

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

Instituto de Geociências

Programa de Pós-Graduação em Geografia

Diego de Sousa Ribeiro Fonseca

**A CORRESPONDÊNCIA ENTRE O *Aedes Aegypti*, ADOECIMENTO
E INTERNAÇÕES PELA DENGUE CONFORME OS ATRIBUTOS
ESPACIAIS DO AMBIENTE URBANO**

Belo Horizonte

2021

DIEGO DE SOUSA RIBEIRO FONSECA

**A CORRESPONDÊNCIA ENTRE O *Aedes Aegypti*, ADOECIMENTO
E INTERNAÇÕES PELA DENGUE CONFORME OS ATRIBUTOS
ESPACIAIS DO AMBIENTE URBANO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Área de concentração: Organização do Espaço.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Alexandrino Garcia.

Belo Horizonte

2021

F676c Fonseca, Diego de Sousa Ribeiro.
2021 A correspondência entre o *Aedes aegypti*, adoecimento e interações pela dengue conforme os atributos espaciais do ambiente urbano [manuscrito] / Diego de Sousa Ribeiro Fonseca. – 2021. 276 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Ricardo Alexandrino Garcia.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2021.
Área de concentração: Organização do Espaço.
Bibliografia: f. 150-163.
Inclui apêndices.

1. Dengue – Teses. 2. *Aedes aegypti* – Teses. 3. Zoneamento – Teses. 4. Estatística – Teses. I. Garcia, Ricardo Alexandrino. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 614.449.577.1

ERRATA

- 1) Resumo corrigido expondo de maneira mais ampla a abordagem da pesquisa.
- 2) Sumário, lista de figuras e lista de tabelas editadas e reconfiguradas.
- 3) Introdução redefinida conforme sugestões da banca examinadora, colocando aspectos do desenvolvimento do trabalho.
- 4) A palavra “acachapante” foi substituída por outros termos ao longo do trabalho.
- 5) Seção 4.3, colocado o parágrafo de apresentação desta seção.
- 6) Discussão e conclusão do trabalho com abordagem sobre a importância das políticas públicas em longo prazo.
- 7) Tabelas reconfiguradas retirando a gradação de cores.
- 8) Figura 47, reconfigurada conforme o padrão ABNT de casas decimais após a vírgula.
- 9) Corrigido o uso de certas palavras, tais como, por exemplo “violenta” e “enfermos”, indicadas pela banca ao longo do texto.
- 10) Redefinido o tamanho de algumas figuras para melhor visualização do leitor da pesquisa.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

**"A CORRESPONDÊNCIA ENTRE O Aedes Aegypti, Adoecimento e Interações pela Dengue
conforme os atributos espaciais do ambiente urbano"**

DIEGO DE SOUSA RIBEIRO FONSECA

Tese de Doutorado defendida e aprovada, no dia **29 de setembro de 2021**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

Rodrigo Nunes Ferreira

PBH

Paulo Fernando Braga Carvalho

PUC-MINAS

Luiz Cláudio Ribeiro

UFJF

Úrsula Ruchkys de Azevedo

IGC/UFMG

Britaldo Silveira Soares Filho

IGC/UFMG

Ricardo Alexandrino Garcia - Orientador

IGC/UFMG

Belo Horizonte, 29 de setembro de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Alexandrino Garcia, Professor do Magistério Superior**, em 30/09/2021, às 09:01, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ursula Ruchkys de Azevedo, Chefe de departamento**, em 30/09/2021, às 10:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Nunes Ferreira, Usuário Externo**, em 30/09/2021, às 11:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Fernando Braga Carvalho, Usuário Externo**, em 30/09/2021, às 11:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



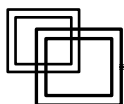
Documento assinado eletronicamente por **Luiz Cláudio Ribeiro, Usuário Externo**, em 01/10/2021, às 21:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Britaldo Silveira Soares Filho, Professor do Magistério Superior**, em 05/10/2021, às 14:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0951154** e o código CRC **56B7F515**.

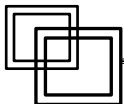


Dedicatória

À minha filha, **Pérola Elis Braz Fonseca**, que nasceu junto com minha entrada no doutorado, mudou minha vida e, conseqüentemente, fortaleceu-me para este desenvolvimento.

À minha querida esposa, **Cynara Braz**, a qual estive ao meu lado, com paciência e compreensão, possibilitando a concretização deste desafio.

Aos meus pais, **Vânia Maria e Hélio Alberto**, os quais me incentivaram e possibilitaram que este sonho se tornasse realidade.



Agradecimientos

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que possibilitaram esse desenvolvimento;

Ao professor, **Ricardo Alexandrino Garcia**, o orientador amigoso, pela paciência, apoio e ensinamentos oferecidos;

À minha esposa, **Cynara Braz**, pela paciência, amor, incentivo e apoio em todas as etapas desta realização;

Aos meus pais, Hélio Alberto e Vânia Maria, pelo incentivo;

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela bolsa de estudos concedida;

Ao Centro de Controle de Zoonoses e Secretaria Municipal de Saúde de Montes Claros, e ao Ministério da Saúde, pela disponibilização dos dados para realização desta pesquisa;

Aos amigos e colegas conquistados nesse período de formação: Denise, Brenner , Rodrigo e Wallisson.

Obrigado!

*“Não entramos nos mesmos rios. Pois as águas que
fluem são sempre outras.” (Heráclito).*

FONSECA, D. S. R. “*A correspondência entre o Aedes aegypti, adoecimento e internações pela dengue conforme os atributos espaciais do ambiente urbano*”. [Tese de Doutorado]. Programa de Pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências. Universidade Federal de Minas Gerais, 2021. 186p.

RESUMO

A dengue é uma doença urbana que vem preocupando as autoridades sanitárias em diversas partes do planeta, especialmente, nas regiões tropicais, tais como o Brasil. Apesar da sociedade brasileira conviver com esse fenômeno epidêmico há décadas, ainda não foi encontrada uma solução definitiva, ou um paliativo eficiente, ou qualquer outra forma de mitigação significativa. Dentro das perspectivas levantadas, este trabalho procurou entender a dengue sob o ponto de vista geográfico. Onde essa enfermidade tem acontecido de forma mais violenta e por quê? O objetivo do trabalho, portanto, foi alcançar maior entendimento do comportamento geográfico da dengue, tendo como base a abordagem transescalar dessa problemática e, dessa forma, contribuir para o melhor planejamento de ações que visem sua prevenção e mitigação. A metodologia consistiu em várias etapas: primeiramente, providenciou-se a montagem e organização do banco de dados e sua análise descritiva a respeito das internações ocorridas por dengue no Brasil, entre 1998 e 2019, posteriormente, ainda nessa etapa, foi realizada a análise inferencial e a espacialização dos dados cartográficos; na terceira parte, realizou-se a organização dos dados e sua análise temporal descritiva sobre adoecidos por dengue no Brasil conforme as semanas epidemiológicas do ministério da saúde; em seguida, providenciou-se a análise exploratória referente às taxas registradas de acometidos pela dengue nos municípios dos Estados da região Sudeste do Brasil, correlacionando-os com as seguintes variáveis: índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM), percentual de população urbana, renda *per capita*, esperança de vida ao nascer e população economicamente ativa (PEA) maior que 18 anos. Na quarta etapa foi realizada, para a cidade de Montes Claros-MG, a aquisição de dados relativos ao número de infectados pela dengue, por bairros, nos anos 2015, 2016 e 2017; obtenção do Índices Breteau sobre infestação larvária pelo *Aedes aegypti* nos respectivos anos; uso de imagens de satélite para estimação da temperatura de superfície (TS); aquisição de dados sobre elevação do terreno e renda familiar. Posteriormente, foi feita a organização do banco de dados; emprego da análise descritiva; aplicação da regressão linear múltipla e da interpolação. Os resultados apresentados mostraram que existe forte relação espaço-temporal na propagação da dengue, sendo as áreas mais propensas à maior ocorrência ficam situadas nas regiões tropicais com temperaturas médias anuais acima dos 18°C e com a estação chuvosa e seca bem definidas. Conforme as semanas epidemiológicas, a maior quantidade de registros de infectados por dengue tem sido averiguada entre os meses de janeiro e julho dos anos. Na região Sudeste do Brasil, o estado que apresentou a maior taxa média de incidência da dengue foi o Rio de Janeiro (média 280.198); Minas Gerais (média 159.386) foi o estado com a menor incidência. Nesses dados houve correlação entre infecções por dengue e IDHM nas seguintes unidades federativas: Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Entre infecções por dengue e percentual de população urbana: em Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo. Entre dengue e renda *per capita*: em Minas e no Rio de Janeiro. Entre dengue e esperança de vida ao nascer: em Minas e São Paulo. Em Montes Claros os resultados demonstram a relação associativa entre o tempo e características do espaço habitado para as maiores taxas do *A. aegypti*, e evidenciam que é preciso observar a alteração do microclima local no processo de urbanização e impermeabilização do solo, mitigando a ocorrência das ilhas de calor. Somado a tal fator, nos locais onde houve maior incidência, quanto mais baixa é a elevação, maior é a infestação pelo mosquito devido a maior propensão ao acúmulo de água parada. Genericamente, a infestação larvária pelo *Aedes aegypti* tem acontecido na porção oeste de Montes Claros, enquanto a infecção de pessoas pela dengue tem maior propensão na porção leste da cidade, duas partes com situações econômicas distintas, onde no oeste concentra a população com renda mais elevada. Tal fator denota a fragilidade da população de menor renda quanto à saúde pública e a sua maior carência na atenção estratégica. Para o eficiente combate à dengue, um plano de ação envolvendo as comunidades, com suas especificidades espaciais e as gestões públicas, pode tornar-se mais proveitoso quando observada a necessidade de eliminação dos criadouros das pragas de transmissão, o que envolve a gestão da qualidade urbana, especialmente nos ambientes mais adensados e, portanto, mais afetados pela enfermidade em pauta.

Palavras-chave: dengue; *Aedes aegypti*; zoneamento; estatística descritiva e inferencial.

FONSECA, D. S. R. "The correspondence between *Aedes aegypti*, illness and hospitalizations due to dengue according to the spatial attributes of the urban environment". [Doctoral thesis]. Postgraduate Program in Geography. Institute of Geosciences. Federal University of Minas Gerais, 2021. 186p.

ABSTRACT

The dengue is a urban diseases that come in worrying sanitary authorities in many sides of the world, especially on the tropical regions, such as Brazil. Despite Brazilian society come living with this epidemic phenomenon by decades, still not find a definitive solution, or a efficient palliative, or any other definitive solution. Within of the perspectives mentioned, the approached of this research have been looking for understand the dengue about the geographic knowledge. Where this disease have happening with more violence and why? The objective of this work was to reach more understanding about the geographic behavior of the dengue, having how parameter the transscale approach of this trouble, and, of this way, to contribute for the best planning of actions that aim for preservation and mitigation. The methodology consisted of several steps: first, the database was assembled and organized and its descriptive analysis was carried out regarding hospitalizations due to dengue in Brazil, between 1998 and 2019; later, still at this stage, the inferential analysis was carried out and the spatialization of cartographic data; in the third part, the organization of data and its descriptive temporal analysis were carried out on patients with dengue in Brazil according to the epidemiological weeks of the ministry of health; then, an exploratory analysis was performed regarding the registered rates of people affected by dengue in the municipalities of the States of the Southeast region of Brazil, correlating them with the following variables: municipal human development index (IDHM), percentage of urban population, income per capita, life expectancy at birth and economically active population (EAP) over 18 years old. In the fourth stage, for the city of Montes Claros-MG, the acquisition of data related to the number of people infected with dengue, by neighborhoods, in the years 2015, 2016 and 2017; obtaining the Breteau indices on larval infestation by *Aedes aegypti* in the respective years; use of satellite images for surface temperature estimation (STE); acquisition of data on land elevation and family income. Subsequently, the organization of the database was carried out; use of descriptive analysis; application of multiple linear regression and interpolation. Showed results demonstrate that exist strong relationship between time-space in the propagation of dengue, being the areas more prone staying besieged in tropical regions with average annual temperatures above 18°C and well-defined rainy and dry seasons. According with epidemiological weeks, the most quantitative records for infected by dengue have been cataloged between the months january at july of the years. In the Southeast of Brazil, the state that presented the most averages rates of incidence of dengue was the Rio de Janeiro (average 280,198); Minas Gerais (average 159,386) was the state with the lowest incidence. In these data, there was a correlation between dengue infections and IDHM in the following federative units: Minas Gerais, Rio de Janeiro and São Paulo. Between dengue infections and percentage of urban population: in Minas Gerais, Espírito Santo and São Paulo. Between dengue and per capita income: in Minas and Rio de Janeiro. Between dengue and life expectancy at birth: in Minas and São Paulo. In Montes Claros, the results demonstrate the associative relationship between time and characteristics of the inhabited space for the highest rates of *A. aegypti*, and show that it is necessary to observe the change in the local microclimate in the process of urbanization and soil sealing, mitigating the occurrence of heat islands. Added to this factor, in places where there was a higher incidence, the lower the elevation, the greater the infestation by the mosquito due to the greater propensity to accumulate standing water. Generally, the larval infestation by *Aedes aegypti* has occurred in the western portion of Montes Claros, while the infection of people by dengue is more likely in the eastern portion of the city, two parts with different economic situations, where in the west the population with higher income is concentrated. . This factor denotes the fragility of the low-income population in terms of public health and its greater lack of strategic care. For the efficient fight against dengue, an action plan involving communities with their spatial specificities and public management, can become more fruitful when observing the need to eliminate the breeding sites of transmission pests, which involves quality management, urban, especially in denser environments and, therefore, more affected by the disease in question.

Keywords: dengue; *Aedes aegypti*; zoning; descriptive and inferential statistics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fases para desenvolvimento do mosquito <i>Aedes aegypti</i>	24
Figura 2. Fluxo da metodologia para obtenção dos resultados em âmbito nacional.....	39
Figura 3. Distribuição das sedes municipais no Brasil e suas respectivas altitudes.....	42
Figura 4. Distribuição das sedes municipais no Brasil e suas zonas climática.....	43
Figura 5. Distribuição das sedes municipais no Brasil e seus tipos de temperatura.....	44
Figura 6. Sedes municipais no Brasil e a distribuição da estiagem.....	45
Figura 7. Mapa de Climas do Brasil.....	46
Figura 8. Representação genérica das curvas oriundas de modelos polinomiais de série de dados temporais.....	50
Figura 9. Fluxo da metodologia para obtenção dos resultados temporais quanto às semanas epidemiológicas....	53
Figura 10. Fluxo da metodologia para obtenção dos resultados da Região Sudeste.....	55
Figura 11. Localização da região Sudeste do Brasil e áreas vizinhas.....	56
Figura 12. Diagrama de Espalhamento de Moran.....	64
Figura 13 Fluxo metodológico para geração dos resultados sobre Montes Claros.....	66
Figura 14. Bairros de Montes Claros e sua localização.....	68
Figura 15. Total da distribuição das internações por dengue, 1998-2019, conforme o código de endereço postal de residência dos pacientes.....	78
Figura 16. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 1998.....	79
Figura 17. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 1999.....	80
Figura 18. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2000.....	81
Figura 19. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2001.....	82
Figura 20. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2002.....	83
Figura 21. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2003.....	84
Figura 22. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2004.....	85
Figura 23. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2005.....	86
Figura 24. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2006.....	87
Figura 25. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2007.....	89
Figura 26. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2008.....	90
Figura 27. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2009.....	91
Figura 28. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2010.....	92
Figura 29. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2011.....	93
Figura 30. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2012.....	94
Figura 31. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2013.....	95
Figura 32. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2014.....	97
Figura 33. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2015.....	98
Figura 34. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2016.....	99
Figura 35. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2017.....	100
Figura 36. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2018.....	101

Figura 37. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2019.....	102
Figura 38. Distribuição espacial dos municípios brasileiros segundo suas taxas anuais de internações hospitalares por Dengue entre 2000 e 2019.....	108
Figura 39. Distribuição espacial dos municípios brasileiros segundo o tipo de dependência espacial local de suas taxas anuais de internações hospitalares por Dengue entre 2000 e 2019.....	109
Figura 40. Distribuição das taxas municipais de internações, 2000-2019, conforme o nível e tipo de incidência.....	115
Figura 41. Brasil: 2019. Distribuição espacial dos municípios brasileiros segundo os padrões espaço-temporais de suas taxas anuais de internações hospitalares por Dengue entre 2000 e 2019.....	116
Figura 42. Mapa de localização geográfica das taxas de incidência da dengue, por 100 mil habitantes em 2011, por Unidade Federativa do Brasil.....	125
Figura 43. Mapa de localização geográfica das taxas de incidência da dengue, por 100 mil habitantes em 2012, por Unidade Federativa do Brasil.....	126
Figura 44. Mapa de localização geográfica das taxas de incidência da dengue, por 100 mil habitantes em 2013, por Unidade Federativa do Brasil.....	128
Figura 45. Mapa de localização geográfica das taxas de incidência da dengue, por 100 mil habitantes em 2014, por Unidade Federativa do Brasil.....	129
Figura 46. Mapa de localização geográfica das taxas de incidência da dengue, por 100 mil habitantes em 2015, por Unidade Federativa do Brasil.....	130
Figura 47. Taxa de infectados por dengue (2010) nos municípios dos Estados da região Sudeste do Brasil.....	132
Figura 48. Classes de semelhança por vizinhança, conforme o Índice de Moran, nos municípios com casos notificados de pessoas infectadas por dengue (2010) da região Sudeste do Brasil.....	137
Figura 49. Distribuição espacial do Índice Breteau do <i>Aedes aegypti</i> (%) nos bairros da cidade Montes Claros, no ano 2015.....	140
Figura 50. Distribuição espacial do Índice Breteau do <i>Aedes aegypti</i> (%) nos bairros da cidade Montes Claros, no ano 2016.....	141
Figura 51. Distribuição espacial do Índice Breteau do <i>Aedes aegypti</i> (%) nos bairros da cidade Montes Claros, no ano 2017.....	142
Figura 52. Mapa de <i>clusters</i> , pelo Índice de Moran, onde ocorre os aglomerados espacialmente autocorrelacionados pelo Índice Breteau do <i>Aedes aegypti</i> , na cidade Montes Claros-MG nos anos 2015, 2016 e 2017.....	144
Figura 53. Zoneamento da cidade de Montes Claros, sob a perspectiva da maior infestação pelo mosquito <i>Aedes aegypti</i>	145
Figura 54. Principais dados adquiridos, gerados e manipulados, sob a área amostral (Índice de Moran), relativa à infestação larvária do <i>Aedes aegypti</i> em Montes Claros-MG.....	146
Figura 55. Média das temperaturas de superfície estimadas (°C), dos anos 2015, 2016 e 2017 – nos respectivos meses de outubro, na cidade Montes Claros e nas áreas de maior predisposição para infestação larvária pelo <i>Aedes aegypti</i>	148
Figura 56. Temperaturas de superfície (°C) dos anos 2015, 2016 e 2017 – nos meses de outubro, nas áreas de maior predisposição para infestação larvária pelo <i>Aedes aegypti</i>	149
Figura 57. Intervalos de classes altimétricas e curvas de nível representando a morfologia do relevo da cidade Montes Claros-MG.....	152
Figura 58. Esquema ilustrativo pelo qual pode ser interpretada a dinâmica da água, parada nos locais de menor e maior e elevação do terreno, e o movimento hídrico no declive.....	155
Figura 59. Média das temperaturas de superfície e as zonas críticas com maior ocorrência larvária do mosquito <i>Aedes aegypti</i> ao longo dos anos 2017, 2016 e 2015.....	158
Figura 60. Intervalos de classes altimétricas representando a morfologia do relevo da cidade Montes Claros-MG.....	160
Figura 61. Classes de renda domiciliar, por bairros, na cidade Montes Claros-MG.....	161

Figura 62. Uso da Co-Krigagem para interpolação de áreas não amostradas para adoecidos por dengue nos anos 2016 e 2017 na cidade Montes Claros-MG.....	165
Figura 63. Média dos valores da interpolação das áreas mais prováveis, não amostradas, para os adoecidos por dengue nos anos 2016 e 2017 na cidade Montes Claros-MG.....	167

LISTA DE TABELAS

Tabela 2. Total de internações hospitalares por Dengue entre 1998 e 2019, por sexo, e custo médio das despesas hospitalares segundo Unidades da Federação de residência dos internados.....	103
Tabela 3. Brasil: 2000/2019. Total de internações hospitalares por Dengue entre 2000 e 2019, total da população residente em 2010 e Taxas médias anuais de Internações Hospitalares segundo Unidades da Federação de residência dos internados.....	104
Tabela 4. Total de internações hospitalares por Dengue entre 2000 e 2019, total da população residente em 2010 e Taxas médias anuais de Internações Hospitalares s segundo a classificação da temperatura média da sede do município de residência dos internados.....	105
Tabela 5. Total de internações hospitalares por Dengue entre 2000 e 2019, total da população residente em 2010 e Taxas médias anuais de Internações Hospitalares s segundo a distribuição da umidade relativa do ar da sede do município de residência dos internados.....	106
Tabela 6. Total de internações hospitalares por Dengue entre 2000 e 2019, total da população residente em 2010 e Taxas médias anuais de Internações Hospitalares s segundo o tipo de umidade da sede do município de residência dos internados.....	107
Tabela 6. Brasil: 2000/2019. Total de internações hospitalares por Dengue entre 2000 e 2019, total da população residente em 2010 e Taxas médias anuais de Internações Hospitalares segundo Zonas climáticas da sede do município de residência dos internados.....	107
Tabela 7. Estatística descritiva dos dados referentes aos adoecidos por dengue, período entre os anos 2011 e 2015 no Brasil.....	118
Tabela 8. Frequências absolutas e relativas dos dados referentes aos adoecidos por dengue, totais das semanas epidemiológicas, período entre os anos 2011 e 2015 no Brasil.....	118
Tabela 9. Frequências absolutas e relativas dos dados referentes aos adoecidos por dengue, totais das semanas epidemiológicas, ano 2011 no Brasil.....	119
Tabela 10. Frequências absolutas e relativas dos dados referentes aos adoecidos por dengue, totais das semanas epidemiológicas, ano 2012 no Brasil.....	120
Tabela 11. Frequências absolutas e relativas dos dados referentes aos adoecidos por dengue, totais das semanas epidemiológicas, ano 2013 no Brasil.....	121
Tabela 12. Frequências absolutas e relativas dos dados referentes aos adoecidos por dengue, totais das semanas epidemiológicas, ano 2014 no Brasil.....	122
Tabela 13. Frequências absolutas e relativas dos dados referentes aos adoecidos por dengue, totais das semanas epidemiológicas, ano 2015 no Brasil.....	122
Tabela 14. Estatística descritiva dos dados referentes ao Índice de Infestação Predial (IIP) por dengue, no período entre os anos 2011 e 2015 no Brasil.....	123
Tabela 15. Percentual da incidência de casos notificados sobre adoecidos pela dengue, por região do Brasil, no ano 2011.	124
Tabela 16. Percentual da incidência de casos notificados sobre adoecidos pela dengue, por região do Brasil, no ano 2012.	126
Tabela 17. Percentual da incidência de casos notificados sobre adoecidos pela dengue, por região do Brasil, no ano 2013.....	127
Tabela 18. Percentual da incidência de casos notificados sobre adoecidos pela dengue, por região do Brasil, no ano 2014.....	128
Tabela 19. Percentual da incidência de casos notificados sobre adoecidos pela dengue, por região do Brasil, no ano 2015.	129
Tabela 20. Incidência Média de infectados por dengue e seus respectivos coeficientes de variação, por unidades Federativas da região Sudeste do Brasil, 2010.....	133
Tabela 21. Correlação entre incidência da dengue com as variáveis selecionadas, por unidades federativas, região Sudeste do Brasil, 2010.....	135

