco, perigo e desastre, embora semanticamente tenham significados distintos. No trabalho de Alves (2006) por exemplo, *natural hazards* é traduzido como desastres naturais, embora sua abordagem seja baseada em Cutter, que por sua vez se pauta no paradigma contemporâneo dos *natural hazards* de White.

Dependendo da área e do pesquisador, o risco pode ser associado a uma perspectiva quantitativa/probabilística (frequente nas análises estatísticas e ciências exatas) ou não-probabilística (ciências humanas como na linguística, arte e história) (AVEN, 2012). A noção de incerteza é também associada ao risco, ressaltando a potencialidade de algo acontecer (CASTRO ET AL., 2005; CUTTER, 2001).

Em relação a isso, Althaus (2005) observa que é importante compreender a incerteza dentro das análises econômicas, onde os estudos de risco e incerteza são bem desenvolvidos. A autora destaca o papel que a literatura econômica tem na distinção entre risco e incerteza afirmando que “a ideia é que tanto o risco quanto a incerteza estão relacionados ao desconhecido, mas que o risco é uma tentativa de ‘controlar’ o desconhecido aplicando conhecimento com base na ordem do mundo. A incerteza, por outro lado, representa o desconhecido totalmente aleatório e assim não pode ser controlado ou previsto” (ALTHAUS, 2005, p. 569).

Por esse ponto de vista, considerar a incerteza como um componente do risco não seria muito apropriado, já que aspectos conhecidos e determinados são empregados para analisá-lo e tentar evitar que ele ocorra, nesse aspecto ele pode ser controlado. A incerteza sendo totalmente aleatória e imprevisível não pode analisada pelo mesmo viés que o risco. Mas então, o que é o risco? Responder a essa pergunta como tem sido o objetivo de alguns pesquisadores como Althaus (2005) e Aven (2012).

Esses autores buscaram em suas revisões compreender a origem e o conceito de risco em várias áreas e tentaram capturar a situação epistemológica dessa categoria de análise. Como mencionado acima, cada disciplina emprega esse termo baseada em seu próprio conhecimento e entendimento do risco, o que impossibilitou até o momento, a sistematização de um conceito comum a todos.

Althaus (2005), que atua na área de políticas públicas, analisou várias disciplinas e a forma como elas percebiam o risco. Curiosamente, a Geografia não foi incluída na sua investigação, embora seja um campo que trabalhe há certo tempo com o risco.

Obviamente, é impossível abranger todos os campos e todos os trabalhos científicos, pelo menos em uma revisão. No entanto, ela foi referenciada como campo científico utilizado pela Psicologia como base para iniciar suas pesquisas sobre o risco, tendo como referência a Escola de Chicago com os trabalhos de White e seus alunos (ALTHAUS, 2005).

White foi influenciado pelo economista Frank Knight (WHITE, 1988), quem muito contribuiu com o conceito de risco na Economia ao distinguir risco de incerteza (ALTHAUS, 2005). Knight definiu o risco como uma incerteza mensurável onde a distribuição dos resultados em um grupo de instâncias é conhecida por cálculo, enquanto a incerteza é imensurável porque a distribuição dos resultados não é conhecida devido a impossibilidade de formar um de instâncias para calcular (ALTHAUS, 2005).

Para Aven (2012), as incertezas são um desconhecido aleatório. Dessa forma, o risco pode ser considerado como uma probabilidade quando sua existência e impactos já são conhecidos através de eventos passados (BURTON; PUSHCHAK, 1984). Assim, o risco é muitas vezes associado a incertezas e probabilidades não apenas na Economia, mas também em outras ciências incluindo a Geografia. Para Castro, Peixoto e Rio (2005), por exemplo, o risco refere-se como:

[...] uma categoria de análise associada *a priori* às noções de incerteza, exposição ao perigo, perda e prejuízos materiais, econômicos e humanos em função de processos de ordem "natural" (tais como os processos exógenos e endógenos da Terra) e/ou daqueles associados ao trabalho e às relações humanas (CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005, p. 12).

Os autores Burton e Pushchak (1984) distinguem os conceitos de risco em dois tipos: o risco objetivo (*objective risk*) e risco percebido (*perceived risk*). No primeiro tipo, o conceito de risco tem conotação científica e sua definição é dada por probabilidades de maneira racional e intencional, considerando além daquela, o intervalo de tempo entre os acontecimentos e as consequências. Já no segundo tipo, o risco é definido pela percepção do público geral baseada em suas próprias experiências e informações. Mais objetivamente essas categorias significam:

Objective risk is the probability of a future event calculated from statistical data provided by past events. Objective risks can be simple probabilities based on the past frequency of a single event (an oil spill). They can also be complex calculations made up of a number of event frequencies to estimate the probability of an event for which no record exists [...]. Perceived risk is an assessment of the probability of an event and its consequences arrived at

subjectively by individuals. Perceptions are influenced by personal experience, memory of related events, level of knowledge and feelings about the event being considered (BURTON; PUSHCHAK, 1984).

O risco percebido é chamado de risco subjetivo por Marandola Junior e Hogan (2004a), ressaltando as interações sociais como condicionantes para a existência do risco. De modo geral, as conceitualizações de risco são compreendidas nessas duas formas, embora a percepção nem sempre esteja desvinculada de estimativas. A potencialidade também é uma característica fortemente associada ao conceito de risco, ressaltando a noção de incerteza. Para melhor evidenciar essas questões, alguns conceitos de risco utilizados na Geografia estão organizados em um quadro (1).

Essas definições são sustentadas pelas disciplinas e teorias de seus proponentes, o que propicia diferentes pontos de vista. Como pode ser visto, as perspectivas objetivas são preponderantes em relação às percebidas/subjetivas. Há ainda alguns conceitos que mesclam características objetivas e subjetivas quando consideram tanto a estimativa do perigo quanto a sua percepção pelos indivíduos.

Quadro 1 – Conceitos de risco adotados na Geografia. (Continua)

AUTORIA	CONCEITO	FÓRMULA	CATEGORIA
<b>BURTON; PUSHCHAK (1984)</b>	A combinação da soma das probabilidades de eventos de risco (E) e suas consequências (Tradução nossa).	$\text{Risco} = \sum P(E) \times \text{consequências}$	Risco objetivo
<b>CUTTER (2001)</b>	É a probabilidade de um evento ocorrer ou a probabilidade de um perigo ocorrer (Presidential Congressional Commission on Risk Assessment and Risk Management 1997). O risco enfatiza a estimação e quantificação da probabilidade para determinar níveis apropriados de segurança ou aceitabilidade de uma tecnologia ou curso de uma ação. O risco é um componente do perigo. (Tradução nossa).	-	Risco objetivo
<b>NAÇÕES UNIDAS/ISDR (2004)</b>	A probabilidade de consequências nocivas ou perdas esperadas (mortes, ferimentos, propriedades, meios de subsistência, interrupção das atividades econômicas ou danos ambientais) resultantes de interações entre perigos naturais e induzidos pelo homem e condições vulneráveis (Tradução nossa).	$\text{Risco} = \text{Perigos} \times \text{Vulnerabilidade}$	Risco objetivo
<b>SMITH (1992) apud (MARANDOLA JR.; HOGAN, 2004b)</b>	A probabilidade de ocorrência de um perigo.	-	Risco objetivo
<b>CASTRO; PEIXOTO; RIO (2005)</b>	É a probabilidade de ocorrência de processos no tempo e no espaço, não-constantes e não-determinados, e à maneira como estes processos afetam (direta ou indiretamente) a vida humana.	-	Risco objetivo
<b>DAGNINO; CARPI JUNIOR (2007)</b>	É a probabilidade de que um evento – esperado ou não esperado – se torne realidade. A ideia de que algo pode vir a ocorrer, já então configura um risco.	-	Risco objetivo

Quadro 2– Conceitos de risco adotados na Geografia.(Conclusão)

AUTORIA	CONCEITO	FÓRMULA	CATEGORIA
<b>VEYRET; RICHEMOND (2007)</b>	Representação de um perigo ou álea (reais ou supostos) que afetam os alvos e que constituem indicadores de vulnerabilidade.	-	Risco Percebido
<b>VIEILLARD-BARON (2007)</b>	Possibilidade de um acontecimento catastrófico para a coletividade humana, ou mais exatamente, a probabilidade de ocorrência de um acontecimento cujas consequências poderiam ser nefastas para a sociedade, esta considerada na sua totalidade ou somente em um de seus componentes. O risco pode resultar de uma situação aleatória que permite “probabilizar” a ocorrência do acontecimento. Mas ele pode também depender de uma pluralidade de fatores cuja associação é completamente imprevisível e não deixa lugar a nenhum cálculo probabilístico.	-	Risco objetivo
<b>ALMEIDA (2012)</b>	O risco é um constructo eminentemente social, ou seja, é uma percepção humana. Risco é a percepção de um indivíduo ou grupo de indivíduos da probabilidade de ocorrência de um evento potencialmente perigoso e causador de danos, cujas consequências são uma função da vulnerabilidade intrínseca desse indivíduo ou grupo.	evento perigoso ou seu potencial de ocorrência e; V é igual a vulnerabilidade intrínseca de um	Risco objetivo/percebido
<b>NOURANI; CARNEIRO (2013)</b>	O risco está associado à potencialidade de que ocorra uma situação que resulte em perdas e danos sociais, econômicos ou ambientais. Uma situação dessa natureza pode abranger um acidente, um desastre, um evento físico ou mesmo um fenômeno natural ou social, como estiagem e guerra.	-	Risco objetivo

Organização: a autora.

Os autores do risco objetivo geralmente são direcionados pela tradição dos *natural hazards*, enquanto outros são orientados pelas novas formas de compreensão do risco pautadas, por exemplo, nas abordagens da Sociologia e da Antropologia (MARANDOLA JUNIOR; HOGAN, 2004a). Nessas abordagens os autores são baseados principalmente pela teoria da Sociedade de Risco do sociólogo Ulrich Beck (2010).

Segundo este autor, o desenvolvimento técnico-econômico seria o responsável por alterar o modo de produção, as relações do trabalho, as relações sociais e a estruturação de uma sociedade industrial, aumentando concomitantemente, as situações favoráveis aos riscos e a exposição a eles. Ele diferencia os riscos da modernização de outros entendimentos de risco, visto que para ele, antes as “ameaças eram sensorialmente perceptíveis [nas cidades medievais havia sujeira e excrementos nas ruas], (...) enquanto os riscos civilizatórios atuais tipicamente escapam à percepção” (BECK 2010, p. 26).

Assim, no âmbito geográfico, o risco enquanto uma construção social encontra espaço nos estudos sobre a avaliação de risco que tem como foco a gestão do risco, onde a percepção do risco pela população é especialmente relevante. Neste sentido, o risco é, nas palavras de Veyret (2007, p. 12), um objeto social que só existe quando há sociedade, é fruto de um perigo ou de uma possível catástrofe, por parte de um indivíduo ou da própria sociedade.

Muitos pesquisadores, mesmo os mais objetivistas associam os riscos com a presença humana. Por esse motivo, alguns deles consideram a vulnerabilidade como uma dimensão ou condicionante do risco. Segundo Rebelo (2003) apud Dagnino e Carpi Júnior (2007, p. 65) o risco é “[...] o somatório de algo que nada tem a ver com a vontade do homem (aleatório, acaso, casualidade ou perigosidade), com algo que resulta da presença direta ou indireta do homem, ou seja, a vulnerabilidade”.

Esses autores entendem que os diferentes níveis de vulnerabilidade experimentados pelas populações proporcionam que elas tenham diferentes níveis de risco, ainda que expostas ao mesmo perigo (ALVES, 2006; KUHNEN, 2009). A vulnerabilidade pode ser um pré-requisito para análise de risco em algumas situações. Em áreas como a Geologia e outras Ciências da Terra que concentram suas análises nas dinâmicas físicas da natureza, a determinação da vulnerabilidade precede a determinação do risco (MARANDOLA JUNIOR; HOGAN, 2004a).

O uso da vulnerabilidade como um componente do risco deve ser bem avaliado para que as categorias não sejam confundidas. O risco, como bem dito por muitos autores, refere-se à probabilidade de ocorrência de um perigo que, se concretizado, pode causar diversas consequências. É preciso salientar, no entanto, sobre os tipos de perigo que estão sendo considerados. Normalmente, os principais riscos e perigos analisados e avaliados são os eventos extremos, uma herança das análises dos *hazards* e que obviamente, é de extrema importância analisá-los onde há presença humana.

No entanto, considerando por enquanto somente a questão conceitual do risco, é preciso delinear e compreender o que ele é de fato. Nos primeiros trabalhos ainda na vertente dos perigos naturais, a vulnerabilidade ainda não era encarada como uma categoria de análise com o estabelecimento de algum conceito. Era utilizada nas análises de risco e perigo com conotação que expressava a ideia de capacidade de resposta (MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN 2005) do sistema natural perante os perigos e da sociedade em relação as perdas. Ainda não havia a percepção dos processos sociais para a produção da vulnerabilidade.

Os riscos na chamada pós-modernidade, para se referir a Beck, se expandiram e multiplicaram em termos de possibilidade de perigo. A vulnerabilidade não determina a possibilidade de ocorrência do perigo, utilizando uma visão objetivista, nem sua estimativa/quantificação. Claro que o risco tem influência das ações antrópicas e há fatores dessas ações que contribuem para a ocorrência do risco e devem ser considerados para sua mensuração, se for o caso. Mas a vulnerabilidade não condiciona a existência do risco.

Então por exemplo: de acordo com uma fórmula de Rebelo (2003) apud Dagnino e Carpi Júnior (2007, p. 68), em que  $R = A.V$  (onde  $R$  = risco,  $A$  = ameaça e  $V$  = vulnerabilidade), se um dos elementos for igual a zero, por exemplo, quando existe uma ameaça ( $A=1$ ), mas não existe uma pessoa vulnerável ( $V=0$ ), o risco será igual a zero. Nesse caso, até a ameaça (ou perigo) perde sua importância. Outra fórmula apresentada por aquele autor em que  $R = A + V$ , parece mais apropriada. Nesse caso, “se a vulnerabilidade for igual a zero ( $V=0$ ), o risco resultante da soma de ameaça e vulnerabilidade resultará em 1 ( $R=1+0=1$ )”.

Assim, a vulnerabilidade não determina diferentes níveis de risco, mas um mesmo nível de risco pode projetar diferentes níveis de vulnerabilidade. Como relata Cutter (2011), as pessoas podem ser expostas ao mesmo perigo, mas podem ser diferentes em termos de vulnerabilidade. Então, risco e vulnerabilidade são categorias



distintas (JANCZURA, 2012; PNUD, 2007), mas devem ser aplicadas em conjunto para fornecer melhores análises e avaliações das condições em questão (CIDADE, 2013). Até o momento, os conceitos de risco destacados se concentraram nas áreas humanas e sociais. Trazendo para o campo da saúde, e mais especificamente na epidemiologia, o risco é definido como a probabilidade de um indivíduo apresentar um certo desfecho em um determinado período de tempo (WAGNER; CALLEGARI-JACQUES, 1998). Um desfecho é um evento de interesse como uma doença, um sintoma ou qualquer outro evento que ocorra no processo saúde-doença (WAGNER; CALLEGARI-JACQUES, 1998). Assim, nesta pesquisa por exemplo, o risco seria a probabilidade de um indivíduo ter dengue.

Uma outra definição para o risco na epidemiologia acrescenta à definição anterior a estimação, isto é, o risco é “a probabilidade de ocorrência de um determinado evento relacionado à saúde, estimado a partir do que ocorreu no passado recente” (LUIZ; COHN, 2006). Estes autores dão o seguinte exemplo para esse conceito:

[...] o risco de morte numa determinada população - ou grupo de pessoas - é o número de óbitos ocorridos no período anterior dividido pelo número de pessoas existentes nesta população naquele período, já que qualquer um ou todos poderiam potencialmente ter morrido (LUIZ; COHN, 2006).

Pode-se notar a semelhança que há nesses conceitos com aqueles anteriormente apontados, onde a probabilidade e a quantificação estão presentes. Desse modo, uma forma de avaliar o risco na epidemiologia é por meio da adoção de medidas de associação, como o Risco Relativo (RR), que estima a magnitude de associação entre a exposição ao fator de risco (uma variável que, presumidamente, está relacionada ao desfecho) e o desfecho, “indicando quantas vezes a ocorrência do desfecho nos expostos é maior do que aquela entre os não expostos” (WAGNER; CALLEGARI-JACQUES, 1998). O RR é definido então como uma razão entre a incidência do desfecho no grupo ou população exposta e a incidência do desfecho no grupo ou população não-exposta (WAGNER; CALLEGARI-JACQUES, 1998).

Assim, embora haja uma aproximação entre os conceitos aqui apresentados, as suas aplicações são diferentes e isso acaba por gerar adjetivações do termo risco, tais como: risco natural, risco social, risco ambiental, risco potencial, risco socioambiental dentre outros, que muitas vezes ressalta o fenômeno em análise. Num momento anterior,

os riscos foram divididos por Egler<sup>1</sup> (1996) apud Castro, Peixoto e Rio (2005, p. 20) em três subcategorias: risco tecnológico, risco natural e risco social, à semelhança do que ocorreu com os *hazards*. Atualmente, devido as relações cada vez mais acentuadas entre homem e natureza e a complexidade na origem dos riscos, essa divisão se torna cada vez mais inviável, senão impossível (CASTRO; PEIXOTO; RIO, 2005; CUTTER, 2001).

Destarte, o caminho conceitual do risco é amplo e, apesar de haver cruzamentos, não há nenhum consenso entre as Ciências sobre o que é o risco, nem mesmo dentro de uma mesma área há concordância geral entre suas disciplinas (AVEN, 2012; MARANDOLA JR.; HOGAN, 2004b). As diversas traduções do termo risco ao longo da história também têm alguma influência nas confusões muitas vezes feitas com seu significado e vínculos com outras categorias como perigo, desastre e catástrofe (ALMEIDA, 2012; AVEN, 2012; CUTTER, 2001; MARANDOLA JR.; HOGAN, 2004b).

Quanto a vulnerabilidade como um componente do risco, é preciso compreender mais profundamente como essa relação ocorre teoricamente e empiricamente, considerando as tradições geográficas de análise e avaliação de risco. A Geografia, como um dos campos pioneiros, tem muito a acrescentar a essas análises, tendo em vista que o estudo das relações e interações entre sociedade e natureza se encontra no cerne das suas investigações. Nesta pesquisa o risco é definido como a probabilidade de um evento ou perigo ocorrer.

### **3.2. A categoria vulnerabilidade**

A vulnerabilidade é uma área de estudo e uma categoria de análise que tem crescido muito nas pesquisas científicas e no ramo de trabalho nas últimas décadas. A insegurança e a incerteza perante os vários perigos e riscos onipresentes na sociedade pós-moderna clamaram por ações sustentáveis, por tentativas de antecipar os perigos e colocou em foco as consequências provocadas pela relação entre homem e sociedade. Com os perigos tornando-se cada vez mais complexos, essa relação adquiriu um contorno paulatinamente ambiental.

---

<sup>1</sup> Egler, C. A. G. 1996. Risco Ambiental como Critério de Gestão do Território. **Território**, 1: 31-41.

A exemplo do risco, a vulnerabilidade também recebe várias interpretações e significados diferentes de diferentes pessoas (CUTTER, 1996) devido a sua característica multidisciplinar e polissêmica (MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN, 2005), e mesmo após ser estudada por diversos grupos de pesquisadores, ainda não se chegou a um consenso sobre seu significado (CIDADE, 2013; MONTEIRO, 2011). Sobre essas variações Cutter (1996, p. 530) pontua que:

Many of the discrepancies in the meanings of vulnerability arise from different epistemological orientations (political ecology, human ecology, physical science, spatial analysis) and subsequent methodological practices. Also, there is considerable variation in the choice of hazards themselves (famine, floods, drought, seismic events, technology) and in the regions chosen for examination (developed versus developing countries). Fundamental conceptual differences exist, as well, visions that either focus research on the likelihood of exposure (biophysical / technological risk), the likelihood of adverse consequences (social vulnerability) or some combination of the two (CUTTER, 1996).

Cutter (1996) destaca que a maioria das investigações está mais ocupada em estudar as consequências da vulnerabilidade do que as causas que dão origem a ela. De todo modo, muito se progrediu nos estudos dessa temática desde as primeiras considerações surgidas nos trabalhos sobre os perigos naturais. Para essa autora, a vulnerabilidade pode ser definida, de modo amplo, como o potencial para a perda, embora ela ressalte que nem sempre fica claro de que tipo de perda se está tratando e quem está perdendo.

Desse modo, durante uma revisão sobre os conceitos de vulnerabilidade, Cutter (1996) observou que as diferentes conceituações se alinhavam em três grupos distintos. Para o primeiro grupo, a vulnerabilidade era apreendida como uma exposição potencial ao perigo (chamada de vulnerabilidade biofísica); no segundo, ela é tida como a capacidade de reação de indivíduos, da sociedade ou dos lugares (vulnerabilidade social) e para o terceiro, a vulnerabilidade é uma combinação de ambos os aspectos anteriores, biofísica e social, intitulada de vulnerabilidade do lugar.

Os estudos na linha da vulnerabilidade biofísica surgiram a partir das pesquisas sobre os perigos e riscos naturais. Esses estudos têm como foco a exposição ou risco aos perigos biofísicos e tecnológicos, cujo objetivo é identificar a fonte desses perigos, as suas zonas de distribuição, os potenciais impactos que podem causar e o grau de perda de vidas e propriedades (CUTTER, 1996). Apesar de considerar alguns aspectos relacionados à presença humana, o foco está essencialmente no perigo em si. Algumas

características desses estudos incluem a magnitude, a duração, impacto, frequência e rapidez (CUTTER, 1996).

Na segunda percepção, a natureza dos eventos perigosos é vista como uma construção social em vez de biofísica, ressaltando a resistência e a resiliência da sociedade aos perigos e a construção social da vulnerabilidade a partir dos processos histórico, cultural, social e econômico, que por sua vez impedem a sociedade e os indivíduos de responderem adequadamente aos perigos (CUTTER, 1996). Os pesquisadores passaram a analisar, para além das condições físicas do meio, a situação e condição social dos indivíduos e da sociedade localizados em áreas de risco (MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN, 2005). Essa vertente é geralmente denominada de vulnerabilidade social.

A Sociologia e a Geografia têm desenvolvido muitos trabalhos nessa perspectiva, porém possuem divergências sobre o conceito de vulnerabilidade e diferenças no nível e escala de análise. Na abordagem sociológica os estudos se concentram no nível de indivíduos, famílias ou grupos sociais (ALVES; TORRES, 2006) e nas suas condições socioeconômicas e demográficas.

A geografia, embora também considere essas condições, se diferencia principalmente por considerar as características do espaço e/ou o lugar na abordagem da vulnerabilidade, em escalas que podem variar na escala de bairro a país. Como ambas as análises são geralmente pautadas na disponibilidade de recursos como renda, educação, habitação, acesso à informação entre outros, e nas estratégias que os indivíduos ou famílias dispõem para enfrentar os impactos que as afetam (ALVES; TORRES, 2006), a vulnerabilidade é frequentemente utilizada como um sinônimo de pobreza (MOSER, 1998).

De acordo com Moser (1998, p. 3), apesar de existir uma associação entre elas, elas não são a mesma coisa. A autora argumenta que as medidas de pobreza são geralmente fixadas no tempo, o que torna a pobreza um conceito essencialmente estático, enquanto a vulnerabilidade é mais dinâmica e pode captar melhor as variações de entrada e saída das pessoas da pobreza. Segundo Cutter, Boruff e Shirley (2003), como as perdas variam geograficamente, a vulnerabilidade também varia no tempo e no espaço. Em outras palavras, a vulnerabilidade é mais sensível em capturar as mudanças sociais de curto prazo.

Além disso, Moser (1998) ressalta que embora as pessoas pobres normalmente estejam entre os mais vulneráveis, nem todos os vulneráveis são pobres. Talvez a

ocorrência de tal confusão se deva ao fato de os estudos de vulnerabilidade social utilizarem os mesmos indicadores demográficos, econômicos e sociais para sua mensuração sem fazer a necessária distinção conceitual desses termos. Para essa autora, as definições de vulnerabilidade devem considerar duas dimensões “sua *sensibilidade* (a magnitude de resposta de um sistema a um evento externo) e sua *resiliência* (a facilidade e rapidez de recuperação do sistema de um estresse)” (grifo da autora).

No cenário latino-americano dos estudos sociológicos, surge outra tendência para a análise da vulnerabilidade, pautada em um contexto teórico-metodológico distinto, mas relacionado com a visão até então empregada sobre risco e vulnerabilidade (MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN, 2005). Trata-se da vulnerabilidade sociodemográfica. Essa tendência não considera a vulnerabilidade como um conceito teórico, mas sim como uma abordagem analítica (CEPAL, 2002<sup>2</sup> apud MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN, 2005).

Essa abordagem vai na contramão do que foi apontado por Moser (1998), centrando a sua abordagem analítica da vulnerabilidade nas discussões sobre desigualdades sociodemográficas a partir da ênfase na pobreza e na exclusão social. Outra característica dessa tendência é o estudo e a identificação de grupos vulneráveis, relativos àqueles que apresentam especificidades que os tornam suscetíveis aos riscos (MARANDOLA JÚNIOR; HOGAN, 2005).

Nesse interim, a pobreza, a desigualdade e a mobilidade social são os temas motivadores das pesquisas nesse âmbito. Para a Cepal (2002, p. 1) apud Marandola Júnior e Hogan (2005, p. 42), a vulnerabilidade é constituída por três componentes: o risco (endógeno ou exógeno), a incapacidade de resposta à situação, seja por causa da ineficiência de suas defesas ou pela ausência de recursos que lhe deem suporte, e a inabilidade de se adaptar à situação gerada pela materialização do risco.

Para Kaztman e outros autores a vulnerabilidade pode ser aplicada para ajudar na explicação do fenômeno da pobreza (KAZTMAN et al. 1999<sup>3</sup> apud MARANDOLA JUNIOR; HOGAN 2005). Como contribuição a esse processo eles propuseram outra concepção chamada de ativos e estrutura de oportunidades. Tais ativos são entendidos como:

---

<sup>2</sup> COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE – CEPAL. **Sociodemographic vulnerability: old and new risks for communities, households and individuals. Summary and conclusions.** Brasília: UNA, 2002a.

<sup>3</sup> KAZTMAN, R., BECCARIA, L., FILGUEIRA, F.; GOLBERT, L. e KESSLER, G. **Vulnerabilidad, activos y exclusión social en Argentina y Uruguay.** Santiago de Chile: OIT, 1999 [Documento de Trabajo, 107].

uma estrutura profunda de recursos (capitais humano, social e físico) distribuídos desigualmente numa sociedade em diversos lugares. A distribuição desses ativos, as estratégias dos lugares para utilizá-los e as trocas que determinam a produção dos ativos, bem como o acesso diferenciado a eles, constituem a base analítica para o estudo da pobreza (MARANDOLA JUNIOR; HOGAN 2005, p. 42).

Apesar dos ativos serem bem direcionados para a pobreza, eles podem favorecer a análise da vulnerabilidade social através da sua apropriação pela população, ou seja, aqueles que tiverem bem servidos dessa estrutura tenderão a ter maior capacidade de resposta pelo acesso aos recursos, diminuindo sua vulnerabilidade, mas caso tenha pouco acesso a esses ativos, sua vulnerabilidade será maior.

Mais claramente os autores explicam que a vulnerabilidade nesse contexto seria a “menor disponibilidade, acesso ou capacidade de manejo desses ativos, componentes de uma dada estrutura de oportunidades (na qual se encontram os ativos), em que se aprofundam as desigualdades sociais, condicionando muitas vezes à marginalidade e à exclusão” (KAZTMAN *et al* (1999) apud MARANDOLA JUNIOR; HOGAN 2005).

Essa interpretação é a que mais se aproxima dos conceitos de vulnerabilidade social utilizados na tradição da Geografia. Nesta ciência, em geral, ela é definida como a capacidade que indivíduos, grupos ou sociedade possuem de serem impactados, absorverem e responderem a eventos perigosos (CUTTER, 1996, 2011), identificando as características da população que aumentam ou diminuem essa de resposta e recuperação diante de um acontecimento perigoso ou de um desastre. Para Cutter, Boruff e Shirley (2003, p. 243)

Social vulnerability is partially the product of social inequalities—those social factors that influence or shape the susceptibility of various groups to harm and that also govern their ability to respond. However, it also includes place inequalities—those characteristics of communities and the built environment, such as the level of urbanization, growth rates, and economic vitality, that contribute to the social vulnerability of places (CUTTER; BORUFF; SHIRLEY, 2003).

A concepção de vulnerabilidade do lugar foi proposta por Cutter (1996) como um meio de unificar pontos de vista sobre o ambiente físico e social e para abrir espaço para diversas aplicações metodológicas no que ela denomina de ciência da vulnerabilidade (CUTTER, 2003, 2011).

Vulnerability science helps us understand those circumstances that put people and places at risk and those conditions that reduce the ability of people and places to respond to environmental threats. Vulnerability science provides a basis for risk, hazard, and disaster reduction policies. It integrates the constructs of risk (exposure), hazard, resilience, differential susceptibility, and recovery/ mitigation. It parallels sustainability science (National Research Council 1999b; Kates et al. 2001) and employs many of the same concepts (susceptibility, resistance, resilience, and adaptation), but applies them more locally in trying to understand environmental risks and hazards and their adverse impacts (CUTTER, 2003, p. 6).

Assim, a vulnerabilidade é concebida “tanto como um risco biofísico como uma resposta social, mas dentro de uma área ou domínio geográfico específico. Pode ser o espaço geográfico, onde pessoas e lugares vulneráveis estão localizados, ou espaço social, quem nesses locais é mais vulnerável” (CUTTER, 1996). Nessa concepção, a interação entre os elementos naturais e os aspectos sociais produzem a vulnerabilidade do lugar (CUTTER; BORUFF; SHIRLEY, 2003).

Ela ainda insere um caráter espacial para a vulnerabilidade onde essa interação deve ser analisada, considerando desde um bairro a um país, o que pode permitir a comparação entre unidades geográficas. O conhecimento geoespacial e a investigação com bases nos lugares são princípios da ciência da vulnerabilidade, uma vez que todos os desastres são locais e as respostas imediatas também (CUTTER, 2011).

Essa abordagem acrescenta algumas questões importantes às noções de vulnerabilidade, como o componente espacial, que é bem mais apresentado e discutido como um elemento importante nas análises do risco e da vulnerabilidade e a distribuição espacial das desigualdades sociais como parte da vulnerabilidade que gera exposições, vulnerabilidades e capacidade de resposta diferentes, ajudando na compreensão da relação existente entre populações vulneráveis e os ambientes naturais vulneráveis (CUTTER, 2011).

Além disso, considera os sistemas construídos como as redes urbanas, o transporte, estruturas de proteção costeiras, barragens etc. na interação entre os sistemas naturais e sociais para a produção da vulnerabilidade (CUTTER, 2011). Ressalta ainda a importância de considerar a interseção entre os elementos físicos e sociais da vulnerabilidade, em vez de apenas um ou outro.

Em alguns lugares, a vulnerabilidade física pode ser bastante elevada (por exemplo, nas zonas costeiras), mas se a população residente for rica, com recursos consideráveis para a preparação para e resposta a desastres (o que equivale a menor vulnerabilidade social), a comunidade será capaz de recuperar rapidamente. Se, por outro lado, a comunidade costeira vizinha

(com o mesmo nível de exposição física) apresentar características sociais diferentes (residentes pobres, idosos e pertencentes a minorias), então essa comunidade irá demorar mais tempo a recuperar, uma vez que a capacidade dos seus habitantes para absorver as perdas e recuperar é também mais limitada (CUTTER, 2011, p. 64).

Desse modo, essa percepção é mais integradora e geográfica e pode favorecer uma avaliação da vulnerabilidade na sua dimensão total. Para atingir isso, no entanto, é preciso uma aproximação cada vez multidisciplinar devido à complexidade dos fatores que condicionam a vulnerabilidade em suas múltiplas dimensões – individual, coletiva, espacial, o que requer esforços da Geografia, da Sociologia, da Demografia, das Engenharias e das mais diversas áreas que se ocupam dessa investigação.

Não se chegou a um consenso universal sobre o conceito de vulnerabilidade, mas tem se caminhado para compreender esse fenômeno cada vez mais. Muitas outras percepções surgiram nesse processo, às vezes cunhando uma nova abordagem, outras ressignificando antigos conceitos. Outros termos como vulnerabilidade ambiental e vulnerabilidade socioambiental foram estabelecidos para expressar o mesmo entendimento de Cutter (1996) sobre a interação entre elementos naturais com fatores sociais, reconhecendo, assim como nas análises de risco, que a relação entre sociedade e natureza é indissociável e só possível compreendê-las quando consideradas em conjunto.

Há muitos outros conceitos e percepções de vulnerabilidade, alguns foram sintetizados no (Quadro 2) para retratar como os pesquisadores têm interpretado a vulnerabilidade em suas análises. Por ora, consideramos pertinente concentrar nossas reflexões nas abordagens acima apresentadas por serem as que mais discutiram seu conceito, principalmente no âmbito de suas Ciências, também tiveram em vista definir um conceito que possibilitasse a sua operacionalização em outras áreas. Elas, portanto, influenciaram muito os conceitos recentes na literatura nacional sobre o tema.

Neste trabalho compreendemos a vulnerabilidade social tal como preconizada na Geografia, isto é, como a capacidade de grupos ou sociedade serem impactados, absorverem e responderem a eventos perigosos (CUTTER, 1996). Também vemos na abordagem de ativos de Kaztman et al (1999) uma forma de operacionalizar essa análise da vulnerabilidade, por meio da qual é possível empregar indicadores e variáveis sociais, econômicas e demográficas que podem representar as condições em que vive uma sociedade.



Ao analisar a oferta de determinados recursos a partir da ótica da estrutura de ativos, pode-se compreender como sua distribuição, disponibilidade e acesso gera diferentes respostas da população e diferentes níveis de vulnerabilidade. Quando um grupo está exposto a um alto impacto (risco) e possui baixo ou nenhum acesso à estrutura de ativos, ele provavelmente terá baixa capacidade de absorver e responder rapidamente a esse impacto em comparação à um grupo que, embora esteja exposto ao mesmo risco, tenha mais acesso aos ativos.

Quadro 3 – Alguns conceitos de vulnerabilidade mais utilizados. (Continua).

AUTORIA	CATEGORIA	CONCEITO	ÁREA
<b>ALVES (2006)</b>	Vulnerabilidade Socioambiental	Coexistência ou sobreposição espacial entre grupos populacionais muito pobres e com alta privação (vulnerabilidade social) e áreas de risco ou degradação ambiental (vulnerabilidade ambiental).	Ciências Sociais
<b>ALVES; TORRES, 2006</b>	Vulnerabilidade Socioambiental	Essa categoria pretende integrar as dimensões social e ambiental. A noção de vulnerabilidade social é baseada em Moser (1998) e Kztzman et al. (1999), enquanto a de vulnerabilidade ambiental é baseada em Cutter (1994; 1996).	Ciências Sociais
<b>VEYRET; RICHEMOND, (2007)</b>	Vulnerabilidade	A vulnerabilidade concerne às perdas possíveis e permite, por exemplo, exprimir a capacidade de resistência das construções diante do fenômeno físico ou de processos como explosão ou incêndio na esfera industrial. Fatores socioeconômicos frequentemente aumentam a vulnerabilidade das populações ameaçadas. [...] Ser vulnerável é estar fisicamente exposto a uma área (natural ou outra), é apresentar certa fragilidade diante do sinistro (em razão, por exemplo, de uma má qualidade das construções, de um desconhecimento da área, de elevadas densidades humanas, da estrangulação das redes de serviços...). É de igual modo, não ter em vista os meios disponíveis para enfrentar a crise que pode sobrevir.	Geografia
<b>DESCHAMPS (2008)</b>	Vulnerabilidade	[...] vulnerabilidade implica risco, fragilidade ou dano. Três situações são necessárias para que se produza um dano: um evento potencialmente adverso, ou seja, um risco, que pode ser exógeno ou endógeno; incapacidade de responder positivamente diante de tal contingência; e impossibilidade para adaptar-se ao novo cenário gerado pela materialização do risco.	Economia/ Demografia

Quadro 3 – Alguns conceitos de vulnerabilidade mais utilizados. (Conclusão).3

AUTORIA	CATEGORIA	CONCEITO	ÁREA*
<b>MONTEIRO (2011)</b>	Vulnerabilidade Social	A vulnerabilidade social se constitui como construção social, enquanto produto das transformações societárias, assumindo diferentes formas de acordo com os condicionantes históricos. Essas transformações acabam por desencadear fundamentais mudanças na esfera da vida privada, acentuando fragilidades e contradições. [...] a compreensão de vulnerabilidade deve ser compreendida a partir da relação dialética entre externo e interno. O externo refere-se ao contexto de referência, já o interno pauta-se em características básicas de indivíduos, grupos, lugares ou comunidades.	Ciências Sociais
<b>CIDADE (2013)</b>	Vulnerabilidade Socioespacial	A compreensão da autora remete-se à vulnerabilidade do lugar de Cutter (1996). Tal concepção introduz “uma expressão da articulação dos temas da vulnerabilidade de cunho ambiental, social e espacial, com uma perspectiva de análise interdisciplinar. Poderia ser considerada como relativa à vulnerabilidade sob uma ótica socioespacial”. Especificamente seria a vulnerabilidade no espaço geográfico (onde pessoas e lugares vulneráveis estão localizados).	Planejamento Urbano e Regional/ Geografia

\*Área de formação ou atuação dos autores. Organização: a autora.

### 3.3. A dengue

A dengue é uma doença febril aguda causada por um arbovírus da família *Flaviviridae*, pertencente ao gênero *Flavivírus* (FIOCRUZ, 2019). Os arbovírus são vírus que infectam artrópodes vetores como os mosquitos e são transmitidos por eles por meio da picada. No caso da dengue, os mosquitos vetores que transmitem a doença pertencem ao gênero *Aedes* e subgênero *Stegomyia*, notadamente o *Aedes aegypti* e o *Aedes albopictus* (OLIVEIRA, 2015).

Há quatro sorotipos do vírus da dengue denominados DENV-1, DENV-2, DENV-3 e DENV-4. A suscetibilidade à dengue em humanos é universal (LAI et al., 2015). Devido aos sorotipos serem antigeneticamente distintos, uma pessoa ao ser infectada por um dos sorotipos se torna imune apenas a ele (BRASIL, 2019), o que a torna ainda suscetível aos demais. Pode ocorrer uma imunidade cruzada para outro sorotipo, mas é temporária (TAUIL, 2001; BRASIL, 2002). Todos eles podem causar a dengue tanto em sua forma clássica como em outras mais graves, como a febre hemorrágica (FIOCRUZ, 2019).

A transmissão da dengue ocorre pela picada de uma fêmea de *Ae. aegypti* ou *Ae. albopictus*, infectada através do ciclo homem – mosquito – homem (GUBLER, 2011; BRASIL, 2002). Nesse ciclo, a fêmea é infectada ao se alimentar com o sangue de uma pessoa que possui um dos quatro sorotipos do vírus. Após a picada, o vírus irá se replicar e espalhar por todo o organismo do mosquito em um período que varia de 8 a 12 dias (BRASIL, 2002). Terminada a replicação viral, a fêmea está apta a transmitir o vírus para o ser humano, o que ocorre a partir de um novo repasto sanguíneo. O tempo para manifestação dos primeiros sintomas da dengue como febre, dor de cabeça e mal-estar varia entre 2 a 10 dias (BRASIL, 2019).

Apesar da fêmea do *Ae. albopictus* também transmitir o vírus, o vetor responsável pelo grande número de infecções de dengue no mundo é o *Ae. aegypti* devido ao ciclo urbano da doença, já que os espaços urbanos são os locais preferenciais dessa espécie (KRAEMER et al., 2015b), enquanto a espécie do *Ae. albopictus* prefere espaços rurais e áreas com maior quantidade de vegetação (OLIVEIRA, 2015). Em algumas regiões, no entanto, ele é pode ser o vetor responsável pelas transmissões da dengue, como é o caso de algumas províncias da China (LAI et al., 2015). Mas em geral, ele é considerado um vetor secundário para os vírus da dengue, pois comparado ao *Aedes aegypti*, ele é um vetor de arboviroses menos competente (REZZA, 2012).

Atualmente, já foram identificadas outras formas de transmissão, por exemplo, através de transfusão sanguínea (BRASIL, 2019) e por meio de relação sexual sem proteção (GÜELL, 2019). A dengue é a infecção provocada por arbovírus mais prevalente no homem, causando entre 50 a 100 milhões de infecções sintomáticas anualmente no mundo inteiro (KRAEMER et al., 2015b; STANAWAY et al., 2016). Outras estimativas sugerem que sejam infectadas por ela aproximadamente 390 milhões de pessoas (BHATT et al, 2013; ZELLWEGER et al., 2017).

Tal situação somada a sua distribuição geográfica cada vez mais crescente tornaram a dengue um problema de saúde pública global. De acordo com Brady et al. (2012), a transmissão da dengue ocorre em mais de 120 países, a maioria deles com clima tropical e subtropical aptos a presença do vetor, o que coloca a população de aproximadamente 4 bilhões de pessoas que estão nessas áreas em situação de risco. O reconhecimento dessas áreas deve-se em grande parte a disponibilização pública do número de casos de dengue feita pelos países, o que ajuda a compreender a situação global das infecções por dengue.

Os países da Ásia e das Américas são os que mais possuem dados de casos de dengue disponíveis publicamente, correspondendo a 55% e 57% respectivamente, do total global (BRADY et al., 2012). Em alguns desses países a presença da dengue está bem documentada, o que pode ser um reflexo da presença histórica da dengue e do *Ae. aegypti* em ambos os continentes. Nos países asiáticos, ações de controle vetorial começaram a ser implementadas em 1964 como uma forma de controlar a dengue (BRAGA; MARTIN, 2015).

No continente americano, no entanto, a dengue ainda não havia se tornado um problema de saúde, a preocupação principal nessa época era a Febre Amarela Urbana (FAU), também causada pelo *Aedes aegypti* (BRAGA; MARTIN, 2015). Diante da situação epidêmica que assolava vários países, diversos programas de erradicação do mosquito vetor foram realizados nas décadas de 1940 e 1950, chegando a alcançar a sua eliminação de quase toda a América.

No entanto, devido a deterioração desses programas nas décadas de 1970 e 1980 com redução das ações de prevenção e controle, houve a reintrodução do *Ae. aegypti* nos países que haviam alcançado a sua erradicação (BRAGA; MARTIN, 2015). Tal interrupção acarretou sérias consequências para a dengue na América.

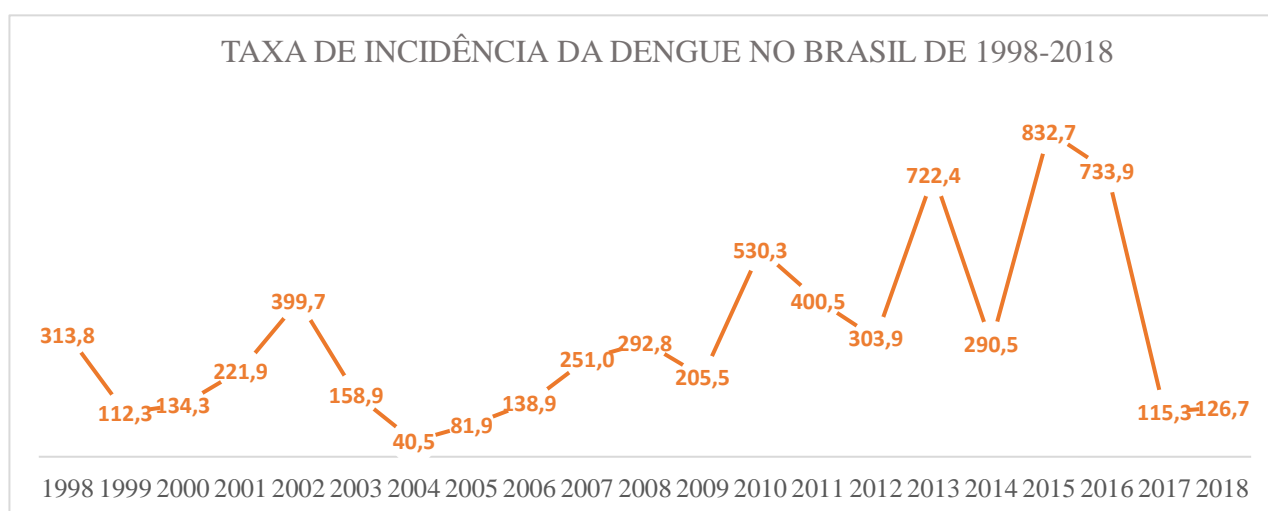
No Brasil aconteceu um processo parecido com o ocorrido nos demais países americanos. Várias medidas para a erradicação do *Ae. aegypti* foram sistematizadas e

adotadas desde o início do século XX. Após sucessivas tentativas de eliminação do vetor, o Brasil obteve êxito em 1955 e em 1958 foi reconhecido oficialmente como país livre do *Ae. aegypti*. O combate a FAU acabou impactando a transmissão da dengue, que até o início daquele século não era um problema de saúde no Brasil (BRAGA; MARTIN, 2015).

Porém, como ocorrido nos demais países americanos, houve descontinuidade das ações de combate e controle ao vetor, resultando na sua reinserção no Brasil. Inicialmente, ele foi detectado no Pará em 1967, no Maranhão em 1969 e no Rio Grande do Norte e Rio de Janeiro em 1976 (BRAGA; MARTIN, 2015). Apesar da implementação de medidas como o Programa Nacional de Controle da Febre Amarela e Dengue e o Plano de Erradicação do *Aedes aegypti* (PEAa), a eliminação do vetor não foi possível como outrora e isso acabou levando ao reconhecimento de que essa meta era inviável. Essa constatação ficou evidente no Ajuste Operacional do PEAa. Em 2001, o Brasil deixou oficialmente de buscar a erradicação do *Ae. aegypti* e focou suas medidas em ações de controle vetorial (BRAGA; MARTIN, 2015).

Nos últimos anos, a dengue está amplamente distribuída no território brasileiro. Apenas para o primeiro semestre de 2013, por exemplo, foi registrado quase 1,5 milhão de casos (FERREIRA; CHIARAVALLOTI NETO; MONDINI, 2018). Naquele ano o Brasil registrou a terceira maior taxa de incidência da dengue (Gráfico 1).

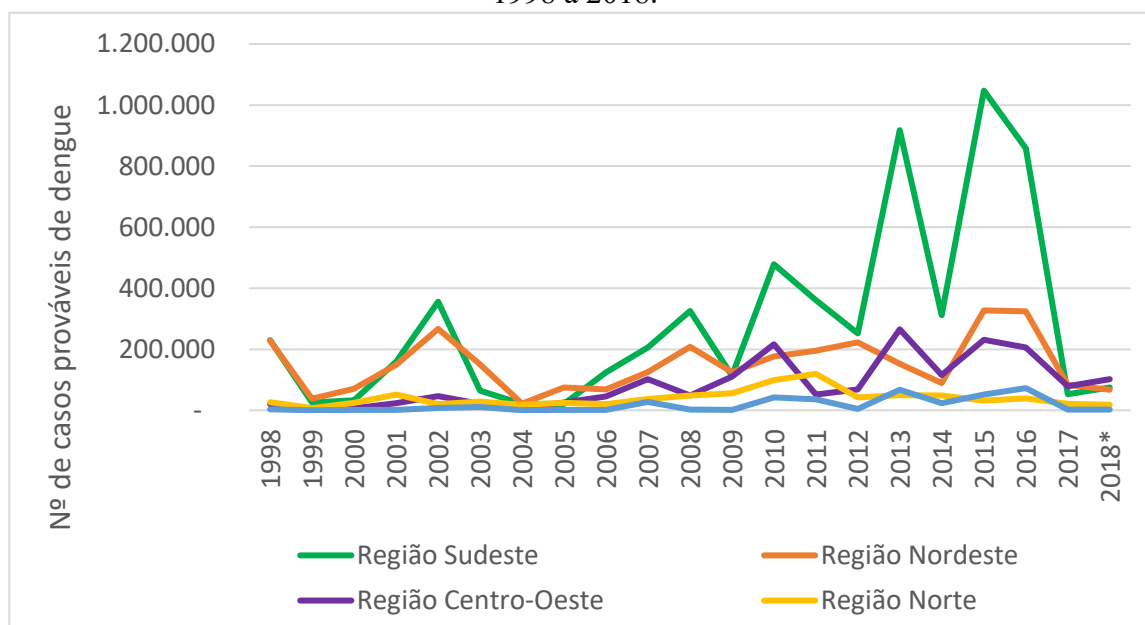
Gráfico 1 – Taxa de incidência da dengue por 100.000 habitantes no Brasil no período de 1998 a 2018.



Fonte: Ministério da Saúde/SINAN NET/SINAN Windows/ SINAN Online (2019).

Até o mês de agosto de 2019 foram registrados 1.439.471 casos em todo o país, um crescimento de 599,5% em relação ao mesmo período de 2018 (205.791) (BRASIL, 2019). Entre as regiões brasileiras, a região sudeste tem se destacado desde 2010 com o maior número de casos de dengue, seguida pela região Nordeste (Gráfico 2). Mas em relação a taxa de incidência, é a região Centro-Oeste que possui o maior crescimento, seguida pelas regiões Sudeste e Nordeste (Gráfico 3).

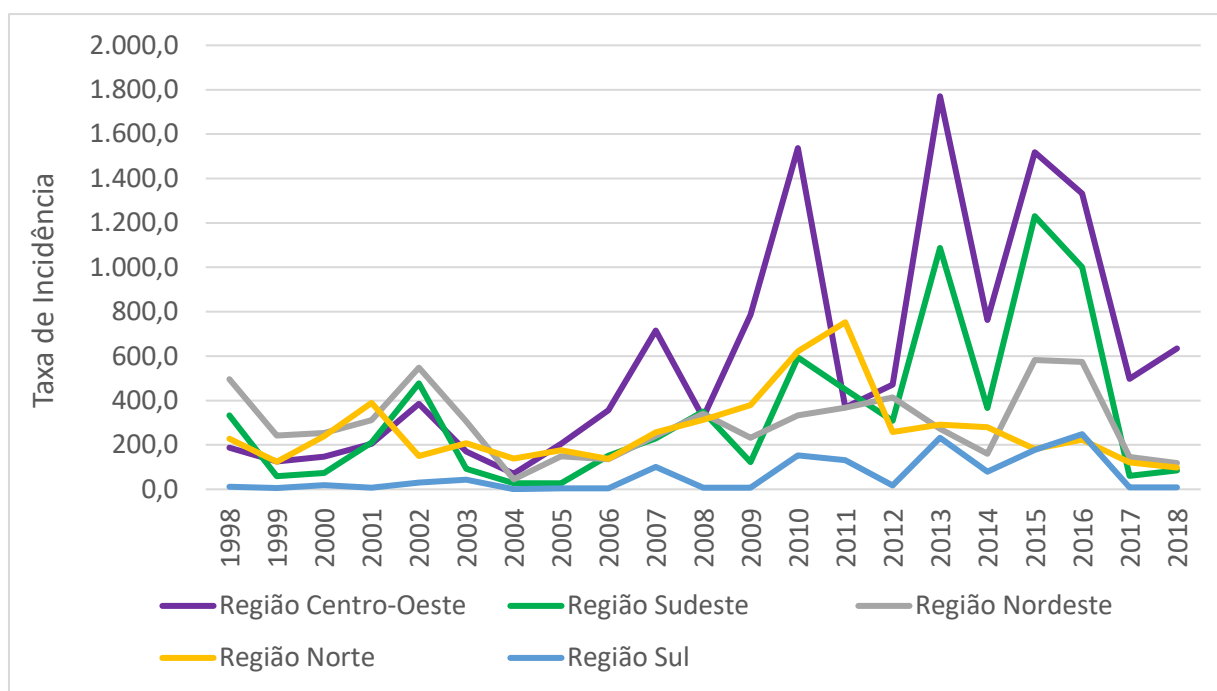
Gráfico 2 – Número de casos prováveis de dengue por região brasileira no período de 1998 a 2018.



Fonte: Ministério da Saúde/SINAN NET/SINAN Windows/ SINAN Online (2019). \*Dado sujeito a alteração pelo Ministério da Saúde.

A dengue está presente em todos os estados da federação e em mais de 3.000 municípios (CÂMARA et al., 2007). Dentre os estados da região Nordeste, o estado do Maranhão registrou aumento no número de casos de dengue em 2019, mas apesar disso, ele possui a menor incidência da região (49,7) (Gráfico 3) (GLOBO, 2019), situação bem diferente de décadas anteriores aonde chegou a representar 29% dos casos registrados no Brasil (REBÊLO et al., 1999). Em São Luís, a primeira epidemia por dengue ocorreu em 1996 com 4.641 casos notificados (GONÇALVES NETO; REBÊLO, 2004). Desde então, esse município tem experimentado epidemias da doença continuamente e é considerado como área endêmica de dengue.

Gráfico 3 – Taxa de incidência da dengue por 100.000 habitantes por região brasileira no período de 1998 a 2018.



Fonte: Ministério da Saúde/SINAN NET/SINAN Windows/ SINAN Online (2019).

A introdução do *Aedes aegypti* em São Luís ocorreu em 1969, mas só despertou a atenção dos órgãos públicos em 1995, quando foi detectada o primeiro caso de febre hemorrágica da dengue. A partir desse ano foram realizadas ações com iniciativa do Ministério da Saúde para combater o vetor no município, no entanto, os resultados não foram satisfatórios (FERNANDES et al., 2013; GONÇALVES NETO; REBÊLO, 2004).

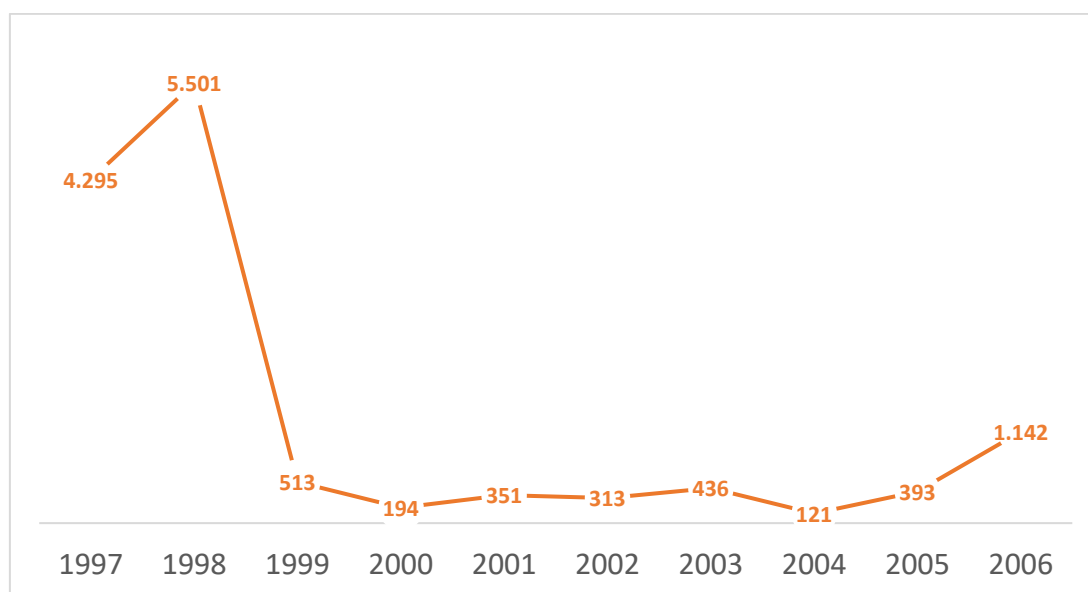
Nos anos de 1997 e 1998 foram registrados os maiores números de casos, com taxas de incidência (por 100 mil habitantes) de 536,6, e 607,0, respectivamente. Esse quadro de incidência está de acordo com o observado para a região Nordeste e para o Brasil para o mesmo período, que também apresentaram elevadas taxas de incidência da doença (GONÇALVES NETO; REBÊLO, 2004).

Entre 1999 e 2005 a quantidade de casos notificados variou, mas manteve-se relativamente baixa em comparação com 1997 e 1998, voltando a aumentar em 2006 (Gráfico 4). Essa variação entre períodos de picos e declínios pode ser determinada tanto pelas condições propícias ao desenvolvimento do vetor, como as ambientais, sociais e urbanísticas, como também pelos diferentes sorotipos do vírus em circulação que interferem na magnitude das epidemias (BRAGA; MATIN, 2015; FERREIRA; CHIARAVALLOTI NETO; MONDINI, 2018).



Em São Luís já foram isolados os quatro sorotipos da dengue, que circulam alternadamente. A entrada de um dos sorotipos após um período ausente aumenta a exposição da população à infecção (GONÇALVES NETO; REBÊLO, 2004). Além disso, a cocirculação dos diferentes sorotipos do vírus potencializam o surgimento de formas mais graves da doença (CARVALHO et al., 2016).

Gráfico 4 – Total de casos de dengue no município de São Luís, Maranhão no período de 1997-2006<sup>4</sup>.



Fonte: Adaptado de GONÇALVES NETO; REBÊLO (2004); DATASUS/SINAN (2019).

Embora várias ações de controle vetorial e prevenção de epidemias tenham sido realizadas desde os primeiros surtos, ainda persistem números elevados de casos de dengue e de infestação do *Aedes aegypti* no município, denotando baixa efetividade dessas medidas. A infestação do mosquito tem sido registrada continuamente, o que demonstra a permanência e indica a expansão do vetor nessa área. Apesar dos esforços empenhados, a dengue e o *Aedes aegypti* ainda perduram como um sério problema de saúde pública em São Luís.

### 3.3.1. Aspectos biológicos do *Aedes aegypti*

<sup>4</sup> Os dados para o período de 1997-2000 foram obtidos de GONÇALVES NETO e REBÊLO (2004) e os dados referentes ao período de 2001-2006 foram obtidos do Ministério da Saúde/SVS - Sistema de Informação de Agravos de Notificação – Sinan.

O *Aedes aegypti* é um mosquito originário da África, descoberto no Egito. Geograficamente está distribuído pela maior parte das áreas tropicais e subtropicais da África, Ásia, Américas e Oceania (OLIVEIRA, 2015; GONÇALVES, 2014). É um mosquito sinantrópico que está presente essencialmente nas áreas urbanas e periurbanas, cujas alterações antrópicas e grande concentração populacional permitiram a sua adaptação e proliferação, por isso é raro encontrá-lo em áreas rurais (OLIVEIRA, 2015).

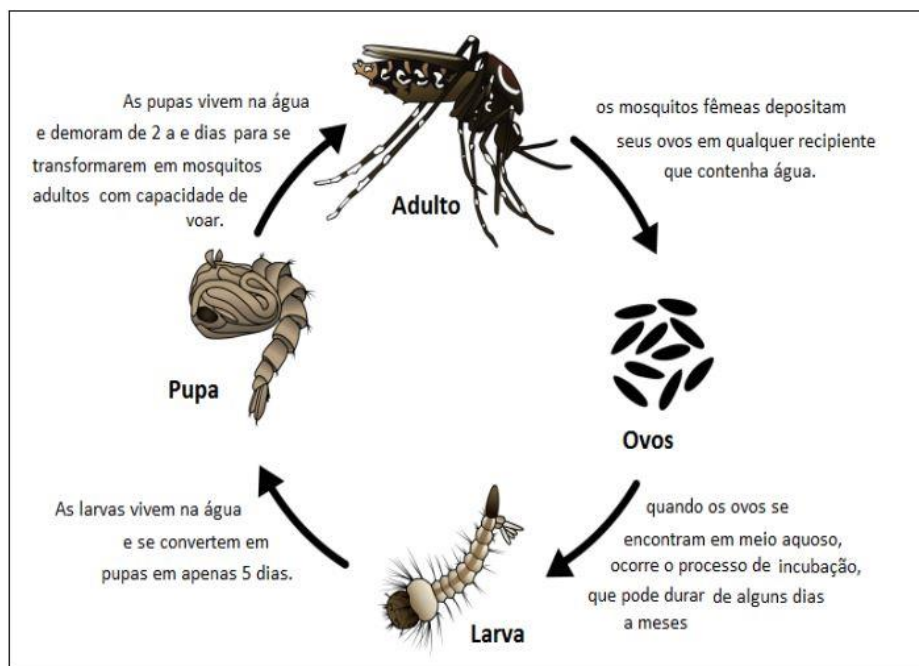
Ele pertence ao gênero *Aedes* e subgênero *Stegomyia*. Seu ciclo de desenvolvimento biológico compreende quatro estágios: ovo, larva (quatro estágios), pupa e adulto (Figura 2) (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994). O ciclo começa quando a fêmea deposita seus ovos na parede interna e úmida de um recipiente com água parada, onde eles permanecem durante toda a embriogênese e eclosão da larva (OLIVEIRA, 2015). O tempo de conclusão da embriogênese dura em torno de 2-3 dias com temperatura ambiente acima de 25°C, mas se a temperatura estiver abaixo de 20°C ou acima de 35°C ela leva mais tempo para ser concluída (FARNESI et al., 2009).

Após a conclusão da embriogênese, os ovos podem eclodir assim que forem submersos na água. Caso isso não seja imediatamente possível, graças a resistência de dessecação dos ovos, eles podem ficar em latência durante várias semanas ou até mesmo mais de um ano até que haja disponibilidade de água, desde que haja boas condições ambientais de temperatura e umidade do ar (FIOCRUZ, 2019; HALSTEAD, 2008). Após a eclosão dos ovos se inicia a fase aquática com quatro estágios larvários. Durante esse período:

[...] a quantidade de alimento *per capita*, a densidade larval, a temperatura ambiente e o volume da água influenciarão a taxa de sobrevivência das larvas, sua velocidade de desenvolvimento, o percentual que conseguirá se transformar em pupa, o tamanho e peso das pupas formadas e dos adultos emergidos delas (OLIVEIRA, 2015).

Concluído os quatro estágios larvários e se as condições de temperatura estiverem em torno de 26°C a 28°C, todas as larvas pupam em até 10 dias (FIOCRUZ, 2019). A duração da fase de pupa depende principalmente da temperatura. Se forem mantidas aquelas condições, essa etapa é concluída em 2 dias e o mosquito adulto está pronto para emergir. Nesse estágio, a taxa de mortalidade é praticamente zero. Após atingir a forma adulta os mosquitos voam em busca de um abrigo que seja úmido e protegido do vento e da luz (OLIVEIRA, 2015).

Figura 2 – Ciclo de desenvolvimento biológico do *Aedes aegypti*.



Fonte: Instituto Oswaldo Cruz, 2019.

Embora possa se alimentar de açúcares de origem vegetal, as fêmeas do *Aedes aegypti* preferem se alimentar de sangue humano e costumam realizar mais de uma alimentação durante cada ciclo gonotrófico (ciclo de desenvolvimento ovariano) (HALSTEAD, 2008; OLIVEIRA, 2015), por isso possui preferência por se abrigar dentro ou próximo dos domicílios, onde há bastante circulação humana. Normalmente, a alimentação é realizada no amanhecer e entardecer, mas ela pode ser feita a qualquer momento do dia.

Caso a pessoa que está sendo picada possua algum sorotipo do vírus, a fêmea será infectada no ato da ingestão do sangue. A partir de então tem início a infecção do vírus no mosquito, que começa pelo intestino médio e se reproduz paulatinamente por todo o seu organismo. Assim, durante sua próxima alimentação, a pessoa que está sendo picada será infectada por meio da introdução da saliva da fêmea de *Aedes aegypti* contaminada pelo vírus (HALSTEAD, 2008; OLIVEIRA, 2015).

As fêmeas só param de picar quando estão com o estômago completamente cheio, algo necessário para o desenvolvimento ovariano e subsequente gravidez. Desse modo, se não houver sucesso na primeira alimentação, elas podem realizar múltiplas refeições picando a mesma pessoa ou pessoas diferentes, até ficarem totalmente alimentadas, proporcionando assim o aumento de transmissão do vírus da dengue (OLIVEIRA, 2015).

Assim que engravidar, a fêmea do mosquito vai buscar locais (denominados de sítios de reprodução) para realizar a postura dos ovos. Esses locais devem oferecer condições que permitam o desenvolvimento da prole. Os ovos podem ser colocados no mesmo foco de reprodução ou serem distribuídos em vários locais. Entre os recipientes mais procurados estão os que possuem fundo escuro e estão sombreados (OLIVEIRA, 2015). Nos espaços urbanos há grande disponibilidade de materiais artificiais que são utilizados como locais de reprodução como caixas d'água, pneus, garrafas, tonéis, vasos e pratos de planta, tampas de garrafas etc.

O tamanho do recipiente escolhido tem grande importância sanitária tanto em razão da quantidade de mosquitos que serão gerados (como a disponibilidade matéria orgânica *per capita*) como pela duração do depósito como foco de reprodução. Os recipientes pequenos, por exemplo, dependem da chuva e exigem dos mosquitos um desenvolvimento rápido para aproveitar a água antes que ela evapore por completo. Esses recipientes são do tipo transitório (OLIVEIRA, 2015).

Reservatórios maiores como caixas d'água e tonéis são os mais preocupantes, pois há maior quantidade de alimento, o que significa menor competição entre as larvas, além de água disponível permanentemente, não limitando o seu desenvolvimento a um único período, ou seja, mesmo durante a estiagem o mosquito terá condições de se reproduzir continuamente, transformando esses locais em focos de reprodução permanentes ou duradouros. Tais locais, assim como os ambientes que os abrigam, precisam ser monitorados e investigados com frequência para impedir tanto a consolidação como a expansão de áreas de reprodução do vetor.

Como evidenciado, a dinâmica do *Aedes aegypti* está intimamente associada a fatores sociais e ambientais como a temperatura, a precipitação e a condição dos espaços urbanos. O seu desenvolvimento biológico tem se adaptado crescentemente à interação desses elementos, desafiando gestores e pesquisadores a encontrar meios de contê-lo, especialmente pelo avanço da sua expansão geográfica.

A América do Sul, comparativamente aos outros continentes, é a que mais tem registrado o *Ae. aegypti* em termos de frequência e quantidade. Mais recentemente, a partir dos anos 2000, o Taiwan despontou com contínuas e elevadas quantidades de vetores (BRADY et al., 2012). O Brasil aparece como um dos países que mais registrou a ocorrência de *Aedes aegypti*, cuja presença se tornou contínua a partir da década de 1980. Fazendo um comparativo com outros países, o Brasil além de ter a presença constante do vetor, também apresenta maior quantidade de infestação. Outras regiões

registraram uma quantidade maior do mosquito, mas tais registros foram pontuais (tempo), como alguns países da África (BRADY et al., 2012).

Diante das mais recentes ameaças à saúde como as arboviroses Zika vírus (ZIKV) e Chikungunya (CHIKV), ambas transmitidos pelo *Ae. aegypti*, além de necessárias, as medidas de intensificação do controle vetorial são urgentes, pois mesmo em áreas que eram consideradas livres de sua presença já estão tendo indícios de sua ocorrência, como em partes da Europa (LETA et al, 2018). Como o homem é hospedeiro dos vírus, a disponibilidade dos vetores viabiliza a transmissão autóctone da dengue.

### 3.3.2. *Os fatores condicionantes do Aedes aegypti*

O potencial iminente da expansão do *Aedes aegypti* tem levado pesquisadores de todo mundo a tentar compreender mais como essa expansão ocorre, quais são os preditores mais influentes, mais determinantes e importantes para que esse vetor alcance tamanha difusão.

Seria o clima, as condições socioeconômicas de uma população ou lugar, ou mesmo o rápido avanço da urbanização e da globalização com seus intensos, constantes e rápidos fluxos de mercadoria e viajantes os responsáveis por tal avanço? Ou ainda as transformações no modo de vida moderno?

Tratando-se da dengue e do *Aedes aegypti* pode-se dizer que essa é uma relação dinâmica entre tais fatores e a condição biológica e evolutiva do vetor. Nesta seção são abordados dois aspectos relevantes para a reprodução e proliferação do vetor: as condições ambientais e as características socioeconômicas.

### 3.3.3. *As relações entre clima e Aedes aegypti: qual o impacto do clima sobre o vetor?*

O clima é um regulador que exerce grande impacto sobre a transmissão da dengue. Embora seja consensual que alguns elementos exercem influência sobre o agente transmissor como a temperatura, ainda não está totalmente claro como esse impacto ocorre sobre a transmissão dos vírus da dengue (CAMPBELL et al., 2015). Dentre os fatores climáticos, a temperatura, a precipitação e a umidade relativa do ar são os mais utilizados para analisar a associação entre clima e a incidência de dengue ou entre o clima e o *Aedes aegypti*.

Por ser uma espécie ectotérmica, o *Aedes aegypti* é totalmente dependente da temperatura ambiente e ela desempenha um papel importante junto com a umidade do ar e a precipitação em vários aspectos biológicos do vetor, como no seu desenvolvimento, na sua alimentação e sobrevivência (CAMPBELL et al., 2015; FOUQUE et al., 2006; LAMBRECHTS et al., 2011). Além de seus impactos na biologia do vetor, a temperatura também desencadeia o processo de replicação viral no organismo do mosquito (AKTER et al., 2017; GLORIA-SORIA et al., 2017).

Campbell e outros pesquisadores (2015) estudaram a influência do clima na transmissão da dengue considerando os padrões climáticos diários locais como potenciais para ocorrência da transmissão do DENV no Peru. Eles consideraram o clima como uma bidimensão “tempo-espaco” composta por temperatura e umidade e concluíram que essa associação (temperatura-umidade) “é um determinante importante e sensível do potencial de transmissão do DENV, regulando a localização, o tempo e a intensidade do risco” (CAMPBELL et al., 2015, p. 4, tradução nossa). Quando analisados separadamente, a temperatura não teve correlação positiva forte com a transmissão do DENV, já a umidade, ainda que tenha tido uma leve correlação, não foi tão forte como a combinação de ambas.

No estudos de Lambrechts *et al.* (2011) a variação diária de temperatura teve impacto na probabilidade de transmissão do vírus. Segundo os autores, em áreas com temperaturas médias menores que 18° C, a probabilidade de transmissão aumenta à medida que a temperatura aumenta. O efeito oposto foi observado nas áreas com temperaturas médias acima de 18°C. Aparentemente, segundo os autores, a exposição do mosquito as temperaturas elevadas pelo menos durante uma parte do dia aumenta a probabilidade de transmissão em áreas com médias de temperaturas mais baixas.

O *Aedes aegypti* é pouco tolerante a baixas temperaturas, mas temperaturas muito altas podem não ser boas para seu desenvolvimento larvário, podendo retardar a embriogênese e mesmo gerar mortalidade das larvas em caso de temperaturas muito extremas (FARNESI et al., 2009). No entanto, se o aumento for moderado, ele pode encurtar a embriogênese e aumentar o seu tempo de vida na forma adulta, uma consequência ruim para a população que ficará suscetível a infecções por mais tempo.

A diminuição do tempo na fase larvária pode ser notada com mais frequência em áreas tropicais com médias constantes de temperatura em torno dos 20-25°C. Em um estudo realizado em Cingapura, as temperaturas elevadas precederam a incidência da dengue em um intervalo de 5-16 semanas e a diminuição da temperatura para menos de

27.8°C favoreceu um intervalo maior de até 20 semanas no risco de incidência da doença (HII et al., 2009). Um comportamento similar ocorreu com a precipitação, cujo declínio possibilitou o aumento do risco de surto da dengue .

Em um experimento com formas imaturas do vetor, os pesquisadores verificaram que o número de larvas coletados nas ovitrampas foi negativamente associado às temperaturas mínimas, mesmo quando elas estavam mais altas (26°C ou mais), o número de larvas diminuiu, enquanto o aumento na temperatura máxima influenciou o incremento de larvas. As temperaturas mais propícias a esse incremento ficaram em torno de 34°C e 35°C, mas quando esses valores aumentavam, ocorria uma associação inversa com o incremento de larvas (ROHANI et al., 2011). Em seus estudos, a temperatura foi o preditor mais significativo para o aumento da população adulta.

Na pesquisa de Ferreira et al. (2017), as temperaturas mínimas de até 20°C foram associadas ao crescimento da população de mosquitos, mas as flutuações acima desse valor não aumentaram nem diminuíram a população, ou seja, após atingir essa temperatura ela se manteve estável. Outra consequência das temperaturas mínimas foi o seu impacto negativo sobre a população de fêmeas adultas do *Aedes aegypti*. Os autores verificaram que temperaturas mínimas diárias de 2°C ou menos durante o inverno eram capazes de diminuir drasticamente a população de mosquitos adultos e inviabilizar os ovos postos, funcionando como contenção para infestação vetorial e transmissão da dengue (FERREIRA et al., 2017). Desse modo, a infestação de fêmeas do mosquito foi alta no verão e baixa no inverno.

Outro efeito da temperatura sobre o mosquito é que ela potencializa a transmissão do vírus do vetor para os humanos, pois em temperaturas elevadas como 32°C, as fêmeas se alimentam com mais frequência, podendo ser mais do que o dobro em relação a uma temperatura de 24°C (HAYES et al., 2000; HII et al., 2009), o que implica em maior número de picadas e interação vetor-humano já que o mosquito pode picar várias pessoas até completar sua alimentação (OLIVEIRA, 2015). Assim, a temperatura é importante tanto para o desenvolvimento do vetor como para a transmissão da dengue.

Além da temperatura, a precipitação e a umidade do ar são outros parâmetros que influenciam o vetor e a doença. Em um trabalho realizado em San Juan, Puerto Rico, a precipitação teve um efeito significativo sobre os índices larvários e a incidência da dengue (BARRERA; AMADOR; MACKAY, 2011). Os pesquisadores notaram que após a dengue atingir o pico, ela começou a diminuir, acompanhando as reduções na

precipitação e na densidade de *Aedes aegypti*. Além da incidência da dengue, as chuvas também influenciaram a oviposição e abundância de fêmeas *Ae. aegypti* (BARRERA; AMADOR; MACKAY, 2011).

Fouque et al. (2006) analisaram a relação entre a chuva e as taxas de sobrevivência do vetor e não encontraram nenhuma associação. No entanto, quando agruparam as chuvas mensais em classes de baixa a alta e relacionaram as taxas de sobrevivência com essa classificação, eles verificaram que, aparentemente, as menores taxas de sobrevivência ocorreram com chuvas muito baixas e muito altas. De fato, pouco volume pluviométrico oferece baixa disponibilidade hídrica para a reprodução do vetor, que é reduzida ainda mais com a evaporação da água do recipiente.

Do mesmo modo, chuvas fortes e/ou torrenciais também não são favoráveis para o vetor em curto prazo porque podem expulsar as larvas dos locais de reprodução ou matá-las imediatamente (FOUQUE et al., 2006; ROHANI et al., 2011), mas são favoráveis a longo prazo devido a sua acumulação em recipientes artificiais. Por outro lado, chuvas frequentes e leves podem manter os níveis de umidade mais altos e ajudar na dispersão e sobrevivência de mosquitos adultos (ROHANI et al., 2011).

A umidade do ar pode influenciar a taxa de sobrevivência, as larvas, os criadouros do mosquito, favorece a longevidade e dispersão dos mosquitos, o acasalamento, o comportamento alimentar, a oviposição e a replicação do vírus entre outros aspectos (ROHANI et al., 2011; VIANA; IGNOTTI, 2013; WU et al., 2007).

Nos estudos de Wu et al.(2007, p. 53), a umidade relativa foi negativamente relacionada com a dengue e, para os autores, isso pode ter implicações no padrão alimentar do *Aedes aegypti*, isto é, sua alimentação pode variar com de acordo com a mudança de umidade. Caso ela esteja relativamente baixa, isso pode auxiliar o mosquito a procurar hospedeiros-alvo e facilitar a transmissão da doença (WU et al., 2007).

Desse modo, os fatores climáticos estão intimamente relacionados com a biologia do vetor, com os vírus e com a transmissão da doença. Apesar de parecer que eles atuam igualmente sobre o *Aedes aegypti*, as particularidades espaciais e as diferenças de clima de cada lugar contribuem para que um fator tenha mais importância entomológica e epidemiológica do que outro. Isso é particularmente importante quando se pensa em estratégias de controle vetorial, de redução dos casos de dengue e especialmente na elaboração de sistema de alerta precoce. Assim, conhecer o fator ou fatores climáticos que atuam sobre a dinâmica da doença em nível local é fundamental para um combate efetivo da difusão da doença.



### 3.4. O contexto social

Além das características climáticas, as condições urbanas e sociais também exercem influência sobre a dinâmica da dengue. O *Aedes aegypti* prefere as áreas urbanas e periurbanas as áreas rurais, pois é onde há maior presença humana e outras condições favoráveis a sua permanência (HEINISCH et al., 2019). Para Gubler (2011, p. 3), a urbanização, a globalização e a falta de controle efetivo do mosquito são os principais condutores das epidemias de dengue. De acordo com o autor, “antes da Segunda Guerra Mundial, [...] a maioria das regiões tropicais tinham apenas um, ou no máximo, dois vírus circulando ao mesmo tempo, a dengue não era considerada o maior problema de saúde pública, exceto quando ocorriam epidemias esporádicas”.

Já no período pós Segunda Guerra Mundial, algumas tendências não previstas por especialistas em saúde pública e doenças infecciosas começaram a surgir, como o rápido crescimento populacional, a urbanização sem planejamento e o avanço no sistema de transporte, principalmente o transporte aéreo moderno, que se tornou capaz de transportar pessoas e mercadorias para várias regiões em pouco tempo. E com essa rápida locomoção vários patógenos, incluindo o vírus da dengue, foram transportados por meio das pessoas (hospedeiros) de um centro urbano para outro. Assim, a intensificação desses fluxos acabou contribuindo para o espalhamento do vírus para outros lugares (GUBLER, 2011).

Além disso, alguns hábitos se tornaram mais frequentes como o consumo de produtos descartáveis, levando ao aumento de resíduos sólidos e consequente disponibilidade de locais de reprodução para o *Aedes aegypti*. Embora medidas de controle vetorial tenham sido empregadas e obtido sucesso por um tempo, a interrupção dos programas de controle levou ao ressurgimento da dengue e sua posterior expansão que foi facilitada pela globalização e pela urbanização acelerada (GUBLER, 2011).

Nesse contexto, as mudanças na cobertura do solo, a alteração do estilo de vida da sociedade (GUBLER, 2011), a elevada densidade demográfica das cidades (OLIVEIRA, 2015) e o crescente movimento populacional e de mercadorias (DING et al., 2018) favoreceram não apenas a fixação do *Aedes aegypti* no ambiente urbano como também sua difusão geográfica, tornando-o cada vez mais uma preocupação e um desafio para a saúde pública. Nesses ambientes, as áreas com deficiências no

saneamento básico, coleta de lixo e irregularidades no abastecimento de água são apontadas como favoráveis para sua proliferação (OLIVEIRA, 2015).