Tabela 22. Estatística descritiva dos dados referentes aos Índices Breteaures dos anos 2017, 2016 e 2015, sobre infestação larvária pelo mosquito <i>Aedes aegypti</i> na cidade Montes Claros-MG.....	139
Tabela 23. Estatística descritiva dos dados referentes aos Índices Breteau dos anos 2017, 2016 e 2015, sobre infestação larvária pelo mosquito <i>Aedes aegypti</i> , na área amostral gerada a partir da síntese do Índice de Moran.	147
Tabela 24. Modelo de regressão linear múltipla usado para predição da variável dependente, o Índice Breteau do <i>Aedes aegypti</i> do ano 2017, com as variáveis independentes: Índice Breteau do <i>Aedes aegypti</i> dos anos 2016 e 2015; área edificada (m ²); altitude máxima e declividade média; temperatura de superfície dos anos 2017, 2016 e 2015.	150
Tabela 25. Modelo de regressão linear múltipla usado para predição da variável dependente, o Índice Breteau do <i>Aedes aegypti</i> ano 2017, com as variáveis independentes: Índice Breteau do <i>Aedes aegypti</i> dos anos 2016 e 2015; a elevação média e a altitude máxima dos bairros.....	154
Tabela 26. Estatística descritiva dos dados referentes ao número de adoecidos por dengue e os Índices Breteaures (mosquito <i>Aedes aegypti</i>) dos anos 2017, 2016 e 2015, na cidade Montes Claros-MG.	157
Tabela 27. Modelo de regressão múltiplo (StepWise progressivo) para aferição das variáveis preditivas com maior poder explicativo para estimar a variável dependente (número de adoecidos por dengue em 2016).....	163
Tabela 28. Modelo de regressão múltiplo (StepWise progressivo) para aferição das variáveis preditivas com maior poder explicativo para estimar a variável dependente (número de adoecidos por dengue em 2017).....	164

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Precipitação total (mm) e temperatura máxima (°C) no período entre 2015 e 2017 na cidade de Montes Claros-MG.....	69
Gráfico 2. Evolução temporal das taxas média anuais de internações hospitalares por Dengue do Brasil e Unidades da Federação da Região Norte entre os anos 2000 e 2019.....	110
Gráfico 3. Evolução temporal das taxas média anuais de internações hospitalares por Dengue do Brasil e Unidades da Federação da Região Nordeste entre os anos 2000 e 2019.....	111
Gráfico 4. Evolução temporal das taxas média anuais de internações hospitalares por Dengue do Brasil e Unidades da Federação da Região Sudeste entre os anos 2000 e 2019.....	112
Gráfico 5. Evolução temporal das taxas média anuais de internações hospitalares por Dengue do Brasil e Unidades da Federação da Região Sul entre os anos 2000 e 2019.....	113
Gráfico 6. Evolução temporal das taxas média anuais de internações hospitalares por Dengue do Brasil e Unidades da Federação da Região Centro-oeste entre os anos 2000 e 2019.....	114
Gráfico 7. Correspondência entre o número de infectados por dengue e o IIP dos anos 2011-2015 no Brasil.....	124
Gráfico 8. Gráfico (Boxplot) representativo dos principais valores discrepantes para o Índice Breteau 2017, na área amostral.....	153

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Classificação dos padrões espaço-temporais das taxas de internação por dengue no Brasil entre os anos 2000 e 2019.....	52
Quadro 2. Procedimentos de cálculos da ANOVA.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

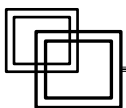
CCZ	CENTRO DE CONTROLE DE ZONÓSES
DBF	DATA BASE FORMAT
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
INMET	INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA
INPE	INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS
MDE	MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO
MS	MINISTÉRIO DA SAÚDE
OMS	ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE
PNCD	PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE DA DENGUE
SEPLAN	SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E GESTÃO
SGBD	SISTEMA GEOGRÁFICO DE BANCO DE DADOS
SHP	SHAPEFILE
SIG	SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS
SIH	SISTEMA DE INFORMAÇÕES HOSPITALARES
SINAN	SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO
SUS	SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE
USGS	UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 O mosquito <i>Aedes aegypti</i> , histórico e adaptação	23
2.2 Estratégias atuais no Brasil e formas de controle.....	30
2.3 Análise geográfica para o controle do <i>Aedes aegypti</i>	34
2.4 O uso de mapas: pesquisas aplicadas associando atributos do espaço geográfico e saúde.....	36
3 METODOLOGIA	38
3.1 A investigação de padrões temporais e espaciais da dengue no Brasil	38
3.1.2 Base de dados.....	39
3.1.3 Área de estudo.....	42
3.1.4 Procedimentos operacionais.....	45
3.1.5 Organização dos dados.....	45
3.1.6 Modelos polinomiais aplicados à análise de tendência.....	48
3.1.7 Identificação do padrão espaço-temporal das taxas de Internação hospitalar por dengue, com base nos resultados do modelo LISA e dos modelos de regressão polinomial	51
3.2 A investigação sobre dengue no Brasil: comportamento nas semanas epidemiológicas entre 2011 e 2015	53
3.2.1 Base de dados e procedimentos operacionais.....	53
3.3 Investigação entre a associação entre infectados por dengue e dados socioeconômicos no Sudeste do Brasil	54
3.3.1 Localização da área de estudo: o Sudeste do Brasil.....	55
3.3.2 Base de dados e procedimentos operacionais.....	56
3.3.3 Análise de variância e o teste de Tukey.....	57
3.3.4 Análise de componentes principais.....	59
3.3.5 Indicadores de associação espacial local.....	59
3.4 A investigação entre infestação, infecção e o meio ambiente em Montes Claros	65
3.4.1 Área de estudo: a cidade de Montes Claros/MG.....	66
3.4.2 Base de dados.....	69
3.4.3 Procedimentos operacionais.....	70
3.4.4 Organização dos dados.....	70
3.4.5 Conversão da base cartográfica.....	71
3.4.6 Índice de Moran, álgebra entre mapas e zoneamento da propensão larvária.....	71
3.4.7 Geração das imagens com as temperaturas de superfície (TS).....	72
3.4.8 Manipulação do modelo digital de elevação (MDE).....	74
3.4.9 Estatística descritiva e inferencial	75

4 RESULTADOS	76
4.1 Padrão espaço-temporal da dengue no Brasil: o que nos revelam os dados de internação hospitalar das últimas décadas	76
4.2 Dengues no Brasil: comportamento nas semanas epidemiológicas entre 2011 e 2015	117
4.3 Aumentando a escala: Região Sudeste do Brasil – Doentes por Dengue em 2010 e a relação com dados socioeconômicos	131
4.4 O mosquito <i>Aedes aegypti</i> na cidade de Montes Claros-MG	139
4.4.1 A relação entre o mosquito <i>Aedes aegypti</i> e a temperatura de superfície.....	117
4.4.2 A relação entre o <i>Aedes aegypti</i> e a altitude local.....	125
4.4.3 Os múltiplos fatores envolvendo a dengue, a relação entre: <i>Aedes aegypti</i> , adoecimento, temperatura de superfície, altitude local e renda domiciliar	143
5 DISCUSSÃO	168
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	174
REFERÊNCIAS.....	177
APÊNDICE.....	>191

Prólogo



1 INTRODUÇÃO

A dengue é uma doença urbana que vem preocupando as autoridades sanitárias em diversas partes do planeta, especialmente, nas regiões tropicais, tais como o Brasil. É transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti* quando este é adulto e está contaminado. Tal vetor de doenças apresenta peculiaridades em sua forma de adaptação ao ambiente, a qual é demasiadamente plástica, mas melhor adaptada às áreas com temperaturas altas e padrões de precipitação bem definidos ao longo do período anual.

Apesar de a sociedade brasileira conviver com esse fenômeno epidêmico há décadas, ainda não foi encontrada uma solução definitiva, ou um paliativo eficiente, ou qualquer outra forma de mitigação significativa. Os estudiosos mais pessimistas dialogam que o mais correto seria conviver com o mosquito, tendo em vista que essa praga encontra-se incontrolável nos ambientes aos quais melhor se acomodou. Por outro lado, outros pesquisadores mais inquietos estudam várias possibilidades, entre elas o desenvolvimento de mosquitos estéreis, que, em longo prazo, levariam à extinção da espécie. Entre todos estes estudiosos, poucos enfatizam a importância do desenvolvimento de uma vacina eficiente para imunização em massa da população, sobretudo nas áreas de maior risco para a doença.

Dentro das perspectivas levantadas, este trabalho procurou entender a dengue sob o ponto de vista geográfico, onde essa enfermidade tem acontecido de forma mais violenta e por quê? Quais fatores proporcionam melhor adaptação do vetor e a maior propagação da doença? Onde estariam as regiões de calmaria, e, portanto, os lugares onde as infecções oferecem pouca preocupação sob o ponto de vista epidemiológico? Haveria um padrão espaço-temporal consoante à propagação da dengue? Quais fatores têm maior força associativa com os casos de internação e de registros de adoecidos, entre esses, principalmente referentes à: zona climática, altitude e renda?

Contando com o numeroso número de perguntas envolvendo o tema deste trabalho, a questão norteadora se referiu a responder principalmente quais os fatores espaciais levam a maior disseminação do *Aedes aegypti* e da dengue? Esse questionamento é interessante porque pode levar a um ponto chave para o entendimento da propagação da doença proposta, haja vista a contemporaneidade do assunto e por ainda não haver qualquer tipo de entendimento que fatalmente produza resultados positivos para controle dessa epidemia.

Em tempos de pandemia, tal qual é vivenciado neste momento, é evidenciado que quando ocorre união de esforços em prol do bem da humanidade os resultados chegam, principalmente quando os afetados são também pessoas de países desenvolvidos. No mundo subdesenvolvido, entretanto, as doenças perpetuam e, aparentemente, há interesse dos seus próprios gestores, envolvidos nessa não solução do problema. Sobre isso são geradas dúvidas porque embora a doença não seja altamente fatal, seus custos são elevados ao longo do tempo, o que inclui campanhas de combate ao mosquito, as quais têm sido pouco produtivas, e ainda o custo das internações, assuntos que serão tratados no decorrer do trabalho. Vários dados acumulados pelos órgãos de saúde do governo não têm relação associativa entre si, o que aponta para falhas e gestão ineficiente em prol do bem público.

Conforme o que foi argumentado, as hipóteses do trabalho são: não há relação associativa direta entre os infectados por dengue e os índices de infestação larvária do *Aedes aegypti*; existe associação direta entre condições climáticas locais e a propagação da doença; há relação entre condições topográficas e a disseminação do mosquito vetor; existe relação direta entre a taxa de urbanização e renda com o número de infectados; as relações propostas são mais incisivas em conjunto, portanto, elas têm de ser analisadas de forma múltipla. Ao estudar tais hipóteses é possível chegar às áreas prioritárias para combate ao mosquito transmissor ou, mais eficientemente, às áreas prioritárias para vacinação da população quando houver uma vacina que realmente funcione.

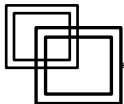
Enfaticamente, portanto, o objetivo do trabalho é alcançar maior entendimento do comportamento geográfico da dengue, tendo como base a abordagem multiescalar dessa problemática e, dessa forma, contribuir para o melhor planejamento de ações que visem sua prevenção e mitigação. Com tal intenção, especificamente, a meta é realizar uma análise exploratória com os dados referentes aos registros relativos às internações e ao processo de infecção pela dengue, a fim de identificar e delimitar padrões de espaço e tempo para infestação epidemiológica em associação com as características do ambiente; analisar descritivamente as taxas de internação conforme o endereço dos afetados, o sexo, a zona climática e a região de umidade abrangida; analisar descritivamente a predisposição temporal dessa enfermidade conforme as semanas epidemiológicas do ministério da saúde; testar tais dados de saúde com variáveis socioeconômicas; analisar a infestação larvária do mosquito vetor, o *Aedes aegypti*; e, em escala local, examinar a correlação entre a ocorrência desse

vetor de enfermidades com o número de adoecidos, a temperatura de superfície, a renda da população e dados de altitude conforme o zoneamento gerado.

É possível imaginar sobre as dificuldades para realização dessa pesquisa não serem animadoras. Tendo em vista que o interesse no seu desenvolvimento encontra obstáculos, principalmente relativos à aquisição dos dados junto aos órgãos públicos, e daí advêm problemas com a organização eficiente de um sistema geográfico de banco de dados (SGBD) para geração dos resultados e análises. Além disso, é sabido quanto à doença não acontecer de forma ubíqua no espaço geográfico, o que torna a análise ainda mais complexa. No entanto, apesar dos contratemplos, a realização dela é um ato científico que certamente contribuirá em pesquisas e trabalhos futuros nessa temática. O pragmatismo envolvendo tais fatores está na metrificação do poder das associações, a fim de que seja possível, em trabalhos técnicos dos órgãos de gestão da saúde, por meio da montagem de um banco de dados geográfico incisivo, apontar com maior precisão os locais relacionais, portanto, com um ou mais fatores que aumentam a probabilidade do maior número de acometidos pela dengue. Tais áreas necessitariam de maior atenção para diminuição da dispersão e contaminação de pessoas.

Quanto às características dessa pesquisa, em princípio, buscou-se atualizar e resgatar informações, por meio da revisão de literatura, a respeito das pesquisas relacionadas à dengue, principalmente naquilo concernente ao âmbito da aplicabilidade geográfica. Nos resultados este estudo teve três partes distintas, com escalas de redução diferenciadas, sendo a primeira parte trabalhada em âmbito nacional, quando se estudou padrões de espaço e tempo com taxas de pessoas internadas; na segunda parte, foi feita a análise descritiva conforme as semanas epidemiológicas, e também, dados socioeconômicos foram testados em âmbito regional conforme os municípios do Sudeste brasileiro, esses dados secundários em associação com o número de adoecidos registrados; e, na terceira e última parte, foi providenciada a exploração dos dados em escala local, na cidade de Montes Claros, Norte de Minas Gerais, a qual apresentou resultados em consonância à pesquisa em escala nacional. A discussão foi realizada posteriormente a essas partes, a partir das premissas adquiridas com a revisão de literatura e resultados obtidos, onde foram concatenadas as informações deste trabalho específico. Nas considerações finais intencionou-se realizar sinteticamente a ratificação das informações geradas a partir das hipóteses e objetivos alcançados.

O fenômeno da dengue no Brasil



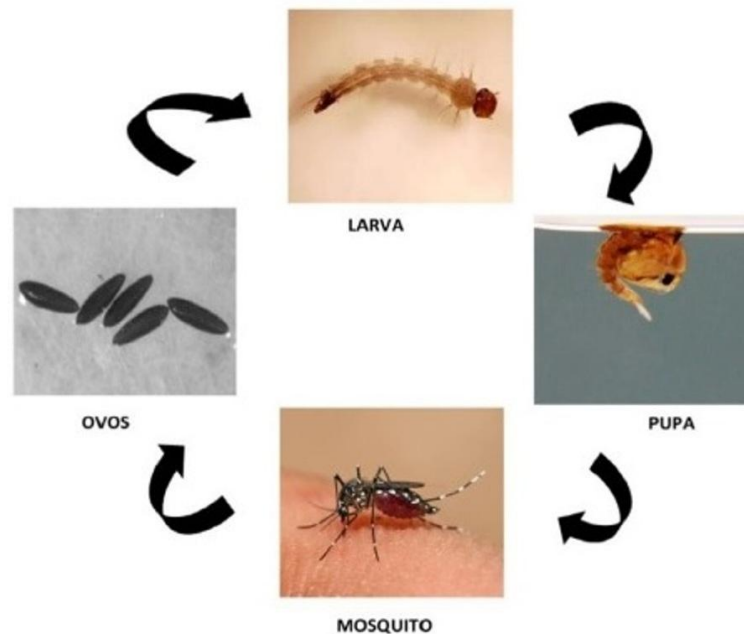
2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O mosquito *Aedes aegypti*, histórico e adaptação.

A primeira catalogação do mosquito *Aedes aegypti* foi realizada no Egito, por Linnaeus, em 1762 (CHRISTOPHERS, 1960; MURRAY *et al.*, 2013). Hipoteticamente, a inserção dessa espécie no Brasil ocorreu no período colonial, entre os séculos XVI e XIX, Este vetor veio do continente africano para o restante das áreas tropicais do planeta, trazido por meio dos navios negreiros com o tráfico de escravos humanos (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994; NEVES, 2005). Com a destruição dos *habitat* naturais, devido às pressões do crescimento citadino, parte dessa população silvestre sofreu um processo seletivo, o qual favoreceu a proliferação e sobrevivência da espécie nos aglomerados urbanos (CROVELLO; HACKER, 1972).

O *Aedes aegypti* é caracterizado como menor que um mosquito comum, é preto e com pequenas manchas brancas, suas asas são translúcidas e o ruído que produz não chega a ser notado pelo ouvido humano. O macho alimenta-se exclusivamente de frutas, apresentando aparelho bucal reduzido e sem potencial para romper a pele humana. Já a fêmea apresenta aparelho bucal alongado, do tipo picador/sugador, e precisa de sangue para o amadurecimento dos ovos, os quais são depositados nas paredes internas dos objetos, em locais úmidos ou com água parada. No momento da postura são brancos, mas em pouco tempo tornam-se pretos e brilhantes (SILVA; SILVA, 1999; GUIMARÃES *et al.*, 2001; BRAZ *et al.*, 2013). O desenvolvimento, Figura 1, acontece por meio de metamorfose completa (holometabolismo), compreendida na fase aquática, representada por: ovo, larva (dividida em quatro estágios) e pupa; e a fase aérea, representada pelo vetor adulto (GUIMARÃES *et al.*, 2001; REY, 2001; FORATINI *et al.*, 2002; MURRAY *et al.*, 2013).

FIGURA 1. Fases para desenvolvimento do mosquito *Aedes aegypti*.



Fonte: Esmeraldo (2016).

Os ovos são bem resistentes à dessecação, podendo permanecer vivos por até um (1) ano. Esse é um dos aspectos que torna o controle do mosquito mais complexo, porque essa resistência possibilita a dispersão passiva da espécie. Em condições normais e logo após a imersão na água, esses ovos eclodem. Quando em baixas temperaturas, ocorre a diapausa, a qual pode perdurar por período entre seis e doze meses de quiescência (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994; FORATINI, 2002; LACOUR *et al.*, 2014). Em estudo controlado, Farnesi *et al.* (2009), concluíram que com temperatura de 28°C, a embriogênese é completada em tempo próximo a 62 horas; exposto em temperaturas de 25°C, ela se completa em aproximadamente 77 horas; com 22°C, há a finalização em aproximadamente 98 horas; e com temperatura de 16°C, o tempo decorrido é em torno de 490 horas.

No momento da eclosão a casca do ovo é rompida por meio da atividade muscular da larva, a qual exerce pressão a partir da espícula, estrutura especializada e reconhecida como a rompedora de ovo (FORATINI, 2002). As larvas resultantes desse rompimento são sempre aquáticas, de estrutura vermiforme, apresentando cabeça, tórax e abdome, sendo os dois primeiros, mais volumosos. Seu último segmento é diferenciado no lobo anal. Essas larvas apresentam função sensorial e auxiliar para a flutuação. Estas possuem o aparelho bucal do

tipo mastigador/raspador, no qual suas escovas promovem correntes hídricas, quando em movimento, trazendo para a boca da larva as partículas que serão mastigadas (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994).

Quando na forma de pupa, a partir de onde emerge o inseto adulto, apresenta-se com movimentos desenvolvidos e rápidos para o meio aquático; e em forma geral que se assemelha a uma vírgula (FORATINI, 2002). É na fase adulta que há a transmissão das arbovíroses, mas por meio do melhor entendimento das fases anteriores, imaturas, é que se nota o potencial adaptativo dessa espécie e sua justaposição atrelada ao ser humano (POMBO, 2016). A fase adulta é a de maior perigo ao homem, porque o mosquito pode transitar em áreas urbanas, periurbanas e rurais (GUAGLIARDO, 2015; VASCONCELOS, 2016).

A etiologia do *A. aegypti* ajuda em sua rápida dispersão, notadamente nos ambientes urbanos, preferencialmente no intra e dentro dos domicílios, devido à maior facilidade para alimentação e reprodução. A capacidade de voo da fêmea, ainda que limitada a 200 metros, é superior a do macho. Nesses voos, quando grávida, deposita seus ovos sucessivamente e em parcelas, através de saltos (SOARES *et al.*, 2015). A quantidade de ovos depositados por uma fêmea num recipiente é, em média, de 120 ovos. Mas isso depende da quantidade de sangue ingerido para o desenvolvimento ovariano, o qual varia de 3,0 a 3,5mg. Num recipiente dificilmente ocorre o depósito feito por única fêmea, a qual, nunca faz a oviposição em ambiente aquático, mas sim em recipientes com potencial para se tornarem criadouros (FORATINI, 2002; SOARES *et al.*, 2015).

Tal como o ser humano tem aumentado em seu quantitativo e ocupação, seus lugares para habitação têm invadido o ambiente natural de variadas espécies. Isso resulta na extinção ou mesmo na domesticação destas, contexto muito comum e desastroso quando acontece com insetos que necessitam de sangue. A partir daí, no homem, encontra-o disponível e estável (POWELL; TABACHNICK, 2013). Dentro dessa premissa, certos insetos passaram por tal mecanismo de autodomesticação, convivendo bem na proximidade com os seres humanos, e, nessa relação, transformam-se em vetores de patógenos (POWELL; TABACHNICK, 2013, LOUNIBOS, 2002).

Dificilmente esse inseto é encontrado em áreas silvestres ou rurais, padrão que é notado em todo o Sul da América, mas, na África, também é verificado de forma significativa no meio silvestre. Enquanto no entorno das áreas urbanizadas o hospedeiro principal do vírus

são as pessoas, as quais contaminam os mosquitos disseminadores das epidemias; no meio silvestre os principais hospedeiros são macacos, que são potencialmente a fonte de contaminação para si e para humanos, tendo como intermediário principal o mosquito *Aedes aegypti* (RATMANOV *et al.*, 2013).

No Sul da América seus criadouros preferenciais são recipientes artificiais, tanto aqueles abandonados a céu aberto, que servem como reservatório de água da chuva, como os utilizados para armazenar água para uso domiciliar (SAWYER; LEITE, 2002; MORENO; BARATA, 2012). O inseto voa baixo, não sobrevive em altitudes acima de 1.200 metros, possui deslocamento horizontal limitado e transporta-se também passivamente, grudado ao corpo das pessoas. Dessa forma, um indivíduo que transitou em lugares contaminados pode levar o vetor para outras regiões, pois se trata de uma praga cosmopolita (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994; NEVES, 2005; FONSECA; BRAZ, 2010).

A atividade de hematofágica acontece no período diurno. Após a ingestão sanguínea contaminada, há a infecção e replicação do vírus no intestino do inseto, no estágio da hemolinfa, outros órgãos serão contaminados. O vírus é repassado para as filhas, na primeira oviposição, 100% das fêmeas nascidas terão potencial de transmissão do vírus, e, numa segunda oviposição, 25% delas (CAMPANELLI, 2007). As fases imaturas do *Aedes aegypti* são fundamentais para vigilância entomológica, devido a maior vulnerabilidade da espécie nesse período do seu desenvolvimento, tornando-o suscetível às práticas profiláticas. Assim sendo, tecnologias de localização desse vetor de doenças devem ser providenciadas para seu estudo e acompanhamento (SILVA *et al.*, 2008; OLIVEIRA, 2015; ESMERALDO, 2016; POMBO, 2016; ZARA *et al.*, 2016).

No século XX o controle do *A. aegypti* foi sistematizado e intensificado no Brasil, com o objetivo de reduzir o número de casos de febre amarela urbana, a qual levou milhares de pessoas ao óbito. A eliminação vetorial era feita por meio da destruição manual dos depósitos infestados. Quando não era possível destruir esses recipientes, os criadouros eram tratados com inseticidas (COSTA *et al.*, 2010). Entre 1958 e 1973, o *A. aegypti* chegou a ser erradicado do país. Entretanto, em 1976, surgiram os primeiros registros da reintrodução do vetor no Brasil, ocasionada por falhas na vigilância epidemiológica e pelo crescimento populacional desordenado, desde então, o mosquito está presente em todos os Estados do país

(MILLER; BALLINGER, 1988; GUBLER, D. J; KUNO, 1997; BARRETO *et al.*, 2008; MACIEL *et al.*, 2008).

A facilidade de adaptação desse mosquito permitiu que se tornasse uma praga nos centros urbanos, em grande medida por meio do transporte passivo, grudado ao corpo das pessoas, as quais se movem em atividade interurbanas, com uso dos meios de transporte. Tais cidadãos têm sido facilmente infectados pelos vírus que o mosquito pode conter, e assim, essas pessoas o replicam e o transmitem. Nesse cenário, a fêmea alimentando-se, em geral, de sangue humano durante um único ciclo gonadotrófico, amplia a sua suscetibilidade em se infectar e transmitir os vírus possíveis. Somado a isso, a resistência dos ovos permite a manutenção do ciclo na natureza durante as variações climáticas sazonais, tendo em vista que podem permanecer em repouso por até 492 dias na seca, eclodindo posteriormente, no primeiro contato com a água (SILVA; SILVA, 1999; POWELL; TABACHNICK, 2013).

A maior incidência desse mosquito, portanto, obedece a um padrão sazonal muito atrelado aos índices pluviométricos do período de análise (SANTOS; MARÇAL JÚNIOR, 2004; VIEIRA; LIMA, 2006). E, principalmente após as épocas de maior pluviosidade, mais de 20 das 100 arboviroses humanas podem ser transmitidas pelas espécies *Aedes*, sendo as principais: *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, *Aedes polynesiensis*, *Aedes pseudoscutellaris* e *Aedes horrescens* (RAJU, 2003).

Entre as doenças transmitidas pelo inseto *A. aegypti* estão: a dengue e a febre amarela (JENTES *et al.*, 2011), a febre chikungunya (CHAVES *et al.*, 2012) e o zika vírus (CAMPOS *et al.*, 2015). Onde há enfermos pelas doenças transmitidas por esse vetor, há relação associativa com os focos larvários (BARBOSA; LOURENÇO, 2010). Sendo assim, os locais que apresentam altas taxas de incidência de adoentados por dengue ou zika vírus, por exemplo, podem estar sujeitos à contaminação por quaisquer das outras transmitidas por esse mosquito. É sabido que, atualmente, inexistente vacina eficaz a todos os sorotipos circulantes transmitidos pelo *Aedes aegypti*, a não ser para a febre amarela, tornando a melhor opção o controle dessa praga, a qual está respaldada numa ação combinada de fatores como: o ser humano, o vírus, o vetor e o ambiente (JENTES *et al.*, 2011; SOMMERFELD; KROEGER, 2012; MESSINA *et al.*, 2015; RIZZI *et al.*, 2017).

A dengue é uma doença grave, semelhante à gripe, afeta bebês, crianças pequenas e adultos, mas raramente causa a morte. Deve-se suspeitar desta doença quando acontece febre

alta (40°C) acompanhada por dois dos seguintes sintomas: dor de cabeça intensa, dor atrás dos olhos, dores musculares e articulares, náuseas, vômitos, glândulas inchadas ou erupção cutânea. Os sintomas duram, geralmente, entre 2 a 7 dias, após um período de incubação de 4 a 10 dias após a picada do mosquito infectado. A forma mais intensa dessa doença, a forma hemorrágica, é potencialmente fatal devido ao vazamento de plasma, acúmulo de líquido, dificuldade respiratória, sangramento grave ou comprometimento em determinados órgãos. Os sinais de alerta ocorrem entre 3 a 7 dias após os primeiros sintomas, em conjunto com a diminuição na temperatura (abaixo de 38°C) e incluem: dor abdominal intensa, vômitos persistentes, respiração rápida, sangramento nas gengivas, fadiga, agitação e vômitos. As 24 a 48 horas do estágio crítico podem ser letais, e cuidados médicos adequados são necessários para evitar complicações e risco de morte. Não há tratamento específico para a dengue. Para a forma mais grave, a assistência médica experientes com os efeitos e a progressão da doença pode salvar vidas, diminuindo as taxas de mortalidade com mais de 20% para menos de 1%. A manutenção do volume de fluido corporal do paciente é fundamental para o cuidado severo dessa moléstia (CAMPOS *et al.*, 2015; WHO, 2019).

A primeira vacina contra a dengue, Dengvaxia (CYD-TDV), desenvolvida pela Sanofi Pasteur, foi licenciada em dezembro de 2015 e atualmente está aprovada por autoridades reguladoras em 20 países para uso em áreas endêmicas, em pessoas entre 9 e 45 anos de idade. Em abril de 2016, a Organização Mundial de Saúde emitiu uma recomendação condicional sobre o uso da vacina em áreas onde essa enfermidade é altamente endêmica, conforme definido pela soroprevalência de 70% ou mais. Em novembro de 2017, os resultados de uma análise complementar para determinar o status sorológico no momento da vacinação foram liberados. A análise mostrou que os participantes do estudo, sendo eles soronegativos no momento da primeira vacinação, desenvolveram maior risco para a dengue mais grave, em comparação aos participantes não vacinados. Por conta dessas complicações, a OMS orienta vários critérios para uso do medicamento, devendo o mesmo ser usado apenas em situações de emergência e sob análise criteriosa do paciente (WHO, 2019).

A dengue e o zika vírus são pertencentes à família Flaviviridae, e febre chikungunya incluída na família Togaviridae. Os sinais e sintomas relacionados com estas arboviroses são semelhantes, o que interfere no diagnóstico clínico preciso dessas doenças (RODRIGUEZ-MORALES, 2015). Somado a tal fato, ainda não se conhece corretamente os desdobramentos

da associação desses arbovírus em um mesmo paciente, fato passível para acontecer porque estes podem coabitar, muitas vezes, a mesma região geográfica, e duas doenças serem transmitidos pelo mesmo vetor, o *Aedes aegypti* (ROTH, 2014).

A incidência das arboviroses - dengue chikungunya e zika - têm se mostrado ameaçadoras, tal como sua dispersão cada vez maior em todo território brasileiro. Conforme dados epidemiológicos, o número de casos graves e óbitos tem sido alarmantes em relação à dengue (BRASIL, 2015; BRASIL, 2016; BRASIL, 2017). Somado a isso, as associações do zika vírus com a síndrome de Guillain-Barré e, principalmente, com a transmissão vertical, resultando em casos de microcefalia, têm sido motivo de alarme nacional e internacional (WHO 2016).

No ano de 2016 inclusive, a OMS declarou situação de emergência em saúde pública, sob a atenção internacional, em decorrência dos registros relacionados entre infecção por zika e o aumento do número de casos da microcefalia em bebês recém-nascidos, dentre outros distúrbios neurológicos. Esses casos eram condizentes com o período gestacional e a localidade das grávidas, notadamente no nordeste brasileiro, além da detecção do vírus no líquido amniótico de gestantes (MANIERO *et al.*, 2016).

Os ambientes com urbanização descontrolada tem sido o principal agravante para a permanência desse vetor de doenças, somada à carência dos serviços em saneamento básico, nos quesitos: esgoto, resíduos sólidos, abastecimento e distribuição de água aos cidadãos residentes nas áreas não rurais. A preferência do *A. aegypti* por depósitos artificiais faz com que a aglomeração das populações proporcione a larga utilização de recipientes artificiais, o que se converte num fator determinante na crescente proliferação larvária, com a rápida dispersão em diferentes áreas geográficas (TEIXEIRA *et al.*, 1999; TILAK *et al.*, 2004; TAUIL, 2014; MESSINA *et al.*, 2015).

Apesar da maior ocorrência nos redutos artificiais, estudos têm mostrado a plasticidade do mosquito *A. aegypti*, o qual na ausência de criadouros artificiais para depósito de seus ovos, a fêmea do inseto se adapta migrando para criadouros naturais, tais como em bromélias e cascas de árvores. A escassez da pluviosidade pode acarretar a adaptação do inseto para lugares de estocagem d'água, ou ainda, recintos subterrâneos, onde ocorre a drenagem da água superficial, mostrando que a vigilância e o controle desse mosquito vetor

devem ser realizados constantemente (KUNO, 1995; TAUIL, 2001; LIMA-CÂMARA *et al.*, 2016; BERMUDI *et al.*, 2017).

A mais conhecida e primeira epidemia ocasionada pelo *Aedes aegypti* no Brasil aconteceu no Estado de Roraima, na cidade de Boa Vista, no ano 1982, tendo sido isolados, na ocasião, esses surtos da dengue (OSANAI, 1983). Entretanto, a partir da introdução no ano de 1986, do vetor e da dengue no Estado do Rio de Janeiro, a doença tomou proporções maiores no país. Seguidamente, os Estados: São Paulo, Minas Gerais, Bahia, Alagoas, Pernambuco e Ceará vivenciaram epidemias associadas à enfermidade citada. Em 1990, surgiram os primeiros registros da dengue hemorrágica no Estado do Rio de Janeiro. Entre 1990 a 1992 a moléstia se alastrou de maneira rápida para outras áreas do território nacional (NOGUEIRA *et al.*, 1988; LEITE *et al.*, 2008).

Entre os anos 1982 a 1998 todos os Estados brasileiros tinham sido infestados pelo *A. aegypti*, e em 23 deles a transmissão viral estava estabelecida, nove destes Estados situados no Nordeste. O número de casos atestados da doença, acumulados no mesmo período, foi igual a 1.672.883, dos quais 848.775 ocorreram no Nordeste, sobretudo nos Estados de Pernambuco, Bahia, Paraíba e Ceará. Em Pernambuco, os primeiros casos de dengue foram notificados e confirmados em 1987, em 32 dos 174 municípios que compõem o Estado, entre eles Recife e Jaboatão dos Guararapes. Entre 1988 a 1994 não foram registrados casos autóctones de dengue, dicotomicamente à situação observada a partir de 1995 (NOGUEIRA *et al.*, 1988). Atualmente, a transmissão autóctone da doença tem ocorrido em todos os municípios brasileiros, praticamente (CORDEIRO, 2008). Em todos os Estados do Brasil, a introdução do seu vetor e da dengue foi iniciada nas regiões metropolitanas, e posteriormente se interiorizou (SANTOS, 2008; FONSECA; BRAZ, 2010).

2.2 Estratégias atuais no Brasil e formas de controle

No ano de 1996 o Ministério da Saúde apresentou ao público nacional o Plano de Erradicação do *Aedes aegypti* (PEAa), o qual projetava ações multissetoriais, com objetivo de erradicar a dengue hemorrágica, forma mais letal da doença. Apesar do esforço, o plano fracassou, tendo em vista o aumento crescente do número de casos de dengue e o avanço da infestação do seu principal vetor (BRAGA; VALLE, 2007).

Entre os anos 2001 e 2002 o governo federal instituiu o Plano Nacional de Controle da Dengue (PNCD), elaborado em consequência da acelerada disseminação da doença nos casos mais graves. A partir daí, com apoio dos governos federal, estaduais e das secretarias municipais de saúde, estes passaram a executar planos de ações voltadas à vigilância epidemiológica, controle do vetor, assistência aos pacientes, educação em saúde e saneamento ambiental. Esse planejamento previa ainda, ações voltadas às especificidades locais, por meio da elaboração de estratégias na esfera sub-regional, ou seja, setorizado em escalas menos reduzidas (MS, 2002; BRAGA; VALLE, 2007).

A partir desse plano para controle da dengue, vários métodos simplificados de amostragem com objetivo da obtenção de informações rápidas pelos serviços de saúde têm sido efetuados, com a realização de pesquisas sistemáticas e periódicas. Esses trabalhos de pesquisa entomoepidemiológicas têm recebido respaldo de entidades internacionais, tais como a Organização Mundial de Saúde (OMS) e a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). Entre tais métodos sistemáticos, aquele mais usado ao longo dos últimos anos é o Levantamento Rápido de Índices de Infestação pelo *Aedes aegypti* (LIRAA), o qual busca facilitar as ações de controle vetorial a partir do conhecimento da situação larvária de extratos espaciais pré-definidos (BRASIL, 2012).

Atualmente os agentes comunitários de saúde (ACS) são os responsáveis, juntamente com a população, em executar medidas de controle da disseminação larvária do *A. aegypti*. Entre as operações realizadas, estão os controles: mecânico, biológico e químico. O primeiro se refere à destruição manual dos criadouros, a destinação adequada dos utensílios contaminados e o isolamento das áreas de risco por meio de telas. O controle biológico simples consiste no uso de peixes, os quais se alimentam das larvas e pupas; a inserção de predadores patógenos, os quais liberam toxinas, tais como fungos e bactérias nocivas ao *Aedes*; e ainda, a inserção de machos estéreis da espécie, modificados geneticamente, o que prejudica sua reprodução e disseminação em longo prazo (CAROLINO *et al.*, 2016; QSIM *et al.*, 2017). A última forma de controle, o químico, tem haver com o uso de produtos inibidores da síntese química, os neurotóxicos, entre eles, alguns caseiros, como determinadas concentrações do sal de cozinha (NaCl). Apesar da existência destes recursos, não há trabalhos científicos que apontem sua eficiência em longo prazo (RITCHIE *et al.*, 2010; BOYCE *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2017).

No Brasil, entre os anos 2008 e 2009, foram utilizados mais de 110 milhões de reais para controle do *A. aegypti* (SUAYA *et al.*, 2009). No entanto, a falta de planejamento integrado entre os agentes de saúde e a população humana para o combate do inseto tem levado a insucessos nessa questão (MACORIS *et al.*, 1999; TAUIL, 2002). O uso de inseticidas tem sido uma das ações mais realizadas como estratégia de controle larvário. Os principais usados são: diclorodifeniltricloroetano, um organoclorado; carbanatos (propraxur); organofosforados (malathion e temefós); e piretróides (deltametrina e cipermetrina). A utilização inadequada desses produtos químicos tem levado ao aumento significativo desse vetor, devido estar apresentando resistência aos inseticidas (LUZ *et al.*, 2011).

Em virtude da constante pressão seletiva da população de mosquitos resistentes, novas tecnologias estão em desenvolvimento para controle vetorial dessa espécie. Uma destas faz o manejo da bactéria *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) como agente larvicida, no entanto, estudos têm mostrado a resistência do *Aedes* às toxinas produzidas pelo Bti (CANTON *et al.*, 2011; PARIS *et al.*, 2010; PARIS *et al.*, 2011). Tal como mencionado, a pressão para um eficiente sistema de controle do vetor em estudo se dá devido às modificações no clima e no ambiente terrestre, as quais poderão favorecer ainda mais a expansão dessa espécie para outras regiões (CAMPBELL *et al.*, 2015). Dessa forma, é necessário trabalhar em escalas pouco reduzidas, levando em consideração as especificidades em cada lugar para as estratégias de controle futuras (ARAÚJO *et al.*, 2015).

Atualmente, as possibilidades em teste e operação estão direcionadas à manipulação de genes propriamente ditos (ASMAN *et al.*, 1981; MEDLOCK *et al.*, 2009). A vantagem dessa técnica está na possibilidade em fazer cruzamentos entre organismos da mesma espécie, os quais possuam variação alélica da característica desejada, ou que se usem fatores mutagênicos (radiação ionizante, por exemplo) para translocação. Através desse mecanismo podem-se selecionar os indivíduos que apresentarem uma ou mais características de interesse. O aspecto ruim dessa utilização é que podem ser necessários muitos anos de pesquisa, e no percurso podem ser produzidos indivíduos com características indesejadas (COLLI, 2011).

A primeira linhagem transgênica para controle populacional do *Aedes aegypti* foi estabelecida no ano de 2002 (PHUC *et al.*, 2007), e testada apenas em 2010 (HARRIS *et al.*, 2012). Mas infelizmente, essa linhagem tem morrido antes de se inserirem na fase adulta. A principal característica dessa linhagem é que ela apresenta um sistema letal e um marcador

genético, o que resulta na expressão da fluorescência do exoesqueleto das larvas, e isso serve para identificação e inspeção desses indivíduos modificados, a fim de se promover maior controle nas pesquisas de eficiência do método (BEHURA, 2006; PHUC *et al.*, 2007).

Sendo a dengue uma das moléstias transmitidas pelo *Aedes aegypti*, porém aquela com maior incidência e, portanto, a que mais preocupa as autoridades em saúde brasileiras e internacionais, pois, apenas no ano 2015, por exemplo, foram registrados 1.648.008 casos prováveis no Brasil. A região Sudeste foi a que teve o maior número de notificações sobre tais casos, correspondente a 1.026.226 pessoas, o que correspondeu a 62,2% do total nacional. Em seguida, as regiões: Nordeste, com 311.519 casos, o que correspondeu a 18,9%; o Centro-Oeste, com 220.966 notificações, representou 13,4%; Sul, com 56.187 casos, o que se referiu a 3,4%; e o Norte, com 34.110 notificações, o que representou 2,1% do total nacional registrado no período (BRASIL, 2015).

Para o ano de 2016 foram registrados 1.500.535 casos de prováveis enfermos por dengue. Da mesma forma que o ano 2015, em 2016, a região Sudeste registrou o maior número de notificações, o equivalente a 858.273, o que representou a 57,5% do total nacional. Em seguida, as regiões: Nordeste, com 324.815, o que equivaleu a 21,7%; o Centro-Oeste, com 205.786 casos, equivalendo a 13,2% dos registros; Sul, com 72.650, o que equivaleu a 4,9% do registrado; e o Norte, com 39.011 registros, o que equivaleu a 2,6% daquilo que ficou registrado no país para tal ano (BRASIL, 2016).

No ano de 2017 houve perceptível redução, onde houve 252.054 casos para os prováveis enfermos por dengue. A região Nordeste foi aquela onde aconteceu o maior número de adoecidos, o equivalente a 86.386 registros, o que correspondeu a 34,3 % dos casos no país. Em sequência, as regiões: Centro-Oeste, com 78.729 adoecidos, o que equivaleu a 31,23%; Sudeste, com 59.601 casos notificados, o que equivaleu a 23,6%; o Norte, com 22.660 casos, o que equivaleu a 9%; e o Sul, com 4.678 casos, o que equivaleu no período a 1,85% do total de pessoas registradas, que adoeceram por esse motivo no país em tal ano (BRASIL, 2017).

2.3 Análise geográfica para o controle do *Aedes aegypti*

Apesar das doenças transmitidas pelo *A. aegypti* acontecerem, sobretudo, nas regiões tropicais do planeta (JENTES *et al.*, 2011; RIZZI *et al.*, 2017), o alastramento dessa praga é um problema global devido à resistência e capacidade de adaptação do inseto (POWELL, J. R.; TABACHNICK, 2013). As moléstias transmitidas por esse vetor, as quais interagem com a temperatura, podem vir a ter maior alcance no decorrer dos anos, afetando mais intensamente áreas ainda não previstas, como as regiões subtropicais e temperadas, com o aumento médio da temperatura do planeta (REINHOLD *et al.*, 2018).

O controle da dispersão e multiplicação espacial do inseto em análise requer a integração de diferentes estratégias para o controle vetorial. Nesse viés, a regionalização ou zoneamento dos locais mais predispostos à incidência larvária é uma estratégia para mitigar os surtos epidêmicos, momento em que devem ser consideradas as tecnologias disponíveis, as quais precisam ser usadas em conjunção com as características regionais. Esse modelo pode viabilizar que seja diminuída a presença dos mosquitos e a incidência das arboviroses transmitidas por eles (ZARA *et al.*, 2016).

Dentro da premissa levantada, “zoneamento” seria identificar e delimitar unidades geográficas em certo espaço físico, conforme suas fragilidades em saúde, no caso, as quais podem ser intensificadas a partir dos elementos que compõem esse meio. Pode-se compreendê-lo ainda, como o produto das análises de processos dinâmicos somados à regionalização dos atributos relevantes, chegando-se a integração dessas análises (SILVA; SANTOS, 2004; HAESBAERT, 2014). Nos trabalhos de zoneamento é salientada a importância para a seleção de características ambientais mapeáveis, juntamente com medidas quantitativas que agrupem ou expressem as múltiplas interações desses espaços (MAGNUSSON, 1999; PABLO, 2000). A finalidade desse método seria a apresentação agrupada das unidades, permitindo o estudo integrado e o desenvolvimento de atividades para prevenir e remediar as anomalias em foco.

Nessa construção do sistema geográfico de banco de dados (SGBD), os padrões e as normas criadas no desenvolvimento da ciência cartográfica são fundamentais na interoperabilidade dos dados espaciais, tendo em vista - as regras e mecanismos que permitem a manutenção das características dos dados geográficos, em sua migração e uso em sistemas

distintos (HÜBNER *et al.*, 2015). No entanto, ao mesmo tempo em que há a discussão da consistência dos dados geográficos e sua capacidade de uso em diversas plataformas, Acsehrad (2008) dialogou sobre a “dureza” com que esses mesmos dados são gerados, os quais, sempre foram construídos a partir da visão daqueles que detém o poder para financiá-los e manipulá-los. Seria a chamada “cartografia do poder”, pela qual, desde o princípio, não haveria qualquer planejamento integrativo entre os olhares geográficos, sobretudo, por exemplo, no que diz respeito às epidemias e à Geografia da Saúde.

Em busca da maior eficiência dos serviços de saúde pública na prevenção e no combate aos transtornos epidemiológicos, o entendimento e a localização das áreas críticas, de maior incidência e disseminadoras dos vetores de doenças (FONSECA; BRAZ, 2010; BRAZ *et al.*, 2013), através de um SGBD, é de suma importância para o maior controle do problema. É necessário entender porque e onde se adoece, e como tratar de forma global a enfermidade. Portanto, é estratégica a especialização dos agentes dos serviços de saúde na manipulação dos sistemas de informação geográfica (SIG), obedecendo aos princípios da capacitação, necessidade e pré-disposição na relação entre o agente e o consumidor desses serviços (SAWYER *et al.*, 2002).

A manipulação dos sistemas de informações geográficas pelos agentes de saúde pode melhorar ainda, o acesso aos recursos de saúde por toda população, notadamente a de menor renda, na prevenção às anomalias públicas. Esse fator é primordial para o correto combate às epidemias modernas (LACERDA *et al.*, 2002). O usufruto de tais serviços pode ser inviabilizado ou dificultado em decorrência de diversas premissas, entre elas, a distância dos locais de assistência à saúde especializada para a população menos favorecida, residente em periferias, e ainda devido aos acidentes geográficos no percurso de acesso aos postos de assistência (FERREIRA; RAFFO, 2014). Outro percalço nessa abordagem seria o desconhecimento das especificidades do ambiente local, as quais corroborariam para a má qualidade em saúde coletiva, por parte dos gestores e agentes em saúde pública.

2.4 O uso de mapas: pesquisas aplicadas associando atributos do espaço geográfico e saúde

Ainda pouco empregado para avaliar áreas potencialmente de risco, o mapeamento é orientado, sobretudo, às ações específicas no controle vetorial, as quais devem ser direcionadas para áreas prioritárias (LACON *et al.*, 2014). Em busca do controle vetorial, Moreno; Barata (2012), trabalhando em escala municipal, propõe uma metodologia baseada em ambientes de risco, prioritários para ações de combate a febre amarela. Os autores associam a distância de pontos de ocorrência dessa moléstia em relação a: áreas de floresta, influência de ventos dominantes, rotas de tráfico de animais selvagens, índices médios de umidade do ar e pluviosidade como fatores determinantes para localização das áreas críticas e, portanto, imprescindíveis para vacinação pública. Conforme mostrado em Lai *et al.* (2013), fatores socioeconômicos e ambientais podem afetar diretamente na maior ou menor ocorrência de tuberculose, por exemplo, tendo em vista que a maior densidade populacional urbana e a falta de profilaxia dos ambientes favorece a maior e mais rápida disseminação da doença.