Nessa perspectiva, é esperado que esses lugares possuam alto risco à infestação do *Aedes aegypti* e elevada incidência de dengue. Como em geral eles são ocupados por populações de baixo status econômico, a dengue passou a ser referida como uma doença da pobreza. Devido a essa associação, a pobreza é considerada por muitos como um determinante da dengue (PIMENTA, 2015). O debate sobre essa associação surge no contexto de uma agenda em que as pesquisas e a política estão direcionadas para os determinantes sociais da saúde, ou seja, para as condições econômicas, ambientais e sociais que moldam a saúde de indivíduos, comunidades e jurisdições como um todo (MULLIGAN et al., 2015).

No campo da pesquisa, essas três dimensões receberam ampla atenção. Em relação a dengue, a maioria dos estudos se concentraram primeiramente na influência climática e ambiental. O estudo do contexto urbano, social, econômico e demográfico foi incorporado posteriormente a partir do entendimento de que apenas essas condições não são suficientes para explicar a dinâmica da doença. Assim, a combinação e interação desses fatores também poderia contribuir para a compreensão da dinâmica da dengue, considerando inclusive o peso dessas dimensões na sua permanência e no alcance da população.

Mas, diferente das condições ambientais, o contexto socioeconômico tem recebido pouca atenção nas pesquisas sobre dengue. De acordo com Mulligan et al (2015, p. 10), menos de 4% dos artigos de pesquisa publicados são da área de ciências sociais e interdisciplinares. Além disso, a maioria dos trabalhos tem sido conduzidos em países da América do Sul, em especial no Brasil (KIKUTI et al., 2015; MULLIGAN et al., 2015). Como a dengue é uma doença essencialmente urbana, os países em desenvolvimento com baixa renda, rápida urbanização, descompasso de serviços públicos, crescimento populacional, desigualdades sociais e pobreza, dão mais atenção para a influência desses fatores sobre a doença, enquanto países de média e alta renda tendem a considerá-la como irrelevante (MULLIGAN et al., 2015).

Na revisão sistemática realizada por Mulligan et al. (2015) as dimensões mensuradas pela maioria das pesquisas para analisar a pobreza foram: renda, educação, ambiente de vida ou moradia (estrutural), ambiente de vida ou moradia (adensamento domiciliar), acesso a água, saneamento e nível socioeconômico. Eles assinalam, todavia, que tanto o conceito de pobreza quanto seus indicadores não foram bem

definidos e explicados. Do mesmo modo, como as medidas para avaliação da pobreza não são padronizadas, a comparação entre os resultados das investigações científicas se torna difícil (MULLIGAN et al., 2015).

Assim, é preciso cautela para fazer associações diretas entre dengue e pobreza, pois as evidências empíricas dessa relação não estão bem estabelecidas, uma vez que também há relatos de manifestações endêmicas da dengue em bairros e cidades de alto poder aquisitivo (MULLIGAN et al., 2015). Por outro lado, é preciso ampliar o número de pesquisas para um melhor refinamento dessa análise, pois há poucos estudos dedicados a isso.

Outra abordagem adotada dentro do contexto socioeconômico consiste em identificar e compreender quais desses fatores podem ser preponderantes tanto para a ocorrência da dengue (REITER et al., 2003) como para sua mitigação (KIKUTI et al., 2015). Algumas dessas pesquisas encontram associação positiva significativa entre menor nível socioeconômico e maior ocorrência da dengue (KIKUTI et al., 2015; ZELLWEGER et al., 2017), outras encontram associação entre locais de maior incidência de dengue e maior nível socioeconômico (BARCELLOS et al., 2005) e há achados que indicam que apesar dos elementos socioeconômicos serem relevantes, eles não são os principais fatores explicativos para a incidência da dengue (MONDINI; CHIARAVALLI-NETO, 2008).

Muitos têm enfatizado a perspectiva socioeconômica em prol de entender a espacialização da dengue e identificar áreas de risco, além de verificar quais elementos, dentro dos diversos contextos sociais, mais contribuem, influenciam ou impactam a ocorrência e distribuição da dengue. Nesse sentido, ganharam espaço nas investigações fatores como escolaridade e/ou a alfabetização, nível socioeconômico, emprego, idade, sexo, raça, densidade populacional, adensamento domiciliar, tipo de moradia (casa/apartamento), tipo de material do domicílio (cimento/outro) etc. (KIKUTI et al., 2015; ZELLWEGER et al., 2017).

Na tentativa de melhor abranger a complexidade da dengue, alguns aplicaram medidas como uso de telas de proteção para janelas, quantidade de prédios antigos e novos (ZELLWEGER et al., 2017) e existência de lavadora de roupas como proxies da condição de habitação ou renda (ALMEIDA; MEDRONHO; VALENCIA, 2009a). Outros fatores como a localização de serviços de saúde também têm sido utilizados. No trabalho de Zellweger et al (2017) foi observado que a existência de ar condicionado pode diminuir a presença de mosquitos dentro das casas. Já na pesquisa de Kikuti et al.

(2015), a proximidade da residência dos serviços de atendimento à saúde foi associada a uma melhor detecção dos casos de dengue e de outras doenças.

Para alguns pesquisadores, os fatores socioeconômicos são mais importantes para a ocorrência da dengue do que as condições climáticas. Em um estudo realizado em cidades fronteiriças entre os Estados Unidos e o México, foi observado que apesar de ambas estarem sob as mesmas condições climáticas, a situação delas em relação a dengue era diferente. Enquanto na cidade mexicana os surtos de dengue eram frequentes, não havia registro da doença na cidade americana. Para os autores, as diferentes condições econômicas entre as cidades eram responsáveis por essa diferença na ocorrência da doença (REITER et al., 2003).

Para Gubler et al. (2002), os hábitos da população americana também são importantes para a ausência de casos autóctones de dengue nos Estados Unidos. Entretanto, dependendo do tipo de hábito, pode ocorrer o efeito oposto como o encontrado por Vasconcelos et al. (1998). Estes autores identificaram maior soroprevalência da dengue em pessoas com melhor renda e nível de escolaridade devido ao hábito de cultivar plantas aquáticas e usar produtos descartáveis.

Dentro dessa perspectiva socioeconômica se encontram os estudos de vulnerabilidade a dengue, que apesar das vantagens que essa abordagem proporciona como a identificação de opções de intervenção para redução de suscetibilidades e o fortalecimento da resiliência às doenças transmitidas por arbovírus (HAGENLOCHER et al., 2013), tem recebido pouca atenção. Embora esteja intimamente relacionada as condições socioeconômicas, o estudo da vulnerabilidade fornece uma visão mais integrada entre os elementos de risco (incluindo ambientais) e de resiliência, podendo ajudar a melhorar as medidas de controle vetorial e diminuir a carga da dengue.

Nesse caso, populações e lugares vulneráveis podem ou não coincidir com populações e lugares de menor nível socioeconômico. Na pesquisa de Hagenlocher et al (2013), cujo foco foi de avaliar a vulnerabilidade socioeconômica à dengue, os pesquisadores observaram que havia uma tendência dos valores de alta vulnerabilidade se agrupar em áreas de bairros pobres com altos percentuais de pessoas jovens (< 15 anos) e residentes analfabetos, bem como maior proporção de desempregados e trabalhadores domésticos.

Ainda que a pobreza não seja diretamente abordada, muitos dos indicadores e parâmetros utilizados estão ligados a ela como escolaridade/analfabetismo, renda (salário mínimo), acesso a serviços de saneamento, dentre outros. Assim, dentro da

análise social da dengue as condições de baixo nível socioeconômico sempre estiveram presentes, principalmente por conta das características ecológicas do vetor e epidemiológicas da dengue, pois, *a priori*, são nos lugares com menor infraestrutura e população menos favorecida que existem condições ideais à presença do vetor e manutenção da doença.

Dessa forma, os fatores que exercem maior influência sobre a dengue não são unânimes (ALMEIDA; MEDRONHO; VALENCIA, 2009a) e podem variar entre os lugares, a escala adotada, a metodologia aplicada e as variáveis selecionadas (KIKUTI et al., 2015). E se por um lado as condições socioeconômicas podem contribuir para a ocorrência da dengue, por outro, elas poderiam potencialmente mitigar os fatores de risco e vulnerabilidade à essa arbovirose (KIKUTI et al., 2015).

#### 4. ÁREA DE ESTUDO

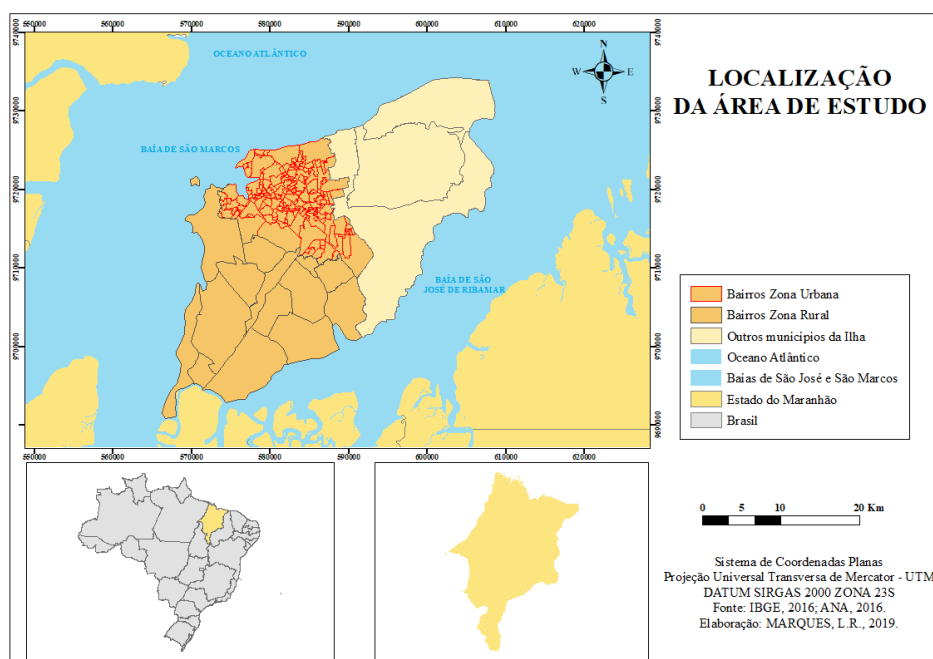
O município de São Luís está situado no Estado do Maranhão, região Nordeste do Brasil (Figura 3). Em 2021, a população estimada de São Luís foi de 1.115,932 pessoas, com densidade demográfica de 1.913,91 hab./km<sup>2</sup> (IBGE, 2017). Seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) em 2010 foi de 0,768 (IBGE, 2017).

De acordo com o último censo do IBGE, o município tinha um total de 65,4% de esgotamento sanitário adequado, 32,3% de vias públicas arborizadas, 11,7% das vias públicas urbanizadas e uma taxa de escolarização de 6 a 4 anos de idade de 96,8%. O Produto Interno Bruto (PIB) per capita em 2018 foi de R\$ 30.699,57 (IBGE, 2017).

O clima do município é do tipo Tropical Zona Equatorial, com 4 a 5 meses secos e temperaturas médias anuais acima de 18°C para todos os meses (IBGE, 2002). O mês com maior temperatura média na normal climatológica de 1981-2010 foi novembro com 27,5°C e o de menor temperatura foi março com 26,1°C, com média anual de 26,7°C (INMET, 2019).

A precipitação média anual de acordo com a normal é de 2.199,9mm com maior precipitação no mês de março com 462,1mm e menor precipitação em outubro com 4,7mm. A umidade relativa do ar média anual é de 82,8%, a velocidade do vento média anual é de 2,4m/s-1 com direção predominante de nordeste (NE) (INMET, 2019).

Figura 3 – Localização do município de São Luís, Maranhão, Brasil.



Fonte: IBGE, 2016; ANA, 2016.

Segundo Pinheiro (2017), a cidade de São Luís apresenta uma condição climática sem grande variabilidade térmica. Assim, São Luís não possui uma estação de frio ou inverno, mas sim duas estações que são bem definidas, uma de estiagem ou seca e outra chuvosa (PINHEIRO, 2017). Na classificação de Mendonça e Danni-Oliveira (2007, p. 159) o clima de São Luís é tropical-equatorial, com quatro a cinco meses secos e se destaca pela sua regularidade térmica. Segundo os autores “as temperaturas, mesmo elevadas ao longo do ano, com pequena variação sazonal e pluviosidade, é maior que os índices térmicos”. Esse clima é influenciado pela maritimidade e continentalidade (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Devido a essa regularidade térmica, em São Luís há duas estações bem definidas, demarcadas pela pluviosidade. Assim, há um período chuvoso que compreende os meses de janeiro a junho e correspondem às estações verão e outono na região sul do Brasil, e um período seco ou de estiagem que inicia em julho e termina em dezembro, correspondendo as estações de inverno e primavera na região sul do Brasil (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007; PINHEIRO, 2017, 2018).

Os sistemas atmosféricos que atuam na região e caracterizam o regime climático no município são as massas de ar Equatorial Atlântica e Equatorial Continental (responsáveis pela intensa pluviosidade no primeiro semestre do ano) (SOUSA, 1993), o Anticiclone dos Açores (que dispersa essas massas e gera os ventos alísios de nordeste e sudeste, procedentes dos Hemisférios Norte e Sul, respectivamente) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que consiste em uma faixa onde esses ventos alísios convergem (VAREJÃO-SILVA, 2006). A ZCIT é caracterizada por:

[...] uma acentuada instabilidade atmosférica que favorece o desenvolvimento de intensas correntes ascendentes, com formação de grandes nuvens convectivas, geradoras de precipitação abundante [...]. fortes aguaceiros, acompanhados de relâmpagos e trovões são comuns em toda a ZCIT e, como sua posição oscila muito com o tempo, a precipitação gerada vai sendo distribuída sobre uma faixa de considerável largura (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Assim, como afirma Garcês Júnior (2017), a ZCIT é determinante para a compreensão do regime pluviométrico de todo o nordeste brasileiro.

## 5. PROCEDIMENTO METODOLÓGICOS E TÉCNICOS

A análise do risco foi feita por meio do cálculo do RR (razão entre a incidência do desfecho no grupo ou população exposta e a incidência do desfecho no grupo ou população não-exposta) (WAGNER; CALLEGARI-JACQUES, 1998). Assim, o desfecho foi a dengue e os fatores de risco foram as variáveis climáticas e o espaço geográfico.

O RR foi analisado a partir de análises temporal e espacial. Na análise temporal foi verificada a magnitude da associação entre os fatores de risco temperatura, umidade relativa do ar e precipitação e o desfecho incidência da dengue. Nessa análise, o grupo exposto correspondeu a todos aqueles que tiveram dengue e cujo caso foi confirmado e registrado pelo sistema de saúde em determinado intervalo de tempo, ou seja, o total de casos referente aos anos em estudo. O grupo de não-expostos corresponde à parcela da população que não foi acometida pela dengue nesse mesmo período.

Na análise espacial, foi verificada a magnitude da associação entre o fator de risco espaço-tempo (a análise foi espaço-temporal) e o desfecho incidência da dengue. Nessa análise, pressupôs-se que algumas áreas e certos períodos de tempo ofereceram maior risco à população do que outros. Assim, o grupo exposto correspondeu a todos aqueles que tiveram dengue, conforme a definição anterior, em determinado espaço geográfico, ou seja, foi o total de casos referente aos anos em estudo em dada localização. O grupo de não-expostos corresponde à parcela da população e as áreas que não foram acometidas pela dengue nesse mesmo período.

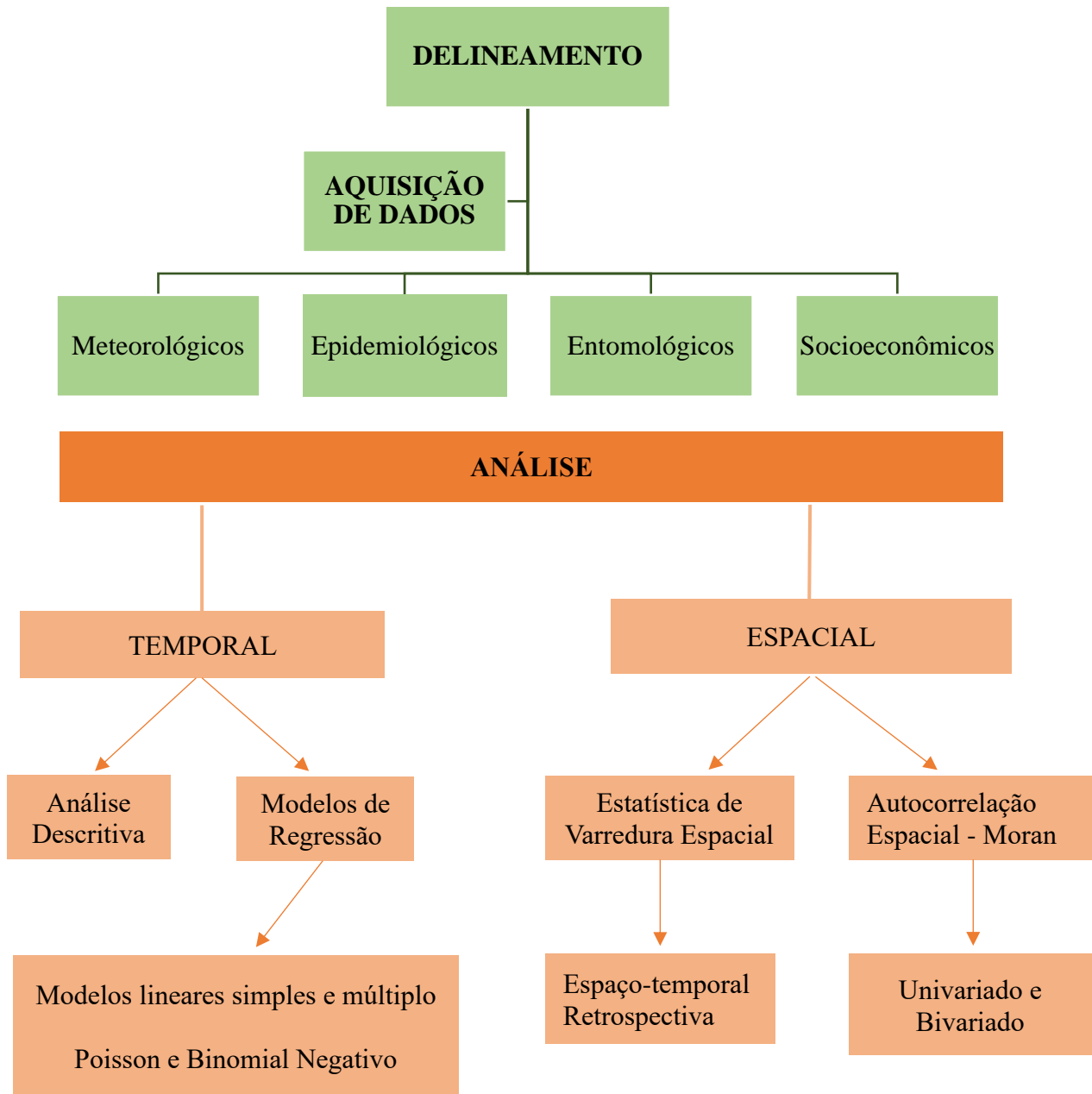
O RR varia de 0 a 1, onde 1 indica que o risco entre os dois grupos (exposto e não-exposto) é igual; se o risco no grupo exposto for menor do que o risco no grupo não-exposto, o RR será menor que 1 e se o risco for maior no grupo exposto, então o RR será maior que 1 (COUTINHO; CUNHA, 2005). Ele também pode ser expresso em percentual, variando de 0 a 100.

Quanto a vulnerabilidade social à dengue, a pesquisa se concentrou em analisar espacialmente a sua dimensão socioeconômica por meio de fatores como educação, renda e saneamento, entendendo esses fatores como um *proxy* do acesso da população a esses recursos (estrutura de ativos). A análise desses fatores foi realizada por meio de variáveis de forma desagregada, isto é, não foram utilizados índices compostos, visando observar como cada uma se relaciona com a dengue e pode contribuir para explicar a vulnerabilidade social mesmo estando em uma mesma dimensão. Tais fatores tem sido



amplamente empregados na literatura para verificar a influência que eles possuem sobre a dengue. O fluxograma da figura 4 resume os procedimentos metodológicos realizados.

Figura 4 - Fluxograma dos procedimentos metodológicos realizados.



### 5.1. Delineamento do Estudo

Trata-se de um estudo ecológico de dados secundários. Foram utilizados os casos de dengue do município de São Luís notificados e confirmados por meio de

exame laboratorial ou por evidência clínico-epidemiológica, referentes ao período de 2007-2017. Também foram utilizados dados secundários socioeconômicos e ambientais.

## **5.2. Aquisição de dados**

### *5.2.1. Dados climáticos*

Os dados meteorológicos foram obtidos do site da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET) referente a estação meteorológica Marechal Cunha Machado situada no aeroporto do município de São Luís (altitude: 53, latitude 02,35S e longitude 44,14W). Essa fonte foi selecionada por ter a melhor cobertura de dados para o período de análise. Os dados adquiridos foram: média mensal de temperatura (°C), média mensal da umidade relativa do ar (%), total de precipitação acumulada e média mensal de velocidade do vento (m/s).

Apesar da maior disponibilidade de dados para a área de estudo, houve ausência de dados para mais de um ano (todo o ano de 2011 e de janeiro a maio de 2012). Como uma alternativa para preencher essas faltas, pensou-se em utilizar os dados da estação de São Luís (82280, Latitude 2.53S e Longitude 44.21W) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situada a aproximadamente 7 km dela. No entanto, essa estação possui muitas falhas para vários anos do período de análise selecionado. A correlação entre os dados de ambas as estações (avaliada pelo coeficiente de correlação de Pearson) foi relativamente baixo ( $r = 0,66$ ).

Desse modo, optou-se por manter apenas os dados da REDEMET e reduzir o período de análise dos dados meteorológicos para 2013 a 2017, para evitar perdas e grandes diferenças no banco de dados.

### *5.2.2. Dados entomológicos*

A densidade larvária do *Aedes aegypti* é uma das medidas mais utilizadas pelos programas de vigilância para avaliar o risco de transmissão de dengue nas cidades (BRASIL, 2013). Desse modo, visando analisar a situação do município de São Luís em relação a infestação do mosquito, foi obtida a base de dados do Levantamento Rápido de Índices para *Aedes Aegypti* (LIRAA). O LIRAA consiste em uma metodologia recomendada pelo Ministério da Saúde no Brasil para obtenção de índices larvários. Geralmente, esse levantamento é realizado três vezes por ano (BRASIL, 2013).

A base do LIRAA foi obtida junto à Coordenação de Controle da Dengue da Superintendência de Vigilância Epidemiológica e Sanitária vinculada à Secretaria de Saúde do município de São Luís. Ela compreende o índice de infestação larvária do *Aedes aegypti* em prédios, conhecido como Índice de Infestação Predial (IIP), além de outros dados. A temporalidade dos dados solicitados compreende o período de 2007-2017. Foram obtidos dados a partir do ano de 2008, mas com alguns problemas.

Os arquivos recebidos contêm planilhas com os dados consolidados do Levantamento e dados dos índices consolidados na escala de estrato<sup>5</sup> para cada ano e mês realizado. No arquivo “dados consolidados” há dados gerais do levantamento como a indicação dos estratos (o número que representa o estrato), a quantidade de imóveis programados para serem visitados e a quantidade de imóveis inspecionados, a positividade para *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus* e o tipo de criadouro.

No arquivo “índices consolidados”, além dos dados sobre os estratos e imóveis, há o percentual de perda de dados, o Índice de Infestação Predial (IIP) e o Índice de Breteau (IB) para ambas as espécies, como também a indicação dos criadouros. O IIP mede a positividade de edifícios para larvas do mosquito e a sua mensuração é feita em uma amostra probabilística dos imóveis na área urbana dos municípios infestados (BRASIL, 2013).

Assim, o IIP foi extraído do arquivo índices consolidados e do arquivo dados consolidados foram extraídos a relação de estratos, o número de imóveis programados para serem visitados, a quantidade de imóveis inspecionados e a positividade para *Aedes aegypti* para os anos e meses disponíveis, pois a partir desses dados é possível calcular o IIP caso o índice consolidado não esteja disponível. O cálculo do índice é feito a partir da fórmula (1).

$$\text{IIP} = \frac{\text{Imóveis positivos}}{\text{Imóveis pesquisados}} \times 100 \quad (1)$$

Da base obtida junto à Coordenação de Controle da Dengue, houve ausência de dados para o mês de julho de 2008, maio e julho de 2009, março e julho de 2012, para o

---

<sup>5</sup> O estrato corresponde a uma delimitação espacial adotada pelo Ministério da Saúde no Brasil para analisar os índices entomológicos do *Aedes aegypti*. Os estratos são delimitados segundo as características socioambientais que possuem, agregando áreas semelhantes a fim de se obter uma homogeneidade para cada estrato e assim facilitar as ações de controle vetorial pós-LIRAA. A composição dos estratos deve respeitar o intervalo de 8.100 a 12 mil imóveis, sendo o número ideal em torno de nove mil imóveis (BRASIL, 2013).

ano 2013, julho de 2014 e para o ano de 2015. Os dados do mês de março de 2016 não foram utilizados porque houve inconsistências em relação ao período que eles se referem. Em parte da apresentação (os dados foram fornecidos em formato Power Point) os dados foram indicados como sendo de março de 2016 e em outra parte como sendo de março de 2015.

Aparentemente, houve erro de digitação quanto ao ano, mas não foi possível confirmar isso. No mês de junho de 2016 também houve algumas diferenças no IIP. Os estratos que tiveram o IIP acima de 1% foram destacados, dentre eles consta o estrato 2 com IIP de 4,6%. No entanto, na apresentação geral de dados para todos os estratos, o valor apresentado para o estrato 2 foi de 2,1%.

Provavelmente, o valor para o estrato 2 no destaque aos estratos com maior infestação foi digitado erroneamente com o valor pertencente ao estrato 3, que na relação do IIP por estrato aparece com o valor de 4,6%. O fato de os valores dos outros estratos destacados corresponderem aos valores da lista geral do IIP corrobora com essa suposição. Para a pesquisa foram selecionados os IIP apresentados na lista geral de estratos, assim prevaleceu o valor de 2,1% para o estrato 2. Esses dados foram novamente solicitados, mas não houve retorno do órgão responsável.

A partir da organização dos dados obtidos na SEMUS e da verificação de ausência de dados para alguns períodos, procurou-se uma alternativa para preencher essas lacunas. A solução encontrada foi a de utilizar dados de infestação predial da base de dados do projeto de pesquisa intitulado “CLIMA URBANO E DENGUE NAS CIDADES BRASILEIRAS: riscos e cenários em face das mudanças climáticas globais” da subseção São Luís, Maranhão<sup>6</sup>.

A base de dados do LIRAA do Projeto Clima Urbano e Dengue nas Cidades Brasileiras (PCUDCB) foi obtida junto à Coordenação de Controle da Dengue da Superintendência de Vigilância Epidemiológica e Sanitária vinculada à Secretaria de Saúde do município de São Luís no ano de 2015 para o período de 2010 a 2015 e compreende os dados consolidados do LIRAA. Dessa base, foram obtidos os seguintes dados: indicação dos estratos, quantidade de imóveis programados para serem visitados,

---

<sup>6</sup> O referido projeto foi desenvolvido em várias cidades brasileiras e em cada uma delas havia uma equipe executora da pesquisa. Na cidade de São Luís o projeto foi coordenado pelos professores: profa. Dra. Zulimar Márita Ribeiro Rodrigues e Prof. Dr. José Aquino Junior da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e executado por discentes do Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais (NEPA) da mesma universidade, do qual a autora da dissertação faz parte.

quantidade de imóveis inspecionados e a positividade para *Aedes aegypti* para todos os meses em que o LIRAa foi realizado.

As planilhas obtidas pela equipe do projeto não continham o IIP, mas como há todos os dados necessários para calculá-lo, ele foi obtido a partir da aplicação da fórmula (1). Assim, foi possível organizar uma base com o IIP para o período de 2008 a 2017 com a menor perda de dados possível. Os dados obtidos e utilizados para organizar a base do IIP estão na tabela 1.

Tabela 1 – Resumo dos dados adquiridos na SEMUS e com o PCUDCB para montagem da base de dados do IIP para o município de São Luís/MA – Brasil, no período de 2008-2017.

<b>ANO</b>	<b>DADOS</b>	<b>PERÍODO</b>	<b>FONTE</b>
2008	Dados Consolidados/ Índices Consolidados	Janeiro e outubro	SEMUS
2009	Dados Consolidados	Setembro, novembro	SEMUS
2010	Dados Consolidados / Índices Consolidados	Janeiro, março, maio, julho, setembro, outubro	SEMUS
2011	Dados Consolidados / Índices Consolidados	Janeiro, julho	SEMUS
2012	Dados Consolidados / Índices Consolidados	Janeiro	SEMUS
2012	Dados Consolidados	Março, outubro	PCUDCB
2013	Dados Consolidados	Janeiro, março, outubro	PCUDCB
2014	Índices Consolidados	Janeiro	SEMUS
2014	Dados Consolidados / Índices Consolidados	Março, junho, outubro	SEMUS
2014	Dados Consolidados	Julho	PCUDCB
2015	Dados Consolidados	Março, junho, agosto	PCUDCB
2016	Índices Consolidados	Junho, agosto	SEMUS
2017	Índices Consolidados	Fevereiro, março, outubro	SEMUS

Elaboração: a autora.

O IIP para o município foi disponibilizado para os meses de março e outubro de 2014, junho e agosto de 2016 e para fevereiro, março e outubro de 2017. A partir dos dados consolidados disponíveis o IIP foi calculado para os outros períodos utilizando a fórmula (1).

### 5.2.3. Dados epidemiológicos

Foram obtidos casos de dengue notificados e confirmados por meio de exame laboratorial ou por evidência clínico-epidemiológica para o município de São Luís - MA, referentes ao período de 2007-2017 na Secretaria Municipal de Saúde (SEMUS). Foi obtido o total de casos por mês e ano e o total de casos anuais por bairro.

A taxa de incidência da dengue foi calculada por 100 000 habitantes conforme a fórmula (2).

$$\text{Taxa de Incidência} = \frac{\text{n}^\circ \text{ de casos de dengue}}{\text{População total}} \times 100\,000 \quad (2)$$

A taxa de incidência da dengue foi utilizada na análise de autocorrelação espacial, enquanto na estatística de varredura espaço-temporal e nas análises temporais foram utilizados os dados absolutos.

Por se tratar de um estudo ecológico e não violar o sigilo da informação, o presente estudo não necessitou de aprovação do Comitê de Ética, , conforme a Resolução Nº 510, de 7 de abril de 2016 do Conselho Nacional de Saúde, que dispensa à “pesquisa com bancos de dados, cujas informações são agregadas, sem possibilidade de identificação individual”.

#### 5.2.4. *Dados socioeconômicos*

Com base na literatura, foram selecionadas algumas variáveis socioeconômicas para avaliar a vulnerabilidade social à dengue, que correspondem às subdimensões saneamento, educação e renda (Tabela 2). Os dados foram obtidos do Censo Demográfico IBGE 2010 no nível de setor censitário e agrupados para o nível do bairro. Para realização das análises, todas essas variáveis foram transformadas em taxas.

Tabela 2 – Variáveis socioeconômicas utilizadas na pesquisa.

<b>Variáveis</b>	<b>Siglas</b>
<b>Saneamento</b>	
Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral	DPP_AARG
Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial	DPP_BEERG

Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via fossa séptica	DPP_BEEFS
Domicílios particulares permanentes com lixo coletado por serviço de limpeza	DPP_LCSL
Domicílios particulares permanentes com lixo coletado em caçamba de serviço de limpeza	DPP_LCCSL
Domicílios particulares permanentes com lixo jogado em terreno baldio ou logradouro	DPP_LJTB
<b>Escolaridade</b>	
Taxa de alfabetizados com 15 anos ou mais	TX_ALF_15M
<b>Condições de Renda</b>	
Pessoas de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de até ½ salário mínimo	P10M_RMSM
Pessoas de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de mais de ½ a 1 salário mínimo	P10M_RMa1
Pessoas de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de mais de 1 a 2 salários mínimos	P10M_R1a2
Pessoas de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de mais de 2 a 3 salários mínimos	P10M_R2a3
Pessoas de 10 anos ou mais de idade com rendimento nominal mensal de mais de 3 a 5 salários mínimos	P10M_R3a5
Pessoas de 10 anos ou mais de idade sem rendimento nominal mensal	P10M_SR

Fonte: IBGE (2010). Organização: a autora.

### 5.3. Análise Estatística

A análise estatística compreendeu duas etapas. A primeira foi a realização da análise descritiva para conhecer e explorar o banco de dados das variáveis epidemiológicas, meteorológicas e entomológicas a partir de tabelas que contém as médias, desvio padrão, mínimo, máximo e quartis. A segunda etapa consistiu em realizar análises de regressão para verificar a associação entre as variáveis meteorológicas e os casos de dengue, bem como para verificar a associação entre as variáveis meteorológicas com o Índice de Infestação Predial (IIP) para *Aedes aegypti*. Para as análises de regressão o período de análise correspondeu ao período dos dados meteorológicos, ou seja, de 2013-2017.

#### 5.3.1. Análise de Regressão - Modelos Lineares Generalizados (MLG)

Os Modelos Lineares Generalizados (MLG) ou *Generalized Linear Model* (GLM) no inglês, foram propostos por Nelder e Wedderburn em 1972 como uma alternativa aos modelos de regressão clássicos que era utilizados (CORDEIRO; DEMÉTRIO, 2008). De acordo com Paula (2013, p. 1), antes dos MLG, “os modelos lineares eram utilizados para descrever a maioria dos fenômenos aleatórios”. Porém, nem todos os fenômenos apresentavam uma resposta que cumprisse a suposição de normalidade (PAULA, 2013).

Quando os dados não se ajustavam a esse pressuposto, eram realizadas transformações, como a de Box e Cox (1964), para que eles se tornassem normais ou se aproximassem da normalidade (PAULA, 2013). Esses modelos possuem a seguinte estrutura:

i) a variável resposta, **componente aleatório** do modelo, tem uma distribuição pertencente à família de distribuições (1.5) [exponenciais] que engloba as distribuições normal, gama e normal inversa para dados contínuos; binomial para proporções; Poisson e binomial negativa para contagens; ii) as variáveis explanatórias entram na forma de uma estrutura linear, constituindo o **componente sistemático** do modelo; iii) a ligação entre os componentes aleatório e sistemático é feita através de uma função adequada como, por exemplo, logarítmica para os modelos log-lineares, chamada **função de ligação** (CORDEIRO; DEMÉTRIO, 2008) (Grifo dos autores).

Assim, esses modelos são uma alternativa aos modelos lineares clássicos, permitindo a elaboração de modelos com dados que possuem outros tipos de distribuição e que por consequência, devem atender a outros pressupostos. Conforme destaca Paula (2013, p. 2):

[...] A ideia básica [dos MLG] consiste em abrir o leque de opções para a distribuição da variável resposta, permitindo que a mesma pertença à família exponencial de distribuições, bem como dar maior flexibilidade para a relação funcional entre a média da variável resposta e o preditor linear  $\eta$  (PAULA, 2013).

#### 5.3.1.1. *Análise temporal para os casos de dengue – MLG Binomial Negativo*

A partir da análise descritiva foi observado que os dados de casos de dengue (contagem) não possuem normalidade por isso foi feita a suposição de que os dados poderiam seguir uma distribuição de Poisson. Dessa forma, foram selecionadas as seguintes variáveis para compor inicialmente o modelo: casos de dengue (variável



dependente), estação (CHUVOSO/ESTIAGEM), temperatura média (TMED), umidade relativa (UR) e precipitação total (PREC).

A variável estação é uma variável categórica e foi definida tendo como referência os meses chuvosos e de estiagem. Assim, os meses do período de análise foram agrupados nessas duas categorias, sendo: janeiro a junho classificados como chuvosos e de julho a dezembro como de estiagem. Ela foi utilizada para verificar se havia relação dos casos com alguma das estações.

Para a seleção do melhor ajuste do modelo foram utilizados dois métodos. O primeiro método adotado foi o *backward*, que consiste inserir todas as variáveis explicativas no modelo e, posteriormente, ir removendo aquelas que não tiverem associação significativa com a variável resposta conforme teste de hipóteses. Após a rodagem do modelo foi realizado o teste de hipótese do Qui-Quadrado para verificar a aceitação ou rejeição da hipótese nula.

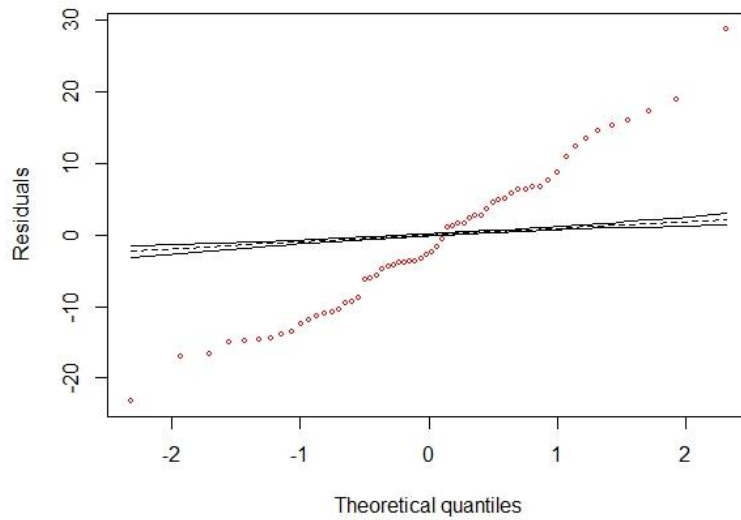
O segundo método utilizado foi o Critério de Informação de Akaike – AIC a partir da comparação dos resultados de cada modelo.

O método proposto por Akaike (1974) basicamente se diferencia dos procedimentos anteriores por ser um processo de minimização que não envolve testes estatísticos. A ideia básica é selecionarmos um modelo que seja parcimonioso, ou em outras palavras, que esteja bem ajustado e tenha um número reduzido de parâmetros. Como o logaritmo da função de verossimilhança  $L(\beta)$  cresce com o aumento do número de parâmetros do modelo, uma proposta razoável seria encontrarmos o modelo com menor valor para a função [...] (PAULA, 2013).

O modelo selecionado foi o de menor magnitude. Após a seleção das variáveis explicativas que permaneceriam no modelo, foi ajustado um modelo MLG com distribuição de Poisson para a variável resposta. A partir dos resíduos do modelo, foi construído o gráfico normal de probabilidades com envelope. Se o modelo estiver bem ajustado, a maioria dos resíduos ficará sobre a linha tracejada, indicando que a suposição da distribuição de Poisson é adequada.

Como pode ser observado na Figura 5, todos os pontos ficaram fora do envelope, demonstrando não houve um bom ajuste para os dados. Nesse modelo, o teste do Qui-quadrado foi muito significativo (valor = 0), aceitando a hipótese nula.

Figura 5 – Envelope de resíduos do modelo com distribuição Poisson.



Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Provavelmente isso ocorreu devido a uma superdispersão da variável dependente (casos de dengue). Diante disso, um segundo modelo foi proposto utilizando uma distribuição Binomial Negativa partindo da suposição que a distribuição da variável dependente segue uma distribuição Binomial Negativa. Esse modelo pertence à família dos Modelos Lineares Generalizados (MLG), assim como o de Poisson, e é o modelo indicado para dados com superdispersão, tornando-o apropriado para análises de dados de contagem de doenças como a dengue (ZELLWEGER et al., 2017).

Para seleção do melhor modelo ajustado foram utilizados os mesmos critérios (*backward* e AIC) adotados na seleção do modelo de Poisson e para verificação do cumprimento da suposição, foram elaborados gráficos de envelope. O MLG de distribuição Binomial Negativa é dado pela fórmula (3)

$$\begin{aligned}
 Y_{jk} &\sim BN(\mu_{jk}, \varphi) \\
 \log(\mu_{jk}, \varphi) &= \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Onde:

j = níveis do fator estação (chuvosa e estiagem)

k = unidade experimentais

$Y_{jk}$  = número dos casos de dengue mensais com base na estação j e unidade experimental k

$\mu_{jk}$  = parâmetro da distribuição de Y (casos de dengue)

$\varphi$  = parâmetro da dispersão

$\beta_0$  = média do log da variável resposta (casos de dengue) para os primeiros níveis das variáveis explicativas

$\beta_1$  = representa o coeficiente de regressão da variável explicativa estação (ESTACAO);

$\beta_2$  = representa o coeficiente de regressão da variável explicativa temperatura média (TMED);

$\beta_3$  = representa o coeficiente de regressão da variável explicativa umidade relativa do ar (UR);

$\beta_4$  = representa o coeficiente de regressão da variável explicativa precipitação (PREC).

Quando a forma exponencial é adotada nos resultados do MLG de distribuição Binomial Negativa é gerado o valor do risco relativo – RR. O risco relativo é uma medida que avalia a probabilidade de a variável de interesse aumentar ou diminuir a partir da sua relação com as variáveis explicativas. Neste caso, o RR se refere à probabilidade de os casos de dengue aumentarem ou diminuir dada sua relação com as variáveis meteorológicas utilizadas. Os valores do RR foram calculados com um intervalo de confiança de 90%. Os valores maiores que 1 indicam risco elevado, valores menores que 1 indicam baixo risco e os valores iguais a 1 representa ausência de relação. No modelo final apenas a variável estação não foi mantida.

Para verificar se havia multicolinearidade no modelo foi aplicado o *Variance Inflation Factor* (VIF). Se o resultado do vif for menor que 10, então não há problemas de multicolinearidade. Para o tratamento estatístico dos dados foram utilizados os *softwares* Excel e o pacote do programa R-3.2.3.

### 5.3.2. Análise temporal para o IIP - Regressão Linear Simples

As variáveis utilizadas no estudo foram o Índice de Infestação Predial (IIP) para *Aedes aegypti* como variável dependente e a temperatura média mensal (°C), a média mensal de umidade relativa do ar (%) e o total pluviométrico mensal (mm) como variáveis independentes. O IIP é realizado apenas para alguns meses do ano, assim, foram utilizados os dados dos meses disponíveis para o município de São Luís. Embora o IIP seja calculado para nível de estratos, o IIP a nível municipal foi escolhido em virtude da cobertura e disponibilidade dos dados meteorológicos. Para realizar as

análises estatísticas foram utilizados dados meteorológicos correspondentes aos meses com o IIP disponível, conforme a tabela 3.

Foi realizada a estatística descritiva dessas variáveis com cálculo de média, mediana, desvio-padrão (SD), valores mínimo e máximo (tabela 3). Também foram elaborados gráficos do tipo *boxplot* para verificar as medidas de posição (mediana e quartis) e a ocorrência de *outliers* e histogramas para avaliar a frequência. Para verificar a associação entre o IIP e as variáveis meteorológicas foram ajustados modelos de regressão linear simples e múltiplo.

Tabela 3 – Relação dos meses com disponibilidade de dados para o IIP no município de São Luís, Maranhão, Brasil.

ANO	MÊS	IIP	TMED*	UR**	PREC***
2013	Janeiro	1,09	28,3	63,4	27,2
2013	Março	1,64	27,9	69,6	125,0
2013	Outubro	1,12	28,5	58,6	0,2
2014	Janeiro	1,65	27,3	66,6	75,9
2014	Março	1,80	27,0	79,4	99,2
2014	Junho	1,80	27,4	78,6	316,4
2014	Julho	1,50	27,4	74,5	25,3
2014	Outubro	1,01	28,3	64,6	0,0
2015	Janeiro	1,00	28,0	66,2	12,8
2015	Março	2,20	26,7	78,5	250,2
2015	Junho	2,00	27,3	74,5	111,6
2015	Agosto	1,50	27,8	68,2	0,0
2016	Junho	0,90	27,5	74,2	149,9
2016	Agosto	1,40	27,9	68,2	0,0
2017	Fevereiro	1,70	26,4	82,0	243,8
2017	Março	1,80	26,2	86,5	289,9
2017	Outubro	1,20	28,3	72,8	0,2

Fonte: PCUDCB/SEMUS. \*Temperatura Média Mensal (°C); \*\*Média Mensal de Umidade Relativa do Ar (%); \*\*\*Total Pluviométrico Mensal (mm).

As suposições do modelo foram checadas por meio de: teste de Shapiro-Wilk e de histogramas para verificar a normalidade; diagrama de dispersão e coeficientes da correlação linear de Pearson (r) para verificar a linearidade e a homocedasticidade foi

confirmada após análise dos resíduos por meio do diagrama de dispersão dos resíduos padronizados versus valores ajustados.

Foram ajustados três modelos de regressão linear simples e um múltiplo. O IIP foi a variável dependente em todos os modelos. No modelo um o IIP foi ajustado em função da temperatura média mensal (°C) – TMED; no segundo modelo o IIP foi ajustado em função da média mensal de umidade relativa do ar (%) – UR; no terceiro modelo o IIP foi ajustado em função do total pluviométrico mensal (mm) – PREC; e no quarto modelo o IIP foi ajustado em função das três variáveis independentes (TMED, UR e PREC).

Os modelos de regressão linear simples foram ajustados para verificar se havia associação de cada variável independente com a variável dependente e qual o grau de associação, permitindo observar individualmente quanto que cada uma explica a variabilidade da variável dependente a partir do coeficiente de determinação (R).

Com as suposições do modelo de regressão linear confirmadas, as análises univariadas foram realizadas com avaliação de  $b_0$ ,  $b_1$  e resíduos, conforme a fórmula (4):

$$Y = b_0 + b_1 * x_i + \varepsilon \quad (4)$$

onde:

Y é a variável dependente a ser prevista;

$x_i$  são as variáveis independentes;

$b_0$  é o intercepto de Y, ou seja, corresponde ao valor esperado de Y quando  $b_1$  é igual a 0;

$b_1$  é o aumento esperado em Y quando aumenta-se X em uma unidade;

$\varepsilon$  é o erro aleatório não observado (resíduo).

As hipóteses testadas para esses modelos foram:  $H_0: b_1=0$  e  $H_a: b_1 \neq 0$ . Na hipótese nula ( $H_0$ ) assume-se que o IIP não é influenciado pelas variáveis meteorológicas (TMED, UR e PREC) e na hipótese  $H_a$  (alternativa) assume-se que o IIP é influenciado por essas variáveis. Foi analisada a tabela ANOVA para cada modelo, com cálculo do coeficiente de determinação e p-valor.

Foi realizada a análise dos resíduos para avaliar se eles cumpriam as suposições do modelo. Foram elaborados diagrama de dispersão dos resíduos versus a variável

explicativa e o diagrama de dispersão dos resíduos versus valores ajustados, nos quais foram verificadas a independência e a homoscedasticidade dos resíduos, respectivamente. A autocorrelação dos resíduos foi verificada pelo teste de Durbin-Watson.

### 5.3.3. Regressão Linear Múltipla

Na regressão linear múltipla todas as variáveis independentes são inseridas no modelo com o objetivo de verificar se elas juntas explicam melhor a variabilidade da variável dependente. Além disso, no modelo múltiplo é observado se o poder explicativo dessas variáveis aumentou ou diminuiu em relação aos modelos simples univariados e assim avaliar a contribuição de cada uma na explicação da variabilidade da variável dependente.

As matrizes de correlação e dispersão foram construídas antes do ajuste do modelo múltiplo. As variáveis com p-valor menor que 0,20 nas análises univariadas foram inseridas no modelo de análise multivariada com uso da estratégia *backward selection*. Assim, o IIP foi ajustado em função da TMED, do UR e da PREC, seguindo a fórmula (5):

$$Y = b_0 + b_1 * x_1 + b_2 * x_2 + b_3 * x_3 + \varepsilon \quad (5)$$

onde:

Y é a variável dependente a ser prevista;

X<sub>i</sub> são as variáveis independentes;

b<sub>0</sub> é o intercepto de Y, ou seja, corresponde ao valor esperado de Y quando b<sub>i</sub> é igual a 0;

b<sub>i</sub> são os estimadores parciais da regressão, isto é, o aumento esperado em Y quando aumenta-se X em uma unidade, mantendo-se os b<sub>i</sub> constantes;

ε é o erro aleatório não observado (resíduo).

Após a rodagem do modelo, foi aplicada a estatística *variance inflation factor* (fator de inflação da variância) para verificar se havia multicolinearidade. Posteriormente, foi construída a tabela ANOVA, calculado o coeficiente de

determinação ( $R^2$ ) e elaborados gráficos de dispersão, histogramas e qq-plot para análise dos resíduos.

Todas as análises estatísticas foram feitas no software R versão 3.6.1. As tabelas foram elaboradas no Microsoft Excel©.

#### 5.4. Análise Espacial

As análises espaciais compreendem a autocorrelação global e local de Moran e a estatística de varredura espacial. Para a realização dessas análises é necessário utilizar os dados de casos agregados por bairro e durante a preparação da base para essa agregação houve perda de dados. Essa perda ocorreu em dois momentos: no primeiro, ela foi decorrente dos próprios dados fornecidos pela SEMUS, onde nem todos os casos tinham a identificação do bairro, impossibilitando sua localização geográfica. No segundo momento, houve perda quando foi realizada a agregação dos casos com a base de bairros vetorial.

Como havia diferenças de bairros entre a base vetorial e a base de casos, alguns bairros foram agregados a outros e os que não puderam ser identificados na base vetorial foram excluídos da análise. O percentual de perda de dados foi maior para os anos iniciais e menor para os anos finais do período de análise. O percentual total de perda de casos foi de 21% (Tabela 4) e o percentual total de aproveitamento dos casos com localização geográfica (bairro) foi de 92% (APENDICE A, Tabela 1). O percentual da perda de dados por ausência de informação espacial na base oficial de dados também está no Apêndice A (Tabela 2).

Tabela 4 – Percentual de perda e aproveitamento de dados de casos de dengue para o período de 2007-2017, São Luís – MA.

Ano	Nº total de casos município	Nº casos não agregados*	Nº casos sem inf. Espacial	Nº total de casos descartados	% de aprov. total**	% de perda total
2007	3524	308	2148	2456	30%	70%
2008	1361	136	648	784	42%	58%
2009	343	55	121	176	49%	51%
2010	2866	775	207	982	66%	34%
2011	5378	230	50	280	95%	5%
2012	1270	35	8	43	97%	3%

2013	1121	25	2	27	98%	2%
2014	972	34	30	64	93%	7%
2015	2459	94	28	122	95%	5%
2016	4804	101	121	222	95%	5%
2017	1026	43	8	51	95%	5%
<b>Total</b>	<b>25124</b>	<b>1836</b>	<b>3371</b>	<b>5207</b>	<b>79%</b>	<b>21%</b>

Fonte: SEMUS. Organização: a autora: \* Casos de bairros não identificados na base vetorial. \*\*\*% de aproveitamento total.

#### 5.4.1. Autocorrelação espacial - Índices de Moran

A autocorrelação espacial é utilizada “para estimar quanto o valor observado de um atributo numa região é dependente dos valores desta mesma variável nas localizações vizinhas” (CÂMARA et al., 2004). Para verificar a existência de autocorrelação espacial podem ser aplicados alguns índices, como os Índices de Moran. Esse índice foi proposto por Moran em 1948 para determinar se eventos em municípios vizinhos eram independentes ou não (MORAN, 1948). Assim, o Índice de Moran Global indica se há ou não dependência espacial em determinado conjunto de dados, apresentando uma medida única para toda a área analisada.

De acordo com Câmara et al. (2004), o teste realizado pelo Índice de Moran possui a independência espacial como hipótese nula, logo, seu valor seria 0. Para que a hipótese alternativa seja aceita, isto é, para que haja dependência espacial, são necessários valores entre 0 e + 1 (correlação direta) e valores entre 0 e -1 (correlação inversa) (CÂMARA et al., 2004). Quanto mais próxima dos extremos +1 e -1, mais forte é a associação.

A dependência espacial também pode ser observada a partir do diagrama de espalhamento de Moran, que é uma forma visual de análise dos resultados do índice de Moran (CÂMARA et al., 2004). Ele é dividido em quatro quadrantes (Q1, Q2, Q3 e Q4) que mostram o espalhamento dos pontos conforme a associação espacial obtida.

Os pontos que se concentram no quadrante Q1 possuem valores positivos e médias positivas e os que se concentram no quadrante Q2 possuem valores negativos e médias negativas. Em ambos os casos, a associação espacial é positiva, pois os valores de um local são semelhantes aos valores de seus vizinhos. Os pontos que se concentram nos quadrantes Q3 tem valores positivos e médias negativas e os que estão no quadrante Q4 possuem valores negativos e médias positivas, indicando assim, associação espacial



negativa, pois os valores de um local diferem dos valores de seus vizinhos (CÂMARA ET AL., 2004).

Para a aplicação do Índice de Moran Global foi construída uma matriz de peso com vizinhança por contiguidade do tipo *Queen* de primeira ordem para verificar a existência de dependência espacial para as taxas de incidência da dengue entre os bairros no período de 2007 a 2017. O mesmo procedimento foi aplicado para analisar a dependência espacial entre a taxa de incidência da dengue e as variáveis socioeconômicas para o ano de 2010.

Optou-se por analisar a associação apenas para esse ano em decorrência da disponibilidade dos dados socioeconômicos (último censo demográfico), uma vez que tais dados são estáticos e podem não caracterizar a situação dos bairros para os demais períodos. O Índice Global de Moran para matrizes do tipo *Queen* é obtido a partir da fórmula (6) (CÂMARA et al., 2004):

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (z_i - \bar{z})(z_j - \bar{z})}{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2} \quad (6)$$

Onde:

$I$  = Índice Global de Moran;

$n$  = número de áreas (bairros);

$z_i$  = valor do atributo considerado na área  $i$ ;

$\bar{z}$  = valor médio do atributo na região de estudo;

$w_{ij}$  = os elementos da matriz normalizada de proximidade espacial.

O Índice Global, no entanto, apenas indica se há ou não dependência espacial, não identificando os locais responsáveis por essa dependência. Assim, para identificar os locais onde há padrões de associação foi realizada uma análise de Indicadores Locais de Associação Espacial (LISA).

O LISA é qualquer estatística que atenda a duas exigências: a) para cada observação, ele deve fornecer uma indicação da extensão do agrupamento espacial significativo dos valores similares ao redor daquela observação (ANSELIN, 1995), isto é, deve permitir a identificação de padrões espaciais significativos para as áreas em análise (FERREIRA; SÁFADI; RIBEIRO DE LIMA, 2018); e b) a soma dos LISAs

para todas as observações deve ser proporcional a um indicador global de associação espacial (ANSELIN, 1995).

Desse modo, o LISA pode ser aplicado a diferentes índices de associação espacial, desde que satisfaçam tais pontos. Nesta pesquisa optou-se por aplicar o LISA por meio do Índice de Moran Local, decompondo assim, o Índice de Moran Global. O Índice de Moran Local pode ser obtido por meio da seguinte fórmula (7) (CÂMARA ET AL, 2014).

$$I_i = \frac{z_i \sum_{j=1}^n w_{ij} z_j}{\sum_{j=1}^n z_j^2} \quad (7)$$

Onde:

$I_i$  = Índice de Moran no Local  $i$ ;

$n$  = número de áreas (bairros);

$Z_i$  = o valor do atributo considerado na área  $i$ ;

$Z_j$  = o valor do atributo considerado na área  $j$ ;

$w_{ij}$  = elementos da matriz normalizada de proximidade espacial.

O Índice de Moran Local também fornece os diagramas de espalhamento e o mapa de autocorrelação espacial, também chamado de mapa de Moran. Nesse mapa os agrupamentos são classificados em quatro categorias: Alto-Alto (High-High/Q1), Baixo-Baixo (Low-Low/Q2), Alto-Baixo (High-Low/Q3) e Baixo-Alto (Low-High/Q4), cada uma representando um quadrante do diagrama de espalhamento de Moran. Somente os agrupamentos significativos são considerados para as categorias.

Para verificar a significância estatística dos índices calculados foram realizados testes de pseudo-significância com 999 permutações para cada análise. O nível de significância dos testes foi de  $\alpha = 5\%$ . As análises foram realizadas no software livre GeoDa e os resultados foram salvos em formato *shapefile* para serem organizados como coleção de mapas no programa ArcGis 10.5.

#### 5.4.2. Estatística de Varredura Espacial

A estatística de varredura espacial (estatística *scan*) é um método desenvolvido por Kulldorff e Nagarwalla (1995) para detectar a localização de possíveis

agrupamentos de doenças em uma população com densidade espacial não homogênea, aplicando simultaneamente um teste verificar sua significância estatística (KULLDORFF et al., 2006)<sup>7</sup>.

Ele analisa uma área por meio de janelas cilíndricas ou elípticas de tamanhos e formas variadas que variam continuamente em uma área e identifica possíveis candidatos a clusters, realizando um teste de máxima verossimilhança em cada círculo ou elipse baseado no número de casos observados e esperados dentro e fora de cada área candidata a ser um cluster (KULLDORFF et al., 2006).

A hipótese nula – de que não há *clustering* (agrupamento) – é testada para um conjunto de dados gerados aleatoriamente e para o conjunto de dados reais. Se a probabilidade máxima dos dados reais estiver entre os 5% mais altos, então o cluster é significativo no nível de 5% (KULLDORFF et al., 2006). De acordo com o autor, “a área com a probabilidade máxima define o cluster mais provável, isto é, com menor probabilidade de ter ocorrido ao acaso” (KULLDORFF et al., 2006).

Para identificar os clusters prováveis e as áreas de risco para a dengue, foi realizada a estatística de varredura para os anos de 2007 a 2017 utilizando o modelo discreto de Poisson. Nesse modelo, o número de eventos em uma área tem distribuição de Poisson, de acordo com uma população de base conhecida sob risco (SATSCAN<sup>TM</sup>, 2005). Considerando a hipótese nula e sem uso de covariáveis, o número de casos esperados em cada área é proporcional ao tamanho da sua população (SATSCAN<sup>TM</sup>, 2005).

Para esse modelo são necessários dados da população da área de estudo, dos centroides da área e o número de casos da doença, todos no nível do bairro. Os dados da população foram obtidos do Censo IBGE 2010 no nível de setor censitário e foram agregados por bairro. Os centroides foram extraídos da base vetorial de bairros utilizando ferramentas do software QGis 3.14.1. O total de casos de dengue por bairro foi obtido conforme citado anteriormente.

A estatística de varredura aplicada foi do tipo Espaço-Temporal Retrospectiva. Ao “varrer” a área geográfica, ela considera além do espaço, cada período de tempo. Assim, os possíveis clusters são identificados tanto espacial como temporalmente. Em

---

<sup>7</sup>Para obter mais detalhes do método proposto por Kulldorff e Nagarwalla (1995), consulte DOI: [10.1002/sim.4780140809](https://doi.org/10.1002/sim.4780140809).

outras palavras, a janela cilíndrica do modelo irá visitar cada localidade e período de tempo (neste caso, cada ano) para identificar possíveis agrupamentos. A base da janela se refere ao espaço e sua altura se refere ao tempo (SATSCAN<sup>TM</sup>, 2005). Os casos de dengue foram considerados para os centroides dos bairros.

Foram realizadas duas análises de varredura, uma considerando 10% da população sob risco e outra considerando 50% como tamanho máximo do cluster espacial. Tais percentuais são limites estabelecidos para a cobertura espacial dos círculos na área de estudo. O principal impacto dessa diferença é a abrangência espacial deles, pois cada círculo possui um raio que varia continuamente a partir do zero e, conforme eles crescem, maior é a área incluída neles. Se nenhum limite superior for estabelecido ou se ele for muito alto, grande parte da área de estudo será abrangida e a formação dos clusters será prejudicada, pois haverá poucas áreas fora do círculo (KULLDORFF; NAGARWALLA, 1995).

Os autores do método recomendam um limite superior de até 50% da população. Assim, manteve-se o limite padrão e realizou-se uma segunda análise com 10% para verificar a possibilidade de clusters menores, como fizeram Liu et al. (2014).

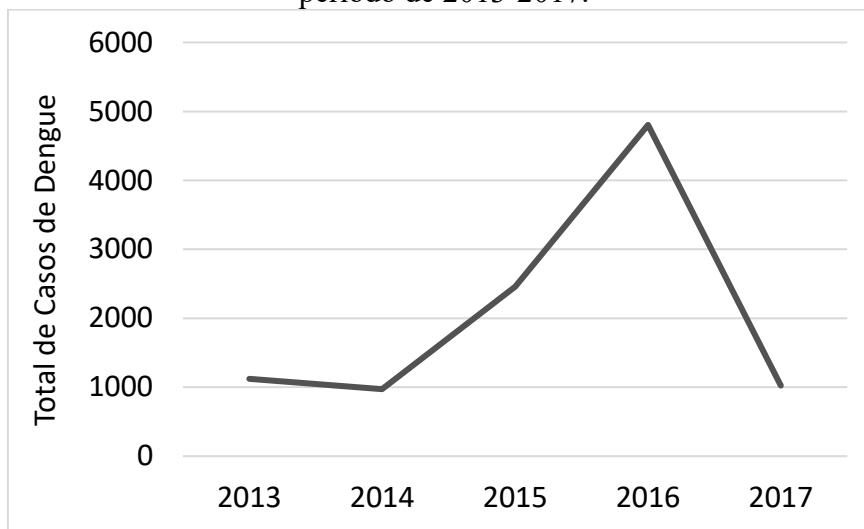
Os tamanhos mínimo e máximo estabelecidos para a janela temporal foram de 1 ano e 50% do período total de análise, respectivamente. Para os outros parâmetros manteve-se as opções padrões. As análises foram realizadas no software livre SaTScan versão 9.6.

## **6. RESULTADOS**

### **6.1. Análise Descritiva dos Dados Epidemiológicos**

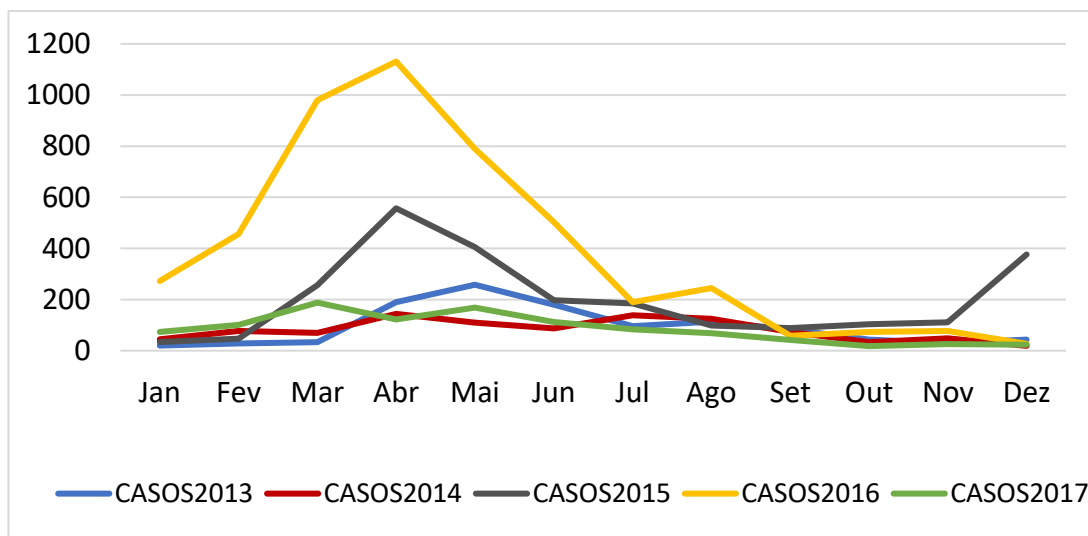
Foram registrados para a área de estudo um total de 10.382 casos de dengue para o período de 2013-2017. O maior número de casos foi registrado no ano de 2016 (4.804) e o menor número em 2014 (972) (Gráfico 5). O mês com maior número de casos foi abril, seguido de maio e março (Gráfico 6).

Gráfico 5 – Variação do total de casos de dengue para o município de São Luís, MA no período de 2013-2017.



Fonte: SEMUS. Elaborado pela autora.

Gráfico 6 – Variação no total de casos de dengue por mês e ano para o município de São Luís, MA no período de 2013-2017.



Fonte: SEMUS. Elaborado pela autora.

A média dos casos de dengue variou de 54,2 no mês de outubro para 428,8 em abril. Os menores desvios padrão são referentes aos meses de setembro outubro e novembro. O número máximo de casos foi registrado em abril (1131) e o menor em outubro (Tabela 5). O maior número de ocorrências compreende o período de março a junho.

Tabela 5 – Medidas descritivas dos casos de dengue por mês para o município de São Luís, MA no período de 2013-2017.

<b>Mês</b>	<b>Total</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>DP*</b>	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
JAN	445	89	45	104,68	273	20
FEV	710	142	77	177,69	456	29
MAR	1527	305,4	188	387,60	980	33
ABR	2144	428,8	190	430,63	1131	122
MAI	1732	346,4	258	271,75	790	110
JUN	1079	215,8	180	166,95	503	87
JUL	693	138,6	139	49,25	190	83
AGO	651	130,2	114	67,66	245	68
SET	347	69,4	74	18,97	88	42
OUT	271	54,2	43	33,83	103	18
NOV	292	58,4	48	35,63	111	26
DEZ	491	98,2	27	156,14	377	19

Fonte: SEMUS. Organização: a autora. \*DP: Desvio Padrão.

## 6.2 Análise Descritiva dos Dados Climáticos

A temperatura média teve pouca variação com mínima de 26,2°C e máxima de 29°C (Tabela 6). A média da umidade relativa do ar foi de 71,8% enquanto a mínima foi 58,6 e a máxima de 86,5. Dentre as três variáveis, a que mais apresentou diferenças foi a precipitação, variando de 0mm a 437,3 mm.

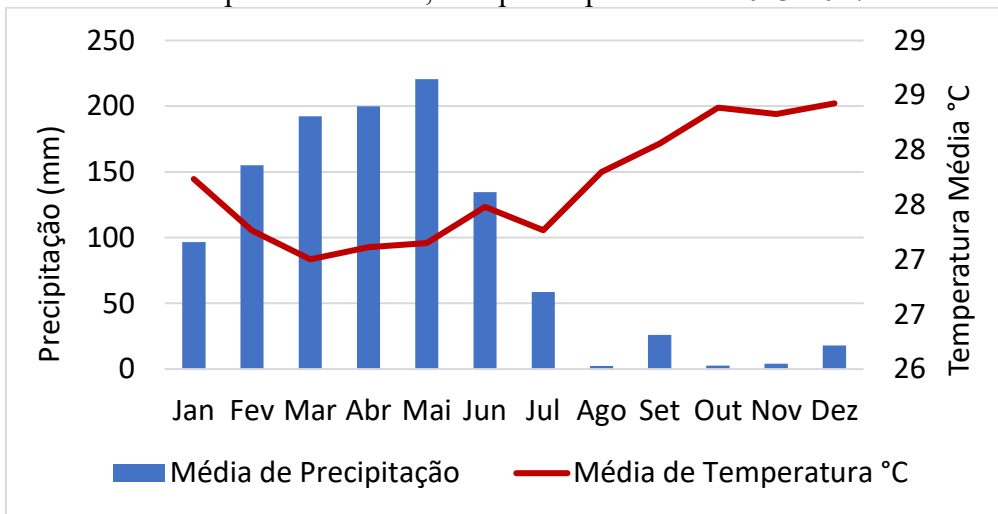
Tabela 6 – Medidas descritivas das variáveis meteorológicas do município de São Luís, MA para o período de 2013-2017.

<b>Variáveis</b>	<b>N</b>	<b>Mediana</b>	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>DP*</b>	<b>1° Q</b>	<b>3° Q</b>
Casos de Dengue Total Mensal	60	97,5	173,0	18,0	1131,0	221,8	46,5	188,5
Temperatura Média Mensal	60	27,7	27,7	26,2	29,0	0,6	27,3	28,06
Umidade Relativa Média Mensal	60	72,2	71,8	58,6	86,5	6,8	65,9	76,6
Precipitação Total Mensal	60	55,4	92,5	0,0	437,3	102,8	7,8	148,8

Fonte: REDEMET/AERONÁUTICA. Organizado pela autora. \*Desvio Padrão.

De modo geral, os valores obtidos representam bem as características climáticas da cidade, com valores de temperatura e umidade geralmente constantes. Essas variáveis estão representadas no gráfico 7.

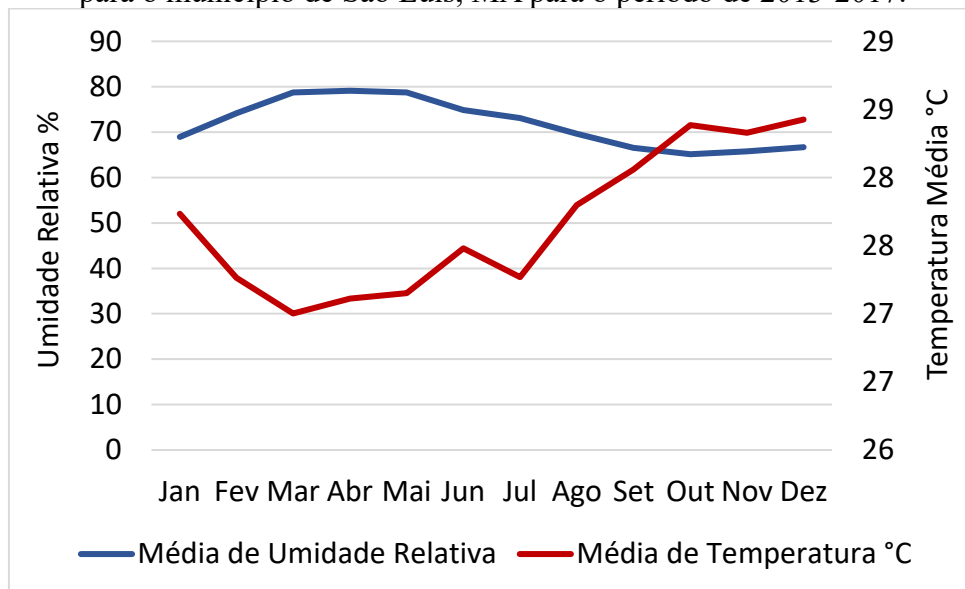
Gráfico 7 – Médias mensais da precipitação e temperatura média (°C) para do município de São Luís, MA para o período de 2013-2017.



Fonte: REDEMET/AERONÁUTICA. Organizado pela autora.

O primeiro semestre é marcado por temperaturas mais amenas e maior total pluviométrico, enquanto no segundo semestre as temperaturas aumentam e a pluviosidade diminui consideravelmente. A umidade relativa do ar não apresenta grandes variações ao longo ano, mas os menores percentuais são observados no segundo período do ano (estiagem) quando as temperaturas aumentam (Gráfico 8).

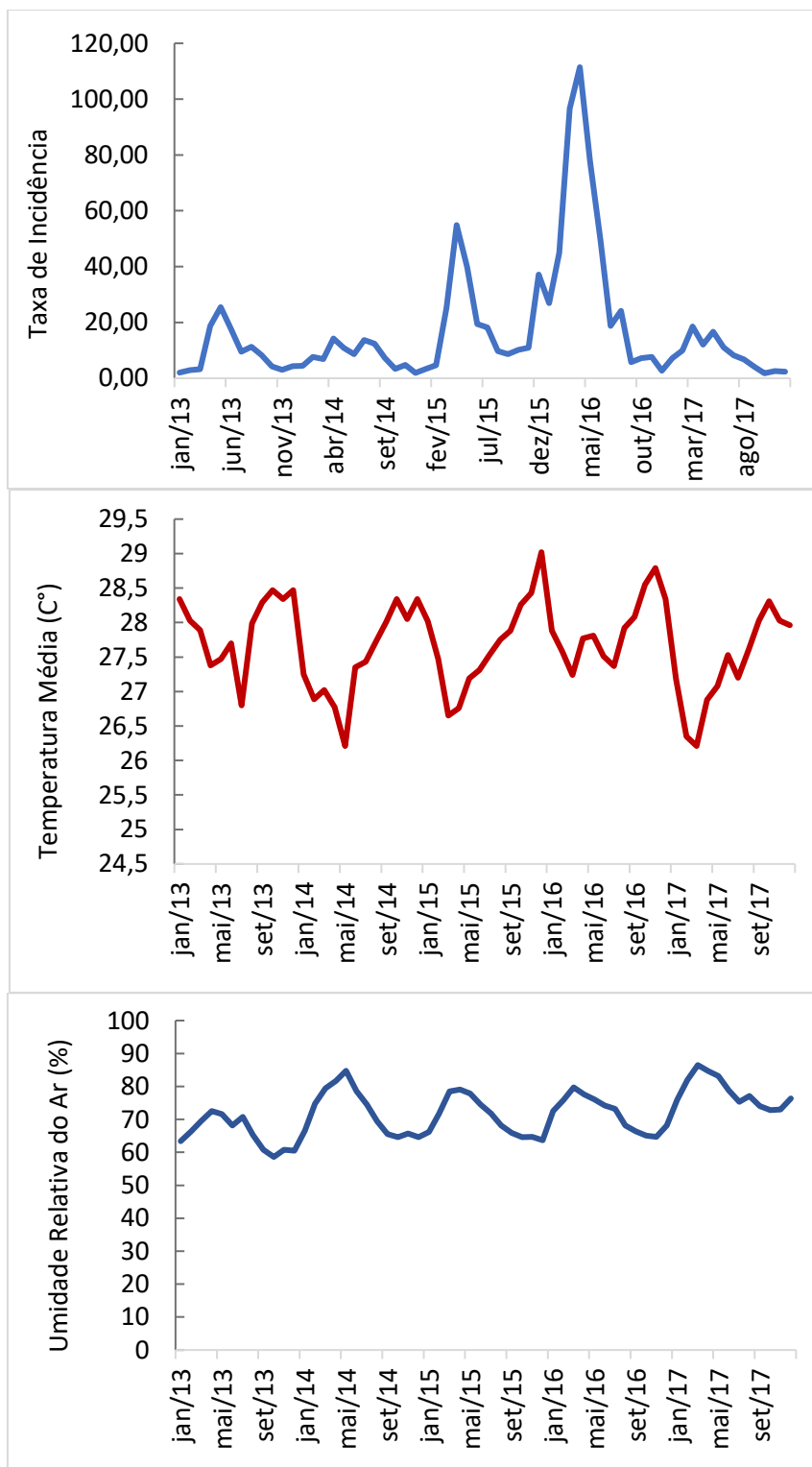
Gráfico 8 – Médias mensais da umidade relativa do ar (%) e da temperatura média (°C) para o município de São Luís, MA para o período de 2013-2017.



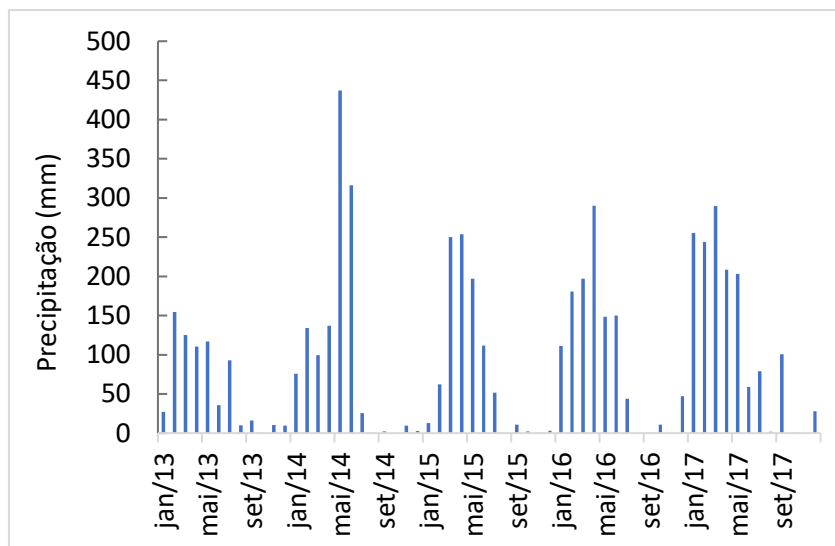
Fonte: REDEMET/AERONÁUTICA. Organizado pela autora.

As maiores taxas de incidência da dengue foram registradas no período de maior média de umidade relativa do ar, maior precipitação e menor média de temperatura (Gráfico 9).

Gráfico 9 – Variação anual da taxa de incidência da dengue (%), da temperatura média (°C), da umidade relativa do ar (%) e da precipitação (mm) para o município de São Luís, MA para o período de 2013-2017.







Fonte: SEMUS; REDEMET/AERONÁUTICA. Organizado pela autora.

## 6.2. Análise Descritiva do IIP

A análise estatística descritiva foi realizada para explorar, conhecer e descrever o banco de dados. As medidas de tendência central e dispersão são apresentadas na Tabela 7. Essas medidas também são apresentadas por meio de gráficos de boxplot (Figura 9), histogramas (Figura 10) e diagramas de dispersão (Figura 11).

Tabela 7 – Medidas de tendência central e de dispersão das variáveis IIP, TMED, UR e PREC.

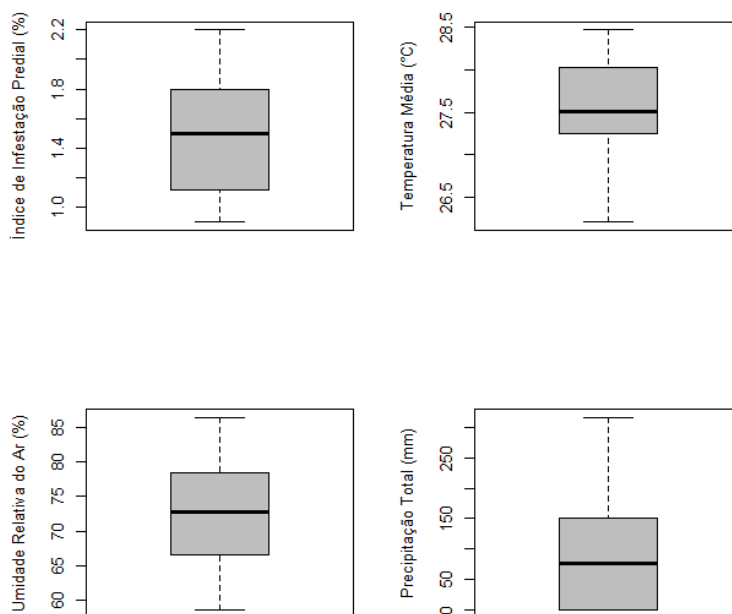
Variável	Mínimo	Mediana	Média	Máximo	DP*	Coefficiente de variação
IIP	0,9	1,5	1,4	2,2	0,38	0,147
TMED	26,21	27,51	27,54	28,47	0,69	0,482
UR	58,60	72,80	72,74	86,50	7,39	54,636
PREC	0,0	75,9	101,62	316,4	111,33	12394,97

Fonte: SEMUS. Organização: a autora. \*Desvio Padrão.