Pietri *et al.* (2008) a partir da análise de um banco de dados georreferenciado e exames de sangue, criaram uma metodologia capaz de apontar local onde ocorreram pessoas com maior índice de contaminação por chumbo. A correlação mais significativa, que indicou contaminação mais elevada, foi por meio da proximidade com as fontes de poluição somado a ocorrência de pessoas com residência em ruas sem pavimentação. Conforme discutido em tal trabalho, a investigação foge às metodologias tradicionais de pesquisa por analisar informações de saúde pública conjuntamente a dados espaciais.

Buscando contextualizar informações sobre o vetor da dengue, Barcellos *et al.* (2005) empregaram técnicas de geoprocessamento para investigar padrões espaciais determinantes para maior ocorrência de focos do *Aedes aegypti* na cidade de Porto Alegre, no ano 2002. Os autores constataram a maior ocorrência do inseto na área central do centro urbano, no entanto, as análises foram limitadas devido à disponibilidade de dados em período restrito, janeiro a julho, em que foi realizada a pesquisa.

Em trabalho realizado no município de Tupã (SP), no período entre 2004 a 2007, Barbosa; Lourenço (2010) mostraram haver correlação significativa entre intensidade da

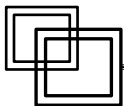
ocorrência larvária do mosquito transmissor e casos de dengue. Entretanto, os autores não encontraram relação espacial entre os locais de posicionamento das larvas e infectados pela doença. A pesquisa mostrou existir um padrão heterogêneo na distribuição dos enfermos.

Shimabukuro *et al.* (2010) realizaram uma pesquisa no estado de São Paulo com objetivo de apontar áreas com maior incidência de vetores da leishmaniose cutânea, utilizando recursos pautados nos Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto. Descobriram haver, em geral, um padrão heterogêneo na distribuição dos insetos propagadores dessa enfermidade, sendo as espécies *Nyssomyia intermedia* e *N. neivai* com distribuição mais homogênea e localizada, e as espécies *N. whitmani*, *M. migonei*, *P. fischeri* e *P. pessoai* amplamente distribuídas na região paulistana.

Em trabalho realizado em determinados municípios do Estado de São Paulo, Lima *et al.* (2018) realizaram cálculos da mediana em relação temperatura da superfície e o acumulado de precipitação, os quais, foram significativamente correlacionáveis com o número de casos de dengue. Nesse trabalho, os autores identificaram também, a relação entre temperatura de superfície, precipitação e presença larvária referente ao *Aedes aegypti*.

Nos trabalhos citados os autores enfatizaram a importância de se contextualizar os distúrbios epidemiológicos associando-os aos ambientes de disseminação. Essa correlação deve ser realizada por meio da análise dos atributos do espaço e da paisagem aos quais estão inseridos e que as anomalias de saúde pública atuam com maior intensidade. Esse tipo de estudo pode ser potencializado ao se recorrer às características ambientais mapeáveis juntamente com medidas quantitativas que agrupem ou expressem as múltiplas interações desses espaços. Essas análises quantitativas têm a possibilidade de buscar e processar dados de diferentes bases de maneira sistemática (MAGNUSSON, 1999; PABLO, 2000).

Estrutura metodológica



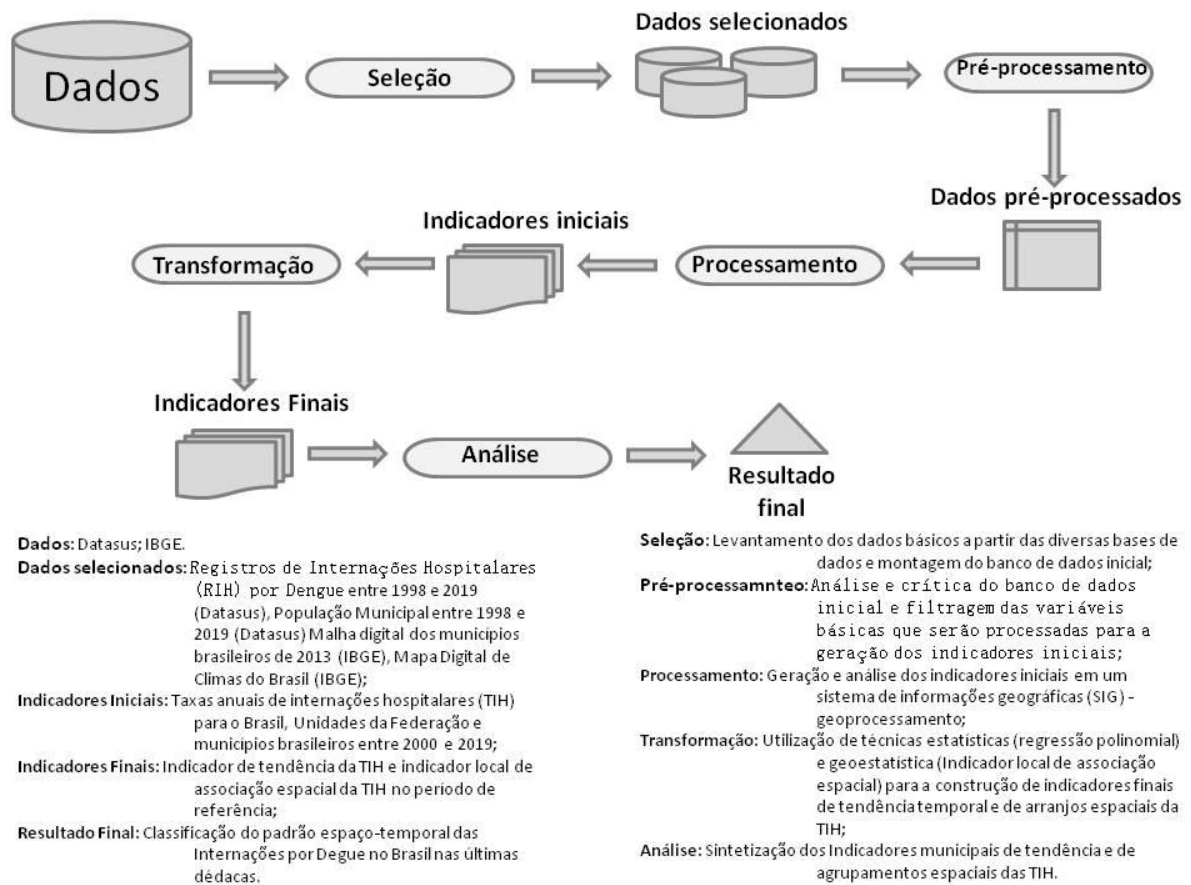
3 METODOLOGIA

3.1 A investigação de padrões temporais e espaciais da dengue no Brasil

O Brasil possui, tal como mencionado, carência em estudos epidemiológicos consistentes sobre a distribuição territorial da morbidade da dengue em larga escala, o que dificulta o planejamento e a execução de ações efetivas para prevenção e promoção da saúde. Sabe-se que as características climáticas são fator de risco para as infecções virais, em geral, e para a dengue, em particular, ou seja, quanto mais propícias sejam as condições para que o mosquito se desenvolva, maior será o risco de infecção e desenvolvimento de quadros graves da enfermidade. Estudos das taxas de internação além de descreverem o perfil da doença, fornecem subsídios para o planejamento dos serviços de saúde, além de auxiliarem no processo de sensibilização dos profissionais da saúde (HATISUKA et al, 2014).

Foi dentro deste escopo, portanto, que se definiu como um dos objetivos deste estudo a busca de padrões para ocorrência da dengue com base na análise da distribuição espacial e a tendência temporal das suas taxas de internação hospitalar no país, cujas etapas metodológicas estão esquematizadas na Figura 2.

FIGURA 2. Fluxo da metodologia para obtenção dos resultados em âmbito nacional.



Fonte: própria, 2021.

3.1.2 Base de dados

O Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIHSUS), cuja finalidade fundamental é o registro das informações básicas de todos os atendimentos provenientes de internações hospitalares que são financiados pelo Sistema Único de Saúde (SUS), assim como a geração de relatórios para os diversos gestores a fim de que sejam efetuados os pagamentos dos estabelecimentos de saúde. Este sistema foi implementado em 01 de agosto de 1990:

“O Sistema Único de Saúde (SUS) foi instituído pela Constituição Federal de 1988, e regulamentado pela Lei n.º 8.080/90 e pela Lei n.º 8.142/90. Com o advento do SUS, surgiu também a necessidade de estabelecer um sistema único de informações assistenciais para subsidiar os gestores no planejamento, no controle e na avaliação das ações de saúde. Nesse sentido, o Ministério da Saúde, por meio da Portaria

MS/GM n.º 896/90, determinou ao Instituto Nacional de Assistência Médica e Previdência Social (Inamps) a implantação do Sistema de Informação Hospitalar do SUS (SIH/SUS) a partir de 1.º de agosto de 1990.

A implantação do SIH foi regularizada pelo Inamps com base no Sistema de Assistência Médico-Hospitalar da Previdência Social (SAMHPS) e o seu instrumento: a Autorização de Internação Hospitalar (AIH), utilizada pela rede hospitalar própria federal, estadual, municipal e privada com ou sem fins lucrativos.

Em 1991, a Secretaria Nacional de Assistência à Saúde do Ministério da Saúde (SNAS/MS) implantou, como parte do SIH/SUS, a tabela única de remuneração pela Assistência à Saúde na modalidade hospitalar, com estrutura e valores idênticos para todos os prestadores, independente da natureza jurídica e do tipo de vínculo com o SUS. Definiu, também, que o acervo do Sistema de Assistência Médico-Hospitalar da Previdência Social (SAMHPS) passasse a compor a base do SIH/SUS.

Com a descentralização dos serviços de saúde para os estados, Distrito Federal e municípios houve a adequação da regulamentação de instrumentos e conceitos do SIH/SUS, indispensáveis aos gestores locais. A Portaria MS/GM n.º 396/00 aprovou o Manual do Sistema de Informação Hospitalar (SIH/SUS), atribuindo à Secretaria de Assistência à Saúde a responsabilidade pela edição anual, bem como por sua atualização e, em virtude da necessidade de atualizações sistemáticas, a sua disponibilização na internet, no endereço: www.saude.gov.br/mweb/homesas.htm.

O SIH é um relevante instrumento de informação para orientar o gestor na tomada de decisões relacionadas ao planejamento das ações de saúde, inclusive para a vigilância em saúde. Desde que corretamente preenchido, a morbidade/mortalidade hospitalar do município ou do estado estará refletida através da Classificação Internacional de Doenças (CID) registrado na AIH, servindo, por vez, como indicador da atenção ambulatorial. O desempenho e as condições sanitárias do estabelecimento podem ser avaliados a partir das taxas de óbito e de infecção hospitalar.

Com o tempo, funcionalidades são introduzidas no SIH, com a finalidade de aprimorar a qualidade das informações. O SIH realizou, até abril de 2006, o processamento das AIH, de forma centralizada, pelo Ministério da Saúde, por meio do Departamento de Informática do SUS (DATASUS/SE/MS). Com o avanço da tecnologia da informação e em conformidade com os princípios do SUS, tornou-se necessário estabelecer mecanismos para a sua descentralização. Assim, o Ministério da Saúde, após amplo processo de discussão com gestores estaduais e municipais, editou a Portaria MS/GM n.º 821/04, determinando a descentralização do processamento do SIH/SUS, para estados, Distrito Federal e municípios plenos.

A partir de abril de 2006 – após capacitação das secretarias estaduais e municipais de saúde e Distrito Federal, realizada pela Coordenação Geral de Sistemas de Informação/ Departamento de Regulação Avaliação e Controle/SAS/MS e da Coordenação Geral de Informação Hospitalar/Departamento

de Informática do SUS (DATASUS/SE/MS) –, foi implantado no país o processamento descentralizado do SIH/SUS.” (BRASIL, 2007, p. 7-8).

O SIH/SUS é, portanto, um sistema informatizado que registra todos os atendimentos de internação financiados pelo SUS, a partir da Autorização de Internação Hospitalar (AIH). Os dados das AIH processados pelo SIH fornecem informações para todo o país, agregadas sob a forma de código de endereçamento postal (CEP) e consistiram no banco de dados principal para investigação da proliferação da dengue no país.

O DATASUS disponibiliza mensalmente os microdados dessas autorizações, em formato *data base format* (DBF), para cada unidade da federação do país. Para efeitos desse estudo, optou-se por trabalhar com as internações no período de janeiro de 1998 a dezembro de 2019. A escolha por iniciar a análise a partir de 1998 se deveu à qualidade e, principalmente, à quantidade desses registros. Foram concatenados 6,8 mil arquivos em uma única base dados, o que possibilitou a seleção e a quantificação das internações de interesse desse estudo. Neste período, o sistema registrou pouco mais de 260 milhões de internações hospitalares, sendo que desses, 983,7 mil tiveram como causa principal a infecção por dengue.

Para a geração de um sistema de informação georreferenciado capaz de concatenar informações sobre a expansão da dengue na escala municipal, utilizou-se a malha digital municipal dos municípios brasileiros, adquirida junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), o qual disponibiliza os arquivos agrupados por estados, no formato *Shape File* (SHP), que podem ser lidos pela maioria dos *softwares* de geoprocessamento e Sistema de Informação Georreferenciada (SIG).

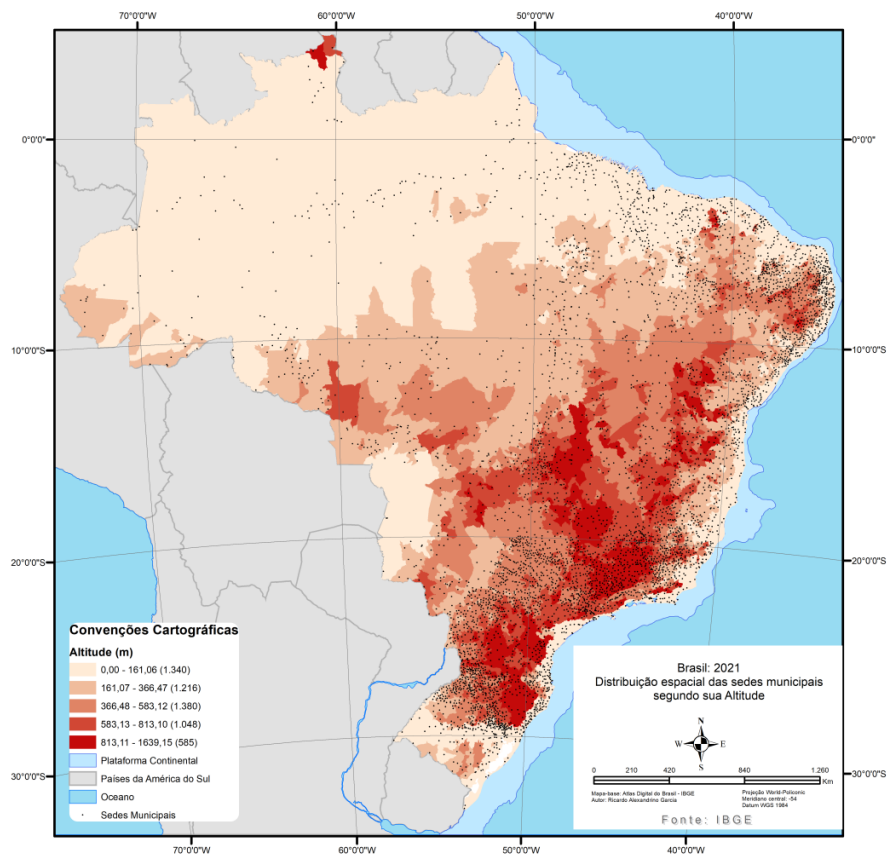
Como um dos objetivos desta tese é avaliar a influência de fatores climáticos na ocorrência da dengue no Brasil, as informações sobre o clima do país tiveram como base o Mapa de Clima do Brasil (IBGE, 2002). Baseado no estudo de Nimer (1979), o qual construiu os perfis climáticos brasileiros a partir de três sistemas independentes, o mapa Clima do Brasil apresenta o mapeamento total de 51 classificações climáticas do território nacional.

3.1.3 Área de estudo

Popularmente falando, o Brasil é um país de dimensões continentais, pois vai além dos 30°S e 0°N no sentido norte-sul; e, entre o sentido leste-oeste, vai além dos 40-70°W, abrigando Estados com dimensões de nações. A partir de tudo isso, pode-se imaginar a diversidade de características de relevo, clima e temperatura, socioeconômica e cultural envolvidos.

O relevo brasileiro é, em geral, constituído por planaltos, os quais variam com médias em torno dos 260 aos 1230 metros de altitude. Terras altas que se destacam nos Planaltos: Atlântico e Meridional. Em contrapartida são notadas terras baixas ao Norte, onde a altitude média fica em torno dos 80 metros, na chamada Planície Amazônica, tal como pode-se observar na Figura 3.

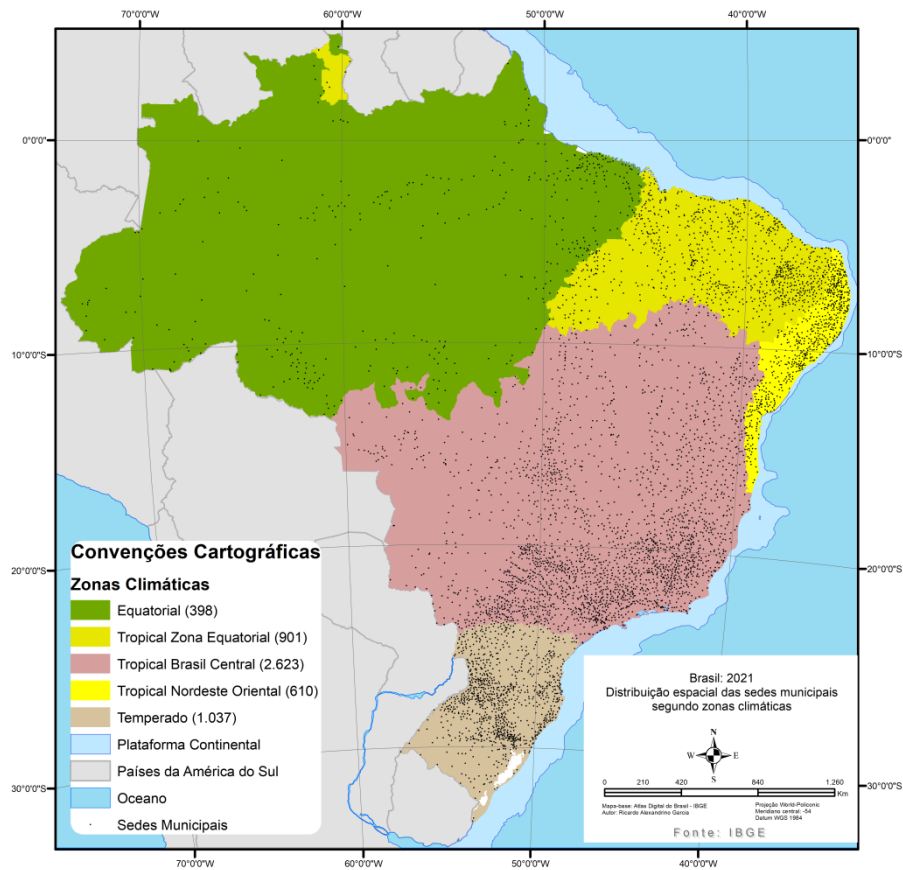
FIGURA 3. Distribuição das sedes municipais no Brasil e suas respectivas altitudes.



Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

O país apresenta cinco grandes zonas climáticas no sentido Norte-Sul: Equatorial, Tropical Equatorial, Tropical Brasil Central, Tropical Nordeste Oriental e Temperado (Figura 4 a seguir) – detendo, por isso, características físicas que fazem distinguir aptidões socioeconômicas de uma região para outra.

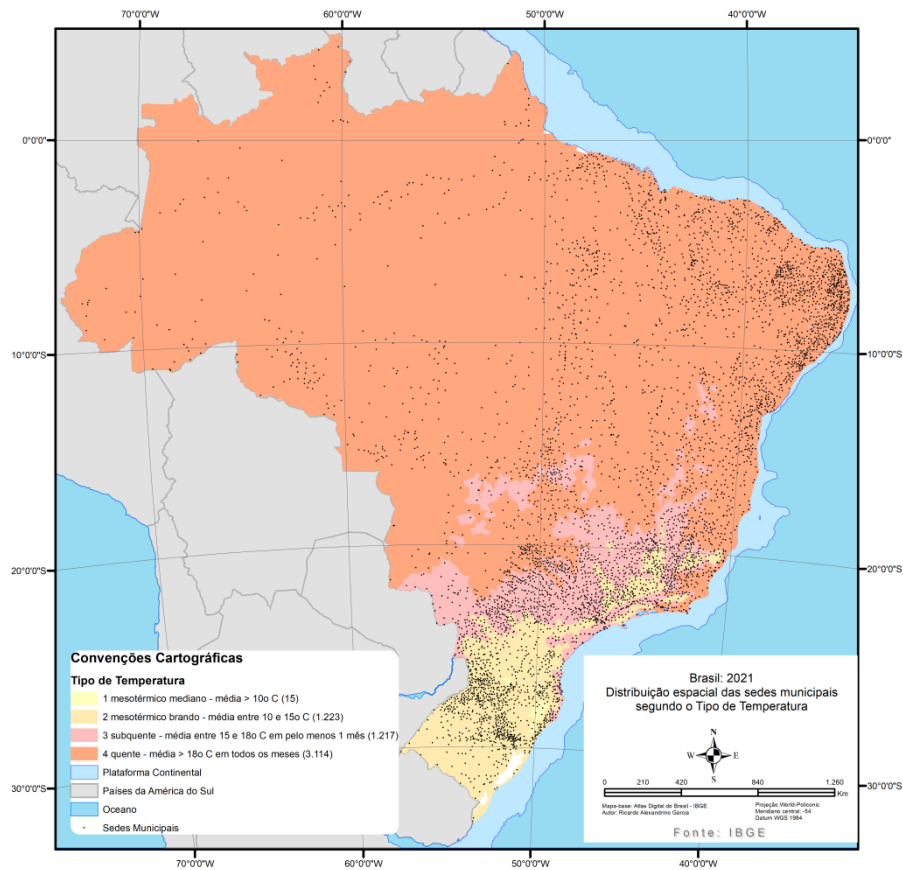
FIGURA 4. Distribuição das sedes municipais no Brasil e suas zonas climáticas.



Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

O país é essencialmente, um lugar de temperaturas quentes, em geral com médias acima dos 18°C o ano inteiro. As variações estão no sentido Sudeste-Sul, onde, mais ao sul, são verificadas temperaturas do tipo Mesotérmico Mediano, com médias que ficam em torno dos 10°C no ano, tal como pode ser visualizado na representação da Figura 5.