O menor e o maior IIP foi de 0,9 e 2,2, respectivamente. O IIP foi a variável com menor desvio padrão e coeficiente de variação. A variável com maior variação foi a PREC, que teve valor mínimo de 0,0 mm e máximo de 316,4 mm. Essa variável também registrou o maior desvio padrão do conjunto de variáveis. Os valores das medidas de tendência central da TMED ficaram próximos, principalmente a mediana e a média (27,51 e 27,54, respectivamente). Pela análise do boxplot, percebe-se que não há *outliers* nos dados (Figura 6).

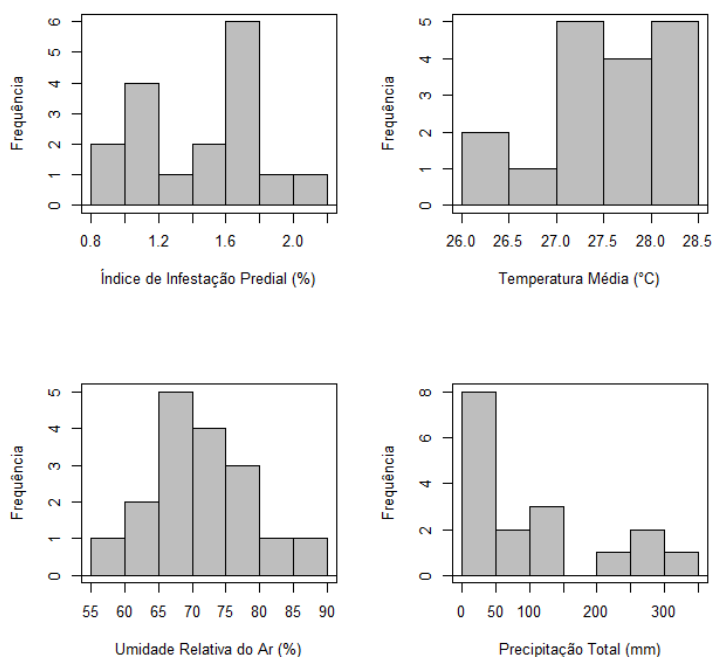
Pelo gráfico de histograma (Figura 7) pode-se analisar a densidade de frequência das variáveis. As maiores frequências para o IIP foi de 1,6 a 1,8 (%) e a menor de 1,4 (%). Para TMED as maiores frequências foram de 27°C e 28°C. Para UR a maior frequência variou de 65 a 70%, enquanto para PREC a maior frequência ficou entre 0 e 50 mm.

Figura 6 – Boxplot do IIP, da temperatura média, da umidade relativa do ar e da precipitação.



Fonte: dados da pesquisa, 2020.

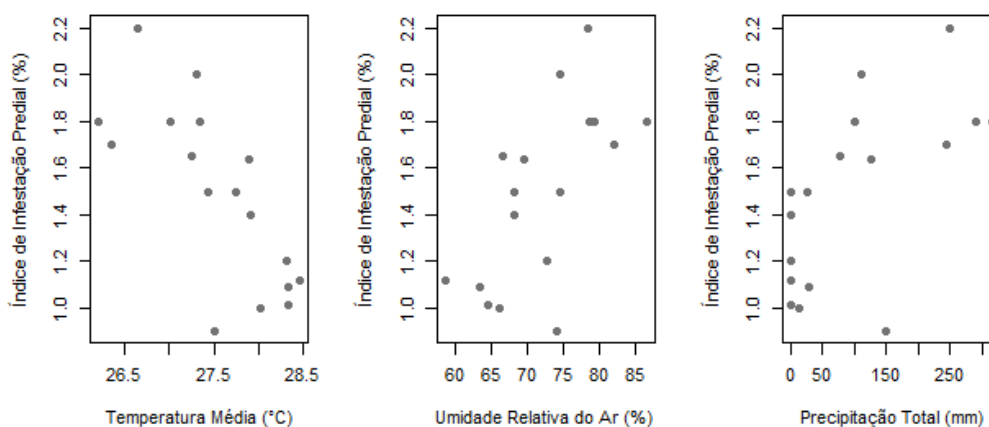
Figura 7 – Histograma do IIP, da temperatura média, da umidade relativa do ar e da precipitação.



Fonte: dados da pesquisa, 2020.

No gráfico de dispersão (Figura 8) pode-se observar a distribuição das variáveis independentes com a variável dependente. No gráfico do IIP com a temperatura, há uma tendência do percentual do IIP diminuir à medida que a temperatura aumenta, caracterizando uma relação inversa ou negativa. Com a umidade relativa do ar a relação é positiva, pois quando os percentuais de umidade aumentam, os percentuais do IIP tendem também a aumentar.

Figura 8 – Diagrama de dispersão do IIP, da temperatura média, da umidade relativa do ar e da precipitação.



Fonte: dados da pesquisa, 2020.

A relação linear da precipitação com o IIP não está muito clara, pois há mais pontos concentrados no zero, no entanto, observa-se que com o aumento a partir dos 50mm, os percentuais do IIP aumentam também.

### 6.3. Análise Temporal – MLG Binomial Negativo

O modelo ajustou inicialmente as variáveis estação (chuvosa/estiagem), temperatura média, umidade relativa do ar e precipitação. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8 – Resultados do MLG com distribuição Binomial Negativa.

Variáveis	Valor Estimado	Erro Padrão	P-valor
Intercepto	-32,675	10,047	< 0,001
Estação	-0,247	0,300	0,409
Temperatura Média (°C)	0,680	0,311	0,010
Umidade Relativa do Ar (%)	0,066	0,029	0,010
Precipitação (mm)	0,003	0,001	0,010
AIC		721,78	

Fonte: dados da pesquisa, 2019.

Nesse modelo as variáveis temperatura média, umidade relativa do ar e precipitação foram significativas no nível de 0,01 enquanto a variável estação não foi significativa. O resultado do teste do Qui-Quadrado foi de 0,369 não rejeitando assim a hipótese nula. Após a exclusão da variável estação, não houve mudança significativa no desempenho do modelo (valor AIC), no entanto o p-valor da variável precipitação melhorou, aumentando sua significância estatística em relação ao modelo inicial (Tabela 9).

Tabela 9 – Variáveis mantidas no modelo após a adoção do método de AIC.

Variáveis	Valor Estimado	Erro Padrão	P-valor
Intercepto	-33,244	10,060	< 0,001
Temperatura Média (°C)	0,686	0,310	0,010
Umidade Relativa do Ar (%)	0,068	0,029	0,010
Precipitação (mm)	0,004	0,001	< 0,001
AIC		720,31	

Fonte: dados da pesquisa, 2019.

Com as variáveis definidas, os valores do risco relativo foram calculados com um intervalo de confiança de 95% (Tabela 10).

Tabela 10 – Valores do Risco Relativo para ocorrência de casos de dengue em relação as variáveis meteorológicas.

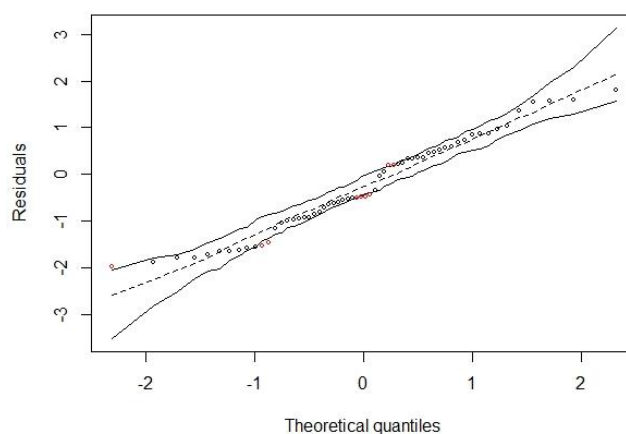
Variável	RR	IC (Inferior)	IC (Superior)
Intercepto	3,647	2,216	6,613
Temperatura Média (°C)	1,986	1,213	3,260
Umidade Relativa do Ar (%)	1,071	1,007	1,139
Precipitação (mm)	1,004	1,001	1,008

Fonte: dados da pesquisa, 2019.

A temperatura média apresentou alto risco relativo para a ocorrência dos casos de dengue enquanto a umidade relativa do ar e a precipitação apresentaram uma tendência de aumentar o risco à dengue. Se essas variáveis se manterem fixas, pode-se dizer que os casos de dengue aumentam em 98,6% (RR = 1,986) a partir do acréscimo de 1°C na temperatura média do ar. A cada acréscimo de 1% na UR o risco aumenta em 0,7% (RR= 1,071) enquanto com o aumento de 1mm de chuva o risco aumenta em 0,04% (1,004).

Para conferir se o modelo estava adequado foi realizada a análise de resíduos por meio de um gráfico de envelope (Figura 9), do diagnóstico do modelo (Apêndice B) e da verificação da qualidade do ajuste. Um total de 9 pontos ficaram fora do envelope correspondendo a 15% do total de pontos.

Figura 9 – Gráfico de envelope dos resíduos do MLG Binomial Negativo.



Fonte: dados da pesquisa, 2019.

Os resultados do VIF foram 1.688 (PREC), 2.271 (TMED) e 2.428 (UR ) indicando que não há multicolinearidade.

#### 6.4. Modelos de Regressão Linear Simples - RLS

As suposições dos modelos foram checadas e confirmadas. A normalidade dos dados da variável dependente foi verificada pelo teste de aderência à normalidade de Shapiro-Wilk, cujo resultado foi de 0,5019 ( $p > 0,05$ ), o que indica que os dados são normais. A linearidade foi verificada tanto pelo diagrama de dispersão (Figura 15) como também pelo coeficiente de correlação linear de Pearson (Tabela 11).

Tabela 11 – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre a variável dependente e as variáveis independentes.

Variável	Coeficiente de correlação de Pearson (r)	p-valor*
IIP e TMED	-0,74	0,000 (< 0,05)
IIP e UR	0,64	0,005 (< 0,05)
IIP e PREC	0,63	0,006 (< 0,05)

Fonte: dados da pesquisa, 2020. \*p-valor: foi usado o teste t.

##### 6.4.1. Análises simples

O primeiro modelo ajustado foi do IIP em função da temperatura média mensal (TMED), o segundo modelo foi ajustado em função da umidade relativa do ar (UR) e o terceiro em função da precipitação (PREC). Os resultados dos modelos univariados estão na tabela 12.

Tabela 12 – Resultados dos modelos de regressão linear simples.

Modelos	Coeficientes dos parâmetros		p-valor B <sub>0</sub>	p-valor β <sub>1</sub>	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado
	B <sub>0</sub>	β <sub>1</sub>				
TMED (1)	12,727	-0,408	< 0,000	< 0,000	0,55	0,52
UR (2)	-0,920	0,033	0,234	< 0,001	0,41	0,38
PREC (3)	1,268	0,002	< 0,000	< 0,001	0,40	0,36

Fonte: dados da pesquisa, 2020.

As análises de regressão linear simples demonstraram que todas as variáveis independentes tiveram associação significativa com a variável dependente. No modelo

1, a relação da TMED com o IIP foi negativa, enquanto nos modelos 2 e 3 as relações foram positivas. O modelo 1 obteve o maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ) ajustado: 0,52, o que significa que a variável temperatura média mensal explica 52% da variabilidade do Índice de Infestação Predial.

O segundo maior  $R^2$  ajustado foi o da umidade relativa do ar (UR) com 0,38, o que indica que ela explica 38% da variabilidade do IIP. O  $R^2$  ajustado obtido no modelo 3, de precipitação, foi o menor dos três modelos, 0,36, explicando apenas 36% da variabilidade do IIP.

As tabelas de análise de variância (ANOVA) são um teste de hipóteses utilizado para testar a significância estatística de um modelo e assim validá-lo. Para todos os modelos foram testadas duas hipóteses, uma nula e outra alternativa. A hipótese nula ( $H_0$ ) supõe que não há associação entre o IIP e a variável independente (TMED, UR e PREC) e, portanto, seu estimador ( $\beta_1$ ) é igual a zero. A hipótese alternativa ( $H_a$ ) supõe que há associação entre o IIP e a variável independente, e assim,  $\beta_1$  é diferente de zero. Assim, as hipóteses dos modelos são:  $H_0: \beta_1 = 0$  e  $H_1: \beta_1 \neq 0$ . Os resultados das ANOVAs dos modelos 1, 2 e 3 podem ser vistos, respectivamente, nas tabelas 13, 14 e 15.

Tabela 13 – Análise da Variância do modelo 1 (TMED).

<b>FONTE</b>	<b>SQ*</b>	<b>GL**</b>	<b>MQ**</b>	<b>Estatística F</b>	<b>p-valor</b>
TMED	1,284549	1	1,2846	18,041	0,000
Resíduos	1,068027	15	0,0712	-	-
Total	2,352576	16	1,3558	-	-

Fonte: dados da pesquisa, 2020. \*SQ: Soma Quadrática; \*\*GL: Graus de Liberdade; \*\*\*MQ: Média Quadrática.

Tabela 14 – Análise da Variância do modelo 2 (UR).

<b>FONTE</b>	<b>SQ*</b>	<b>GL**</b>	<b>MQ***</b>	<b>Estatística F</b>	<b>p-valor</b>
UR	0,97501	1	0,97501	10,617	0,001
Resíduos	1,37756	15	0,09184	-	-
Total	2,35257	16	1,06685	-	-

Fonte: dados da pesquisa, 2020. \*SQ: Soma Quadrática; \*\*GL: Graus de Liberdade; \*\*\*MQ: Média Quadrática.

Tabela 15 – Análise da Variância do modelo 3 (PREC).

<b>FONTE</b>	<b>SQ*</b>	<b>GL**</b>	<b>MQ***</b>	<b>Estatística F</b>	<b>p-valor</b>
PREC	0,94066	1	0,94066	9,9934	0,001
Resíduos	1,41192	15	0,09413	-	-

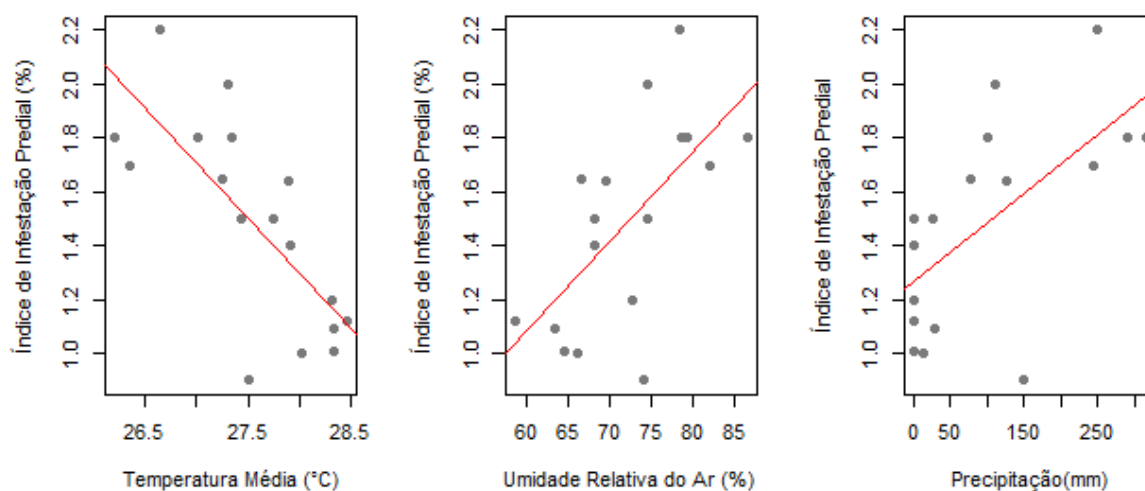
Total	2,35258	16	1,03479	-	-
-------	---------	----	---------	---	---

Fonte: dados da pesquisa, 2020. \*SQ: Soma Quadrática; \*\*GL: Graus de Liberdade; \*\*\*MQ: Média Quadrática.

Os resultados das tabelas de análise da variância tiveram p-valores significativos para todos os modelos, de modo que a hipótese nula foi rejeitada nos três testes de hipóteses, isto é, o parâmetro  $\beta_1$  é diferente de zero, indicando que há associação linear significativa entre o IIP e a TMED, entre o IIP e a UR e entre o IIP e a PREC. Quanto maior o valor da estatística F, melhor é o ajuste do modelo. Desse modo, o modelo com melhor ajuste foi o modelo 1, que apresentou o maior valor de F, seguido pelos modelos 2 e 3, respectivamente.

Isso também pode ser observado pelo diagrama de dispersão do IIP com cada variável independente com a reta de regressão ajustada (Figura 10). A reta de regressão do modelo 1 parece ter se ajustado melhor aos dados em comparação com as retas ajustadas dos outros modelos.

Figura 10 – Diagramas de dispersão do IIP com as variáveis TMED, UR e PREC com a reta de regressão ajustada.



Fonte: dados da pesquisa, 2020.

#### 6.4.1.1. Diagnóstico dos resíduos dos modelos de RLS

Para um modelo de regressão ajustado ser válido, as suposições do modelo escolhido devem ser cumpridas. Antes do ajuste do modelo foram verificadas duas suposições: a de normalidade da variável dependente e a linearidade entre a variável dependente e as variáveis independentes. As suposições de independência e

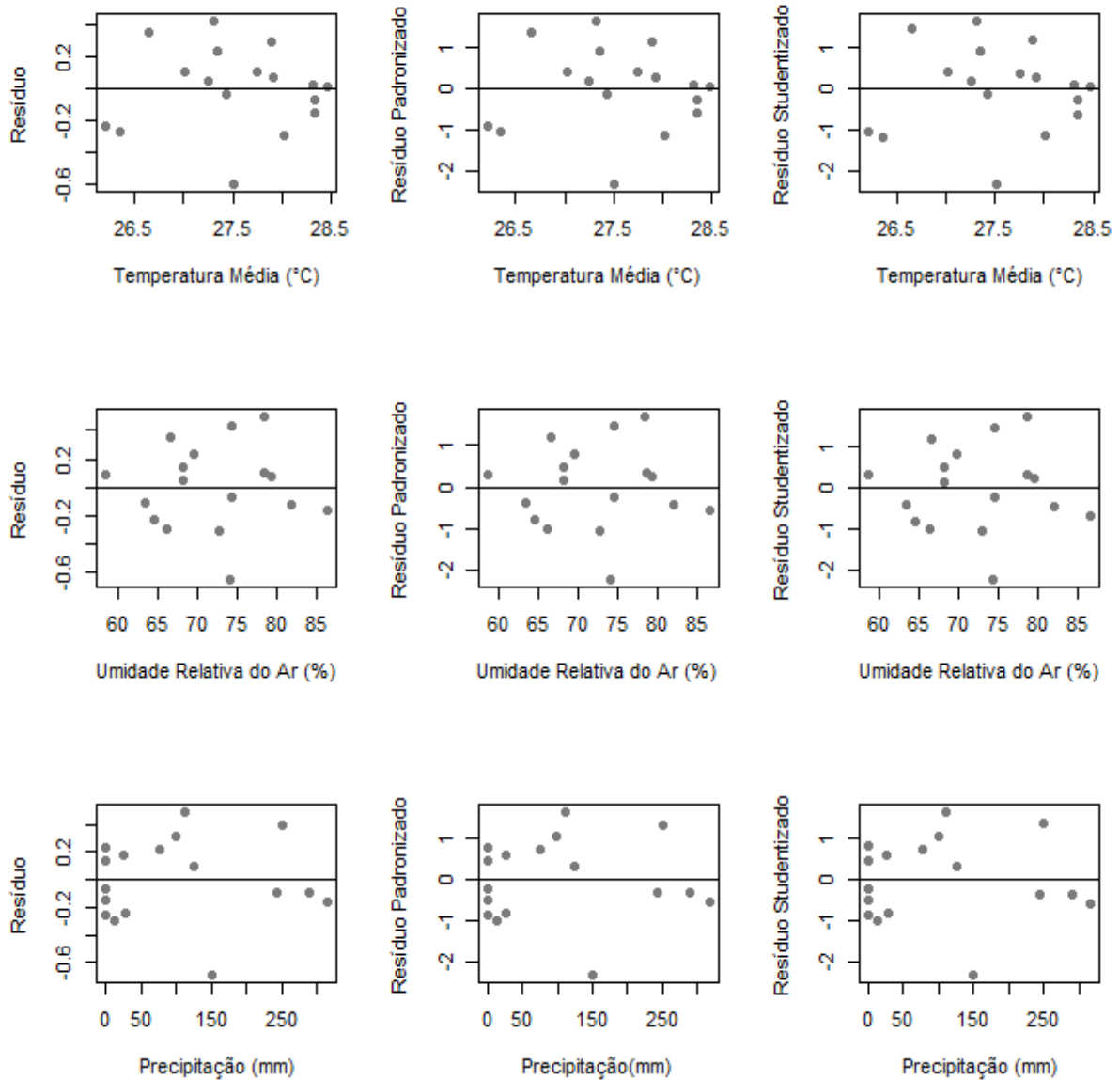


homocedasticidade foram assumidas como atendidas, mas precisam ser confirmadas após o ajuste do modelo.

Para confirmar essas suposições e considerar o modelo válido é preciso analisar os resíduos, que também devem cumprir com essas suposições, ou seja, devem ser independentes, homocedásticos e terem distribuição normal. A independência dos resíduos pode ser verificada por meio de um diagrama de dispersão dos resíduos versus a variável explicativa (Figura 11). Pode-se observar que os valores dos resíduos são independentes uns dos outros para todas as variáveis explicativas, cumprindo a suposição de independência.

A segunda suposição é a de que os resíduos são homocedásticos. Essa suposição é verificada por meio de um diagrama de dispersão dos resíduos padronizados versus os valores ajustados. Na figura 12 são exibidos os gráficos de dispersão para os modelos. Como pode ser observado, à medida que os valores ajustados aumentam, os resíduos continuam aleatórios, sem formar nenhum padrão. Em outras palavras isso significa que a variabilidade dos resíduos é constante, indicando que há homocedasticidade.

Figura 11 – Diagrama de dispersão dos resíduos versus a variável explicativa.



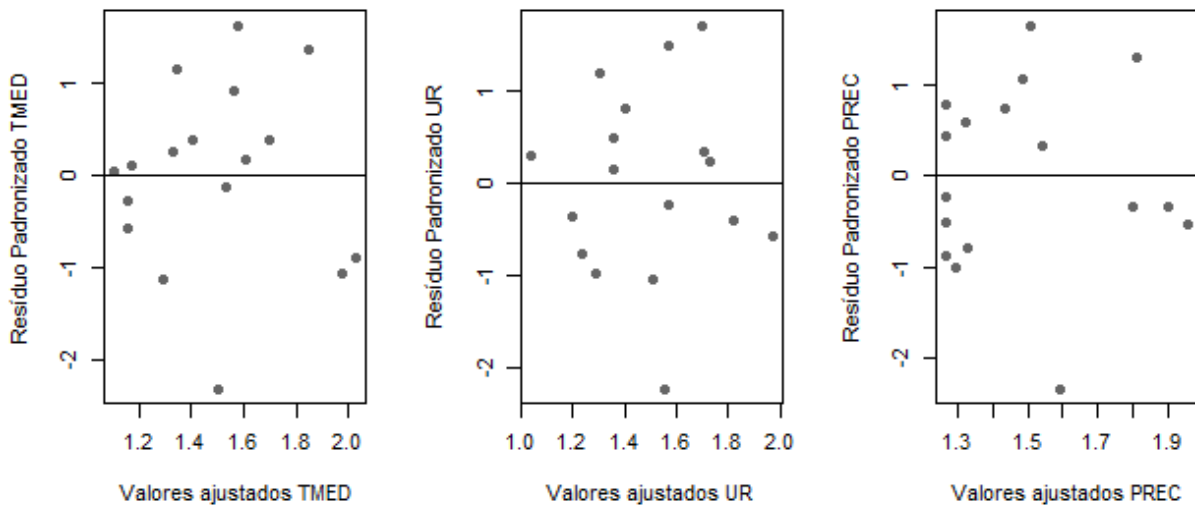
Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Outra forma para verificar a homocedasticidade é por meio do teste de hipóteses de Breusch-Pagan. As hipóteses do teste são as seguintes:

$H_0$  = os resíduos possuem variância constante (o modelo é homocedástico);

$H_1$  = os resíduos não possuem variância constante (o modelo é heterocedástico).

Figura 12 – Diagramas de dispersão dos resíduos padronizados versus valores ajustados dos modelos de regressão linear simples 1, 2 e 3.



Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Para os modelos serem válidos é preciso aceitar  $H_0$  e obter um p-valor maior que 0,05 ( $p > 0,05$ ). Os p-valores do teste para os modelos 1, 2 e 3 foram, respectivamente, 0,345; 0,616 e 0,639. Desse modo, a hipótese  $H_0$  foi aceita, confirmando a homocedasticidade.

A terceira suposição é de que os resíduos têm distribuição normal. O resultado dos p-valores do teste de aderência à normalidade de Shapiro-Wilk para os modelos 1, 2 e 3 foram de  $p > 0,05$  (0,821; 0,946 e 0,732, respectivamente), confirmando a normalidade dos resíduos.

A autocorrelação dos resíduos foi testada pelo teste de hipóteses Durbin-Watson. As hipóteses desse teste são:  $H_0$  = os resíduos não são autocorrelacionados ( $p > 0,05$ ) e  $H_a$ : os resíduos são autocorrelacionados ( $p < 0,05$ ). Os p-valores do teste para os modelos 1, 2 e 3, foram, respectivamente: 0,361, 0,188 e 0,603. Assim, a hipótese  $H_0$  não foi rejeitada, o que indica que os resíduos não estão autocorrelacionados.

Os boxplot, histogramas e qq-plot dos modelos 1, 2 e 3 podem ser visualizados no Apêndice C. Os diagnósticos dos resíduos de cada modelo estão no Apêndice D.

#### 6.4.2. Análise múltipla

Antes do ajuste do modelo foi realizada a matriz de correlação (Tabela 16) e de dispersão das variáveis (Apêndice D) . Nas tabelas 16 e 17 são exibidos os coeficientes da correlação de Pearson e o p-valor dessa correlação. Pode-se notar que os coeficientes

de correlação entre o IIP e as variáveis independentes não sofreram alteração, isto é, a inclusão das três variáveis não interferiu na relação entre cada uma delas com a variável dependente.

Tabela 16 – Matriz de correlação de Pearson.

	<b>IIP</b>	<b>PREC</b>	<b>UR</b>	<b>TMED</b>
<b>IIP</b>	1,0000			
<b>PREC</b>	0,6323	1,0000		
<b>UR</b>	0,6438	0,7973	1,0000	
<b>TMED</b>	-0,7389	-0,7980	-0,8760	1,0000

Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Tabela 17 – P-valor da correlação de Pearson.

	<b>IIP</b>	<b>PREC</b>	<b>UR</b>	<b>TMED</b>
<b>IIP</b>		0,0065	0,0053	0,0007
<b>PREC</b>	0,0065		0,0001	0,0001
<b>UR</b>	0,0053	0,0001		< 0,0001
<b>TMED</b>	0,0007	0,0001	<0,0001	

Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Houve correlação entre as variáveis independentes, com p-valor estatisticamente significativo entre PREC e UR (p-valor = 0,0001), entre PREC e TMED (p-valor = 0,0001) e entre UR e TMED (p-valor < 0,0001). Como nenhuma das correlações entre as variáveis independentes teve o valor de r igual a 0,95 (colinearidade perfeita), optou-se por não retirar nenhuma variável do modelo múltiplo.

Após a análise da matriz de correlação, o modelo de regressão linear múltiplo foi ajustado. A ordem das variáveis no modelo foi de acordo com o coeficiente de correlação. Os resultados do modelo estão na tabela 18.

Tabela 18 – Resultados do modelo de regressão linear múltipla.

<b>Coefficientes dos parâmetros</b>	<b>Valor t</b>	<b>p-valor</b>	<b>Estatística F</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>
Intercepto (B <sub>0</sub> )	12,259	1,667			
TMED (β <sub>1</sub> )	-0,383	-1,693			
UR (β <sub>2</sub> )	-0,004	-0,178	5,342	0,5521	0,4488
PREC (β <sub>3</sub> )	0,000	0,419			

Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Os resultados do modelo múltiplo indicam que nenhuma das variáveis independentes possui associação estatisticamente significativa com o IIP (p-valor > 0,05). O resultado da estatística F foi baixo, o que indica que não houve um bom ajuste do modelo. A variabilidade do IIP explicada pelo modelo foi de apenas 44,88%. Os resultados do vif foram de 3,109 para PREC, 4,852 para UR e 4,867 para TMED, indicando que não há multicolinearidade entre as variáveis independentes.

Para a ANOVA do modelo múltiplo também foram testadas duas hipóteses, uma nula e outra alternativa. A hipótese nula assume que todos os estimadores ( $\beta$ ) são iguais a zero, logo:  $H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ . A hipótese alternativa assume que existe pelo menos um estimador ( $\beta$ ) diferente de zero, assim: Há: há pelo menos um  $\beta \neq 0$ .

Os resultados da ANOVA mostram que a variável TMED obteve p-valor significativo, embora a UR e a PREC não tenham tido resultado significativo (Tabela 19). Desse modo, rejeita-se  $H_0$ , pois o parâmetro  $\beta_1$  é diferente de zero. A TMED também obteve um resultado melhor para a estatística F, indicando que foi a variável com melhor ajuste no modelo.

Tabela 19 – Análise de variância do modelo de regressão linear múltiplo.

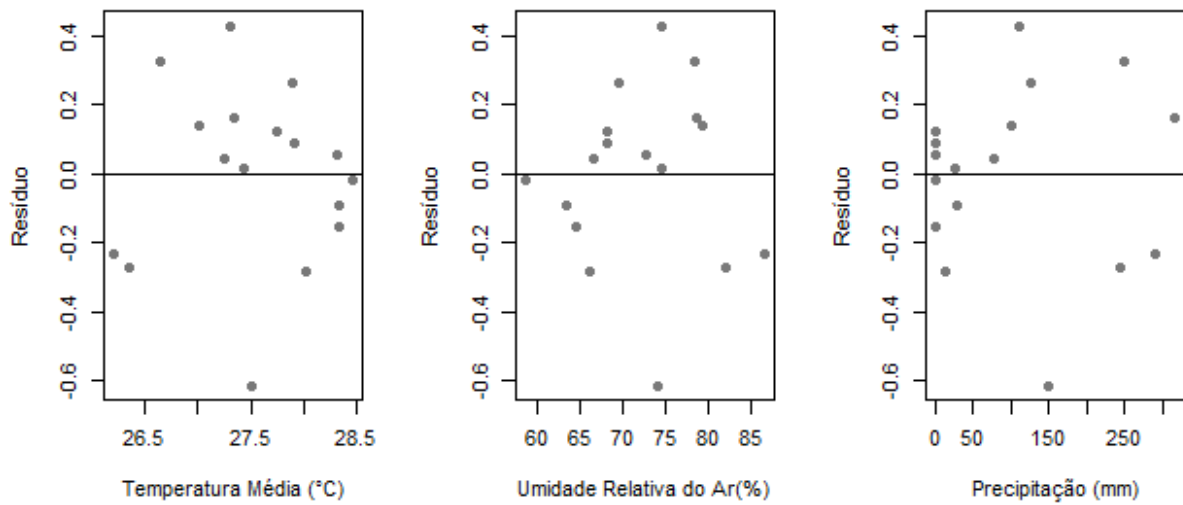
<b>FONTE</b>	<b>SQ*</b>	<b>GL**</b>	<b>MQ***</b>	<b>Estatística F</b>	<b>p-valor</b>
TMED ( $\beta_1$ )	1,285	1	1,285	15,849	< 0,001
UR ( $\beta_2$ )	0,000	1	0,001	0,002	0,969
PREC ( $\beta_3$ )	0,014	1	0,014	0,176	0,682
Resíduos	1,054	13	0,081		
Total	2,353	16	1,381		

Fonte: dados da pesquisa, 2020. \*SQ: Soma Quadrática; \*\*GL: Graus de Liberdade; \*\*\*MQ: Média Quadrática.

#### 6.4.2.1. Diagnóstico dos resíduos dos modelos de RLM

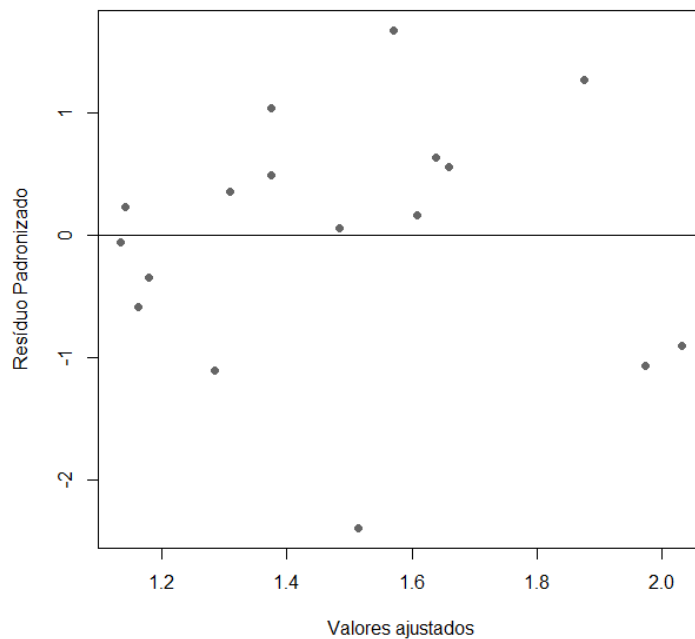
Os resíduos do modelo são independentes e homocedásticos, conforme pode ser observado nas figuras 13 e 14. O resultado do teste Breush-Pagan (homocedasticidade) foi de  $p = 0,658$  e o resultado do teste de Shapiro-Wilk (normalidade) foi  $p = 0,803$ .

Figura 13 – Diagrama de dispersão dos resíduos x variáveis explicativas.



Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Figura 14 – Diagrama de dispersão dos resíduos padronizados x valores ajustados.



Fonte: dados da pesquisa, 2020.

## 6.5. Análise Espacial

### 6.5.1. Moran Global

Os Índices de Moran Globais para as taxas de incidência da dengue apresentaram associações espaciais positivas e negativas variando de fracas a muito

fracas, com alguns resultados próximos de zero. Os resultados só foram estatisticamente significativos para os anos de 2007, 2009, 2010, 2015 e 2017 (Tabela 20).

Tabela 20 – Índice de Moran Global Univariado e pseudo p-valor para as taxas de incidência da dengue do município de São Luís, Maranhão, Brasil, no período de 2007 a 2017.

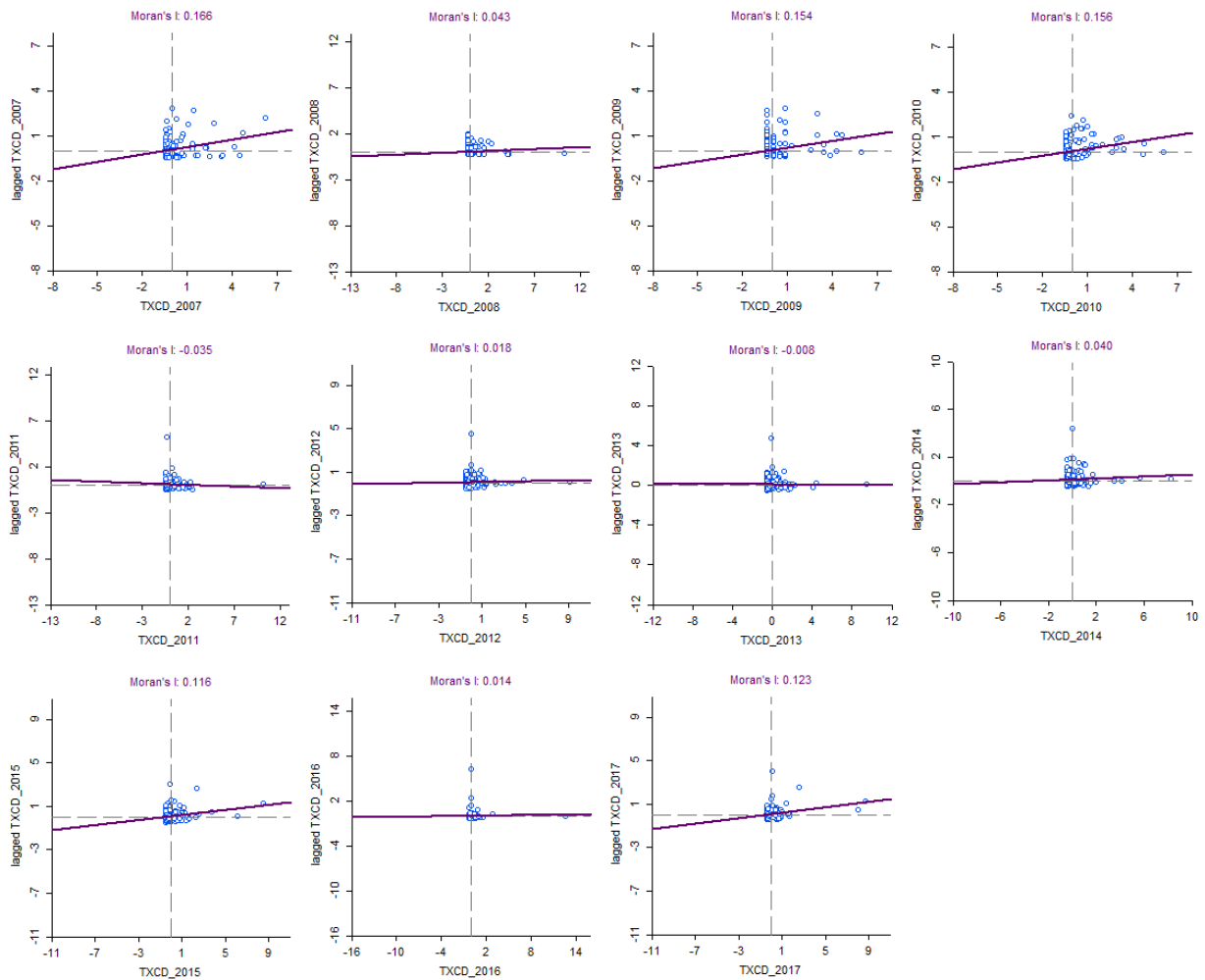
<b>Variáveis</b>	<b>I Moran Global</b>	<b>Pseudo p-valor*</b>
Taxa de incidência 2007	0,166	0,003
Taxa de incidência 2008	0,043	0,096
Taxa de incidência 2009	0,154	0,001
Taxa de incidência 2010	0,156	0,003
Taxa de incidência 2011	-0,035	0,223
Taxa de incidência 2012	0,018	0,217
Taxa de incidência 2013	-0,008	0,422
Taxa de incidência 2014	0,040	0,107
Taxa de incidência 2015	0,116	0,012
Taxa de incidência 2016	0,014	0,146
Taxa de incidência 2017	0,123	0,014

Fonte: dados da pesquisa, 2020. Elaborada pela autora. \*Significativo:  $p < 0,05$ .

Além da medida global de dependência espacial, o GeoDa também fornece o Diagrama de Espalhamento de Moran. O diagrama de espalhamento de Moran para as variáveis estudadas (Figura 15) mostra que para os anos de 2007 a 2010 a maioria dos bairros esteve concentrada na área central do diagrama com tendência de espalhamento para o quadrante Q1 (valores positivos com médias positivas), indicando associação espacial positiva.

Os anos de 2011 e 2013 apresentaram associação espacial negativa com predominância dos pontos no centro do diagrama. Para os demais anos, os pontos também ficaram concentrados na parte central do diagrama, com a maioria dos espalhamentos tendendo para o quadrante Q1. O ano de 2013 (variável TXCD\_2013) obteve a associação espacial mais fraca e o ano de 2007 (TXCD\_2007) a associação mais forte dentro todo o período estudado.

Figura 15 – Diagrama de espalhamento de Moran para as taxas de incidência da dengue do município de São Luís, Maranhão, Brasil, no período de 2007 a 2017.



Fonte: dados da pesquisa, 2020.

Na análise do Índice de Moran Global entre a taxa de incidência da dengue e as variáveis socioeconômicas, foi encontrada dependência espacial para todas elas (Tabela 21) e somente a variável lixo coletado por caçamba do serviço de limpeza (DPP\_LCCSL) não foi estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ). Dentre as associações espaciais encontradas, 8 foram negativas e 5 positivas. A dependência espacial mais forte encontrada foi para a variável pessoas com renda de meio salário mínimo (P10M\_RMSM).



Tabela 21 – Índice de Moran Global Bivariado entre as taxas de incidência da dengue e variáveis socioeconômicas do município de São Luís, Maranhão, Brasil, para o ano de 2010.

<b>Variáveis</b>	<b>I Moran Global</b>	<b>Pseudo p-valor*</b>
<b>Saneamento</b>		
DPP_AARG	-0,259	0,001
DPP_BEERG	-0,193	0,001
DPP_BEEFS	0,063	0,041
DPP_LCSL	-0,325	0,001
DPP_LCCSL	-0,029	0,183
DPP_LJTB	0,202	0,001
<b>Escolaridade</b>		
TX_ALF_15M	-0,312	0,001
<b>Condições de Renda</b>		
P10M_RMSM	0,328	0,001
P10M_RMa1	0,188	0,001
P10M_R1a2	-0,122	0,001
P10M_R2a3	-0,220	0,001
P10M_R3a4	-0,244	0,001
P10M_SR	0,282	0,001

Fonte: dados da pesquisa, 2020.

As variáveis referentes às condições de saneamento, com exceção da “Lixo coletado por caçamba do serviço de limpeza (DPP\_LCCSL)”, foram estatisticamente significativas, havendo associações diretas e inversas.

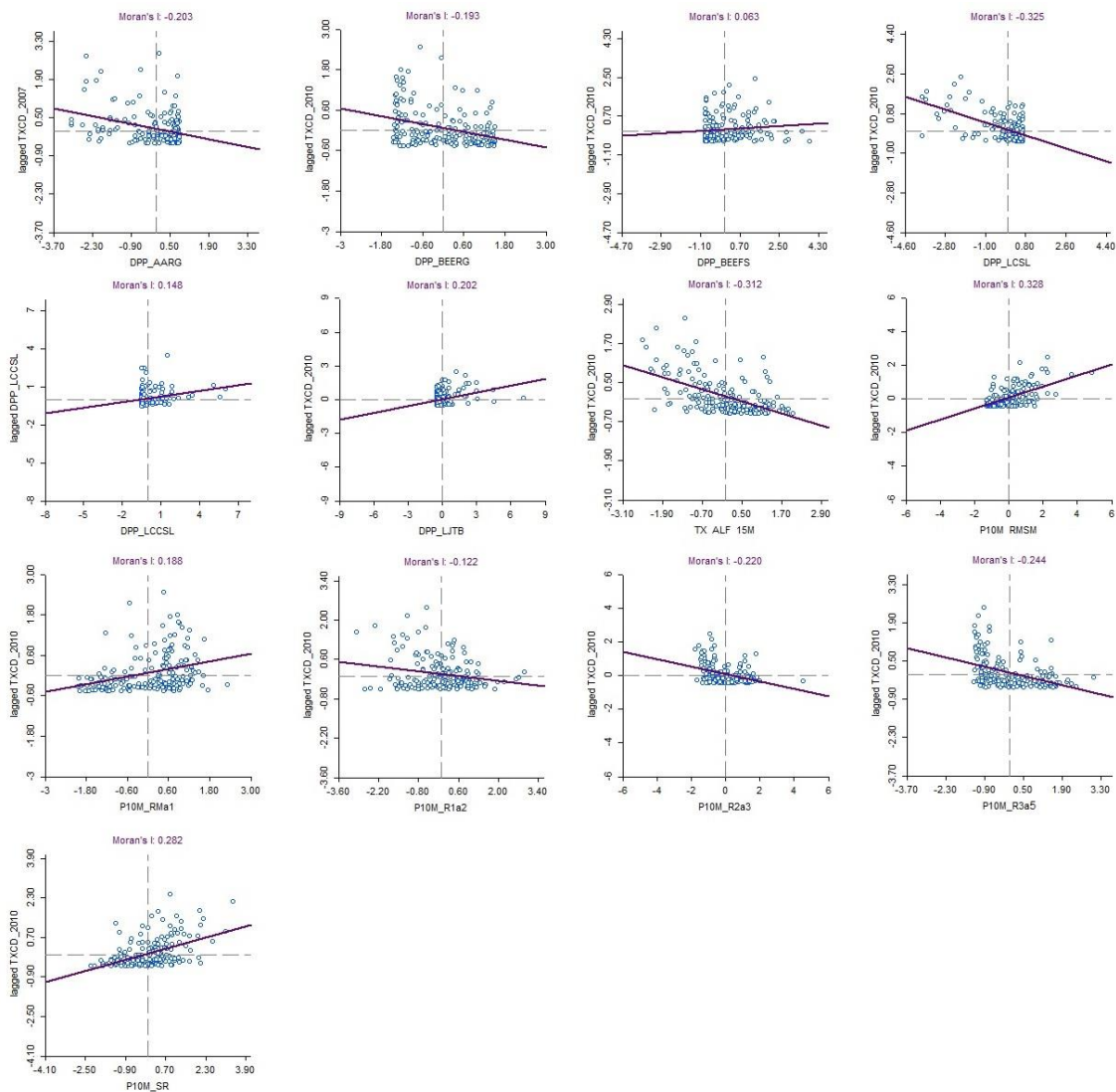
As associações inversas significativas foram para as variáveis abastecimento de água pela rede geral (DPP\_AARG), esgotamento sanitário pela rede geral (DPP\_BEERG) e lixo coletado pelo serviço de limpeza (DPP\_LCSL). Tal associação implica que há bairros com valores positivos (Alto) para as variáveis dependente e independente cujos vizinhos possuem valores negativos (Baixo) ou bairros com valores negativos (Baixo) e seus vizinhos com valores positivos (Alto).

Já as variáveis esgotamento sanitário via fossa séptica e lixo jogado em terreno baldio tiveram associações diretas, indicando que áreas com alta incidência da dengue possuem altos percentuais para essas variáveis e seus vizinhos seguem o mesmo padrão.

A alfabetização teve associação inversa, assim como quatro variáveis da subdimensão condições de renda. As variáveis renda de meio salário mínimo e renda de meio até um salário mínimo tiveram autocorrelação direta.

No diagrama de espalhamento de Moran (Figura 16) é possível observar os pontos distribuídos pelos quatro quadrantes para todas as variáveis. As associações foram mais fortes do que a autocorrelação da taxa de casos de dengue e, assim, houve mais dispersão dos pontos no diagrama. Dentre elas pode-se observar que a variável DPP\_LCCSL e a DPP\_LJTB foram as que tiveram menor espalhamento e ficaram mais próximas do zero. Por outro lado, as variáveis DPP\_AARG, DPP\_BEERG e TX\_ALF\_15M tiveram maior espalhamento, principalmente no Q4.

Figura 16 – Diagrama de espalhamento de Moran para as variáveis socioeconômicas.



Fonte: dados da pesquisa, 2020.

As variáveis de rendimento tiveram parte dos pontos concentrados nos quadrantes Q2 e Q3, enquanto nos quadrantes Q4 e Q1 houve dispersão dos pontos. As variáveis P10M\_RMa1 e P10M\_SR tiveram grande variabilidade de pontos no Q1, indicando padrão do tipo Alto-Alto. Já as variáveis P10M\_R1a2 e P10M\_R3a5 tiveram mais espalhamento no Q4, mostrando um padrão Baixo-Alto.

### 6.5.2. Moran Local

Para identificar a localização das áreas com dependência espacial significativas foi realizada a análise do Indicador Local de Associação Espacial (LISA). Os resultados apontam para a prevalência de associações do tipo Baixo-Alto (Q3) para a área sul do município, enquanto as demais áreas tiveram agrupamentos.

Observou-se que as variáveis apresentaram um padrão espacial muito similar, tendo poucas variações na composição dos agrupamentos (bairros) (Figuras 16, 17 e 18). Os agrupamentos se concentraram em grande parte nas regiões sul e centro-norte do município. A região sul se destaca por possuir agrupamentos em todas as variáveis, alternando no tipo de cluster (Alto-Alto/Alto-Baixo/Baixo-Baixo/Baixo-Alto).

Para essa região, as variáveis que tiveram agrupamento do tipo Alto-Alto foram: abastecimento de água pela rede geral (um bairro), banheiro com esgotamento via fossa séptica (porção central da região sul), lixo jogado em terreno baldio (predominantemente sul-sudeste), pessoas com renda de meio salário mínimo (com exceção de um bairro, toda a região sul), pessoas com renda de meio até um salário mínimo (sudoeste e parte da sudeste) e pessoas sem rendimento (com exceção de um bairro, toda a região sul).

O bairro do extremo norte (Olho D'Água), que também registrou autocorrelação espacial para todas as variáveis, não teve nenhum agrupamento Alto-Alto. A maior parte das regiões central, nordeste e noroeste não tiveram autocorrelação espacial.

A variável abastecimento de água pela rede geral (DDP\_AARG) teve agrupamento Alto-Baixo na região sul e nordeste do município (Figura 16, A). Os agrupamentos Baixo-Baixo e Alto-Baixo ficaram dispersos no sentido centro-norte. Houve um agrupamento Alto-Alto no extremo sul.

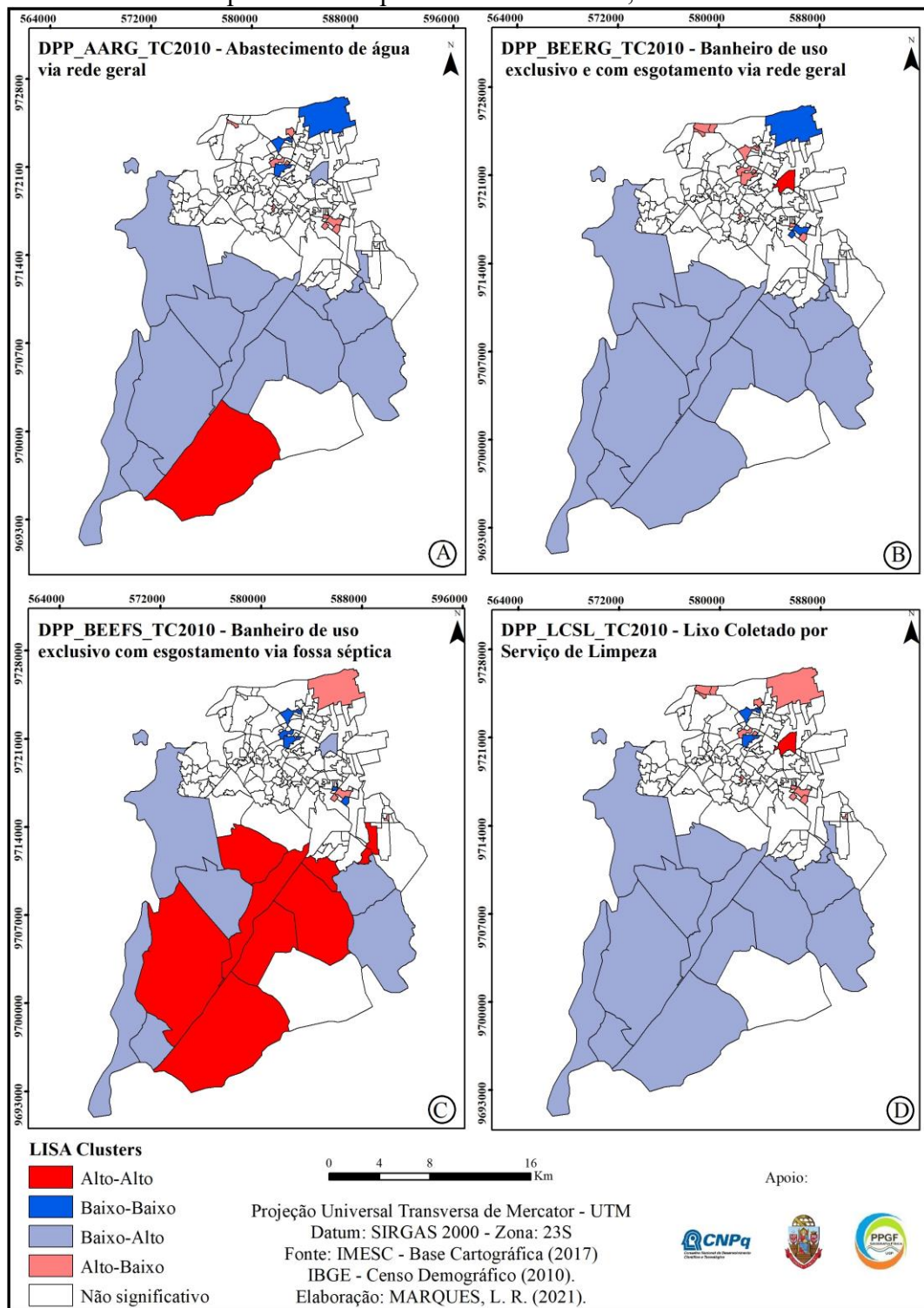
A variável banheiro de uso exclusivo e com esgotamento via rede geral de esgoto (DPP\_BEERG) teve autocorrelação Baixo-Alto e Baixo-Baixo na região sul e

extremo norte, respectivamente, enquanto agrupamentos Alto-Alto e Alto-Baixo se distribuíram no sentido nordeste-noroeste (Figura 17, B). Para a variável banheiro de uso exclusivo e com esgotamento via fossa séptica (DPP\_BEEFS) houve associações Alto-Alto e Baixo-Alto na porção sul, Alto-Alto à nordeste, Alto-Baixo no extremo norte e agrupamentos dispersos ao norte (Figura 17, C).

Para avaliar a contribuição do fator lixo, foram analisadas as seguintes variáveis: coleta de lixo realizada diretamente pelo serviço de limpeza (DPP\_LCSL), lixo coletado em caçamba do serviço de limpeza (DPP\_LCCSL) e lixo jogado em terreno baldio (DPP\_LJTB). Como a variável DPP\_LCCSL não teve significância estatística, o LISA não foi aplicado para ela.

O agrupamento para a variável coleta de lixo realizada diretamente pelo serviço de limpeza (DPP\_LCSL) (Figura 17, D) concentrou baixas taxas de incidência com altos percentuais de domicílios com coleta via serviço de limpeza na região sul do município. Para essa mesma região foi identificado um cluster do tipo Alto-Alto para a variável lixo jogado em terreno baldio (DPP\_LJTB\_TC2010) (Figura 18, E).

Figura 17 – Mapa dos LISAs para variáveis socioeconômicas da dimensão saneamento para o município de São Luís – MA, Brasil.

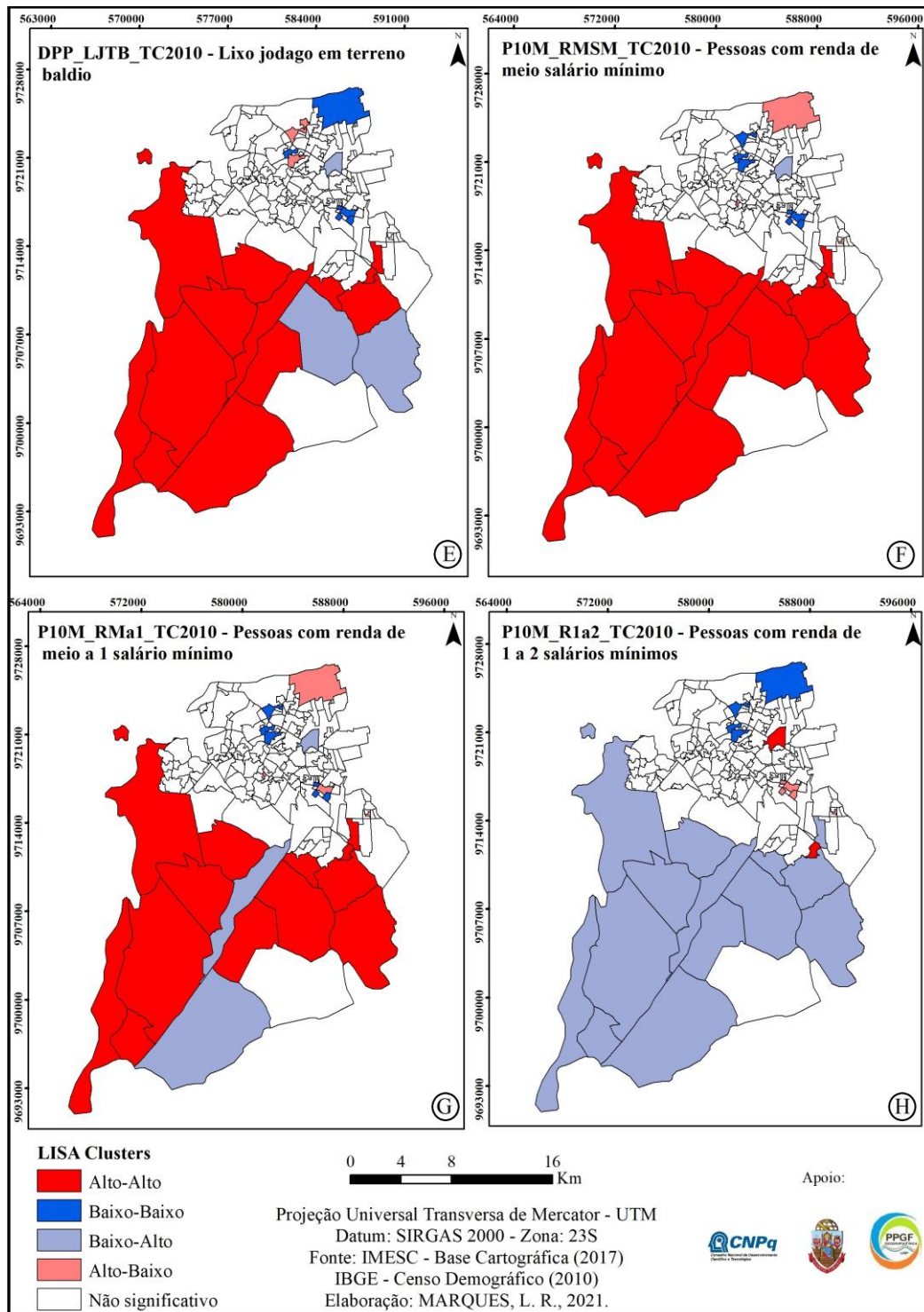


A variável P10M\_RMSM refere-se as pessoas que possuem rendimento mensal de meio salário-mínimo (Figura 18, F) e, como pode ser observado, os agrupamentos se concentraram nas regiões norte e sul, com a primeira tendo agrupamentos dispersos do tipo Baixo-Alto, Baixo-Baixo e Alto-Baixo e a segunda agrupamentos Alto-Alto.

A segunda variável compreende o percentual de pessoas com rendimento de meio a um salário mínimo (P10M\_RMa1) (Figura 18, G). O padrão espacial teve pouca modificação, exceto por uma área na porção central da região sul e sudeste que mudou para cluster Baixo-Alto (Maracanã e Estiva) e um pequeno agrupamento na porção nordeste que mudou para Alto-Baixo (São Bernardo).

A variável P10M\_R1a2 (Figura 18, H), que corresponde ao percentual de pessoas com renda de 1 a 2 salários mínimos, teve um cluster na região sul do tipo Baixo-Alto, no extremo norte houve agrupamentos dispersos do tipo Baixo-Baixo e na região centro-oeste agrupamentos Alto-Alto e Alto-Baixo também dispersos.

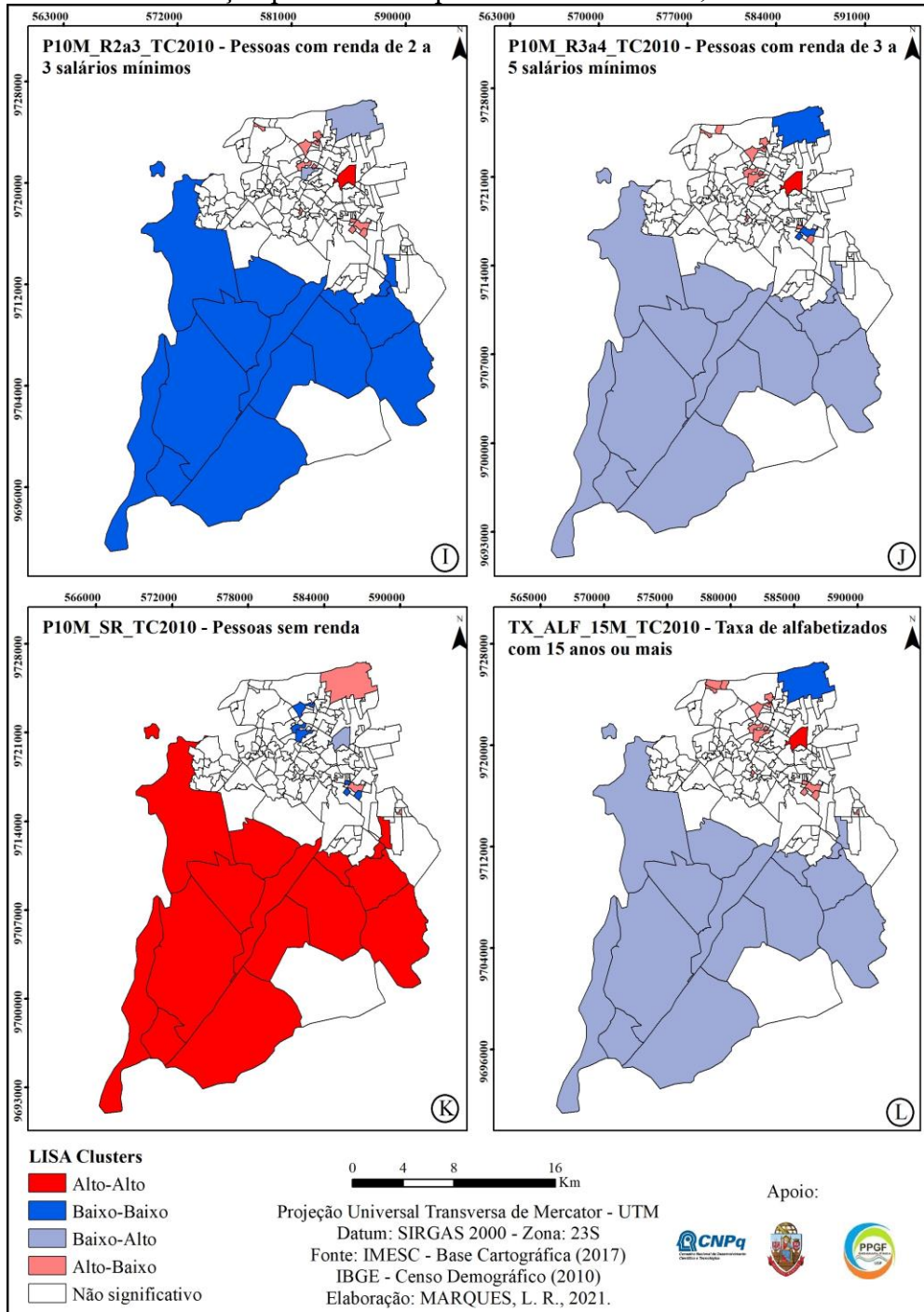
Figura 18 – Mapa dos LISAs para variáveis socioeconômicas da dimensão saneamento e renda para o município de São Luís – MA, Brasil.



A variável P10M\_R2a3 (Figura 19, I) corresponde ao percentual de pessoas com renda mensal de 2 a 3 salários mínimos. Houve um agrupamento Baixo-Baixo, situado na região sul, um agrupamento Baixo-Alto no extremo norte e outro na região central,

um Alto-Alto no sentido centro-norte e outros Alto-Baixo na porção noroeste, norte e nordeste do município.

Figura 19 – Mapa dos LISAs para variáveis socioeconômicas da dimensão renda e educação para o município de São Luís – MA, Brasil.



A variável pessoas com rendimento de 3 a 5 salários mínimos (P10M\_3a5) (Figura 19, J) teve um agrupamento Baixo-Alto na região sul, um Baixo-Baixo no



extremo norte e agrupamentos Alto-Alto e Alto-Baixo na região central e noroeste. Para a variável pessoas sem rendimento (P10M\_SR), a região sul teve agrupamento Alto-Alto, o extremo norte e nordeste tiveram agrupamento Alto-Baixo e a região central teve agrupamento Baixo-Baixo e Baixo-Alto (Figura 19, K).

A taxa de alfabetizados com 15 anos ou mais (TX\_ALF\_15M) (Figura 19, L) obteve um padrão espacial parecido com as demais variáveis. O agrupamento Baixo-Alto foi identificado na região sul, o Baixo-Baixo no extremo norte, e agrupamento Alto-Baixo se dispersou entre as regiões nordeste e noroeste. Houve um agrupamento Alto-Alto na região nordeste.

Uma parte das variáveis utilizadas possui um impacto positivo no aumento da capacidade de resposta ao risco à dengue (diminuem a vulnerabilidade), enquanto a outra possui impacto negativo (aumentando a vulnerabilidade).

As variáveis pertencentes ao primeiro grupo são abastecimento de água (DPP\_AARG\_TC2010), banheiro exclusivo com esgotamento via rede geral (DPP\_BEERG\_TC2010), lixo coletado por serviço de limpeza (DPP\_LCSL\_TC2010), pessoas alfabetizadas (TX\_ALF\_15M\_TC2010) e pessoas com 2 a 3 (P10M\_R2a3\_TC2010) e 3 a 5 salários mínimos (P10M\_R3a5\_TC2010). As áreas que possuem baixos valores para essas variáveis são mais vulneráveis do que aquelas que possuem altos valores.

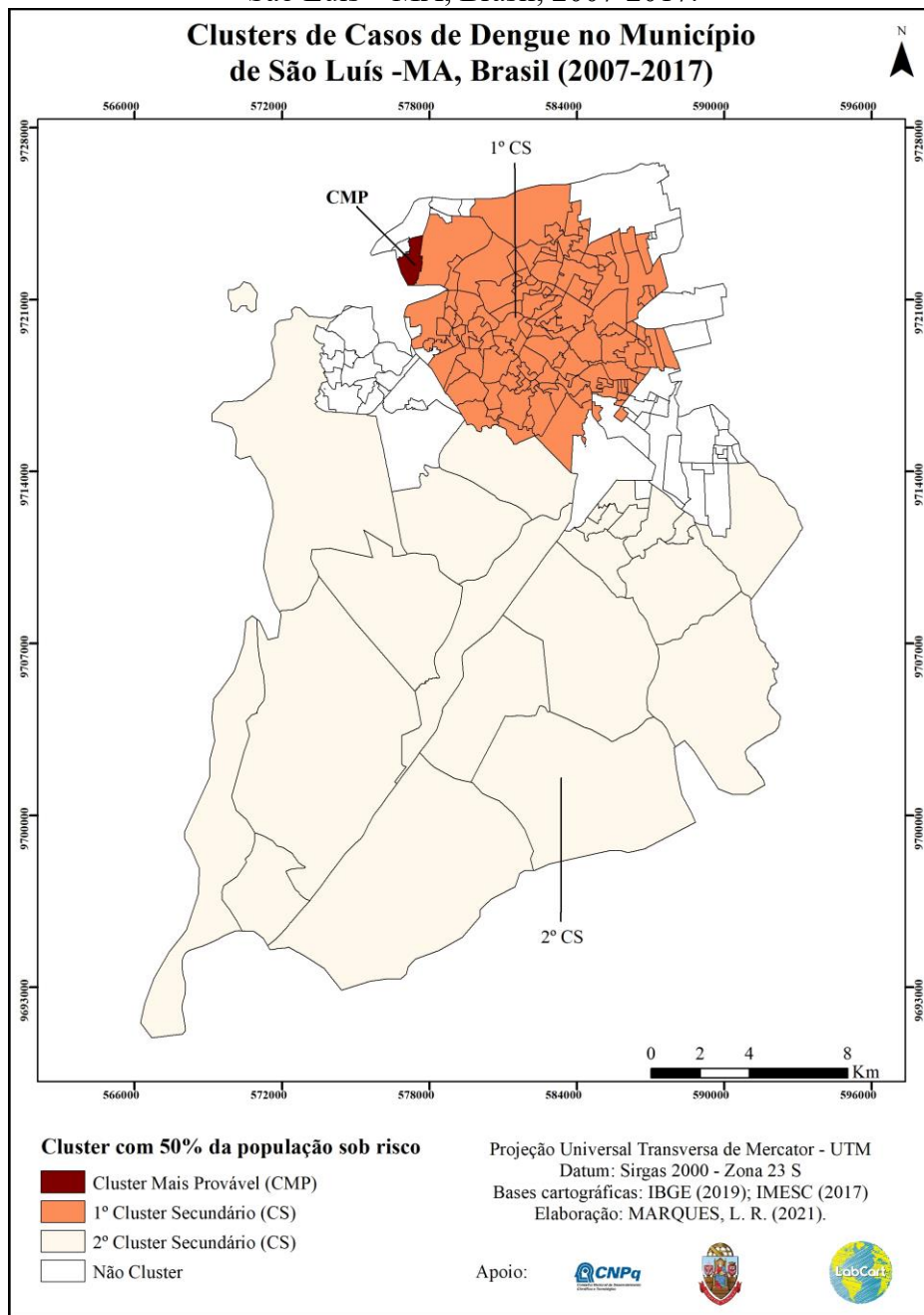
No segundo grupo estão banheiro exclusivo com esgotamento via fossa séptica (DPP\_BEEFS\_TC2010), lixo jogado em terreno baldio (DPP\_LJTB\_TC2010), pessoas com renda de meio salário mínimo (P10M\_RMSM\_TC2010), pessoas com renda de meio até um salário mínimo (P10M\_RMa1\_TC2010), pessoas com 1 a 2 salários mínimos (P10M\_R1a2\_TC2010) e pessoas sem rendimento (P10M\_SR\_TC2010). As áreas que possuem altos valores para essas variáveis são mais vulneráveis do que aquelas que possuem baixos valores.

Destaca-se que a região sul de São Luís teve mais agrupamentos Alto-Alto para variáveis que aumentam a vulnerabilidade.

### 6.5.3. Análise SaTScan – casos de dengue

A Estatística de Varredura Espacial foi aplicada para os casos de dengue para identificar agrupamentos considerando uma população em risco. Os resultados completos das análises estão nos apêndices A e B. Na análise considerando 50% da população em risco, foram identificados 3 agrupamentos (Figura 20).

Figura 20 – Clusters de casos de dengue com 50% da população em risco. Município de São Luís – MA, Brasil, 2007-2017.



O agrupamento com o maior número de bairros foi o 1º CS, totalizando 114 (Tabela 22). Esse também foi agrupamento com maior número de casos obtidos e de casos esperados. Os anos identificados para os agrupamentos foram 2010, 2011 e 2016.

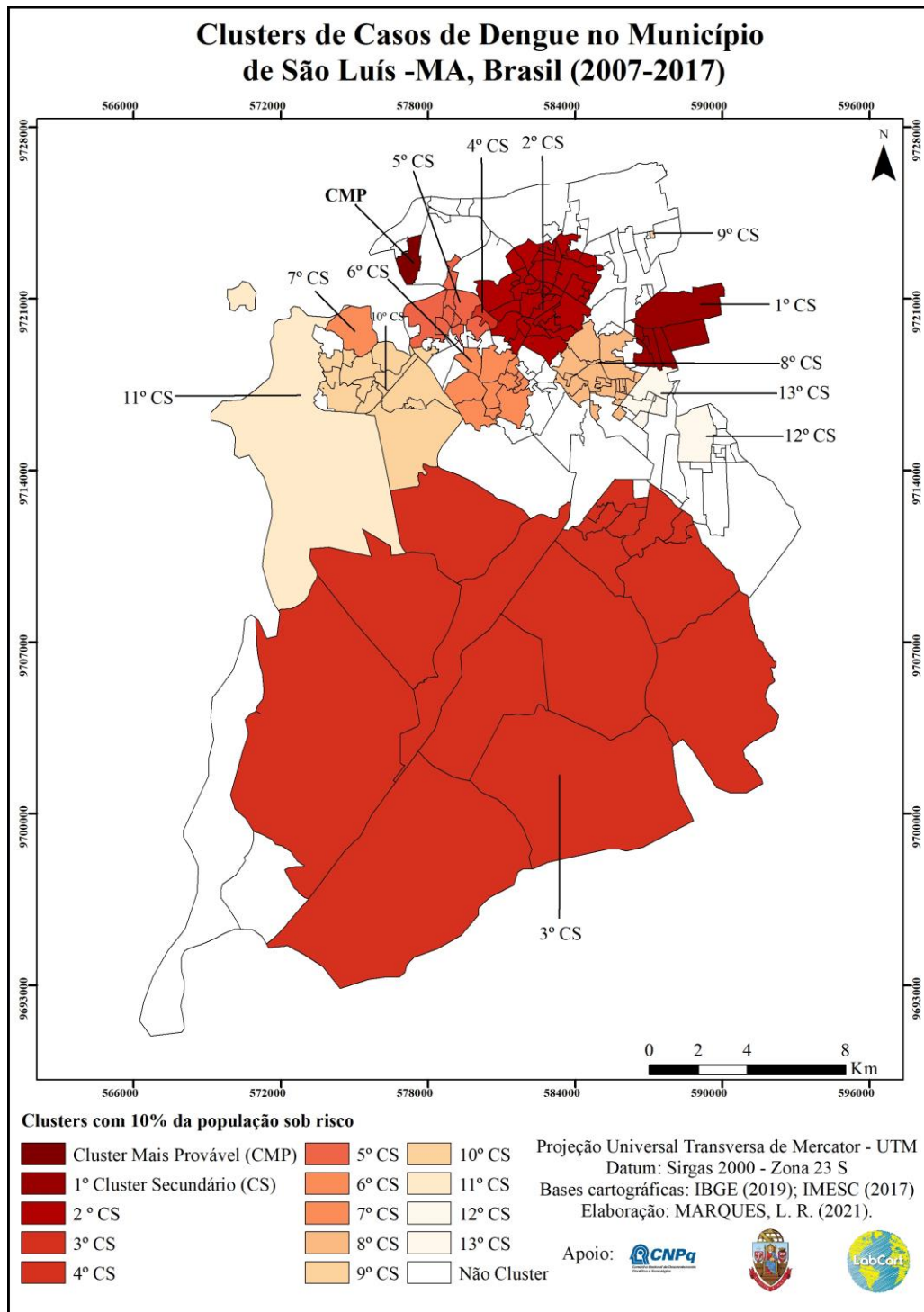
Tabela 22 – Resultados da estatística de varredura espaço-temporal dos casos de dengue do município de São Luís – MA, Brasil, no período de 2007-2017 considerando 50% da população total em risco.

<b>Cluster</b>	<b>Período Temp.</b>	<b>Raio (Km)</b>	<b>Nº Bairros</b>	<b>Nº de casos</b>	<b>Nº Casos Esp.</b>	<b>RR</b>	<b>LLR</b>	<b>p-valor</b>
CMP*	2016	0	1	1191	26,56	47,64	3400,085	< 0,001
1º CS	2011	5,02	114	2806	886,96	3,52	1412,869	< 0,001
2º CS	2010-2011	18,08	22	1372	2,72	2,85	524,859	< 0,001

Fonte: dados da pesquisa, 2021. \*Cluster Mais Provável.

Na análise considerando 10% da população em risco foram identificados 14 agrupamentos (Figura 21).

Figura 21 – Clusters de casos de dengue com 10% da população em risco. Município de São Luís – MA, Brasil, 2007-2017.



Desses 14 agrupamentos, o que compreendeu a maior quantidade de bairros foi o 2° CS, com 32 bairros (Tabela 23). Dentre todo o período de estudo, 2011 foi o ano que mais apareceu nos agrupamentos (6 vezes), seguido de 2010 (5 vezes) e 2016 (4). Os anos de 2009, 2012, 2013 e 2014 não apareceram em nenhum período dos

agrupamentos encontrados. O 11º CS teve o maior intervalo de tempo para um agrupamento (3 anos).

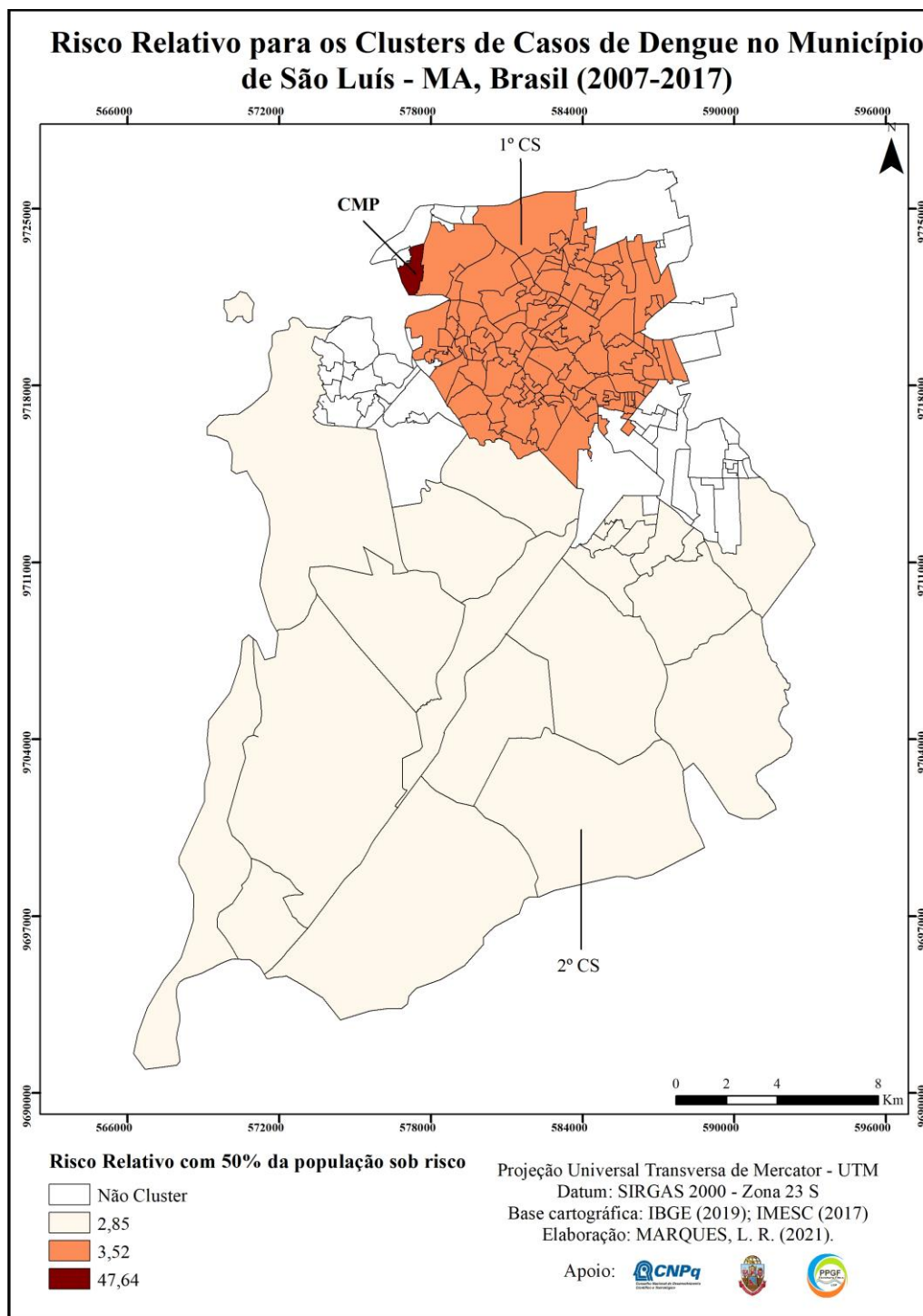
Tabela 23 – Resultados da estatística de varredura espaço-temporal dos casos de dengue do município de São Luís – MA, Brasil, no período de 2007-2017 considerando 10% da população total em risco.