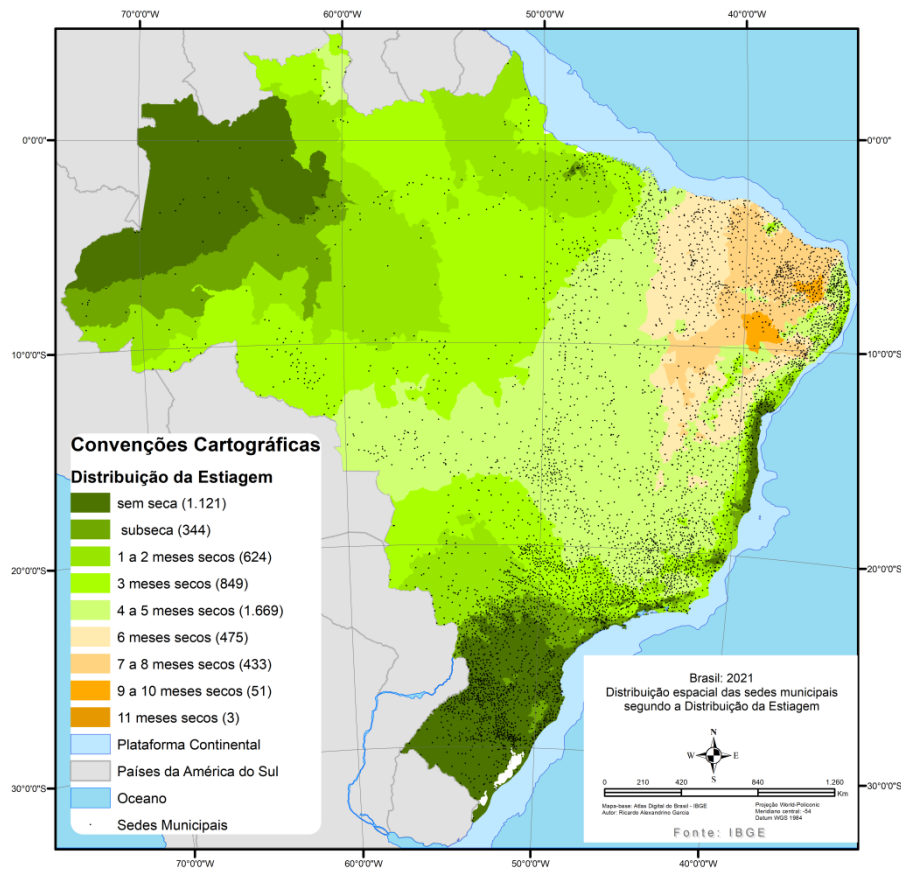
FIGURA 5. Distribuição das sedes municipais no Brasil e seus tipos de temperatura.



Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

Relacionado aos fatores representados nas figuras anteriores, a distribuição da estiagem no Brasil acontece principalmente devido a fatores latitudinais e topográficos, os quais influenciam a atuação de massas de ar oceânicas e continentais. Na Figura 6 a seguir, percebe-se, por meio da representação, que no país predomina regiões com quatro ou cinco (4-5) meses de estiagem; possui duas regiões sem estiagem, sendo elas: a parte ocidental da região Norte, área equatorial, e o extremo Sul, área subtropical temperada. Em contrapartida, a porção oriental do Nordeste, o chamado Agreste, e o Sertão que vai até a porção norte do Sudeste brasileiro, podem permanecer de seis a onze (6-11) meses sem qualquer atividade pluviométrica.

FIGURA 6. Sedes municipais no Brasil e a distribuição da estiagem.



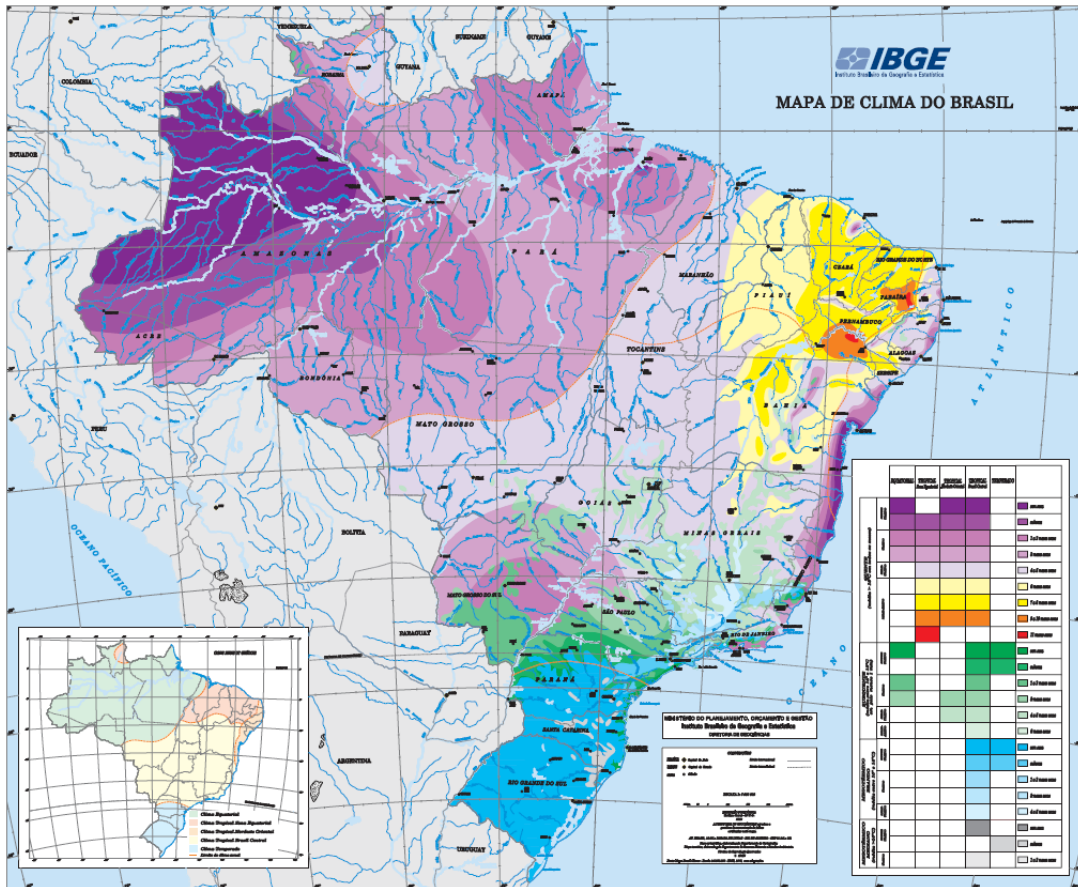
Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

3.1.4 Procedimentos operacionais

3.1.5 Organização dos dados

O IBGE disponibiliza a base vetorial da classificação climática do território nacional (Figura 7), mas não a classificação climática da sede municipal - que é o interesse específico neste estudo. Para se chegar a essa informação, foi utilizada a álgebra de mapas para o cruzamento de duas bases vetoriais, a de Climas do Brasil e a sobre Sedes Municipais. A partir disso foi possível identificar os resultados das variáveis que compõem a classificação climática do território nacional relacionadas à: zona climática, tipo de umidade, distribuição da umidade e temperatura – conforme cada uma das sedes municipais, e o Distrito Federal.

FIGURA 7. Mapa de Climas do Brasil.



Fonte: (https://geofp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/climatologia/mapas/brasil/Map_BR_clima_2002.pdf).

Conforme a relativamente baixa prevalência dos casos de internações hospitalares pela dengue no Brasil e quanto ao nível de desagregação das análises em questão, os dados de internação foram trabalhados de três formas distintas e complementares. Uma vez filtrados os mais de 937 mil casos de internações por dengue, foram selecionadas e tabuladas, primeiramente, as variáveis referentes à data e local de residência e sexo do internado, além do custo total de cada uma destas internações. Essas informações foram agregadas municipalmente, dando origem a um SIG que permitiu a elaboração de uma série de cartogramas cuja análise mapeou a proliferação da dengue pelo território nacional ao longo das últimas décadas. A este SIG, foram adicionadas, posteriormente, as estimativas anuais do DATASUS para população municipal, bem como as variáveis que compõem a classificação do Mapa Climas do Brasil. Dessa forma, calculou-se as taxas médias de internação por dengue (TMI) durante o período de referência, entre 2000 e 2019, e taxas anuais de

internações hospitalares (TAI) por dengue deste mesmo período para as diversas localidades de interesse, sejam municípios, Unidades da Federação (UF's), ou agregados municipais em função das características climáticas.

Ressalta-se que essas medidas não estão isentas de erros, pois se supõe, naturalmente, que um paciente pode ter mais de uma internação, ou então pode não ter internação alguma registrada em determinado período, mesmo tendo sido diagnosticado como portador da enfermidade em análise. Ademais, trata-se apenas de casos diagnosticados, por vezes, subestimando a prevalência da doença. De todo modo, diversos estudos têm utilizado os dados do SIH para a análise e entendimento tanto das causas como de ações de vigilância e prevenção de doenças no Brasil (HATISUKA et al, 2015).

A fim de se obter estimativas consistentes e evitar flutuações indesejadas dessas TAI's, salienta-se que foram observadas as médias móveis quinquenais do número total de internações nos procedimentos envolvendo cálculo, isso feito para quase todas as series históricas analisadas, exceto para os anos de 2018 e 2019, cujas médias foram obtidas com base nos quatro e três últimos valores anuais dos totais de internações registradas, respectivamente, conforme a localidade de residência do internado. As fórmulas de cálculo dessas taxas encontram-se expressas nas seguintes equações - em que $n_{i,l}$ representa o total de internações registradas na localidade l no ano i e $P_{i,l}$, a população estima da localidade l no ano i :

$$TAI_{i,l} = \frac{5^{-1}}{P_{i,l}} \sum_{i=i-2}^{i+2} n_{i,l}$$

$$TMI_l = \frac{20^{-1}}{P_{10,l}} \sum_{00}^{19} n_{i,l}$$

Tais procedimentos permitiram, por um lado, que fosse mapeada e analisada a distribuição espacial das TMI's, por meio da aplicação de um modelo geoestatístico para identificação de autocorrelações espaciais locais (LISA). Por outro lado, as análises das TAI's proporcionaram dois níveis de investigação a respeito de sua evolução temporal: a primeira na escala das UF's – cujas tendências foram examinadas descritivamente, por meio de gráficos –

e a segunda, na escala dos municípios – cujas tendências foram examinadas com base na aplicação de modelos polinomiais, por meio cartográfico. Por fim, os resultados das análises, na escala municipal, da distribuição espacial das TMI's e das tendências temporal das TAI's foram combinadas, gerando uma tipologia contendo 40 classes que configuraram o padrão espaço-temporal da proliferação da dengue no país.

3.1.6 Modelos polinomiais aplicados à análise de tendência

Os modelos polinomiais, segundo Stigler (1974), surgiram da necessidade de se resolver problemas que podem ser descritos da seguinte forma: dada uma situação observacional em que uma resposta depende de uma única variável independente, na qual se deseja estimar o valor da função de resposta e suas derivadas em um único ponto, como se devem selecionar os valores da variável independente, a qual o experimento será realizado quando são esperados erros aleatórios nas respostas observadas? Em seu artigo de 1815 intitulado “*The application of the method of least squares to the interpolation of sequences*”, o matemático francês Joseph Diaz Gergonne propôs um tratamento para este problema que é tido como um dos primeiros registros do ajuste de um modelo polinomial simples por meio da técnica dos mínimos quadrados.

Segundo Draper e Smith (1981), o modelo polinomial pode ser descrito como um modelo de regressão em que a relação entre a variável independente X e a variável dependente Y é modelada como um n -ésimo grau polinomial em X . Embora a regressão polinomial seja um modelo não linear, seu método de ajuste é o mesmo da regressão linear (MQO). Por esse motivo, a regressão polinomial pode ser considerada um caso especial de regressão linear múltipla.

Nos modelos de regressão polinomial aplicados à análise de tendência temporal de uma série histórica, os valores da série são considerados como variável dependente (Y) e os períodos do estudo como variável independente (X) e, segundo Latorre e Cardoso (2001), para se evitar a correlação serial entre os termos da equação de regressão, deve-se fazer a centralização da variável período. Essa centralização é facilmente obtida pela subtração dos valores da variável X por seu ponto médio. As autoras comentam ainda que:

“As vantagens da estimação da tendência utilizando modelos de regressão polinomial são o grande poder estatístico desta

classe de modelos, fácil elaboração e interpretação. Entretanto, algumas vezes não há uma função definida, como a linear ou exponencial, tornando-se necessário que o pesquisador ajuste uma função matemática como a Kernel e outras ou utilize outra classe de modelos.

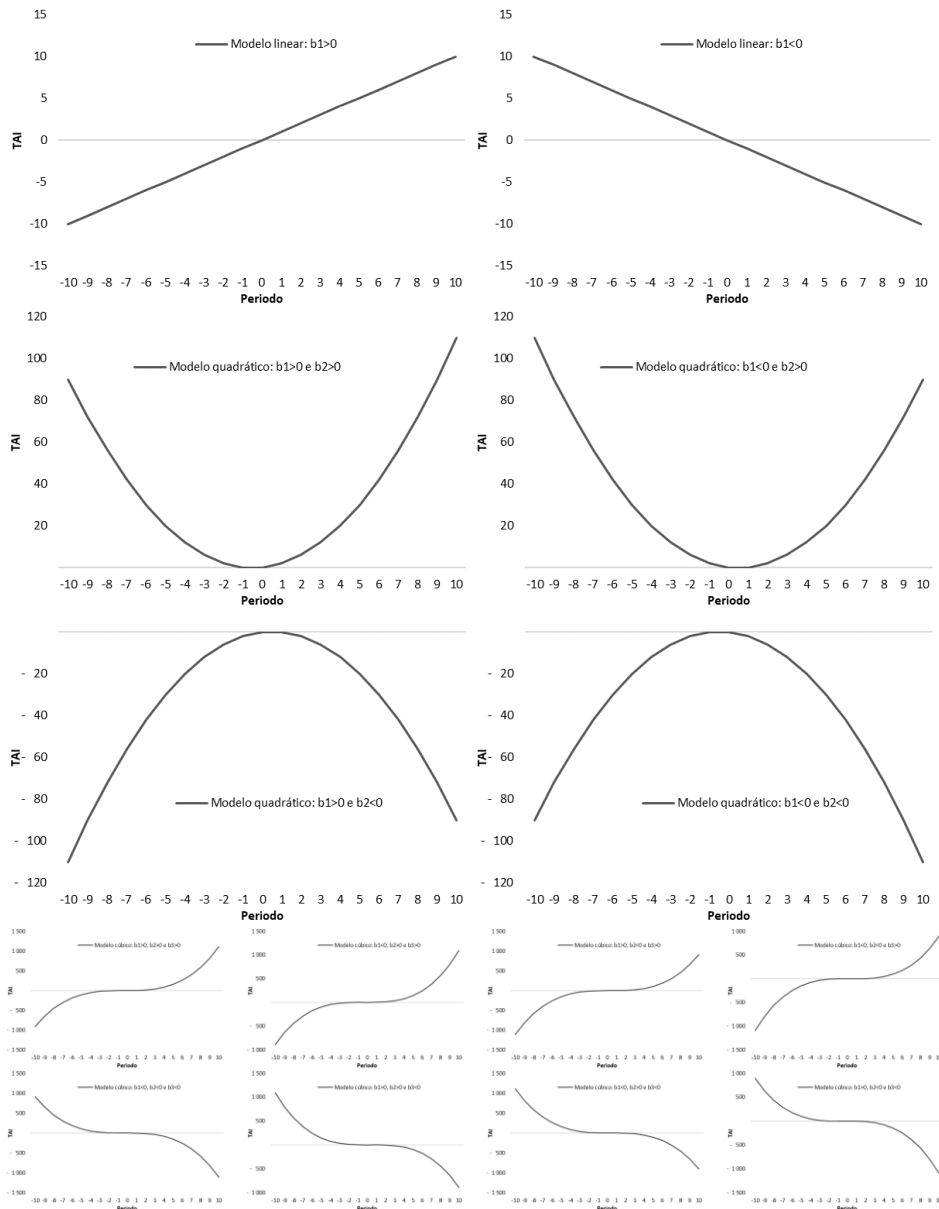
A segunda opção para a análise de séries históricas seria a estimação da tendência analisando o comportamento da série ao redor de um ponto, estimando a tendência para valores da série próximos à ele; e não utilizando a série como um todo. A análise utilizando parte da série é mais recomendada quando se deseja avaliar apenas uma parte da trajetória ou quando o comportamento da série é muito instável. Nesta situação, melhores projeções devem ser feitas apenas a partir de um passado recente da mesma...” (LATORRE; CARDOSO, 2001, p. 149).

O design da análise de tendência das TAI's foi elaborado com base no trabalho de Figueiredo et al (2021), ou seja, a análise de tendência dessas taxas se deu por meio da aplicação do modelo de regressão polinomial, cuja as TAI's foram imputadas como variável dependente (Y) e o período (ano centralizado), como a variável independente (X). Foram testados os modelos de regressão polinomial linear ($y=\beta_0+\beta_1x+\varepsilon$), quadrático ($y=\beta_0+\beta_1x+\beta_2x^2+\varepsilon$), e cúbico ($y=\beta_0+\beta_1x+\beta_2x^2+\beta_3x^3+\varepsilon$). Como procedimento para escolha da melhor função de ajuste, adotou-se dois critérios para a seleção do modelo polinomial mais adequado: a significância da estatística F, menor que 0,05, e a parcimônia do coeficiente de determinação (R^2), ou seja, acima de 0,4 para o modelo linear; acima de 0,5 para o quadrático; e acima de 0,7 para o cúbico. Tal como se verá a seguir, cada modelo produz um padrão de curvas específicas que auxiliaram na identificação do comportamento das TAI's durante os 20 anos que configuraram o período de referência do estudo.

O modelo polinomial linear é o mais simples, uma vez que se comporta como uma regressão linear simples, e gera apenas dois tipos de curvas em função do ‘sinal’, positivo ou negativo, do coeficiente associado à variável *período* (x); como essas curvas indicam uma tendência crescente ou decrescente das taxas ao longo, dependendo do sinal deste coeficiente. O modelo quadrático, por sua vez, tende a produzir curvas parabólicas, ou seja, crescentes no início e decrescente no final, dependendo dos sinais de seus coeficientes; grosso modo é o sinal do parâmetro associado aos valores x^2 que determina o caráter crescente-decrescente, se positivo, da série de valores de y e, o contrário se negativo. No caso do modelo Cubico, a curva tende a obedecer a três momentos distintos, um momento inicial que se comporta de modo semelhante ao momento final, dependendo do sinal associado à variável x^3 –

novamente, crescente se positivo e, decrescente se negativa - e outro momento intermediário, que destoa dos demais. Essas curvas estão representadas na Figura 8.

FIGURA 8. Representação genérica das curvas oriundas de modelos polinomiais de série de dados temporais.



Fonte: própria, 2021.

3.1.7 Identificação do padrão espaço-temporal das taxas de Internação hospitalar por dengue, com base nos resultados do modelo LISA e dos modelos de regressão polinomial

Como já mencionado, foi na identificação de áreas com distintos regimes de dependência espacial que residiu a busca dos padrões de distribuição espacial das TMI's ao longo do território nacional, e a modelagem LISA foi o procedimento metodológico para alcançar esses regimes em termos de *clusters* e *outliers* espaciais; analogamente, os modelos de regressão polinomial foram os procedimentos que permitiram identificar as tendências temporais das TIA's, como base no grau do polinômio ajustado e na análise dos sinais de seus coeficiente em termos de tendências temporais crescentes ou decrescentes, mais ou menos consistentes.

A combinação dos resultados obtidos pela aplicação desses métodos possibilitou a identificação de regimes espaço-temporais distintos, cujas principais dimensionalidades são: primeiro, o nível da TMI local, que foi classificado como “alto ou baixo” em relação ao da TMI nacional; segundo, o tipo de “dependência espacial” da TMI local, caracterizada como “positiva”, “negativa” ou *sem* “dependência espacial” (caso não significativos); e, terceiro, a intensidade do viés da tendência temporal em função dos parâmetros dos modelos de melhor ajuste – cujas denominações foram: “com forte viés crescente ou decrescente” (modelos lineares), “com viés crescente ou decrescente” (modelos quadráticos), *com* “leve viés crescente ou decrescente” (modelos cúbicos) e, “sem viés” (casos não significativos). O quadro abaixo sintetiza os padrões espaço-temporais possíveis de serem observados com base nos resultados dos modelos utilizados (Quadro 1).

QUADRO 1. Classificação dos padrões espaço-temporais das taxas de internação por dengue no Brasil entre os anos 2000 e 2019.

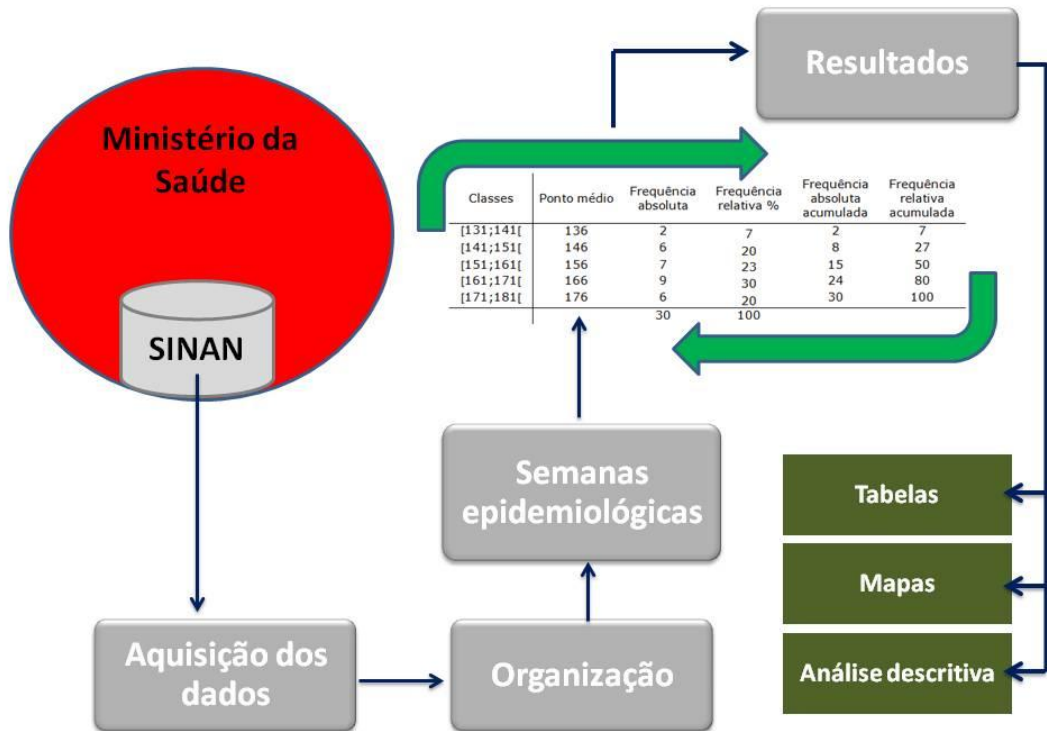
Nível	tendência temporal	dependência espacial		
		negativa	positiva	sem dependência
alto	com forte viés crescente			
	com viés crescente			
	com leve viés crescente			
	sem viés			
	com leve viés decrescente			
	com viés decrescente			
	com forte viés decrescente			
baixo	com forte viés crescente			
	com viés crescente			
	com leve viés crescente			
	sem viés			
	com leve viés decrescente			
	com viés decrescente			
	com forte viés decrescente			

Fonte: própria, 2021.

3.2 A investigação sobre dengue no Brasil: comportamento nas semanas epidemiológicas entre 2011 e 2015

Com a finalidade de analisar temporalmente a ocorrência das infecções por dengue no Brasil, foram adquiridas as notificações das infecções por dengue conforme as semanas epidemiológicas do Ministério da Saúde. A metodologia sucinta para averiguação dos dados foi tomada conforme o fluxograma da Figura 9 a seguir.

FIGURA 9. Fluxo da metodologia para obtenção dos resultados temporais quanto às semanas epidemiológicas.



Fonte: própria, 2021.

3.2.1 Base de dados e procedimentos operacionais

Os dados para realização do trabalho foram adquiridos junto ao Ministério da Saúde por meio do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN, 2019), referindo-se ao total absoluto de adoecidos por dengue, por municípios do Brasil, entre os anos 2010 e 2018; e, por meio deste mesmo órgão nacional foi adquirido também o material referente ao Índice de Infestação Predial (IIP) dos municípios que aderiram ao Levantamento Rápido de Índices para *Aedes Aegypti* (LIRAA) Nacional, período entre 2011 e 2015. Conforme a disponibilidade destes dados pelo órgão, aqueles sobre os adoecidos por dengue, originalmente em formato database (dbf), foram organizados conforme suas respectivas semanas epidemiológicas, no período entre 2011 e 2015, para que fossem padronizados com o período dos dados do LIRAA Nacional em busca de associações entre tais dados adquiridos.