<b>Cluster</b>	<b>Período Temp.</b>	<b>Raio (Km)</b>	<b>Nº Bairros</b>	<b>Nº de casos</b>	<b>Nº Casos Esp.</b>	<b>RR</b>	<b>LLR</b>	<b>P-valor</b>
CMP	2016	0	1	1191	26,56	44,85	3400,085	< 0,01
1º CS	2015-2016	1,95	7	1037	155,87	9,96	1104,010	< 0,01
2º CS	2011	2,42	32	734	172,59	4,38	509,186	< 0,01
3º CS	2010-2011	11,95	17	1019	340,16	3,10	451,085	< 0,01
4º CS	2008-2010	0	1	273	22,71	12,17	430,149	< 0,01
5º CS	2016	1,58	9	435	85,37	5,19	361,800	< 0,01
6º CS	2011	1,64	11	470	130,64	3,66	265,313	< 0,01
7º CS	2010	0	1	114	7,35	15,60	206,198	< 0,01
8º CS	2010-2011	1,62	17	543	247,48	2,23	133,390	< 0,01
9º CS	2007	0	1	38	1,11	34,35	97,460	< 0,01
10º CS	2011	2,40	14	374	178,21	2,12	82,428	< 0,01
11º CS	2007-2010	0	1	67	8,57	7,84	79,456	< 0,01
12º CS	2011	0	1	156	69,49	2,25	39,832	< 0,01
13º CS	2016	0,96	5	110	52,07	2,12	24,424	< 0,01

Fonte: dados da pesquisa, 2021. \*Cluster mais provável. RR = Risco Relativo. LLR = Log likelihood ratio.

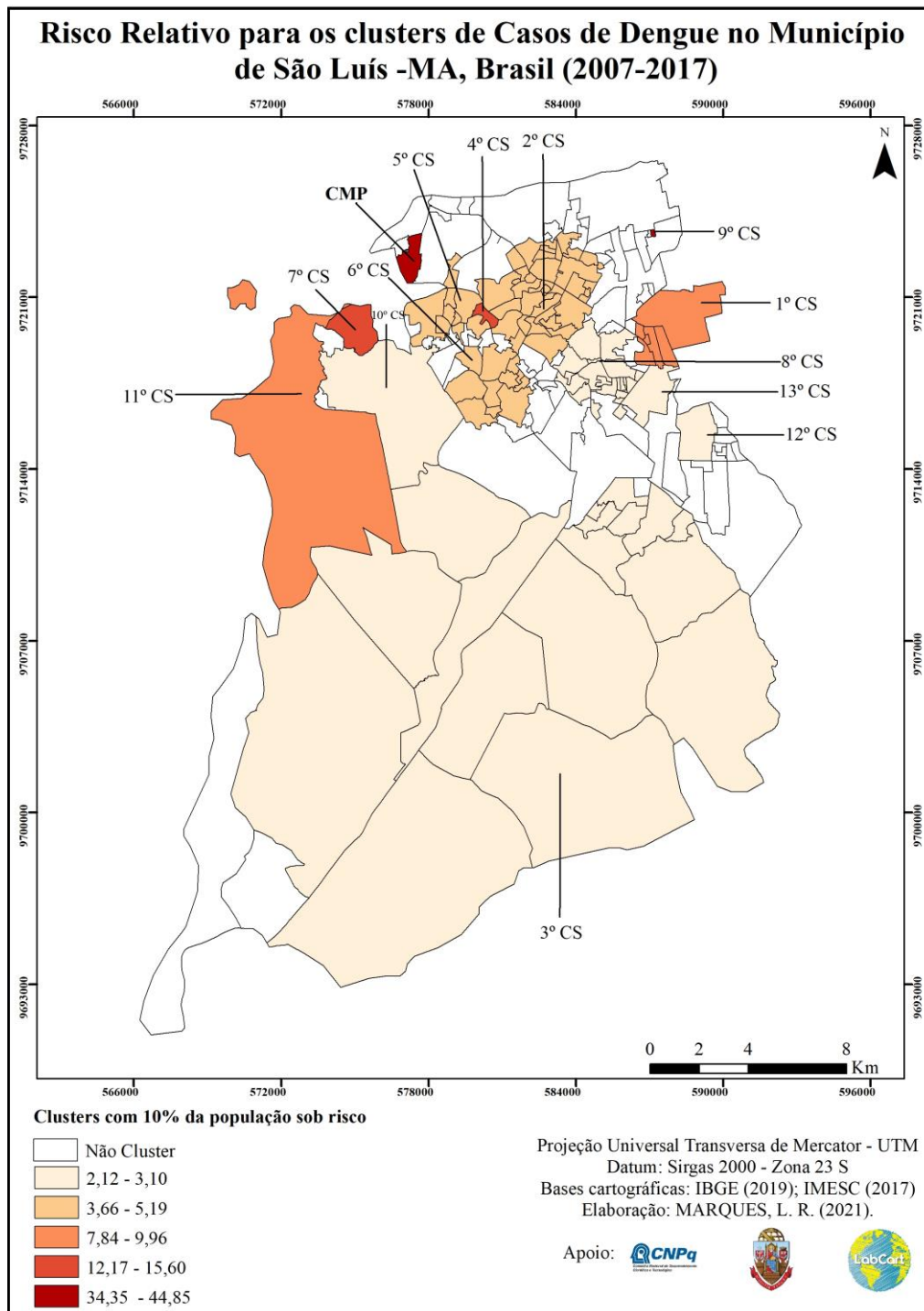
O maior risco relativo para os agrupamentos espaço-temporais considerando 50% da população total em risco foi de 47,85 com p-valor <0,01 para o agrupamento 1 (CMP) e para o ano 2016 (Figura 22).

Figura 22 – Risco relativo para os clusters de casos de dengue no município de São Luís – MA, Brasil, considerando 50% da população em risco.



Para os agrupamentos espaço-temporais considerando 10% da população total em risco, o maior risco relativo encontrado foi de 44,85 com p-valor <0,01 referente ao CMP para ao ano 2016 (Figura 23).

Figura 23 – Risco relativo para os clusters de casos de dengue no município de São Luís – MA, Brasil, considerando 10% da população em risco.



## 7. DISCUSSÃO

Todas as variáveis quantitativas analisadas no modelo de regressão foram associadas com os casos de dengue. Dentre elas, a precipitação foi a mais significativa associada ( $p < 0,001$ ), seguida pela umidade e temperatura. Como a temperatura e a umidade não variam muito ao longo do ano, a precipitação parece ser o elemento decisivo para desencadear o desenvolvimento do *Aedes aegypti* e consequentemente aumentar a população de mosquitos adultos.

Outros estudos também verificaram associação significativa entre os casos de dengue e a temperatura (CHEONG et al., 2013; MARINHEIRO et al., 2017), a umidade relativa do ar (MARINHEIRO et al., 2017; WU et al., 2007) e a precipitação (HII et al., 2009; SILVA et al., 2016; SIRISENA et al., 2017).

A umidade relativa pode ajudar na conservação dos ovos e diminuir o estresse das larvas até que haja disponibilidade de água. A temperatura, dentre todas as variáveis, é a mais estável e se encontra na faixa ideal para a reprodução do mosquito e pode estar atuando em especial na sua frequência de picada, já que é comum ela atingir máximas diárias de 30°C e até 32°C no município, embora essas temperaturas ocorram em horários que não são os preferenciais para picada do *Aedes aegypti* (entre as 09h e 17h).

Os resultados do risco relativo parecem corroborar para essa suposição, já que a temperatura é a que representa o maior risco para o aumento dos casos de dengue, seguida pela umidade e precipitação. Na Malásia, Cheong et al. (2013) verificaram aumento no RR com temperaturas mínimas mais elevadas. Em um estudo realizado em Singapura foi observado que o RR mais alto ocorreu em semanas subsequentes à precipitação acumulada acima de 150 mm (HII et al., 2009). Em outro estudo, foi observado uma associação entre o aumento do risco da dengue e os meses de maior umidade relativa do ar (XUAN et al., 2014).

Houve associação linear estatisticamente significativa entre o IIP, a temperatura média mensal, a umidade relativa do ar mensal e a precipitação total mensal nas análises de regressão linear simples, porém não foi encontrada associação significativa entre essas variáveis na análise de regressão linear múltipla.

A associação entre elementos climáticos e o *Aedes aegypti* foi observada em várias pesquisas. Neste trabalho, quando temperatura, precipitação e umidade foram associados separadamente com o índice de infestação predial (IIP), foram encontradas



associações significativas, sugerindo que todos eles explicam em certo grau a variabilidade desse índice no município de São Luís.

A temperatura teve associação negativa com o IIP (-0,408), enquanto umidade e precipitação tiveram associações positivas. A associação negativa da temperatura com o índice de infestação predial significa que, quando a temperatura aumenta, o índice diminui ou, quando a temperatura diminui, o índice aumenta. Uma explicação para isso pode ser o clima do município, que é quente – com temperatura média em torno dos 27°C<sup>8</sup>.

Apesar de temperaturas altas serem benéficas para o mosquito, temperaturas muito altas podem prejudicar seu desenvolvimento larvário, retardar a embriogênese e até contribuir para a mortalidade das larvas se houver extremos de temperatura. Mas se a temperatura está amena (~25°C), o ambiente se torna propício ao desenvolvimento do mosquito (FARNESI et al., 2009).

A umidade relativa do ar e a precipitação tiveram associações positivas, ou seja, se elas aumentarem o IIP aumenta, mas se elas diminuïrem o IIP também diminui. Dentre ambas, a umidade teve maior poder explicativo. Ela atua em conjunto com a temperatura para propiciar uma condição ambiente satisfatória para o *Aedes aegypti*, como na fase de eclosão dos ovos (HALSTEAD, 2008).

No trabalho de Simões et al. (2013), a abundância do mosquito foi significativamente afetada pela interação defasada de temperatura e umidade, com tendência de aumento com valores acima de 18°C e 54% de umidade.

Em Minas Gerais, a precipitação e a umidade influenciaram intensamente o aumento da oviposição, principalmente a primeira (SOARES et al., 2015). Ela também teve um efeito significativo sobre os índices larvários no trabalho de Barrera, Amador e Mackay (2011). Em outro estudo as três variáveis também foram importantes para o aumento da população do mosquito (ROHANI et al., 2011).

No modelo múltiplo, no entanto, não foi encontrada nenhuma associação entre as variáveis. Talvez isso tenha ocorrido porque a associação simultânea entre as variáveis independentes com a variável dependente não seja linear, tornando o modelo incapaz de capturar as oscilações dessa relação. As técnicas de wavelet empregadas por Simões et al (2013) mostraram, por exemplo, que a associação entre o clima e a abundância de mosquito não é constante, como assume o modelo linear.

---

<sup>8</sup> Normal Climatológica 1981-2010 da Temperatura Média Compensada – Bulbo Seco. Estação Climatológica São Luís (INMET, 2019).

As limitações do banco de dados de infestação larvária podem ter contribuído para que os modelos não obtivessem um ajuste melhor. Outro motivo para a falta de associação pode ter sido a utilização de dados climáticos para o mesmo mês da infestação larvária, sem considerar nenhum atraso de tempo, desprezando assim o tempo necessário para esses elementos climáticos influenciarem o desenvolvimento do mosquito. Alguns trabalhos que empregaram a defasagem de tempo encontraram associações significativas entre o *Aedes aegypti* e variáveis climáticas (BARRERA; AMADOR; MACKAY, 2011; FERREIRA et al., 2017; ROHANI et al., 2011; SIMÕES et al., 2013). Resultado similar foi encontrado entre variáveis climáticas e casos de dengue (RIBEIRO et al., 2006).

Os resultados do índice de Moran Global para a taxa de incidência da dengue demonstraram que houve padrão espacial significativo para os anos de 2007, 2009, 2010, 2015 e 2017. Delmelle et al. (2016) também encontraram autocorrelação espacial para a dengue entre bairros, enquanto Ferreira et al. (2017) não encontraram.

A vulnerabilidade social à dengue ainda é um tema pouco discutido e até mesmo trabalhado. O estudo dos aspectos socioeconômicos se sobressaem na maioria das análises devido a associação ainda não totalmente clara entre eles e a dengue. Nesta pesquisa analisamos a dimensão socioeconômica da vulnerabilidade social a partir de algumas variáveis como forma de explorar quais delas estão associadas à dengue no município e podem ser utilizadas para estudos mais profundos sobre vulnerabilidade à dengue, inclusive através de indicadores e índices compostos.

Assim, nesta pesquisa foram avaliadas algumas das variáveis apontadas pela literatura como relevantes para o estudo da dengue que correspondem a dimensão socioeconômica. Dentre essas variáveis tem-se o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, as formas de disposição dos resíduos sólidos, o nível educacional e a renda.

Nossos resultados mostram que 12 das 13 variáveis analisadas tiveram associação espacial significativa com a dengue. Outros trabalhos que consideraram a vulnerabilidade social (na mesma perspectiva da adotada aqui) encontraram resultados semelhantes (CARMO et al., 2020; HAGENLOCHER et al., 2013).

A associação entre dengue e saneamento corrobora com os trabalhos de Silva et al. (2020), Almeida, Medronho e Valencia (2009) e Delmelle et al. (2016). A alfabetização foi considerada um parâmetro de escolaridade. Em alguns trabalhos a escolaridade ou grau de instrução não teve associação espacial com a dengue (VASCONCELOS ET AL., 1998; SANTOS; MENDES; MOREIRA, 2020).

As variáveis da subdimensão renda também foram significativas, diferente de outros trabalhos que não encontraram associação espacial significativa (ALMEIDA; MEDRONHO; VALENCIA, 2009b; SILVA et al., 2020). Em um estudo realizado na Colômbia, maior estrato socioeconômico foi associado com baixos níveis de taxas de dengue (DELMELLE et al., 2016).

O padrão espacial entre a taxa de incidência da dengue e as variáveis socioeconômicas ocorreu em bairros de condições média e baixa. A área rural teve agrupamentos para todas as variáveis, tanto nas análises univariadas quanto nas bivariadas. O que normalmente se espera é que haja clusters nas áreas urbanas, onde as condições são mais favoráveis ao *Aedes aegypti*. Embora a parte urbana também tenha registrado clusters, o seu padrão de distribuição foi irregular e pontual. A zona rural do município é uma área de muita vegetação e menor adensamento populacional e verticalização. Por outro lado, é uma área com carência de serviços de saneamento básico e que concentra população com baixo rendimento.

Um fator que pode explicar esse padrão espacial para a zona rural é o fluxo contínuo de pessoas entre ambas as zonas, pois muitas trabalham na zona urbana e residem na zona rural. Assim, como a transmissão da doença pode ocorrer em outros locais que não o domicílio (GALLI; NETO, 2008; VAZQUEZ-PROKOPEC et al., 2009), elas podem ser infectadas em uma zona, mas a notificação do caso, que considera o local da residência, pode ser atribuída a outra.

Outra justificativa seria a existência de uma população do *Aedes albopictus*, cujos hábitos ecológicos são mais compatíveis com as características dessa área, infectando a população. No entanto, de acordo com os dados de Infestação Predial para o município, não havia sido encontradas larvas dessa espécie para o período de estudo. De acordo com o Coordenador do Programa de Controle da Dengue do município, só foram encontradas larvas e registrado altos índices de infestação larvária para o *Aedes albopictus* a partir do ano de 2018 (informação verbal)<sup>9</sup>.

A região mais urbanizada de São Luís apresentou poucos clusters significativos. Toda essa parte central do mapa que está, na maior parte, em branco, compreende a área comercial do centro da cidade, bairros mais antigos adjacentes (centro-esquerda), a área de expansão urbana do município (centro-direita) e na porção imediatamente vizinha do

---

<sup>9</sup> Informação obtida em conversa com o Coordenador do Programa de Controle da Dengue, Sr. Pedro Tavares, durante o levantamento de informações e dados sobre a dengue e o *Aedes aegypti* no município de São Luís – Maranhão, no ano de 2019.

cluster do sul, uma área periférica do município. É um eixo de grande circulação de pessoas e concentração de comércios e residências.

A área norte-noroeste, mais “pontuda”, é uma região de grande especulação imobiliária, concentrando a população de maior renda do município e bairros com melhores condições de infraestrutura urbana e educação. É também a área mais verticalizada de São Luís. A formação desse corredor de bairros sem correlação estatisticamente significativa e com condições de vida diferentes se assemelha aos resultados encontrados por Machado, Souza-Santos e Oliveira (2009).

O abastecimento de água via rede geral é um fator muito importante para a dengue, principalmente para seu controle. Por isso, o fornecimento constante de água foi apontado como a melhor estratégia de controle de expansão da dengue (WHO, 2009). Em São Luís, apesar de haver uma boa cobertura de abastecimento de água pela rede geral, muitos bairros enfrentam a intermitência desse serviço, alguns tendo água canalizada dia sim e dia não, enquanto outros alternam 15 dias com abastecimento contínuo no mês e reduzido nos outros 15 dias<sup>10</sup>.

Com a irregularidade no abastecimento público, a população acaba armazenando água em recipientes grandes e permanentes como caixas d’água e tonel, principalmente quando ela chega nas residências pela madrugada (GONÇALVES NETO et al., 2006). A prática da estocagem foi observada por Gonçalves-Neto et al. (2006) em São Luís para todas as classes de renda e pode ser um indicativo de que a irregularidade no fornecimento de água afeta grande parte da população, independentemente do nível de renda.

Na zona rural, além da cobertura de água canalizada pelo serviço público, é bem comum a utilização de poços artesanais, que suprem a necessidade da água quando da intermitência pelo serviço geral. Outra prática frequente nessa zona é o descarte do lixo nos quintais por meio da queima (GONÇALVES NETO et al., 2006) ou de enterramento e observou-se que, para essa área, o lixo jogado em terreno baldio teve associação com a dengue com valores altos. Talvez, esta prática seja um forte fator associado à presença da dengue na zona rural. Honorato et al. (2014) também encontraram associação entre incidência da dengue e outras formas de descarte de lixo, incluindo o terreno baldio como opção.

---

<sup>10</sup> Informação obtida na Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) em 2019 por meio de ofício.

O esgotamento sanitário não é tão fortemente ligado à dengue como o abastecimento de água, mas ele é utilizado como parâmetro nas investigações da doença devido à sua representatividade das condições ambientais em que se encontra o domicílio/população bem como da situação de urbanização, de moradias inadequadas e sem infraestrutura básica (ALMEIDA; MEDRONHO; VALENCIA, 2009a).

Nesta pesquisa, tanto o esgotamento pela rede geral como por fossa séptica tiveram autocorrelação com a dengue. Dentre as duas formas, o esgoto via fossa séptica é a mais preocupante e nota-se que os valores de agrupamentos mais altos estão na zona rural.

Em relação à renda, para as variáveis de ausência ou baixo rendimento, a região sul obteve clusters com altos valores, enquanto na região norte a predominância foi de clusters de baixos valores. Ainda para a região sul, os valores foram baixos para rendas a partir de um salário mínimo. A condição de baixa renda desses bairros foi observada em um estudo realizado no município em que o distrito sanitário Vila Esperança, do qual fazem parte alguns bairros desse cluster, tinha 67,4% das famílias entrevistadas com renda menor que 1 salário mínimo (GONÇALVES NETO et al., 2006). Em um estudo realizado em uma favela de Salvador, os autores verificaram um alto risco de dengue associado com áreas pobres (KIKUTI et al., 2015).

As variáveis selecionadas para analisar a renda correspondem à faixa de baixos salários. Ainda assim, nota-se que dentre os agrupamentos, os bairros que possuem alto valores de pessoas sem rendimento e até meio salário mínimo são mais vulneráveis à dengue do que os outros bairros de baixa renda.

O padrão espacial da dengue com o percentual de alfabetizados com 15 anos ou mais não variou muito das demais variáveis e aponta para o a região norte e sul com agrupamentos de baixo valores e para a parte central valores altos. Siqueira-Junior et al. (2008) encontraram associação entre baixo nível educacional e infecção por dengue. Em outro estudo, pessoas com maior nível educacional tiveram maior risco à dengue do aquelas com menor escolaridade (KOYADUN; BUTRAPORN; KITTAYAPONG, 2012).

A estatística de varredura espaço-temporal identificou padrões de agrupamentos para a dengue estatisticamente significativos para as análises realizadas com 50 e 10% da população em risco, evidenciando que a distribuição da doença não foi aleatória. Outros trabalhos tiveram resultados similares (ACHARYA et al., 2016; LIU et al., 2014; SCHMIDT et al., 2011; YUE et al., 2018).

Foram encontrados clusters espaço-temporais nas duas análises. A análise considerando 50% da população detectou 3 clusters, sendo 2 na parte norte e 1 na parte sul do município. O Cluster Mais Provável (CMP) corresponde a um único bairro chamado São Francisco. Esse é um dos bairros mais antigos do município, é de classe média e está situado entre duas áreas distintas, à oeste está um bairro periférico chamado Ilhinha, e à leste um bairro de alto padrão chamado Renascença. As características urbanas entre eles também diferem, acompanhando o nível econômico de cada um.

O 1º Cluster Secundário (CS) agrupa bairros de diferentes condições urbanas e econômicas, como os bairros mais antigos e pobres da região central (Centro, Camboa, Diamante, Coreia, Lira, Liberdade e Madre Deus) e bairros de médio e alto padrão como Vinhais, Cohama, Calhau, Renascença, Angelim e Bequimão. O CMP e o 1º CS abrangem a maior parte da zona urbana de São Luís.

O 2º CS compreende a zona rural e alguns bairros da zona urbana (Cidade Olímpica, Vila Airton Sena, Santa Bárbara, Vila Vitória, Jardim São Raimundo, Conjunto São Raimundo e Loteamento de Valean).

Na análise de 10% da população em risco foi possível identificar clusters menores que, na análise com 50% da população, foram agrupados em dois clusters grandes. Os bairros parecidos entre si foram agrupados no mesmo cluster. O 1º CS da figura 19 foi dividido em 5 clusters menores e vários bairros não foram incluídos, tais como Calhau, Renascença, Santa Eulália/Vila Independente, Angelim e Turu.

Na análise de 10% foram identificados 6 clusters em bairros que não foram incluídos na análise de 50%, destacando-se o 1º, o 7º, o 10º e 11º CSs. O 7º e o 11º CSs estão situados em uma área periférica do município, abrangendo bairros pobres e com deficiência em infraestrutura urbana, como Vila Embratel, Sá Viana, Jambreiro, Anjo da Guarda, Bacanga e outros (11º CS) e Vila Nova (7ºCS).

A intermitência no serviço de abastecimento de água pode ser uma forte promotora da manutenção da dengue nesses bairros. Em um estudo realizado no Vietnã os autores observaram que pessoas sem acesso à água encanada tiveram maior risco à dengue (SCHMIDT et al., 2011). Outras condições socioambientais também podem estar contribuindo para o risco nessas áreas.

É pertinente notar que o CMP se manteve o mesmo, sem inclusão de outro bairro, havendo apenas uma pequena diferença no risco relativo, sugerindo que essa é uma área de grande risco à dengue. O São Francisco tem registrado casos de dengue

continuamente desde 2010, mas apresentou um grande pico em 2016 com 1.191 casos, o maior quantitativo dentre todos os bairros, o que provavelmente influenciou os resultados.

Como no município já circulam os quatro sorotipos da dengue, é pouco provável que essa alta de casos tenha sido causada pela entrada de um novo vírus da doença. Uma outra possibilidade nesse sentido seria a notificação de casos de ZIKV ou CHIKV como dengue, devido à similaridade de alguns sintomas.

Por outro lado, é possível que a notificação de casos na unidade de saúde que atende o bairro seja efetiva e que o mesmo não acontece nas outras unidades de saúde, havendo então subnotificação de casos para os outros bairros. No estudo de Araújo (2018) sobre o ZIKV em São Luís, as unidades de saúde com maior registro de casos estavam situadas nos Distrito Sanitário com maior número de casos (DS Bequimão e DS Cohab). O bairro São Francisco pertence ao DS Bequimão, que segundo Moreira (2016), possui duas unidades notificadoras que se destacam no esforço de notificação de casos. Tal fato pode explicar o número elevado de casos para esse bairro.

Outros motivos que podem explicar isso são o preenchimento incorreto de dados de endereço na ficha de avaliação, atribuindo casos a bairros diferentes de onde eles pertencem e a alta infestação dessas áreas pelo *Aedes aegypti* com falha do programa de controle vetorial.

Os clusters com maior RR ocorreram predominantemente na área urbana, o que difere dos achados de Schmidt et al. (2011) que identificaram maior risco para as áreas rurais. O risco relativo foi superior a 1 para ambas as análises e para todos os clusters, indicando que o risco para a dengue é maior nos bairros que fazem parte dos clusters do que nos outros bairros (COUTINHO; CUNHA, 2005).

Os períodos temporais mais frequentes para os agrupamentos foram 2010, 2011 e 2016 para as duas análises. Em 2010 os casos de dengue começaram a aumentar em relação ao ano de 2009, alcançando um leve pico. Em 2011 ocorreu a introdução do DENV-4 no município (CARVALHO et al., 2016), o que pode ter contribuído para o pico máximo dos casos de dengue, uma vez que a população ainda não possuía imunidade para esse sorotipo. Talvez essa variante da dengue tenha começado a circular em 2010, proporcionando o início do aumento dos casos.

Em 2016 houve o segundo pico de casos da dengue. Nesse ano estava circulando no município os vírus Zika – que registrou um surto em 2015 e um aumento no número de casos em 2016 (ARAÚJO, 2018) – e Chikungunya, cuja epidemia ocorreu também

nesse ano. Como elas possuem sintomas parecidos com os sintomas da dengue (BELTRÁN-SILVA et al., 2018; POSSAS, 2016), a imprecisão do diagnóstico no início dos surtos pode ter ocasionado a notificação de casos de ZIKV e CHIKV como dengue.

Este trabalho apresenta algumas limitações. As secretarias do município de São Luís adotam divisões e nomenclaturas diferentes para os bairros, tornando difícil a agregação das bases e favorecendo a perda de dados. Além disso, alguns casos são registrados sem a identificação do bairro. Tais problemas podem ter influência sobre os resultados das análises espaciais.

A ausência de uma base digital de estratos impossibilitou a realização da distribuição espacial do IIP do município e a comparação desta com a distribuição espacial dos casos de dengue para averiguar se as áreas com maior IIP coincidem com as áreas de maior quantidade de casos. A distribuição espacial do IIP ajudaria a visualizar a infestação larvária no município e a identificar possíveis padrões, o que possibilitaria uma análise de risco à dengue mais completa.

Talvez a inclusão de outras variáveis climáticas possa melhorar o ajuste dos modelos (principalmente do modelo múltiplo) e diminuir a quantidade de pontos fora do envelope do modelo binomial negativo, apesar da quantidade obtida ter sido satisfatória.

Outros trabalhos podem considerar análises em escalas de tempo menores, como a diária ou semanal, sobretudo as que envolvem infestação larvária, para melhorar a associação com os dados climáticos e identificar períodos de infestação mais críticos no município. Modelos não-lineares também podem ser testados para tentar capturar oscilações e relações não observadas em modelos lineares.

A intermitência no fornecimento de água é um problema recorrente no município e esse fator deve ser considerado em outras análises. Devido à indisponibilidade de dados quantitativos, uma escala maior e uma abordagem qualitativa possam ser mais propícias para esse tipo de análise. Além disso, é pertinente que sejam conduzidas investigações para averiguar se os bairros que apresentaram maior risco à dengue possuem realmente mais condições propícias ou se isso é fruto da eficácia das notificações de casos pelas unidades de saúde desses bairros.

Em São Luís não há uma definição e nem delimitação oficial para os bairros. A maioria deles surgiu a partir de ocupações espontâneas, uma situação que ainda ocorre. Os bairros planejados foram aqueles pensados a partir dos programas de habitação, como os Conjuntos Habitacionais. A malha vetorial existente, portanto, também não é



oficial e isso prejudica a comparação de resultados de análises espaciais, pois pode haver divergência entre os limites, a quantidade e extensão dos bairros.

Apesar das limitações apresentadas, acredita-se que os modelos temporais e as análises espaciais aplicadas tiveram bom desempenho e resultados.

## 8. CONCLUSÃO

O objetivo desta etapa da pesquisa foi verificar a associação dos casos de dengue com variáveis meteorológicas para o município de São Luís, MA para o período de 2013-2017 por meio de modelos temporais e análises espaciais.

Os casos de dengue foram associados significativamente com a temperatura, a umidade relativa do ar e a precipitação. A variável temperatura foi a que apresentou o maior risco relativo para a ocorrência dos casos de dengue. Na análise da infestação predial, as variáveis climáticas só tiveram associações significativas nos modelos simples.

Houve autocorrelação espacial entre os casos de dengue e as variáveis das dimensões saneamento, escolaridade e condições de renda. Foram identificados agrupamentos de casos de dengue nas duas análises de varredura estatística realizadas. Em ambas as análises, o maior risco relativo foi identificado para o mesmo bairro. Esses resultados evidenciam que fatores climáticos contribuem para o aumento do risco de casos de dengue em São Luís e que a distribuição espacial da doença não é aleatória.

Essas informações podem ajudar os programas de monitoramento e controle vetorial e da dengue, podendo subsidiar por exemplo, o desenvolvimento de um sistema de alerta precoce para o risco de surto de dengue. Como o aumento de temperatura eleva significativamente o risco para a doença, as atividades de controle vetorial podem ser intensificadas em períodos que antecedem dias mais quentes e chuvosos, para evitar a disponibilidade de locais de reprodução. Campanhas de sensibilização também poderiam ser reforçadas nesses períodos para alertar a população sobre o risco. Os bairros que apresentaram maior risco à dengue podem ser priorizados nas atividades e campanhas de combate à dengue.

O componente socioeconômico corresponde a um aspecto relevante dentro da análise da vulnerabilidade social. A partir dos resultados alcançados é possível compreender que as três subdimensões contribuem para a ocorrência da dengue em diferentes níveis e áreas e que isso deve ser considerado na elaboração de metas de controle e monitoramento.

As associações espaciais encontradas entre dengue e variáveis socioeconômicas podem ajudar na definição de áreas prioritárias para intervenções que visem a diminuição da vulnerabilidade social à dengue. É relevante destacar que uma área de maior risco nem sempre é também a área de maior vulnerabilidade. Em São Luís as

áreas de maior risco à dengue estão na zona urbana, mas as áreas mais vulneráveis – com menor acesso à estrutura de ativos que aumenta a capacidade de resposta – estão na zona rural.

Ao priorizar uma análise desagregada das variáveis socioeconômicas foi possível observar diferenças nos seus padrões espaciais, sobretudo com a variável renda, tanto na zona urbana como rural. Com isso, foi possível avaliar o comportamento das variáveis independentes com a variável resposta no espaço e verificar como elas podem contribuir para explicar a vulnerabilidade, pois uma mesma sub-dimensão pode abranger variáveis que expressam diferentes graus e padrões espaciais de vulnerabilidade.

Isso pode ser muito útil na escolha de variáveis para compor um índice de vulnerabilidade à dengue, pois algumas variáveis são mais utilizadas pela literatura do que outras e talvez as mais usadas não sejam as mais representativas para a área de estudo. Além disso, talvez seja mais indicado atribuir pesos diferentes às variáveis, ainda que sejam de uma mesma dimensão, na composição do índice, do que considerar todas com o mesmo peso. Assim, poderá ser obtido diferentes níveis de vulnerabilidade e estabelecido diferentes níveis de prioridades, o que é altamente relevante para gestores que dispõem de poucos recursos.

A análise da dimensão socioeconômica da vulnerabilidade social é fundamental ainda para a construção de uma avaliação ampla e sólida da vulnerabilidade à dengue, podendo ser agregada aos aspectos empregados na pesquisa variáveis como a quantidade de hospitais (público e privados) por quilômetro quadrado, a localização e acesso à esses hospitais, a infraestrutura urbana disponível, raça e etnias, beneficiários da Previdência Social, acesso aos meios de comunicação, dentre outras que podem ajudar no enfrentamento da doença.

Ao realizar uma análise com uma escala espacial maior, foi possível compreender com mais detalhe os padrões de distribuição do risco da dengue e da vulnerabilidade, obtendo informações importantes no mesmo nível em que são realizadas as ações de controle e combate à doença, favorecendo a utilização dos seus resultados como subsídios para a elaboração de tais ações, podendo ainda auxiliar na otimização de recursos escassos.

Assim, o conhecimento sobre as situações de risco e vulnerabilidade social à dengue pode ajudar nos processos decisórios dos gestores e na elaboração de políticas

públicas e programas sobre a dengue, além de outras arboviroses transmitidas pelo *Aedes aegypti*.

## REFERÊNCIAS

ACHARYA, Bipin Kumar et al. **Spatiotemporal analysis of dengue fever in Nepal from 2010 to 2014***BMC Public Health*BioMed Central Ltd., , 2016.

AKTER, Rokeya et al. Joint effects of climate variability and socioecological factors on dengue transmission: epidemiological evidence. **Tropical Medicine & International Health**, [s. l.], v. 22, n. 6, p. 656–669, 2017. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/tmi.12868>>.

ALMEIDA, Andréa Sobral De; MEDRONHO, Roberto de Andrade; VALENCIA, Luís Iván Ortiz. Análise espacial da dengue e o contexto socioeconômico no município do Rio de Janeiro, RJ. **Revista de Saúde Pública**, [s. l.], v. 43, n. 4, p. 666–673, 2009. a. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-89102009000400013&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102009000400013&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 19 fev. 2019.

ALMEIDA, L. Q. **Riscos ambientais e vulnerabilidades nas cidades brasileiras: conceitos, metodologias e aplicações**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012. 215. p. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/109207>>. Acesso em: 2 nov. 2019.

ALTHAUS, Catherine E. A disciplinary perspective on the epistemological status of risk. **Risk Analysis**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 567–588, 2005.

ALVES, Humberto P. D. F.; TORRES, H. D. G. Vulnerabilidade socioambiental na cidade de São Paulo: uma análise de famílias e domicílios em situação de pobreza e risco ambiental. **São Paulo em Perspectiva**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 44–60, 2006. Disponível em: <<http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/103353>>. Acesso em: 23 nov. 2019.

ALVES, Humberto Prates da Fonseca. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos de População**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 43–59, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbepop/v23n1/v23n1a04>>. Acesso em: 21 nov. 2019.

ANSELIN, Luc. Local Indicators of Spatial Association-LISA. **Geographical Analysis**, [s. l.], v. 27, n. 2, p. 93–115, 2010. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>>. Acesso em: 22 mar. 2021.

ARAUJO, Adriana Soraya. **Análise espacial de casos prováveis de febre pelo vírus Zika no município de São Luís, Maranhão, Brasil**. [s. l.], 2018. Disponível em: <<http://tedebc.ufma.br:8080/jspui/handle/tede/2299>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

AVEN, Terje. The risk concept-historical and recent development trends. **Reliability Engineering and System Safety**, [s. l.], v. 99, p. 33–44, 2012.

BARCELLOS, Christovam et al. Identificação de locais com potencial de transmissão de dengue em Porto Alegre através de técnicas de geoprocessamento. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, [s. l.], v. 38, n. 3, p. 246–250, 2005.

Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsbmt/v38n3/24003.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2019.

BARRERA, R.; AMADOR, M.; MACKAY, A. J. Population Dynamics of *Aedes aegypti* and Dengue as Influenced by Weather and Human Behavior. **PLoS Negl Trop Dis**, [s. l.], v. 5, n. 12, p. 1378, 2011. Disponível em: <[www.plosntds.org](http://www.plosntds.org)>. Acesso em: 14 fev. 2019.

BELTRÁN-SILVA, S. L. et al. Clinical and differential diagnosis: Dengue, chikungunya and Zika. **Revista Médica del Hospital General de México**, [s. l.], v. 81, n. 3, p. 146–153, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0185106316301135>>. Acesso em: 16 abr. 2021.

BECK, U. **Sociedade de Risco: rumo a uma outra modernidade**. São Paulo: Ed. 34, 2010.

BRADY, Oliver J. et al. Refining the Global Spatial Limits of Dengue Virus Transmission by Evidence-Based Consensus. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, [s. l.], v. 6, n. 8, p. e1760, 2012. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pntd.0001760>>. Acesso em: 3 dez. 2019.

BRAGA, I. A.; MARTIN, J. L. S. Histórico do controle de *Aedes aegypti*. In: VALLE, D. (ORG). **Dengue: teorias e práticas**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2015. 460 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Dengue: aspectos epidemiológicos, diagnóstico e tratamento**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2002. Disponível em: <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/dengue\\_aspecto\\_epidemiologicos\\_diagnostico\\_tratamento.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/dengue_aspecto_epidemiologicos_diagnostico_tratamento.pdf)>. Acesso em: 29/11/2019.

\_\_\_\_\_. **Dengue: sintomas, causas, tratamento e prevenção**. Disponível em: <<http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/dengue>>. Acesso em: 05/12/2019.

\_\_\_\_\_. **Levantamento Rápido de Índices para *Aedes Aegypti* (LIRAA) para vigilância entomológica do *Aedes aegypti* no Brasil: metodologia para avaliação dos índices de Breteau e Predial e tipo de recipientes**. Brasília : Ministério da Saúde, 2013. Disponível em: <[http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual\\_liraa\\_2013.pdf](http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_liraa_2013.pdf)>. Acesso em: 05/12/2019.

BURTON, Ian; PUSHCHAK, Ronald. The status and prospects of risk assessment. **Geoforum**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 463–475, 1984.

CÂMARA, Fernando Portela et al. Estudo retrospectivo (histórico) da dengue no Brasil: Características regionais e dinâmica. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, [s. l.], v. 40, n. 2, p. 192–196, 2007.

CAMPBELL, Karen M. et al. Weather Regulates Location, Timing, and Intensity of Dengue Virus Transmission between Humans and Mosquitoes. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, [s. l.], v. 9, n. 7, p. e0003957, 2015. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pntd.0003957>>. Acesso em: 11 jul. 2019.

CARMO, Rodrigo Feliciano Do et al. Spatiotemporal dynamics, risk areas and social determinants of dengue in Northeastern Brazil, 2014–2017: an ecological study. **Infectious Diseases of Poverty**, [s. l.], v. 9, n. 1, 2020.

CARVALHO, Ana Cláudia Pinho De et al. Epidemiologia do vírus do dengue em São Luís, Maranhão, no período de 2002 a 2012. **Revista de Patologia Tropical**, [s. l.], v. 45, n. 3, p. 243, 2016. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/iptsp/article/view/43503>>. Acesso em: 6 dez. 2019.

CASTRO, Cleber Marques De; PEIXOTO, Maria Naíse de Oliveira; RIO, Gisela Aquino Pires Do. Riscos ambientais e geografia: conceituações, abordagens e escalas. **Anuário do Instituto de Geociências**, [s. l.], v. 28, n. 2, p. 11–30, 2005. Disponível em: <<http://www.ppgeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/4830>>. Acesso em: 2 nov. 2019.

CHEONG, Yoon et al. Assessing Weather Effects on Dengue Disease in Malaysia. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [s. l.], v. 10, n. 12, p. 6319–6334, 2013. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1660-4601/10/12/6319>>. Acesso em: 14 fev. 2019.

CIDADE, Lúcia Cony Faria. Urbanização, ambiente, risco e vulnerabilidade: em busca de uma construção interdisciplinar. **Cadernos MetrÓpole**, [s. l.], v. 15, n. 29, p. 171–191, 2013.

COSTA, A. I. P.; NATAL, D. Distribuição espacial da dengue e determinantes socioeconômicos em localidade urbana no Sudeste do Brasil. **Revista de Saúde Pública**, [s. l.], v. 32, n. 3, p. 232–236, 1998. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-89101998000300005&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89101998000300005&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 1 out. 2019.

COUTINHO, Evandro Silva Freire; CUNHA, Geraldo Marcelo Da. **Basic concepts in epidemiology and statistics for reading controlled clinical trials** *Revista Brasileira de Psiquiatria* Associação Brasileira de Psiquiatria, , 2005.

COVELLO, Vincent T.; MUMPOWER, Jeryl. Risk Analysis and Risk Management: An Historical Perspective. **Risk Analysis**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 103–120, 1985. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1539-6924.1985.tb00159.x>>. Acesso em: 17 nov. 2019.

CUTTER, Susan L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, [s. l.], v. 20, n. 4, p. 529–539, 1996. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/030913259602000407>>. Acesso em: 22 nov. 2019.

CUTTER, Susan L. The vulnerability of science and the science of vulnerability. **Annals of the Association of American Geographers**, [s. l.], v. 93, n. 1, p. 1–12, 2003.

CUTTER, Susan L. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, [s. l.], v. 93, n. 1, p. 59–69, 2011. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/rccs/165>>. Acesso em: 22 nov. 2019.

CUTTER, Susan L.; BORUFF, Bryan J.; SHIRLEY, W. Lynn. Social Vulnerability to Environmental Hazards\*. **Social Science Quarterly**, [s. l.], v. 84, n. 2, p. 242–261, 2003. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/1540-6237.8402002>>. Acesso em: 22 nov. 2019.

DAGNINO, Ricardo de Sampaio; CARPI JUNIOR, Salvador. Risco ambiental: conceitos e aplicações. **CLIMEP - Climatologia e Estudos da Paisagem**, [s. l.], v. 3, n. 1, p. 50–87, 2007.

DELMELLE, Eric et al. A spatial model of socioeconomic and environmental determinants of dengue fever in Cali, Colombia. **Acta Tropica**, [s. l.], v. 164, p. 169–176, 2016.

DESCHAMPS, Marley. Estudo sobre a vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba. **Cadernos Metropole**, [s. l.], v. 1, n. 19, p. 191–219, 2008.

DING, Fangyu et al. Mapping the spatial distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus*. **Acta Tropica**, [s. l.], v. 178, 2018.

CARMO, R. F. et al. Spatiotemporal dynamics, risk areas and social determinants of dengue in Northeastern Brazil, 2014–2017: an ecological study. **Infectious Diseases of Poverty**, [s. l.], v. 9, n. 1, 2020.

FARINELLI, Elaine Cristina et al. Low socioeconomic condition and the risk of dengue fever: A direct relationship. **Acta Tropica**, [s. l.], v. 180, p. 47–57, 2018.

FARNESI, Luana Cristina et al. Embryonic development of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): Influence of different constant temperatures. **Memorias do Instituto Oswaldo Cruz**, [s. l.], v. 104, n. 1, p. 124–126, 2009.

FERNANDES, Darci Ramos et al. Epidemiologia da dengue em São Luís - Maranhão, Brasil, 2000 a 2007. **Cadernos de Pesquisa**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 68, 2013.

FERREIRA, Aline Chimello; CHIARAVALLI NETO, Francisco; MONDINI, Adriano. Dengue em Araraquara, SP: epidemiologia, clima e infestação por *Aedes aegypti*. **Revista de Saúde Pública**, [s. l.], v. 52, p. 1–10, 2018. Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/rsp/v52/pt\\_0034-8910-rsp-S1518-87872018052000414.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rsp/v52/pt_0034-8910-rsp-S1518-87872018052000414.pdf)>

FERREIRA, Danielle Andreza da Cruz et al. Meteorological variables and mosquito monitoring are good predictors for infestation trends of *Aedes aegypti*, the vector of dengue, chikungunya and Zika. **Parasites and Vectors**, [s. l.], v. 10, n. 1, 2017.

FERREIRA, Leila Maria; SÁFADI, Thelma; RIBEIRO DE LIMA, Renato. Spatial statistics techniques in data analysis of areas in the study of dengue. **Revista Univap**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://revista.univap.br/index.php/revistaunivap/article/view/1920>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

FOUQUE, Florence et al. *Aedes aegypti* survival and dengue transmission patterns in



- French Guiana. **Journal of Vector Ecology**, [s. l.], v. 31, n. 2, p. 390–399, 2006.
- GALLI, Bruno; NETO, Francisco Chiaravalloti. Temporal-spatial risk model to identify areas at high-risk for occurrence of dengue fever. **Revista de Saude Publica**, [s. l.], v. 42, n. 4, p. 656–663, 2008. Disponível em: <<http://www.paho.org/English/AD/DPC/CD/dengue-cases-2006.htm>>. Acesso em: 22 mar. 2021.
- GARCES JUNIOR, Audivan Ribeiro. Saúde e ambiente: contribuições para análise da dengue no município de São Luís, Maranhão. [s. l.], 2017. Disponível em: <<https://tedebc.ufma.br/jspui/handle/tede/1963>>. Acesso em: 21 fev. 2019.
- GLORIA-SORIA, A. et al. Infection rate of aedes aegypti mosquitoes with dengue virus depends on the interaction between temperature and mosquito genotype. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, [s. l.], v. 284, n. 1864, 2017.
- GONÇALVES, Caroline Macedo. **Diferenças na variação da competência vetorial entre nove populações de Aedes aegypti do município de Belo Horizonte, Minas Gerais, ao Dengue virus 2**. 2014. Fundação Oswaldo Cruz. Belo Horizonte, MG, Brasil., [s. l.], 2014.
- GONÇALVES NETO, Vicente Silva et al. Public knowledge and attitudes concerning dengue in the Municipality of São Luís, Maranhão, Brasil, 2004. **Cadernos de Saude Publica**, [s. l.], v. 22, n. 10, p. 2191–2200, 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2006001000025&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2006001000025&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- GONÇALVES NETO, Vicente Silva; REBÊLO, José Manuel Macário. Epidemiological characteristics of dengue in the Municipality of São Luís, Maranhão, Brazil, 1997-2002. **Cadernos de saúde pública / Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública**, [s. l.], v. 20, n. 5, p. 1424–1431, 2004.
- GUBLER, Duane J. Dengue, Urbanization and Globalization: The Unholy Trinity of the 21st Century. **Tropical Medicine and Health**, [s. l.], v. 39, n. 4SUPPLEMENT, p. S3–S11, 2011. Disponível em: <<http://joi.jlc.jst.go.jp/JST.JSTAGE/tmh/2011-S05?from=CrossRef>>.
- GÜELL, O. Madri detecta um dos primeiros casos de transmissão sexual de dengue no mundo. **El País Internacional**, Barcelona. 7 nov. 2019. Dengue. Disponível em: <[https://brasil.elpais.com/brasil/2019/11/07/internacional/1573140893\\_170901.html](https://brasil.elpais.com/brasil/2019/11/07/internacional/1573140893_170901.html)>. Acesso em: 29/11/2019.
- HAGENLOCHER, Michael et al. Assessing socioeconomic vulnerability to dengue fever in Cali, Colombia: Statistical vs expert-based modeling. **International Journal of Health Geographics**, [s. l.], v. 12, 2013.
- HALSTEAD, Scott B. Dengue Virus–Mosquito Interactions. **Annual Review of Entomology**, [s. l.], v. 53, n. 1, p. 273–291, 2008. Disponível em: <<http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.ento.53.103106.093326>>. Acesso em: 2 dez. 2019.

HAYES, Jack et al. Transmission thresholds for dengue in terms of *Aedes aegypti* pupae per person with discussion of their utility in source reduction efforts. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, [s. l.], v. 62, n. 1, p. 11–18, 2000. Disponível em: <<http://www.ajtmh.org/content/journals/10.4269/ajtmh.2000.62.11>>. Acesso em: 15 jul. 2019.

HEINISCH, M. R. S. et al. Seasonal and spatial distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in a municipal urban park in São Paulo, SP, Brazil. **Acta Tropica**, [s. l.], v. 189, 2019.

HII, Yien Ling et al. Climate variability and increase in intensity and magnitude of dengue incidence in Singapore. **Global Health Action**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 2036, 2009. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3402/gha.v2i0.2036>>. Acesso em: 4 maio. 2019.

HONORATO, Taizi et al. Análise espacial do risco de dengue no Espírito Santo, Brasil, 2010: Uso de modelagem completamente Bayesiana. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [s. l.], v. 17, p. 150–159, 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-790X2014000600150&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-790X2014000600150&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 25 mar. 2021.

INSTITUTO OSWALDO CRUZ. **Como é o ciclo de vida do mosquito '*Aedes aegypti*'?** Rio de Janeiro: Instituto Oswaldo Cruz, 2019. il. color. Disponível em: <<https://portal.fiocruz.br/pergunta/como-e-o-ciclo-de-vida-do-mosquito-aedes-aegypti>>. Acesso em: 06 dez. 2019.

JANCZURA, Rosane. Risco ou vulnerabilidade social? **Textos & Contextos (Porto Alegre)**, [s. l.], v. 11, n. 2, p. 301–308, 2012.

KIKUTI, Mariana et al. Spatial distribution of dengue in a Brazilian Urban slum setting: Role of socioeconomic gradient in disease risk. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, [s. l.], v. 9, n. 7, 2015.

KOYADUN, Surachart; BUTRAPORN, Piyarat; KITTAYAPONG, Pattamaporn. Ecologic and sociodemographic risk determinants for dengue transmission in urban areas in Thailand. **Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases**, [s. l.], v. 2012, 2012. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23056042/>>. Acesso em: 22 mar. 2021.

KRAEMER, Moritz U. G. et al. The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. Albopictus*. **eLife**, [s. l.], 2015. a.

KRAEMER, Moritz U. G. et al. The global compendium of *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* occurrence Kraemer, M. U. G., Sinka, M. E., Duda, K. A., Mylne, A., Shearer, F. M., Brady, O. J., ... Hay, S. I. (2015). The global compendium of *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* occurrence. **Scientific Data**, [s. l.], 2015. b.

KUHNEN, Ariane. Meio ambiente e vulnerabilidade a percepção ambiental de risco e o comportamento humano. **GEOGRAFIA (Londrina)**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 37–52, 2009.

- KULLDORFF, Martin et al. An elliptic spatial scan statistic. **Statistics in Medicine**, [s. l.], v. 25, n. 22, p. 3929–3943, 2006. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16435334/>>. Acesso em: 29 mar. 2021.
- KULLDORFF, Martin; NAGARWALLA, Neville. Spatial disease clusters: Detection and inference. **Statistics in Medicine**, [s. l.], v. 14, n. 8, p. 799–810, 1995. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7644860/>>. Acesso em: 29 mar. 2021.
- LAI, Shengjie et al. The changing epidemiology of dengue in China, 1990-2014: A descriptive analysis of 25 years of nationwide surveillance data. **BMC Medicine**, [s. l.], 2015.
- LAMBRECHTS, Louis et al. Impact of daily temperature fluctuations on dengue virus transmission by *Aedes aegypti*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, [s. l.], v. 108, p. 7460–7465, 2011. Disponível em: <[www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1101377108](http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1101377108)>. Acesso em: 6 fev. 2019.
- LIU, Chunxiao et al. Spatial analysis of dengue fever in Guangdong Province, China, 2001-2006. **Asia-Pacific Journal of Public Health**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 58–66, 2014. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1010539512472356>>. Acesso em: 31 mar. 2021.
- LUIZ, Olinda Do Carmo; COHN, Amélia. Risk society and epidemiological risk. **Cadernos de Saude Publica**, [s. l.], v. 22, n. 11, p. 2339–2348, 2006. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2006001100008&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2006001100008&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 18 maio. 2021.
- MACHADO, Juliana Pires; SOUZA-SANTOS, Reinaldo; OLIVEIRA, Rosely Magalhães. Análise espacial da ocorrência de dengue e condições de vida na cidade de Nova Iguaçu , Estado do Rio de Janeiro , Brasil Spatial analysis of dengue occurrence and living conditions in Nova Iguaçu , Rio de Janeiro State ,. **Cadernos de Saude Publica**, [s. l.], v. 25, n. 5, p. 1025–1034, 2009.
- MARANDOLA JUNIOR, Eduardo; HOGAN, Daniel Joseph. O risco em perspectiva: tendências e abordagens. **Geosul**, [s. l.], v. 19, n. 38, p. 26–58, 2004a. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/13431>>. Acesso em: 21 nov. 2019.
- MARANDOLA JR., Eduardo; HOGAN, Daniel Joseph. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 95–110, 2004b.
- MARANDOLA JÚNIOR, Eduardo; HOGAN, Daniel Joseph. Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia. **Revista Brasileira de Estudos de População**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 29–53, 2005. Disponível em: <[https://www.rebep.org.br/revista/article/view/253/pdf\\_237](https://www.rebep.org.br/revista/article/view/253/pdf_237)>. Acesso em: 19 fev. 2019.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.

MONDINI, Adriano; CHIARAVALLOTI-NETO, Francisco. Spatial correlation of incidence of dengue with socioeconomic, demographic and environmental variables in a Brazilian city. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 393, n. 2–3, p. 241–248, 2008. Disponível em:

<<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969708000144>>. Acesso em: 22 jul. 2019.

MONTEIRO, Simone Rocha da Rocha Pires. O marco conceitual da vulnerabilidade social. **Sociedade em Debate**, [s. l.], v. 17, n. 2, p. 29–40, 2011. Disponível em:

<<http://revistas.ucpel.tche.br/index.php/rsd/article/view/695>>. Acesso em: 28 nov. 2019.

MORAN, P. A. P. The Interpretation of Statistical Maps on JSTOR. **Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)**, [s. l.], v. Vol. 10, n. No 2, p. 243- 251 (9 pages), 1948. Disponível em:

<[https://www.jstor.org/stable/2983777?seq=1#metadata\\_info\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/2983777?seq=1#metadata_info_tab_contents)>. Acesso em: 20 maio. 2021.

MOREIRA, Emnielle Pinto Borges. Análise espaço-temporal de casos de dengue por distrito sanitário, São Luís, Maranhão, Brasil. [s. l.], 2016. Disponível em:

<<http://tedebc.ufma.br:8080/jspui/handle/tede/1050>>. Acesso em: 21 maio. 2021.

MOSER, Caroline O. N. The asset vulnerability framework: Reassessing urban poverty reduction strategies. **World Development**, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 1–19, 1998.

MULLIGAN, Kate et al. Is dengue a disease of poverty? A systematic review.

**Pathogens and Global Health**, [s. l.], v. 109, n. 1, p. 10–18, 2015. Disponível em:

<<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1179/2047773214Y.0000000168>>. Acesso em: 20 set. 2019.

PACHECO, Iael Cristina da Silva et al. Relação entre condições climáticas e incidência de dengue no município de Campo Grande, MS. **Multitemas**, [s. l.], v. 22, n. 51, 2017.

Disponível em:

<<https://multitemasucdb.emnuvens.com.br/multitemas/article/view/1123>>. Acesso em: 21 abr. 2021.

PAULA, Gilberto A. **Modelos de regressão com apoio computacional**. 1. ed. São

Paulo. Disponível em: <[https://www.ime.usp.br/~giapaula/texto\\_2013.pdf](https://www.ime.usp.br/~giapaula/texto_2013.pdf)>. Acesso em: 14 dez. 2019.

PINHEIRO, Juarez Mota. Distribuição Espaço-Temporal Da Pluviosidade Na Ilha Do Maranhão No Ano De 2016 Maranhão in the Year 2016. **Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, [s. l.], v. 3, n. 8, p. 126–141, 2017.

PINHEIRO, Juarez Mota. Clima urbano da cidade de São Luís do Maranhão. [s. l.],

2018. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-13022019-160256/en.php>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

PNUD, Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Relatório de Desenvolvimento Humano 2007/2008 - Combater as alterações climáticas:**

**Solidariedade humana num mundo dividido.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://hdr.undp.org>>. Acesso em: 28 nov. 2019.

POSSAS, Cristina. **Zika: what we do and do not know based on the experiences of Brazil** *Epidemiology and health* Korean Society of Epidemiology, , 2016. Disponível em: <<http://pmc/articles/PMC4974447/>>. Acesso em: 16 abr. 2021.

REBÊLO, José Manuel Macário et al. Distribuição de *Aedes aegypti* e do dengue no Estado do Maranhão, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, [s. l.], v. 15, n. 3, p. 477–486, 1999.

REITER, Paul et al. Texas lifestyle limits transmission of dengue virus. **Emerging infectious diseases**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 86–9, 2003. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12533286>>. Acesso em: 27 mar. 2019.

REZZA, Giovanni. *Aedes albopictus* and the reemergence of Dengue. **BMC Public Health**, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 72, 2012. Disponível em: <<http://bmcpublichealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2458-12-72>>. Acesso em: 5 dez. 2019.

RIBEIRO, Andressa Francesca et al. Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. **Revista de Saude Publica**, [s. l.], v. 40, n. 4, p. 671–676, 2006.

ROHANI, A. et al. *Aedes* larval population dynamics and risk for dengue epidemics in Malaysia. **Tropical Biomedicine**, [s. l.], v. 28, n. 2, p. 237–248, 2011.

SATSCAN<sup>TM</sup>. **SaTScan. Software for the spatial, temporal, and space-time scan statistics. Manual do Usuário do SaTScan v9.4.** 2005. Disponível em: <<https://www.satscan.org/>>. Acesso em: 29 mar. 2021.

SCHMIDT, Wolf-Peter et al. Population Density, Water Supply, and the Risk of Dengue Fever in Vietnam: Cohort Study and Spatial Analysis. **PLoS Medicine**, [s. l.], v. 8, n. 8, p. e1001082, 2011. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pmed.1001082>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

SHEPARD, Donald S. et al. The global economic burden of dengue: a systematic analysis. **The Lancet Infectious Diseases**, [s. l.], v. 16, n. 8, p. 935–941, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1473309916001468>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

SILVA, Ellen Tayanne Carla Da et al. Análise espacial da distribuição dos casos de dengue e sua relação com fatores socioambientais no estado da Paraíba, Brasil, 2007–2016. **Saúde em Debate**, [s. l.], v. 44, n. 125, p. 465–477, 2020. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-11042020000200465&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-11042020000200465&tlng=pt)>. Acesso em: 15 mar. 2021.

SILVA, Fabrício Drummond et al. Temporal relationship between rainfall, temperature and occurrence of dengue cases in São Luís, Maranhão, Brazil. **Ciência & Saúde Coletiva**, [s. l.], v. 21, n. 2, p. 641–646, 2016. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232016000200641&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232016000200641&lng=en&tlng=en)>. Acesso em: 21 abr. 2021.

SIMÕES, Taynãna C. et al. Modeling the Non-Stationary Climate Dependent Temporal Dynamics of *Aedes aegypti*. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 8, n. 8, 2013.

SIQUEIRA-JUNIOR, João B. et al. Spatial point analysis based on dengue surveys at household level in central Brazil. **BMC Public Health**, [s. l.], v. 8, 2008.

SIRISENA, Pdnn et al. Effect of climatic factors and population density on the distribution of dengue in Sri Lanka: A GIS based evaluation for prediction of outbreaks. **PLoS ONE**, [s. l.], 2017.

SOARES, Felipe Augusto et al. Estudo Do Comportamento De Oviposição Do *Aedes Aegypti* Em Dois Bairros Sob a Influência Do Clima Semiárido No Município De Salinas. **Revista de Patologia Tropical**, [s. l.], v. 44, n. 1, p. 77–88, 2015. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/iptsp/article/view/34817>>.

SOUSA, S. B. de. **Caracterização climatológica da zona costeira do Maranhão**. São Luís: SEMA/GERCO, 1993. 40p

STANAWAY, Jeffrey D. et al. The global burden of dengue: an analysis from the Global Burden of Disease Study 2013. **The Lancet Infectious Diseases**, [s. l.], v. 16, n. 6, p. 712–723, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1473309916000268>>. Acesso em: 6 fev. 2019.

TAUIL, Pedro Luiz. Urbanização e ecologia do dengue. **Cadernos de Saúde Pública**, [s. l.], v. 17, n. suppl, p. S99–S102, 2001. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2001000700018&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2001000700018&lng=pt&tlng=pt)>. Acesso em: 25 set. 2018.

VAREJÃO-SILVA, Mário Adelmo. **Meteorologia e Climatologia**. Recife: INMET, 2006. Versão digital. Disponível em: <[http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA\\_E\\_CLIMATOLOGIA\\_VD2\\_Mar\\_2006.pdf](http://www.icat.ufal.br/laboratorio/clima/data/uploads/pdf/METEOROLOGIA_E_CLIMATOLOGIA_VD2_Mar_2006.pdf)>. Acesso em: 15 nov. 2019.

VASCONCELOS, Pedro F. C. et al. **Epidemia de dengue em Fortaleza, Ceará: Inquérito soro-epidemiológico aleatório** *Revista de Saude Publica*, 1998.

VAZQUEZ-PROKOPEC, Gonzalo M. et al. Usefulness of commercially available GPS data-loggers for tracking human movement and exposure to dengue virus. **International Journal of Health Geographics**, [s. l.], v. 8, n. 1, p. 68, 2009. Disponível em: <<http://ij-healthgeographics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-072X-8-68>>. Acesso em: 22 mar. 2021.

VIANA, Dione Viero; IGNOTTI, Eliane. A ocorrência da dengue e variações meteorológicas no Brasil: revisão sistemática. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 240–256, 2013. Disponível em: <[150](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-</a></p></div><div data-bbox=)

790X2013000200240&lng=pt&tlng=pt>.

WAGNER, Mario Bernardes; CALLEGARI-JACQUES, Sidia M. **Medidas de associação em estudos epidemiológicos : risco relativo e odds ratio**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/54354>>. Acesso em: 18 maio. 2021.

WHITE, G.; KATES, R.; BURTON, I. Knowing better and losing even more: the use of knowledge in hazards management. **Global Environmental Change Part B: Environmental Hazards**, [s. l.], v. 3, n. 3–4, p. 81–92, 2001. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1464286701000213>>. Acesso em: 17 nov. 2019.

WHITE, Gilbert F. Paths to Risk Analysis<sup>1,2</sup>. **Risk Analysis**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 171–175, 1988. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1539-6924.1988.tb01167.x>>. Acesso em: 17 nov. 2019.

WU, Pei-Chih et al. Weather as an effective predictor for occurrence of dengue fever in Taiwan. **Acta Tropica**, [s. l.], v. 103, n. 1, p. 50–57, 2007. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17612499>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

XUAN, Le Thi Thanh et al. Estimates of meteorological variability in association with dengue cases in a coastal city in northern Vietnam: an ecological study. **Global Health Action**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 23119, 2014. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3402/gha.v7.23119>>. Acesso em: 21 abr. 2021.

YUE, Yujuan et al. Spatial analysis of dengue fever and exploration of its environmental and socio-economic risk factors using ordinary least squares: A case study in five districts of Guangzhou City, China, 2014. **International Journal of Infectious Diseases**, [s. l.], v. 75, p. 39–48, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1201971218344849>>. Acesso em: 26 set. 2019.

ZELLWEGER, Raphaël M. et al. Socioeconomic and environmental determinants of dengue transmission in an urban setting: An ecological study in Nouméa, New Caledonia. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. e0005471, 2017. Disponível em: <<http://dx.plos.org/10.1371/journal.pntd.0005471>>

## APÊNDICE A

Tabela 1 – Perda de dados por ausência de informação espacial (bairro) na base oficial de dados

Ano	Nº total de casos no mun.	Nº total de casos c/ inf. espacial	Nº total de casos descartados	% de aprov. total*	% de perda total
2007	3524	1376	2148	39%	61%
2008	1361	713	648	52%	48%
2009	343	222	121	65%	35%
2010	2866	2659	207	93%	7%
2011	5378	5328	50	99%	1%
2012	1270	1262	8	99%	1%
2013	1121	1119	2	100%	0%
2014	972	942	30	97%	3%
2015	2459	2431	28	99%	1%
2016	4804	4683	121	97%	3%
2017	1026	1018	8	99%	1%
<b>Total</b>	<b>25124</b>	<b>21753</b>	<b>3371</b>	<b>87%</b>	<b>13%</b>

\* % de aproveitamento total.

Tabela 2 – Perda de dados por bairros não agregados na base vetorial.

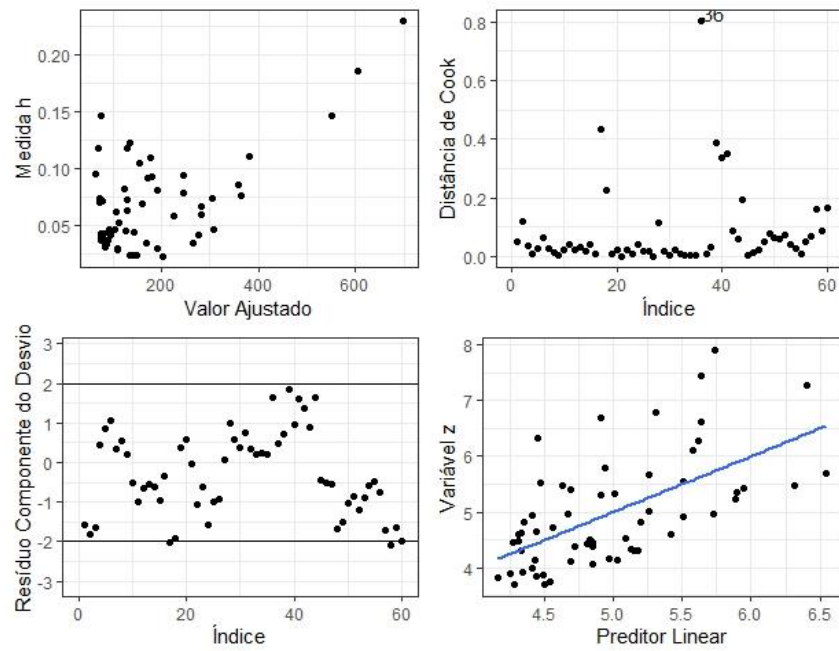
Ano	Nº total casos agregados por bairros	Nº total de casos não agregados*	Nº total de casos c/ inf. espacial	% de Aprov. total	% de perda total
2007	1068	308	1376	78%	22%
2008	577	136	713	81%	19%
2009	167	55	222	75%	25%
2010	1884	775	2659	71%	29%
2011	5098	230	5328	96%	4%
2012	1227	35	1262	97%	3%
2013	1094	25	1119	98%	2%
2014	908	34	942	96%	4%
2015	2337	94	2431	96%	4%
2016	4582	101	4683	98%	2%
2017	975	43	1018	96%	4%
<b>Total</b>	<b>19917</b>	<b>1836</b>	<b>21753</b>	<b>92%</b>	<b>8%</b>

\*Casos com identificação do bairro, porém não foi possível identificá-lo na base vetorial.



## APÊNDICE B

Figura 1 – Diagnóstico do MLG Binomial Negativo.



## APÊNDICE C

Figura 1 – Boxplot, histograma e qq-plot do modelo 1 (TMED).

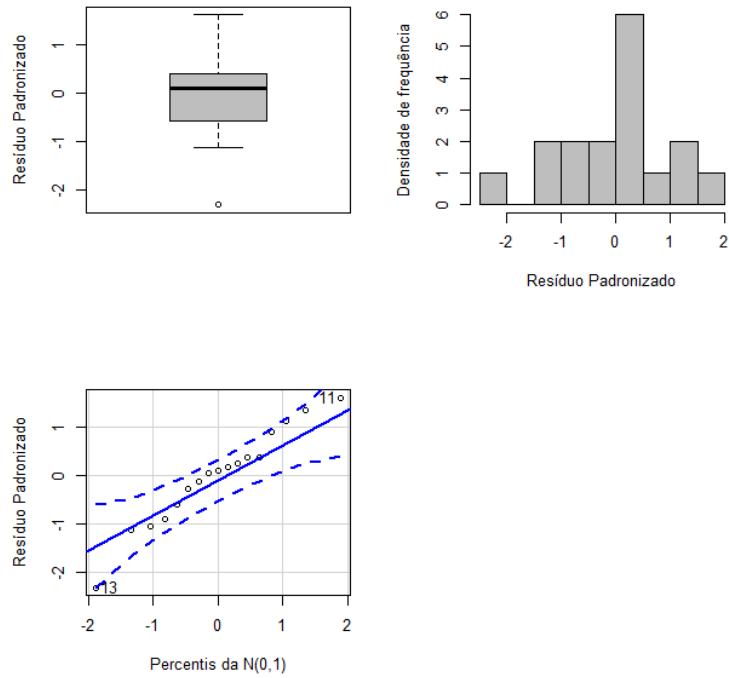


Figura 2 - Boxplot, histograma e qq-plot do modelo 2 (UR).

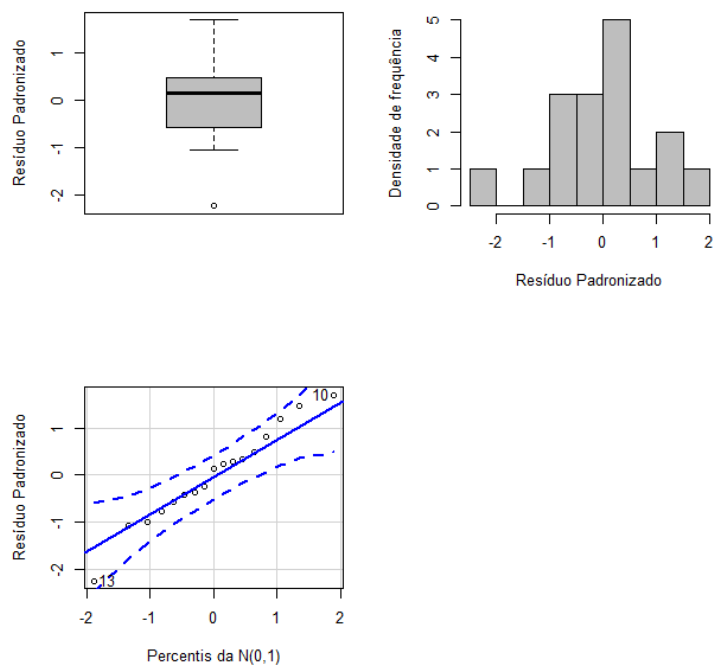
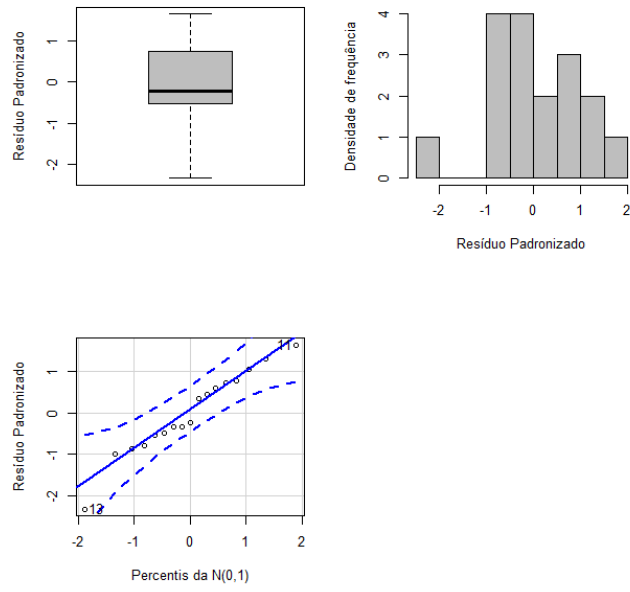


Figura 3 – Boxplot, histograma e qq-plot do modelo 3 (PREC).



## APÊNDICE D

Figura 1 – Diagnóstico dos resíduos do modelo 1 (TMED).

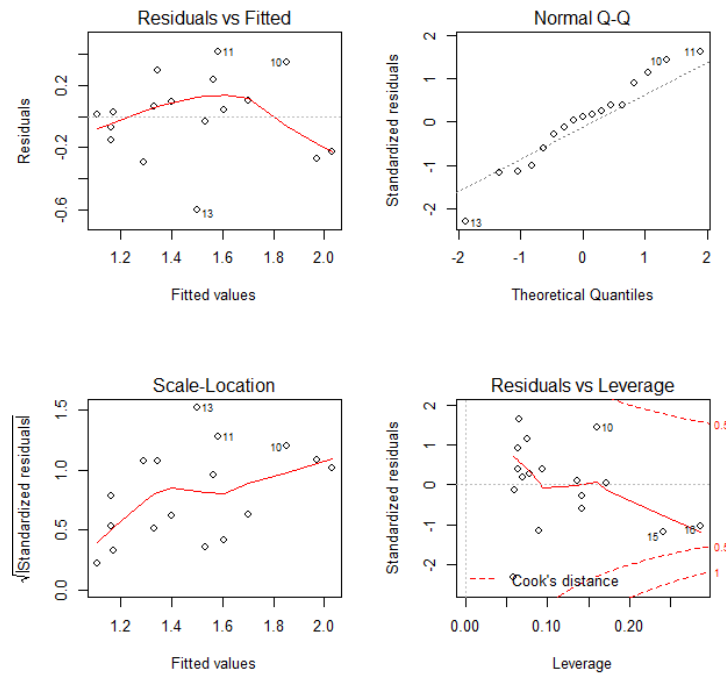


Figura 2 – Diagnóstico dos resíduos do modelo 2 (UR).

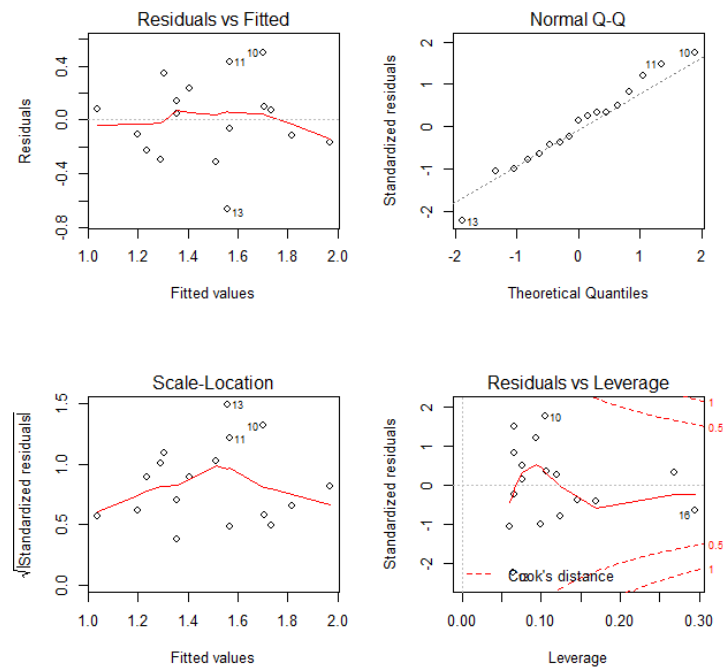
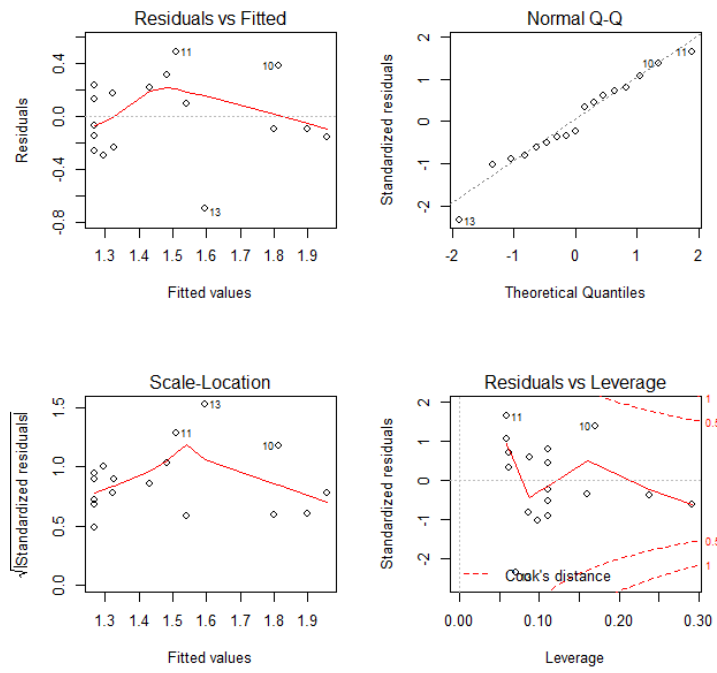


Figura 3 – Diagnóstico dos resíduos do modelo 3 (PREC).



## APÊNDICE E

Figura 1 – Matriz de dispersão modelo múltiplo.

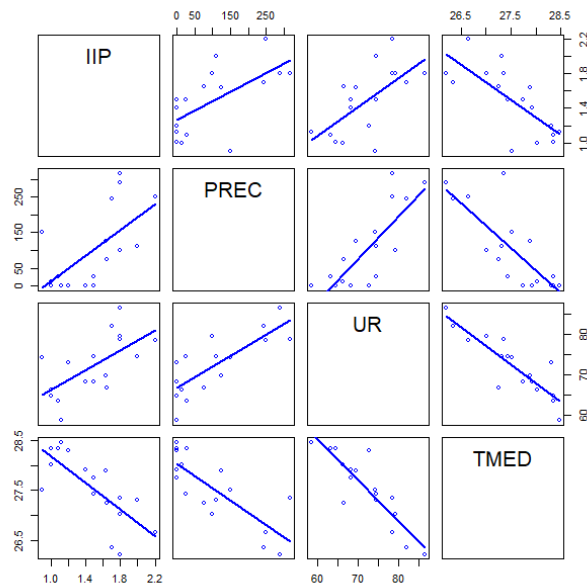
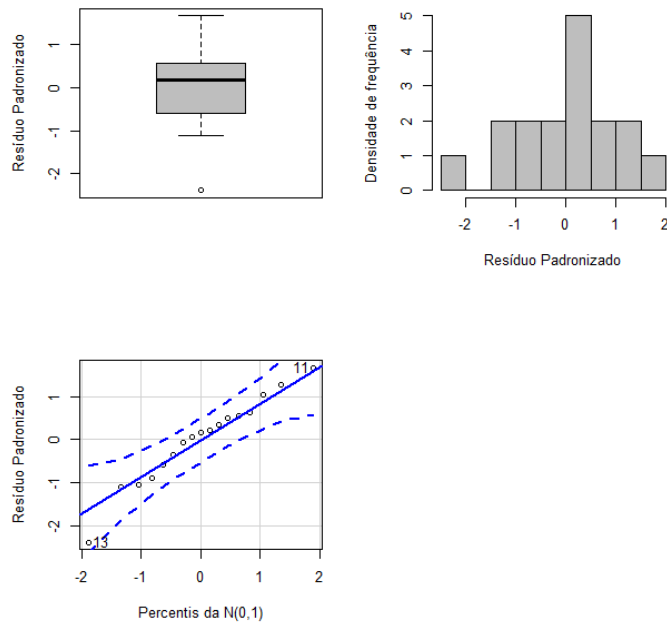


Figura 2 – Box-plot, histograma e qq-plot dos resíduos modelo múltiplo.



## APÊNDICE F

Figura 1 – Diagnóstico dos resíduos do modelo múltiplo.