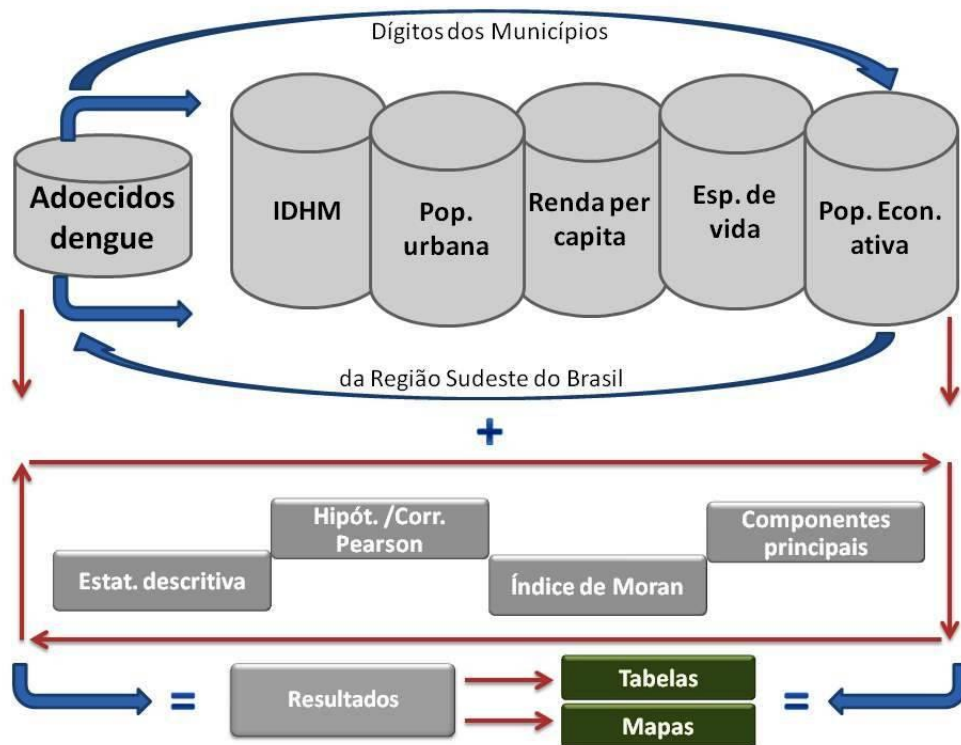
O SINAN é alimentado pela notificação e investigação de casos de doenças e agravos que constam da lista nacional de doenças de notificação compulsória. Sua utilização permite a realização do diagnóstico dinâmico da ocorrência de determinado evento na população, dando subsídios para explicações a respeito de epidemias em ocorrência, além da indicação dos prováveis riscos aos quais as pessoas estão sujeitas, contribuindo para a identificação dos fatos epidemiológicos de determinada área geográfica. Constitui-se, portanto, em um instrumento relevante para auxiliar o planejamento da saúde, definir prioridades de intervenção, e ainda permitir a avaliação dos impactos das intervenções (LAGUARDIA *et al.*, 2004).

A base cartográfica contendo os arquivos em formato *shapefile* para manipulação da sua tabela de atributos e confecção dos mapas coropléticos, com a representação dos casos notificados dos adoecidos por dengue, foi adquirida junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018). A partir da disposição dos dados organizados (Microsoft Excel), estes foram importados para a tabela digital do *software* Bioestat, versão 5.0 (AYRES, 2007) a fim da realização da análise descritiva e montagem de tabelas conforme o agrupamento dos dados para as respectivas semanas epidemiológicas.

3.3 Investigação entre a associação entre infectados por dengue e dados socioeconômicos no Sudeste do Brasil

Com intento de realizar a exploração dos dados a respeito dos adoecidos pela dengue em diferentes escalas, realizou-se a montagem de um banco de dados geográfico (SGBD) relativo aos dígitos dos municípios brasileiros da Região Sudeste. Tais dados, foram padronizados para o ano 2010, porque em tal ano realizou-se o último censo demográfico, e, para que esses dados não destoassem entre si, adotou-se esse critério, tal como mostra a Figura 10 a seguir sobre a organização dos procedimentos.

FIGURA 10. Fluxo da metodologia para obtenção dos resultados da Região Sudeste.

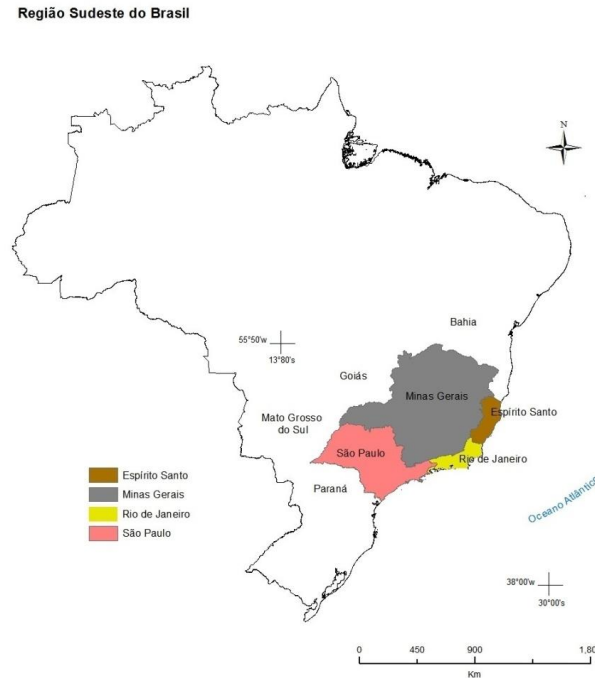


Fonte: própria, 2021.

3.3.1 Localização da área de estudo: o Sudeste do Brasil

A região Sudeste do Brasil (Figura 11) é aquela onde há a maior população total do país, o equivalente a 80.364.410 habitantes, valor que representa 42,1% da população absoluta. A taxa de fecundidade é de 1,70 filhos por mulher, sendo esta, a menor taxa entre as grandes regiões brasileiras. Possui a 2ª menor taxa de mortalidade infantil, equivalente a 13,1%. Apresenta o maior percentual de população com nível superior completo (10%), e, trata-se da população, com mais de 10 anos de idade, com o segundo maior rendimento salarial médio, equivalente a 1.575 reais (IBGE, 2010). É a região brasileira com o 2º maior índice de desenvolvimento humano (IDH), igual a 0,824 (FJP, 2013).

FIGURA 11. Localização da região Sudeste do Brasil e áreas vizinhas.



Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2019.

3.3.2 Base de dados e procedimentos operacionais

Para realização dessa parte do trabalho foram utilizadas informações sobre a taxa de incidência de enfermos por dengue, referentes aos municípios das unidades federativas da região Sudeste do Brasil: Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo. Tais taxas foram originadas pelo próprio Ministério da Saúde conforme o acesso ao referido banco de dados (MS, 2016). O cruzamento da taxa de incidência por dengue foi realizado com as seguintes variáveis: índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM), adquirido junto a Fundação João Pinheiro (2013); porcentagem da população urbana, renda *per capita*, esperança de vida ao nascer, e população economicamente ativa maior de 18 anos (IBGE, 2010). O universo de análise correspondeu ao número de municípios por Estado, tendo Minas Gerais: 853; Espírito Santo: 78; Rio de Janeiro: 92; São Paulo: 645 escores.

Para análise quantitativa, foram usados os aplicativos computacionais estatísticos: o Bioestat, versão 5.3 (AYRES, 2007), e o Stata, versão 12 (*Stata Corporation, College Station,*

Estados Unidos). Por meio do *software* Stata realizou-se a estatística descritiva, com a finalidade de obtenção dos valores referentes à média e ao coeficiente de variação, para a verificação da dispersão dos dados. Também foi realizado o teste de hipóteses (ANOVA) juntamente com o teste de *Tukey*, a fim de verificar se ocorrem diferenças significativas entre as séries numéricas e quais as médias são diferentes. Além desses testes mencionados, foi feita a correlação de *Pearson*, para avaliar o grau de associação das variáveis, sendo esse obviamente, um ensaio aleatório, não determinístico (MARTINS, 2010).

Com o manuseio do Bioestat realizou-se a análise de componentes principais, com objetivo de realizar a exploração dos dados e, portando, dos seus níveis de significância relativa com as variáveis preditivas, tendo em vista a quantidade de escores que as mesmas dispuseram para realização deste trabalho.

Para construção dos mapas foi usado o aplicativo computacional ArcGIS, versão 10.1, pelo qual foi processada também a análise de similaridade por vizinhança, através do Índice de Moran, onde foi usada a “banda fixa” em 15.000 metros como modelo de concepção espacial dos *clusters*. Os arquivos em formato *shapefile*, relativos à espacialização dos municípios, foram adquiridos junto ao IBGE (2015).

O Índice de Moran é um teste cuja hipótese de nulidade é a independência espacial. Neste último caso, seu valor seria zero. Valores positivos (entre 0 e +1) indicam para correlação direta, e negativos (entre 0 e -1) correlação inversa (CAMPOS; MACEDO, 2014). Essa aplicação serve então para averiguar se uma amostra ou população possui auto-correlação espacial em relação a uma variável específica (ANSELIN, 1995).

3.3.3 Análise de variância e o teste de Tukey

Quando Ronald Aylmer Fisher trabalhava na Estação Experimental de Rothamsted, uma grande instituição britânica de pesquisa agrícola, entre 1919 e 1933, ele, juntamente com seus pares, criou o método ANOVA (FISHER, 1921). Este teste, apesar de ter sido empregado primeiramente em estudos agrícolas, sobre biologia evolucionária e genética, possui várias aplicações. O teste-F do ANOVA foi denominado dessa forma para homenagear Fisher. Esta técnica pressupõe observações normalmente e independentemente distribuídas, possuindo uma variância única para os diferentes níveis dos fatores, o que pode ser verificado

a partir da análise dos resíduos. Os resíduos, por sua vez, são calculados pela diferença entre um determinado valor observado e o valor estimado pelo modelo estatístico (CARPINETTI, 2009).

A ANOVA tem como base o cálculo da estatística F , que infere se há correspondência ou não entre a média dos dados analisados a partir da razão entre a variância entre os tratamentos (grupos) e a variância dentro dos tratamentos (grupos). O valor da Estatística F é obtido através dos cálculos constantes no Quadro 2, que resume algumas etapas de cálculo de acordo com a fonte de variabilidade dos dados (entre ou dentro dos tratamentos), sendo elas: 1) a soma dos quadrados, 2) cálculo dos graus de liberdade, 3) cálculo do quadrado médio, e 4) cálculo da razão F .

QUADRO 2. Procedimentos de cálculos da ANOVA.

Fonte de Variabilidade	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	Razão F
Entre Tratamentos	$S_T = \sum_{t=1}^k n_t (\bar{x}_t - \bar{\bar{x}})^2$	$\nu_T = k-1$	$S^2_T = S_T/\nu_T$	S^2_T/S^2_R
Dentro do Tratamento	$S_R = \sum_{t=1}^k \sum_{i=1}^{n_t} (x_{ti} - \bar{x}_t)^2$	$\nu_R = N-k$	$S^2_R = S_R/\nu_R$	
Total em torno da média	$S_D = \sum_{t=1}^k \sum_{i=1}^{n_t} (x_{ti} - \bar{\bar{x}})^2$	$\nu_D = N-1$	$S^2_D = S_D/\nu_D$	

Fonte: Carpinetti, 2009 (adaptado).

Desenvolvido por John Wilder Tukey, o teste de Tukey foi apresentado em 1949 no artigo “Comparing Individual Means in the Analysis of Variance” publicado na revista *Biometrika* (TUKEY, 1949). Este, juntamente como o teste da Distância Mínima Significativa de Fisher, é um dos testes mais utilizados para se comparar média oriunda de vários tratamentos ou grupos, uma vez que é de fácil aplicação. Esse método utilizado para testar qualquer diferença entre pares de médias. A estatística que fundamenta o teste é o *HSD* e sua fórmula de cálculo, para dados balanceados, está descrita na equação a seguir, em que *HSD* representa a Distância Mínima Significativa de Tukey; k , o número de tratamentos; n , o tamanho das amostras, N o número total de observações e *QME*, o quadrado médio dentro dos tratamentos da ANOVA; e q , o valor da variável aleatória q para k número de grupos, $N-k$ graus de liberdade e α de significância:

$$HSD = q_{(\alpha, k, n-k)} \sqrt{\frac{S_R^2}{n}}$$

3.3.4 Análise de componentes principais

O principal objetivo do teste é indicar a significância relativa das variáveis preditivas, a partir disso, quando há elevado número de dados, podem surgir pela análise de regressão múltipla os chamados coeficientes irracionais - dificultando a acurada identificação da importância dessas variáveis. É um teste interpretativo, o qual consiste na examinação de um grupo respectivo a k variáveis correlacionadas, transformando estas num outro conjunto de variáveis não correlacionáveis e independentes, dispostas em combinações lineares e em ordem decrescente de importância, através dos índices designados como Z_p (MARTINS, 2010).

O referido procedimento acontece de forma que as variâncias se comportem na seguinte tendência: $var(Z1) \geq$ variância $var(Z2) \geq$ variância $var(Z3) \geq, \dots, \geq$ variância $var(Zp)$. Os primeiros índices são chamados de Componentes Principais, e é quando se deve dar maior ênfase àqueles com poder para descrever cerca de 80% ou mais da variação, os quais, em alguns casos, estão representados pelo primeiro e segundo componentes. Os tamanhos das amostras podem ser iguais ou desiguais (AYRES, 2007; BRACAENSE; GUIMARÃES, 2008). Dessa forma, o teste foi conveniente para averiguação de quais variáveis entre: infectados por dengue, índice de desenvolvimento humano municipal, percentual de população urbana, renda *per capita*, esperança de vida ao nascer e população economicamente ativa (PEA) maior que 18 anos – num total de 1.668 *scores* compatíveis com o total de municípios abrangidos – seriam os mais significativos para análise.

3.3.5 Indicadores de associação espacial local

As origens do método de análise espacial aplicado aos estudos epidemiológicos remontam aos achados do médico anestesiologista inglês John Snow, o qual rastreou a origem de uma epidemia de cólera na cidade de Londres, em meados do século XIX. Em 1854, quando Londres era tomada por uma grave epidemia dessa doença, Snow teve a ideia de cartografar

os óbitos de determinada região da cidade conhecida por Soho, em função do local de residências dos infectados. Para tanto, utilizou um mapa de arruamento dessa parte da cidade com a localização dos poços de água utilizados para captação e consumo humano naquela época. Snow refutava a teoria que explicava a propagação da doença pelo ar e, ao analisar a distribuição espacial das mortes por cólera, concluiu que o consumo da água contaminada, retirada de um poço artesiano do bairro, exercia papel fundamental no avanço da epidemia e nos óbitos por ela provocados (GILBERT, 1958; TUFTE, 2001; BOLFE; MATIAS; FERREIRA, 2008).

Segundo Câmara et al. (2002), a análise espacial, pode ser entendida como um conjunto de procedimentos encadeados cuja finalidade é a escolha de um modelo inferencial que considere explicitamente o relacionamento espacial presente no fenômeno. Os procedimentos iniciais da análise incluem o conjunto de métodos genéricos de análise exploratória e o mapeamento das informações. Essas técnicas permitem descrever espacialmente a distribuição das variáveis de estudo, além de identificar observações atípicas em relação ao tipo de distribuição e em relação aos vizinhos, na busca por padrões na distribuição espacial.

A análise espacial, tal como sua correlata, a estatística espacial, traduzem, portanto, os princípios postulados pela primeira lei da geografia – a qual afirma, segundo Waldo Tobler, que “todas as coisas estão interrelacionadas, mas coisas mais próximas entre si estão mais interrelacionadas do que coisas mais distantes” (TOBLER, 1970. p. 236) – em termos de efeitos de localização. Esses efeitos se manifestam como heterogeneidade espacial, ou variação aparente do fenômeno no espaço geográfico, e/ou na presença de dependência e de autocorrelações espaciais.

Getis (2008) apresentou em seu artigo “*A History of the Concept of Spatial Autocorrelation: a geographer’s perspective*”, uma visão sobre a evolução do conceito de autocorrelação espacial no meio acadêmico. Segundo o autor, o assunto remonta a Sir Francis Galton, em 1850, com a criação do coeficiente de correlação, e passa por Karl Pearson, na década de 1880, quem forneceu a estrutura matemática atual para a correlação. O autor esclarece que a adequação espacial na correlação, surgiu da necessidade em se comparar mapas e na percepção quanto às observações georreferenciadas geralmente não serem independentes umas das outras.

Quanto às características matemáticas da autocorrelação espacial, foram desenvolvidas pelos estatísticos Moran, em 1948, Krishna Iyer, em 1949, e Geary, em 1954, embora ainda não utilizassem o termo. Eles desenvolveram estatísticas de contagem de junção para variáveis qualitativas binárias, considerando que as unidades espaciais vizinhas eram mais prováveis de serem do mesmo tipo (preto ou branco) do que as unidades aleatórias. Até 1968, o termo autocorrelação espacial não havia sido referenciado. Neste ano, o trabalho de Dacey, no qual foi indicado o possível efeito das formas, tamanhos e limites das regiões nos resultados da análise, ajudou a criar o conceito, mencionado pela primeira vez em 1969 no *The Problem of Spatial Autocorrelation*, de Andrew D. Cliff e J. Keith Ord. Em 1973, os dois autores publicaram um trabalho em que a grande contribuição foi o desenvolvimento e a generalização dos momentos da distribuição do índice de Moran (I), a estatística de associação espacial mais utilizada atualmente (GETIS, 2008). Em 1995, Luc Anselin descreveu uma nova classe de indicadores locais de associação espacial que permitia a decomposição de indicadores globais, como o I de Moran. Segundo o autor, os índices LISA (Indicadores Locais de Associação Espacial) poderiam ser usados para identificar *outliers* e avaliar a influência de localizações individuais na magnitude das estatísticas globais (ANSELIN, 1995). O mesmo autor desenvolveu o *software* estatístico para análise espacial, GeoDa, a partir do pacote de econometria espacial SpaceStat. Em 2001, o GeoDa foi disponibilizado como protótipo, e seu primeiro lançamento público se deu em fevereiro de 2003 (ANSELIN, 2003).

O índice de Moran (I) é, portanto, a estatística mais difundida para se medir a autocorrelação espacial, e apesar do índice ter sido proposto por Patrick Alfred Pierce Moran, em 1950, no artigo intitulado “*Notes on Continuous Stochastic Phenomena*”, publicado em junho daquele ano na *Biometrika* (Moran, 1950), foi somente com os avanços das ferramentas de geoprocessamento nas últimas décadas que seu emprego se disseminou, sendo subsequentemente usado em quase todos os estudos em que é empregada a autocorrelação espacial.

O que se está objetivando neste trabalho, contudo, é a descrição e o entendimento dos padrões espaciais de um fenômeno complexo, a ocorrência de interações por dengue em uma grande extensão territorial, onde provavelmente atuam diversos regimes de associação espacial. Assim, para uma análise mais detalhada dos padrões de dependência espacial das

TMI's, recorreu-se a indicadores locais de associação espacial que fornecem um valor específico para cada área, tal como é o caso do LISA (*Local Indicator of the Spacial Association*). De acordo com Anselin (1995), um indicador local de associação espacial deve atender a dois objetivos: primeiro, permitir a identificação dos padrões de associação espacial significativos; e segundo, ser uma decomposição do índice global de associação espacial:

“A classe geral de indicadores locais de associação espacial sugerida neste artigo serve a dois propósitos principais. Em primeiro lugar, o LISA generaliza a ideia subjacente às estatísticas Getis e Ord G_i e G^*_i para uma ampla classe de medidas de associação espacial local. Em segundo lugar, ao vincular diretamente os indicadores locais a uma medida global de associação espacial, a decomposição deste último em seus componentes específicos de observação torna-se simples, permitindo assim a avaliação de observações influentes e outliers. É essa propriedade dupla que distingue a classe de LISA das técnicas existentes, como as estatísticas G_i e G^*_i e o gráfico de dispersão de Moran. Os LISA apresentados aqui são fáceis de implementar e se prestam prontamente à visualização. Eles, portanto, servem a um propósito útil em uma análise exploratória de dados espaciais, potencialmente indicando clusters espaciais e formando a base para uma análise de sensibilidade (outliers). Enquanto o primeiro é mais apropriado quando nenhuma autocorrelação espacial global está presente, o último é particularmente útil quando há autocorrelação espacial nos dados...” (ANSELIN, 1995, p. 112).

A grande vantagem do LISA é a propriedade de decomposição do índice global (I) em índices locais de associação espacial, e vice-versa. Neste sentido, a forma mais simples de se calcular o $LISA_i$, de um valor z_i de uma variável amostral padronizada Z , se dará pela multiplicação de z_i pela média dos valores dos vizinhos de z_i , ou seja, $\sum w_i z_j$; o I de Moran será dado, então, pela esperança dos valores de $LISA_i$ os quais, nesse caso, podem ser calculado pela soma dos $LISA_i$, e dividindo o resultado desse somatório por n menos 1, sendo n os números dos valores de Z . Tal como pode ser observado nas equações abaixo:

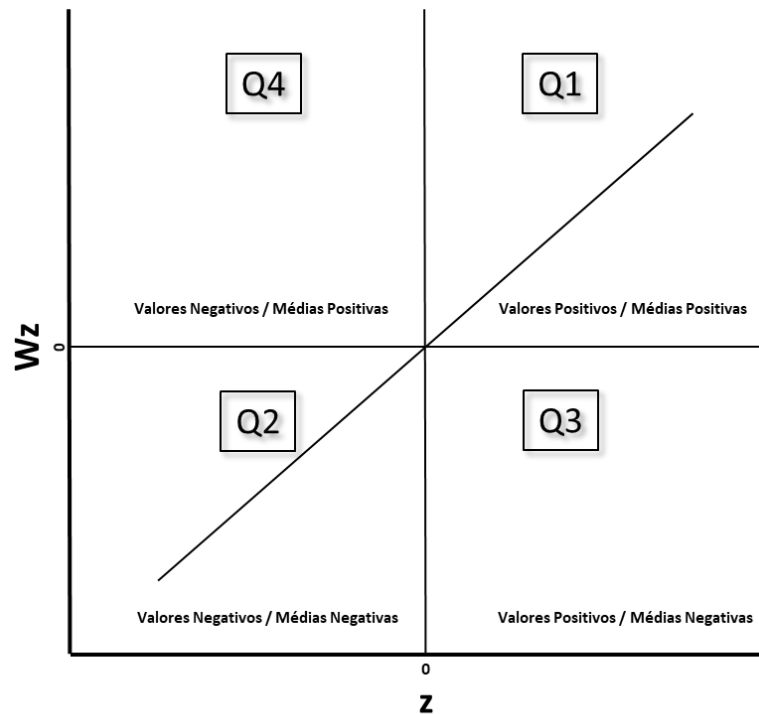
$$LISA_i = z_i \sum_{j=1}^n w_j z_j$$

$$I = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n LISA_i$$

O I de Moran configura-se em uma medida de autocorrelação espacial global, pois indica o grau de associação espacial para o conjunto total dos dados. Outra interpretação deste índice indica que ele pode ser entendido como um teste cuja hipótese nula é de independência espacial: nesse caso, seu valor seria zero. Valores positivos (entre 0 e 1) indicam a correlação direta, e valores negativos (entre -1 e 0) indicam correlação inversa, observada entre os valores locais e a médias dos valores vizinhos (VIEIRA, 2009).

Um recurso adicional para visualizar a relação entre os valores locais e a média dos seus vizinhos é o diagrama de dispersão conhecido como Diagrama de Espalhamento de Moran. Por tal diagrama, podem ser observados os seguintes quadrantes: Q1 (valores positivos, médias positivas) e Q2 (valores negativos, médias negativas) - indicam pontos de associação espacial positiva, no sentido que uma localização possui vizinhos com valores semelhantes (*cluster*) do tipo alto-alto e baixo-baixo, respectivamente; Q3 (valores positivos, médias negativas) e Q4 (valores negativos, médias positivas) - indicam pontos de associação espacial negativa, no sentido que uma localização possui vizinhos com valores distintos (*outlier*) do tipo alto-baixo e baixo-alto, respectivamente. Tal como pode ser observado na Figura 12 a seguir:

FIGURA 12. Diagrama de Espalhamento de Moran.



Fonte: própria, 2021.

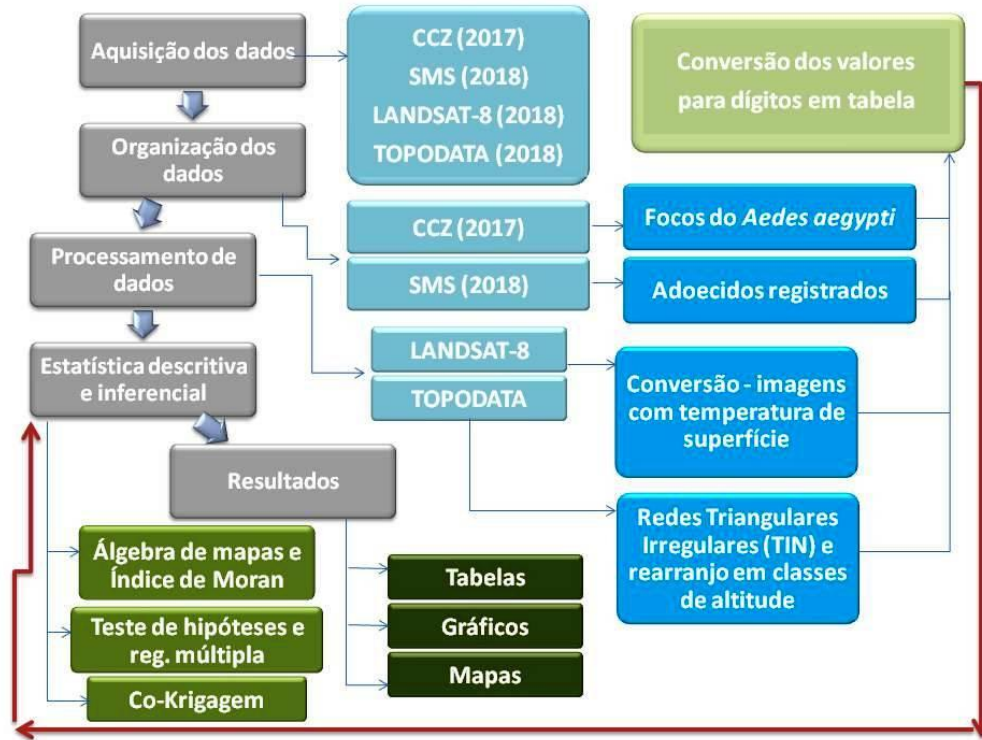
De modo semelhante ao procedimento de estimação da significância estatística do I , o procedimento para estimação da significância estatística dos LISA é baseada em uma abordagem que consiste no método de permutação condicional, na qual cada valor z_i é mantido fixo e os demais valores são permutados aleatoriamente para o cálculo de novos $LISA_i$ a cada permutação. Obtém-se, com isso, uma distribuição de referência para cada indicador local, possibilitando a atribuição de um “pseudo-valor” de p para cada $LISA_i$ que pode, então, ser usado para avaliar a significância. Avaliar a significância por si só não faz muito sentido para a análise dos LISA, porém, quando uma indicação de significância é combinada com a localização de cada observação no diagrama de dispersão de Moran (Figura 12), uma interpretação muito contundente se torna possível. Ou seja, informações combinadas permitem a classificação dos locais significativos como *clusters* espaciais dos tipos Alto-Alto (*High-High*) e Baixo-Baixo (*Low-Low*) e *outliers* espaciais dos tipos Alto-Baixo (*High-Low*) e Baixo-Alto (*Low-High*). Cabe ressaltar que a referência à alto e baixo é relativa à média da variável, e que nunca deve ser interpretada em sentido absoluto (ANSELIN, 2003).

Em suma, o LISA auxilia na obtenção do valor específico para cada objeto representado pelos pontos no Diagrama de Espalhamento de Moran, cujo mapeamento identifica, se significativos estatisticamente os *clusters* (objetos com valores de atributos semelhantes), e os *outliers* (objetos anômalos em relação aos vizinhos, além de possuir regimes espaciais distintos). Foi na identificação de áreas com distintos regimes de dependência espacial que residiu a busca dos padrões de distribuição espacial das TMI's ao longo do território nacional.

3.4 A investigação entre infestação, infecção e o meio ambiente em Montes Claros

Na busca por uma escala com maior detalhamento dos dados a respeito da dengue e suas imbricações num espaço geográfico que representasse, como um retrato, as repercussões dessa doença e de seu vetor conforme o padrão espaço-tempo, foi realizada a pesquisa em escala local na cidade de Montes Claros-MG. A organização da metodologia se seguiu conforme se encontra representado na Figura 13.

FIGURA 13. Fluxo metodológico para geração dos resultados sobre Montes Claros.



Fonte: própria, 2021.

3.4.1 Área de estudo: a cidade de Montes Claros/MG

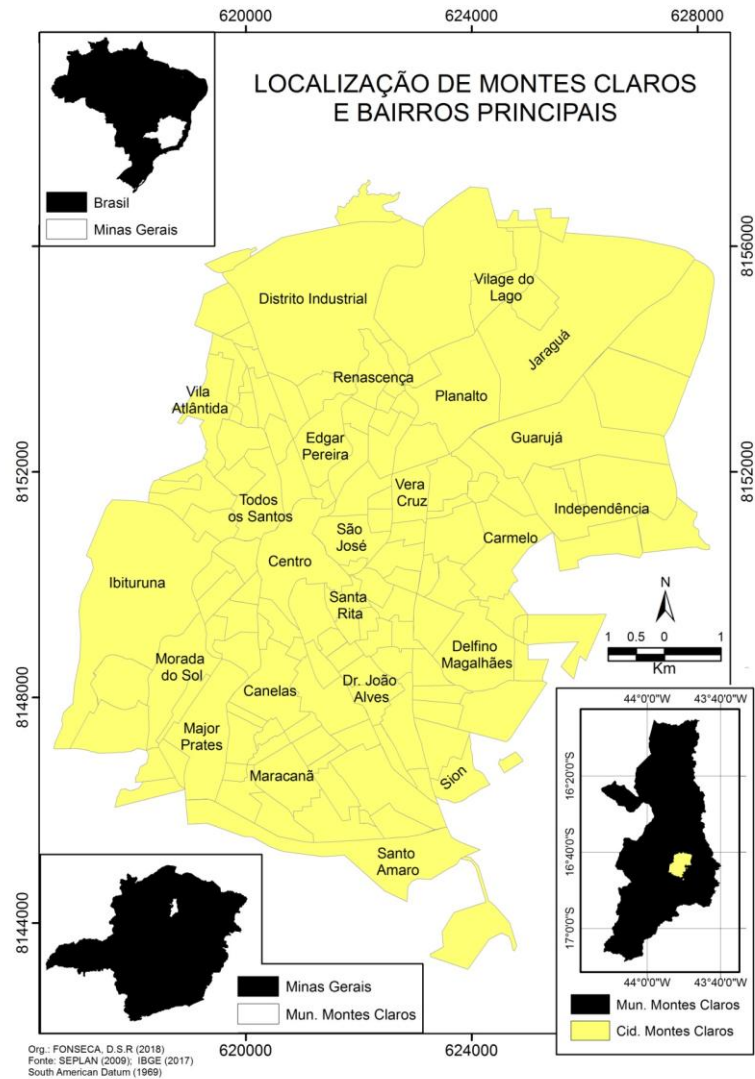
Localizada ao Norte do estado de Minas Gerais, porção centro-leste do município, a cidade de Montes Claros é composta atualmente por área equivalente a 92.000 km² (SEPLAN, 2009). A altitude média é de 660 metros, sobretudo na região central da cidade; os locais de maior elevação (900m) estão situados na direção sul (sudeste) e os de menor elevação (600m) posicionam-se ao norte (noroeste). O terreno, em geral, é pouco abrupto (declividade média em torno de 2,35°), as porções com maiores desníveis estão a oeste e sul da área urbana (INPE, 2018). As áreas com maior cobertura por vegetações naturais, ou não urbanizadas, compõem em torno de 19% do terreno e estão situadas nas porções nordeste e sudoeste da cidade (FONSECA; BRAZ, 2010; MOREIRA; FERNANDES; NERY, 2014).

As características edafoclimáticas e fitogeográficas da região montesclarenses são peculiares, tendo em vista que tal espaço se encontra numa área de transição generalizada entre os climas semiúmido e semiárido, com fitofisionomias variando do cerrado a caatinga.

Desse modo, especificamente, o clima da região fica entre o Tropical Subúmido Úmido e o Subúmido Seco, com épocas de chuvas concentradas a partir de outubro a março. O período mais seco acontece entre junho e agosto (SOUZA *et al.*, 2018).

A cidade apresenta cento e trinta e seis bairros (136), de acordo com a base cartográfica (Figura 14) fornecida pela Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação (SEPLAN, 2009). A população estimada para o ano de 2017 é de 402.027 pessoas; a densidade demográfica é superior a 101,41 hab/km². A renda média do trabalhador é de 2,2 salários mínimos, correspondente a 26% da população que se encontra ocupada; o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,77 – o décimo oitavo (18º) de Minas Gerais (IBGE, 2017).

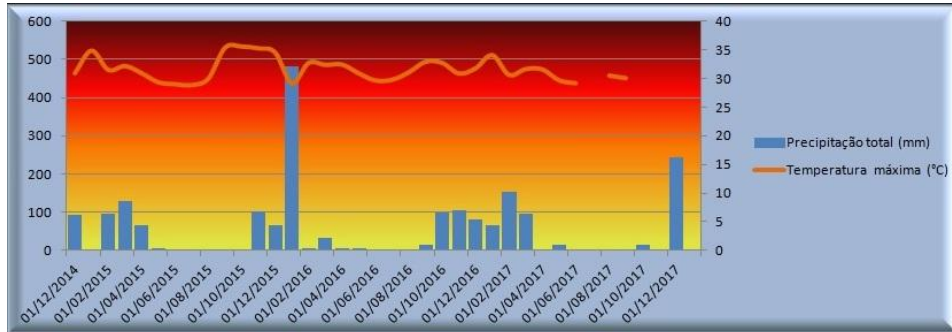
FIGURA 14. Bairros de Montes Claros e sua localização.



Fonte: SEPLAN (2009); IBGE (2017). Org.: própria, 2018.

No recorte de tempo deste estudo, 2015 a 2017, nota-se por meio da Gráfico 1, que a precipitação da região de Montes Claros é concentrada entre os meses de outubro a março, tendo sido 2015 o ano com as chuvas mais concentradas no mês de dezembro (superior a 450 mm); o ano 2016 foi aquele com a melhor distribuição; e 2017 apresentou menor oferta pluviométrica. As temperaturas têm suas médias diminuídas em torno de 3°C entre os meses de maio e agosto; e há déficit hídrico em tais meses.

GRÁFICO 1. Precipitação total (mm) e temperatura máxima (°C) no período entre 2015 e 2017 na cidade de Montes Claros-MG.



Fonte: INMET (2018). Org.: própria, 2018.

3.4.2 Base de dados

Dados entomológicos foram apanhados junto ao Centro de Controle de Zoonoses (CCZ, 2017), os quais se referem ao Índice *Breteau* dos bairros da cidade de Montes Claros, período de 2015 a 2017, sendo os dados usados neste trabalho, conforme aquilo que foi fornecido pelo CCZ, coletados nos meses de janeiro, março e outubro. Tal índice tem sido usado como referência para os diagnósticos de infestação larvária pelo mosquito *A. aegypti* e sua mensuração é feita por meio de uma amostra probabilística dos imóveis (10% de cada bairro) da área urbana. O delineamento amostral é feito por conglomerados, levando em consideração o quarteirão como unidade primária e o imóvel como unidade secundária (MS, 2013). O Índice *Breteau* leva em conta a relação entre o número de recipientes positivos e o número de imóveis pesquisados, como mostra a seguinte equação:

$$IB = \frac{\text{recipientes positivos}}{\text{imóveis pesquisados}} * 100$$

A base cartográfica, em formato vetorial com o perímetro dos bairros de Montes Claros, foi adquirida junto à Secretaria de Planejamento (SEPLAN, 2009). Dados sobre a *renda per capita* do domicílio das áreas equivalentes aos bairros, setores sensíveis, foram adquiridos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). Imagens do satélite Landsat-8, com resolução espectral de 16 *bits*; frequência de revisita igual a 10 dias;

espacial de 30 metros (sensor *Operational Land Image* - OLI) nas bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo); e com resolução de 100 metros (sensor *Thermal Infrared Sensor* – TIRS) nas bandas 10 e 11 (infravermelho termal), foram baixadas do *United States Geological Survey* (USGS, 2019), órbita-ponto 218-072, as quais tiveram data de imageamento nas seguintes datas: 07/10/2017, 19/07/2017, 16/05/2017; 20/10/2016, 16/07/2016, 11/04/2016; e 02/10/2015, 28/06/2015, 25/04/2015. Tais imagens apresentam cenas que cobrem área equivalente a 180 km². A escolha das datas teve como critério os meses de coleta de dados, realizada pelo CCZ, e a menor ocorrência de nuvens das cenas nas datas escolhidas.

Para manipular dados relativos à altitude foi adquirido o modelo digital de elevação Topodata (folha 16S45_ZN), o qual possui resolução espacial aproximada de 30 metros, junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2018).

3.4.3 Procedimentos operacionais

3.4.4 Organização dos dados

A primeira etapa do trabalho consistiu na organização dos dados cedidos pelo MS (2019) e pelo CCZ (2017). Os arquivos deste último, originalmente em formato de texto, precisavam ser transferidos para planilha de edição de dados numéricos. Porém, não havia um padrão organizado estabelecido, e para torná-los manuseáveis foi necessário editá-los anualmente (nos meses de janeiro, março e outubro), e por nomenclatura das poligonais dos bairros. Em seguida, devido à incompatibilidade entre o material cartográfico adquirido junto à SEPLAN (2009) com 136 bairros, e os dados do Centro de Controle de Zoonoses com 186 divisões da cidade, este último conjunto foi padronizado conforme a primeira base de dados. Nessa etapa foram feitas consultas ao CCZ (2017) para a correta localização das correspondentes áreas. Aqueles sobre os adoecidos por dengue (MS, 2019), originalmente em formato database (dbf), foram organizados conforme suas respectivas semanas epidemiológicas, no período entre 2011 e 2015, para que fossem padronizados com o período dos dados do LIRAA Nacional.

3.4.5 Conversão da base cartográfica

A base cartográfica em formato DXF foi convertida para o formato *shapefile*, por meio do aplicativo computacional ArcGIS, versão 10.2, e cada perímetro dos bairros foi alterado para polígono, em seguida atribuindo a esse arquivo os valores relativos ao Índice Breteau. Geraram-se mapas temáticos com classes editadas pelo recurso do *software* – *Natural Breaks*, para geração dos mapas com os índices de infestação larvária dos anos, tematicamente por bairros.

Imagens do satélite Landsat-8, com resolução espectral de 16 *bits*; frequência de revisita igual a 10 dias; espacial de 30 metros (sensor *Operational Land Image* - OLI) nas bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo); e com resolução de 100 metros (sensor *Thermal Infrared Sensor* – TIRS) nas bandas 10 e 11 (infravermelho termal), foram baixadas do *United States Geological Survey* (USGS, 2019), órbita-ponto 218-072, as quais tiveram data de imageamento nas seguintes datas: 07/10/2017, 19/07/2017, 16/05/2017; 20/10/2016, 16/07/2016, 11/04/2016; e 02/10/2015, 28/06/2015, 25/04/2015. Tais imagens apresentam cenas que cobrem área equivalente a 180 km². A escolha das datas teve como critério os meses de coleta de dados, realizada pelo CCZ, e a menor ocorrência de nuvens das cenas nas datas escolhidas.

3.4.6 Índice de Moran, álgebra entre mapas e zoneamento da propensão larvária

Utilizando a extensão *Spatial Statistic Tools*, foram realizados os mapeamentos dos *clusters* por ano (2015, 2016 e 2017), com uso do Índice de Moran, o qual foi capaz de medir a intensidade da autocorrelação espacial considerando uma dada área e seus vizinhos adjacentes (CAMPOS; MACEDO, 2014). Pelo método, avaliou-se a distribuição espacial e identificaram-se padrões da dependência, medindo-se o quanto o valor observado no atributo foi dependente em relação aos valores dessa mesma variável nas localizações vizinhas, no caso, o índice de infestação larvária local do *A. aegypti* (FONSECA; VASCONCELOS, 2011). Com esse propósito, empregou-se o raio com distância fixa em 5.000 metros. A partir da definição das áreas com maior e menor interdependência espacial na ocorrência do mosquito *Aedes*, tal como poderá ser visto na Figura 52 (ALMEIDA *et al.*, 2009).

Sucessivamente providenciou-se a reclassificação dos materiais cartográficos (extensão contida no *Spatial Analyst Tools - reclassify*), impondo-lhes pesos conforme as camadas das legendas hierárquicas, sendo eles: *high-high* (peso 100); *high-low* (peso 80); *low-high* (peso 40); e *low-low* (peso 20).

Em seguida a tais etapas, foi extraída a média, álgebra de mapas (por meio da extensão *raster calculator*), conforme o valor atribuído anteriormente aos *pixels*. O resultado obtido foi o zoneamento da cidade a partir da interação por vizinhança dos bairros, tal como poderá ser visualizado na Figura 53, naqueles que foram recorrentes ao longo do período analisado. Este último modelo é resumido através da álgebra de mapas estruturada conforme orienta Anselin (1999):

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^n (P_k * N_k)$$

Onde:

A_{ij} = É a posição do *pixel* na respectiva camada para análise da matriz;

n = quantidade de camadas e variáveis combinadas;

P_k = peso atribuído para a camada da variável “k” no conjunto;

N_k = valores impostos pelo operador conforme o nível de importância dos componentes para as legendas (variável “k”) e com a hierarquia dos valores representados no material cartográfico final.

3.4.7 Geração das imagens com as temperaturas de superfície (TS)

Ainda nos procedimentos para aquisição dos materiais necessários, foram manipuladas as cenas do satélite Landsat-8, nas bandas 11 e 10 (termal); e 5 e 4 (infravermelho próximo e vermelho), por meio do *raster calculator* (ArcGIS), conforme orientação do serviço geológico dos Estados Unidos (USGS, 2018). Esta etapa foi indispensável tendo como finalidade o teste, posteriormente, da associação entre infestação larvária e o comportamento da temperatura de superfície (TS), tal como visto em Souza; Silva (2005). Inicialmente, converteu-se o valor do

número digital para valores de radiância, com uso dos metadados baixados com as imagens, observando a fórmula:

$$L\lambda = MLQcal + AL$$

Onde:

$L\lambda$ = Radiância espectral do topo da atmosfera (Watts/(m² * srad * μ m));

ML = banda específica, multiplicada pelo fator de reescalonamento, contido nos metadados (RADIANCE_MULT_BAND_x, onde x é o número correspondente à banda);

AL = banda específica, adicionada com o fator de reescalonamento contido nos metadados RADIANCE_ADD_BAND_x, onde x é o número correspondente à banda);

$Qcal$ = valores calibrados relativos ao pixel (DN) do produto padrão.

Em seguida, fez-se a conversão para temperatura de topo da atmosfera (Kelvin), a qual é obtida por meio da equação:

$$T = \frac{K_2}{\ln \frac{K_1}{L\lambda + 1}}$$

Onde:

T = Temperatura do topo da atmosfera (K);

$L\lambda$ = radiância espectral (Watts/(m² * srad * μ m));

$K1$ = banda termal específica pela constante, a partir dos metadados (K1_CONSTANT_BAND_x, onde x é o valor da respectiva banda);

$K2$ = banda termal específica pela constante, a partir dos metadados (K2_CONSTANT_BAND_x, onde x é o valor da respectiva banda).

E, posteriormente, foi gerada a temperatura da superfície estimada (TS), em graus Celsius, por meio da aplicação da equação:

$$\frac{TS}{1 + w * \left(\frac{TS}{p}\right) * \ln(e)}$$

Onde:

TS = Temperatura a partir do satélite;

w = comprimento de onda da radiação emitida ($11.5 \mu m$);

$p = h * c/s$ ($1.438 * 10^{-2} \text{ m K}$);

h = constante de Planck ($6.626 * 10^{-34} \text{ Js}$);

c = velocidade da luz ($2.998 * 10^8 \text{ m/s}$);

$p = 14380$;

$e = (0.004 P_v + 0.986)$;

em que:

P_v = proporção de vegetação $(NDVI - NDV_{imin} / NDV_{imax} - NDV_{imin})^2$.

As operações retro-explicadas para obtenção da TS foram feitas com as bandas 10 e 11 do satélite Landsat-8, as quais demonstraram valores de temperaturas ligeiramente diferentes para o mesmo local, devido à resposta específica de cada um dos sensores do satélite Landsat. Seguidamente, para ajuste, foi realizado o cálculo da média (por *pixel*) entre essas camadas de cada ano, por meio do *Cell Statistics*, ferramenta do ArcGIS. É necessário salientar que as temperaturas de superfície estimadas condizem com o horário da geração das cenas, que ocorre aproximadamente às 10h e 30min. As temperaturas estimadas nas respectivas datas na latitude $-16^{\circ}.68' \text{ S}$; e longitude: $-43^{\circ}.83' \text{ W}$ – foram certificadas com os dados de temperatura da série histórica da estação: 83437 de Montes Claros-MG (INMET, 2018), as quais puderam ser consideradas similares. Os materiais gerados foram recortados a fim de se obter as zonas de calor com as temperaturas mínimas, máximas, médias e os desvios-padrão, condizentes aos determinados bairros da cidade de Montes Claros.

3.4.8 Manipulação do modelo digital de elevação (MDE)

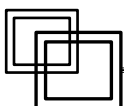
Os dados sobre altitude e declividade foram manipulados a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) Topodata adquirido, pelo qual se gerou curvas de nível com equidistância de 20 metros, e sucessivamente criaram-se Redes Triangulares Irregulares (TIN).

Manipulando esse arquivo, foram obtidos: a declividade média e o desvio-padrão; a altitude mínima, a altitude máxima, a altitude média e o desvio-padrão da elevação de cada bairro, método similar ao descrito em Silva; Rodrigues (2009). Baseado no mesmo MDE realizou-se o mapeamento dos cursos hídricos, os quais tiveram como parâmetro a direção de fluxo das águas (PELUZIO *et al.*, 2010).

3.4.9 Estatística descritiva e inferencial

A partir da disposição dos dados organizados, estes foram salvos em tabela digital para realização dos testes estatísticos, no *software* Bioestat, versão 5.0 (AYRES, 2007), pelo qual, com todos os municípios do Brasil e bairros da cidade Montes Claros, foi feita a análise descritiva e o teste de hipóteses - Anova seguida pelo teste de Tukey. Posteriormente, nas áreas com autocorrelação espacial, foram cruzadas as variáveis, a princípio pelo método Stepwise progressivo, o qual providenciou a eliminação dos fatores que enfraqueceram o poder explicativo do coeficiente de determinação (R^2). Em seguida, houve o exame da regressão linear múltipla. Esse método regressivo é indicado quando a análise exige modelos com maior complexidade em relação ao desempenho associativo com apenas duas variáveis (AYRES, 2007; BRACAENSE; GUIMARÃES, 2008; ALMEIDA *et al.*, 2009; MARTINS, 2010). Este modelo de regressão linear múltipla (StepWise) foi produtivo para seleção automática das variáveis preditivas com maior peso (R^2), por meio da sua significância estatística (CUNHA-CRUZ; NADANOVSKY, 2003). A partir da escolha das variáveis com maior poder explicativo, no ArcGIS, versão 10, na ferramenta - *Geostatistical Analyst*, *Geostatistical Wizard* - efetuou-se o método interpolativo da co-krigagem - para estimar as áreas sob efeito do agravo do número de infectados por dengue na cidade de Montes Claros nos anos analisados (LANDIM, 2006), por meio da relação entre a distância dos pontos analisados e seu ajuste com as variáveis preditivas descritas (UTSUMI; GALO; TACHIBANA, 2015). O resultado dos mapas gerados foi sintetizado a partir da aplicação da média simples das áreas entre eles, utilizando-se o recurso - *Raster Calculator*.

O padrão espaço-temporal da dengue no Brasil



4 RESULTADOS

4.1 Padrão espaço-temporal da dengue no Brasil: o que nos revelam os dados de internação hospitalar das últimas décadas

Nessa parte da pesquisa, o propósito foi estabelecer, de forma abrangente, um padrão espaço-tempo para maior ocorrência de agravos em saúde relativos à dengue. Portanto, foram analisadas as internações ocorridas entre 1998 e 2019 no Brasil conforme as características edafoclimáticas de cada região do país.

Apesar das considerações em âmbito nacional convergirem para uma análise de tendência geral, sem diferenças por sexo, ao ser analisada a Tabela 1 a seguir, são notadas pequenas diferenças no número de internações conforme o sexo nas unidades federativas do Brasil durante o período em análise. É percebido que nos estados da região Norte do país não há quase diferenças entre os sexos no total de internações por dengue. Em Rondônia, por exemplo, a diferença entre o total de internações ficou em 251 casos, prevalecendo mulheres. Na região Nordeste, o Maranhão teve diferença total igual a 5,147, com prevalência feminina. Em Minas Gerais, na região Sudeste, a diferença, com maior número de mulheres, ficou em 6,332 casos a mais. Na região Sul, o estado do Paraná teve diferença total de 1,672 em favor das mulheres quanto ao número de internações. No Centro-Oeste, o estado de Mato Grosso teve diferença total igual a 3,043 à mais para o sexo feminino. O custo médio da internação é de US\$ 133,55 por paciente. Conforme o que é verificado, a não ser o Sul do país, entre o Norte, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste existe uma ascensão crescente da diferença do número de internações entre os sexos, predominando mulheres. Tal fato denota a possibilidade de haver diferenças nas análises quando há o aumento da escala de trabalho, com maior detalhamento das informações.

TABELA 1. Total de internações hospitalares por Dengue entre 1998 e 2019, por sexo, e custo médio das despesas hospitalares segundo Unidades da Federação de residência dos internados.

UF	Total de internações de pacientes de sexo masculino	Total de internações de pacientes de sexo feminino	Total de internações	Custo médio das internações (US\$)
	N	N		
RO	13 283	13 534	26 817	134,75
AC	2 398	2 827	5 225	143,58
AM	3 755	3 641	7 396	172,52
RR	2 498	2 643	5 141	171,12
PA	47 529	51 705	99 234	123,41
AP	1 110	1 134	2 244	166,53
TO	6 867	6 717	13 584	135,06
MA	29 930	35 077	65 007	119,84
PI	17 675	23 084	40 759	118,63
CE	36 630	41 992	78 622	135,45
RN	15 277	18 045	33 322	123,30
PB	15 370	19 083	34 453	123,31
PE	16 798	19 621	36 419	148,49
AL	6 909	8 120	15 029	138,63
SE	5 358	6 276	11 634	131,54
BA	59 576	75 185	134 761	126,23
MG	29 616	35 948	65 564	141,58
ES	12 432	13 004	25 436	143,45
RJ	29 855	32 909	62 764	158,09
SP	30 833	34 398	65 231	138,75
PR	9 392	11 064	20 456	133,03
SC	628	415	1 043	116,62
RS	631	475	1 106	150,76
MT	11 051	14 094	25 145	132,57
MS	13 576	14 014	27 590	153,96
GO	32 931	41 584	74 515	127,65
DF	2 522	2 726	5 248	139,84
Total	454 430	529 315	983 745	133,55

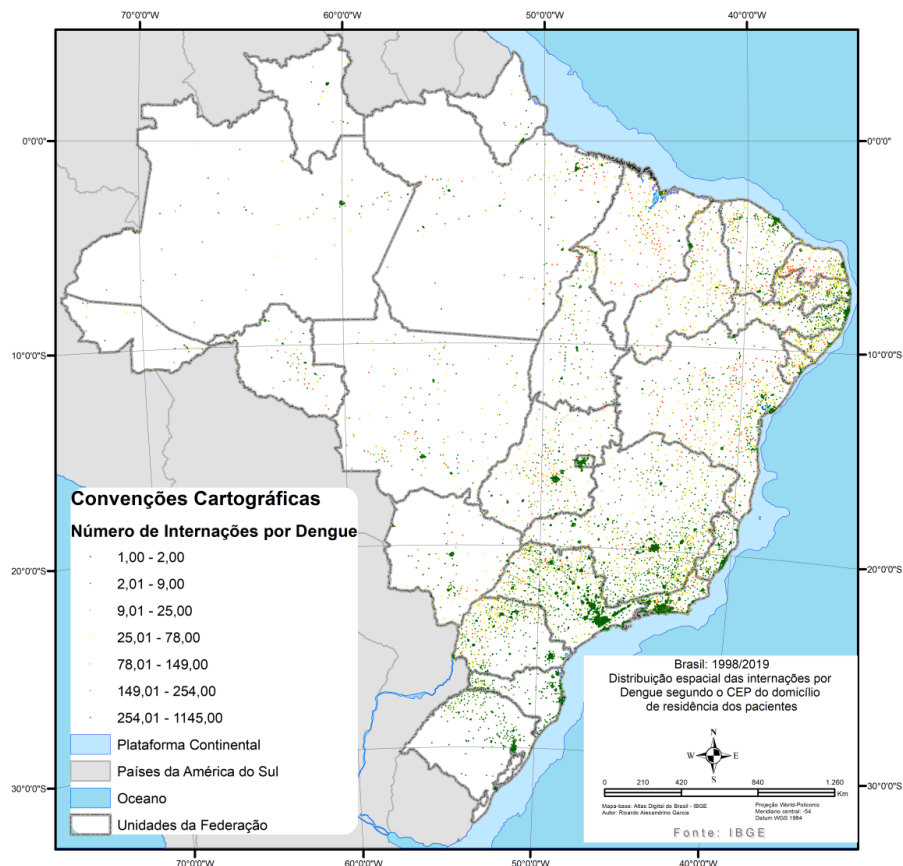
Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados). IBGE. Atlas nacional do Brasil digital (2005) e Malha digital dos municípios brasileiros (2013). Org.: própria, 2021.

Com a análise da tabela anterior surgem perguntas como: se o custo médio da internação é de US\$ 133, por que ainda não foi desenvolvida uma vacina eficiente (KONISHI, 2011; GUPTA; REDDY, 2013; MESSINA *et al.*, 2015; RIZZI *et al.*, 2017) para a dengue? Essa doença vem trazendo problemas para a sociedade brasileira, por exemplo, desde o início do século XX. Não há interesse? A população certamente tem interesse. Quem seriam os mais interessados? Os mais vulneráveis. E tais vulneráveis, quem seriam eles? Talvez as famílias de trabalhadores mais carentes financeiramente, os que usam transporte público e se deslocam a grandes distâncias para trabalhar, os quais, portanto, têm maior possibilidade de se infectar e propagar o vírus para outras áreas, e, ao mesmo tempo, esses próprios dispõem de poucos recursos para o tratamento médico. E os menos interessados, quem seriam? Talvez os agentes políticos. Talvez isso aconteça porque essa população vulnerável seja mais obediente

ao sistema, e não se manifeste contra o descaso. Ou talvez ainda, porque haja lavagem de dinheiro público nesse processo. Quanto custaria a dose da vacina para dengue? R\$ 30 ou 40 reais? Estranha essa situação.

Tal como pode ser visto na Figura 15, o total de internações, por código de endereço postal (CEP), se adensou mais, entre os anos 1998 e 2019, na região Sudeste do país, principalmente na porção sudeste do Estado de São Paulo; centro-sul do Espírito Santo; e entorno da região metropolitana de Belo Horizonte, em Minas Gerais. Outros *hotspots* no total de internações por dengue podem ser vistos no norte e leste do Paraná; centro do Estado de Goiás e entorno do Distrito Federal; no centro-sul do Mato Grosso do Sul; na porção leste da Bahia; e em pontos específicos dos estados do Amazonas e Pará.

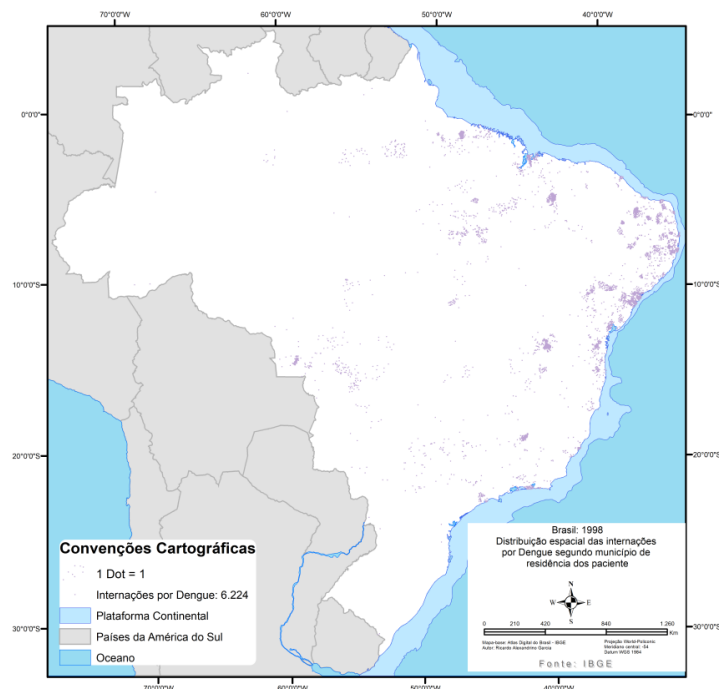
FIGURA 15. Total da distribuição das internações por dengue, 1998-2019, conforme o código de endereço postal de residência dos pacientes.



Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

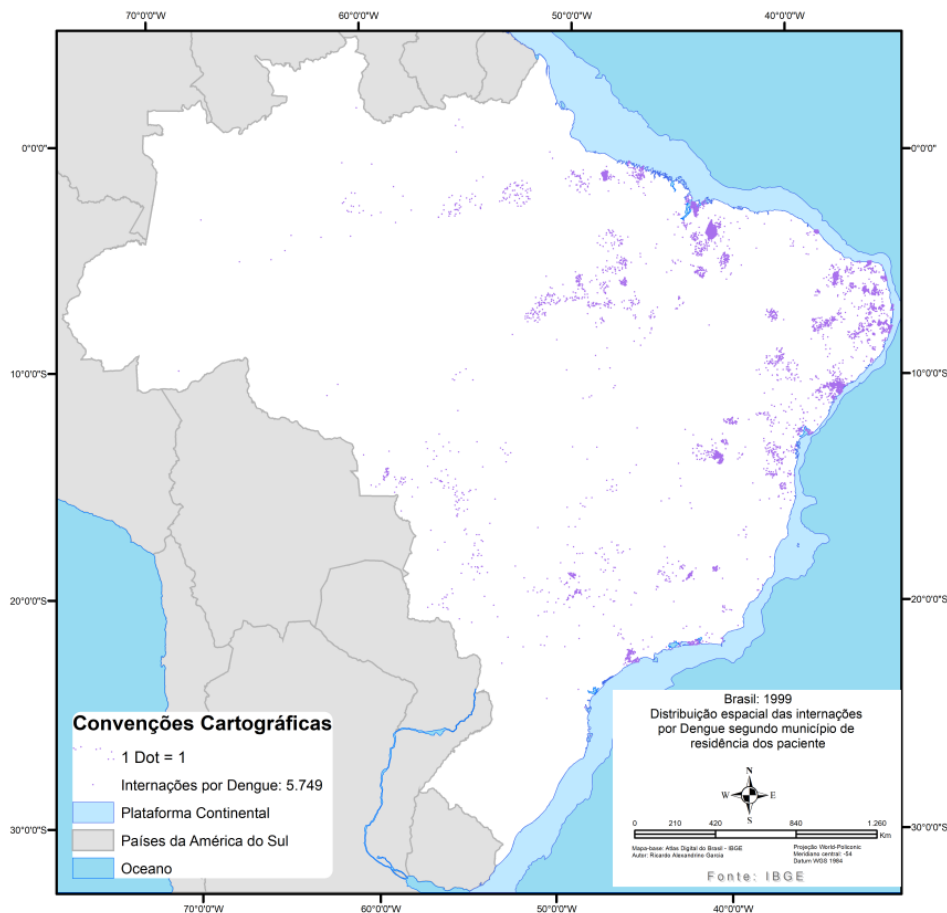
As características do ambiente físico podem influenciar a distribuição da população sobre o espaço habitado (SANTOS, 1998) e, dessa forma, interferir na propagação de doenças, tais como a que norteia o desenvolvimento deste trabalho. Entender o comportamento geográfico das anomalias é fundamental para seu isolamento e controle, através das estratégias de vigilância em saúde (BOYCE *et al.*, 2013; CARLOS, 2018). Os mapas a seguir representam geograficamente a distribuição das internações por dengue no período compreendido entre 1998 e 2019 (MS, 2019). Verifica-se nas Figuras, 16, 17, 18, que inicialmente, entre 1998 e 2000, as internações por dengue aconteciam mais nas porções Norte e Nordeste do país. A partir da intensificação do número de doentes registrados, as internações se intensificaram na região Centro-Oeste. Com esse efeito cumulativo, o pico em todo país, quando houve maior total anual de internações, foi 2010 (Figura 28, a seguir), ano da mediana do conjunto dos dados manuseados, e, a partir daí o quadro de adoecimento registrado declinou até o ano mais recente, 2019 (Figura 37, a seguir). Pode-se dizer ainda que entre os anos 2015 (Figura 33) e 2019 houve severa intensificação de adoentados na região Sudeste do Brasil.

FIGURA 16. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 1998.



Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

FIGURA 17. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 1999.

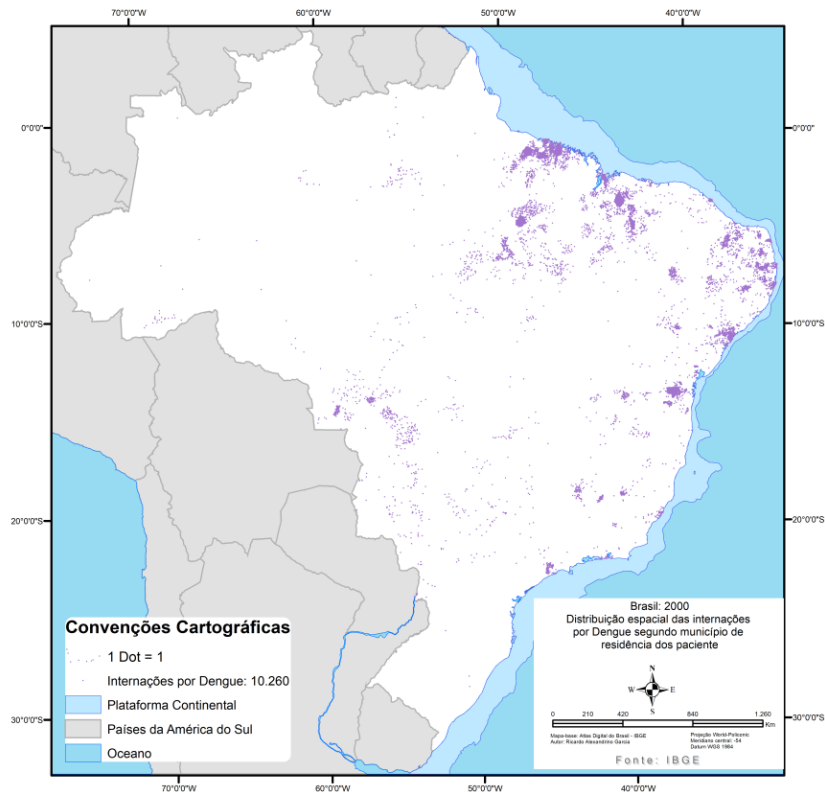


Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2000, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,117. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Jesus do Tocantins, no Tocantins (taxa de 9,3‰); Chupinguaia, em Roraima (taxa de 6,4‰); e Bragança, no Pará (taxa de 4,6‰). Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Antônio Martins (taxa de 8,2‰); Florânia (taxa de 7,9‰); Almino Afonso (taxa de 7,7‰), todos estes no estado do Rio Grande do Norte. No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Ouro Branco, em Minas Gerais (taxa de 4,3‰); Bom Sucesso, em Minas Gerais (taxa de 3,3‰); Bocaina, em São Paulo (taxa de 2,7‰). No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Jauru, (taxa de 4,7‰); Alto Paraguai (taxa de 2,6 ‰); Santo Antônio do Leverger (taxa de 2,0‰), todos estes municípios localizados no estado do Mato Grosso. No Sul, os municípios que apresentaram o

maior número de pessoas internadas foram: Araruna (taxa de 4,7‰); Bom Sucesso (taxa de 3,2 ‰); Floresta (taxa de 3,2‰), todos estes municípios localizados no estado do Paraná (observe a Figura 18).

FIGURA 18. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2000.

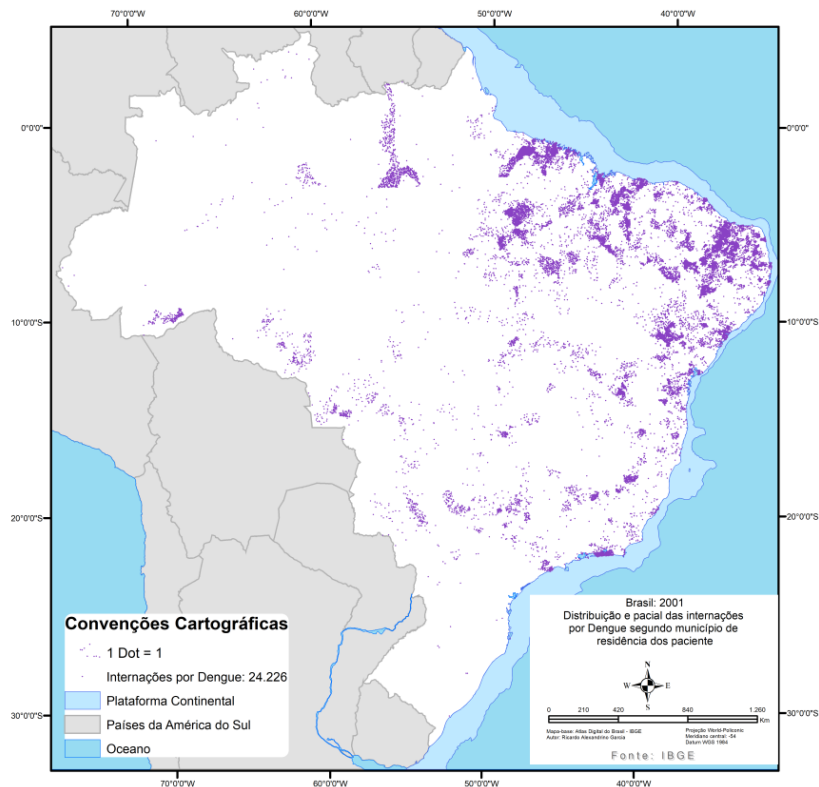


Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2001, conforme está na Figura 19 a seguir, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,17. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Jesus do Tocantins, no Tocantins (taxa de 12,2‰); Goianésia do Pará, no Pará (taxa de 7,9‰); e Chupinguaia, em Roraima (taxa de 6,8‰). Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Antônio Martins (taxa de 13,2‰); Almino Afonso (taxa de 10,2‰); Alexandria (taxa de 9,4‰), todos estes no estado do Rio Grande do Norte. No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Ouro Branco, em Minas Gerais (taxa de 6,0‰); Bocaina, em São Paulo (taxa de 5,6‰); e Bom Sucesso, em Minas Gerais (taxa de 4,2‰). No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior

número de pessoas internadas foram: Jauru, (taxa de 4,8‰); São José dos Quatro Marcos (taxa de 3,6‰); Alto Paraguai (taxa de 2,7‰), todos estes municípios localizados no estado do Mato Grosso. No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Araruna (taxa de 6,0‰); Bom Sucesso (taxa de 4,0 ‰); Floresta (taxa de 3,3‰), todos estes municípios localizados no estado do Paraná.

FIGURA 19. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2001.

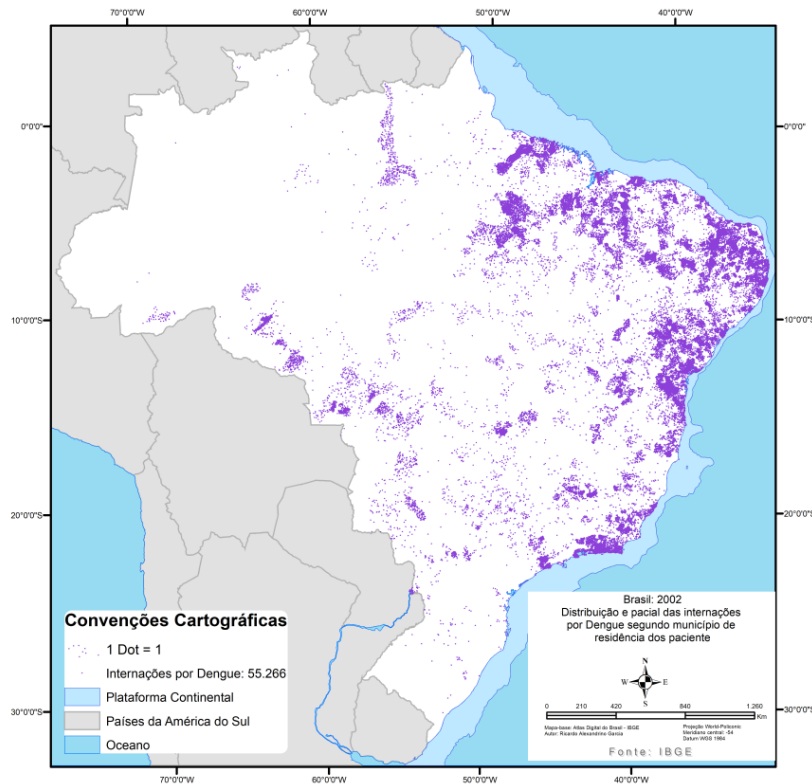


Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2002, conforme a Figura 20 a seguir, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,18. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Jesus do Tocantins, no Tocantins (taxa de 13,7‰); Goianésia do Pará, no Pará (taxa de 9,5‰); e São Domingos do Araguaia, no Pará (taxa de 7,5‰). Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Antônio Martins (taxa de 13,2‰); Almino Afonso (taxa de 10,2‰); Alexandria (taxa de 9,4‰), todos estes no estado do Rio Grande do Norte. No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Ouro

Branco, em Minas Gerais (taxa de 6,0‰); Bocaina, em São Paulo (taxa de 5,5‰); e Bom Sucesso, em Minas Gerais (taxa de 4,9‰). No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Jauru, (taxa de 5,4‰); São José dos Quatro Marcos (taxa de 3,7‰); Alto Paraguai (taxa de 2,7‰), todos estes municípios localizados no estado do Mato Grosso. No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Araruna (taxa de 5,7‰); Bom Sucesso (taxa de 4,9 ‰); Floresta (taxa de 3,2‰), todos estes municípios localizados no estado do Paraná.

FIGURA 20. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2002.

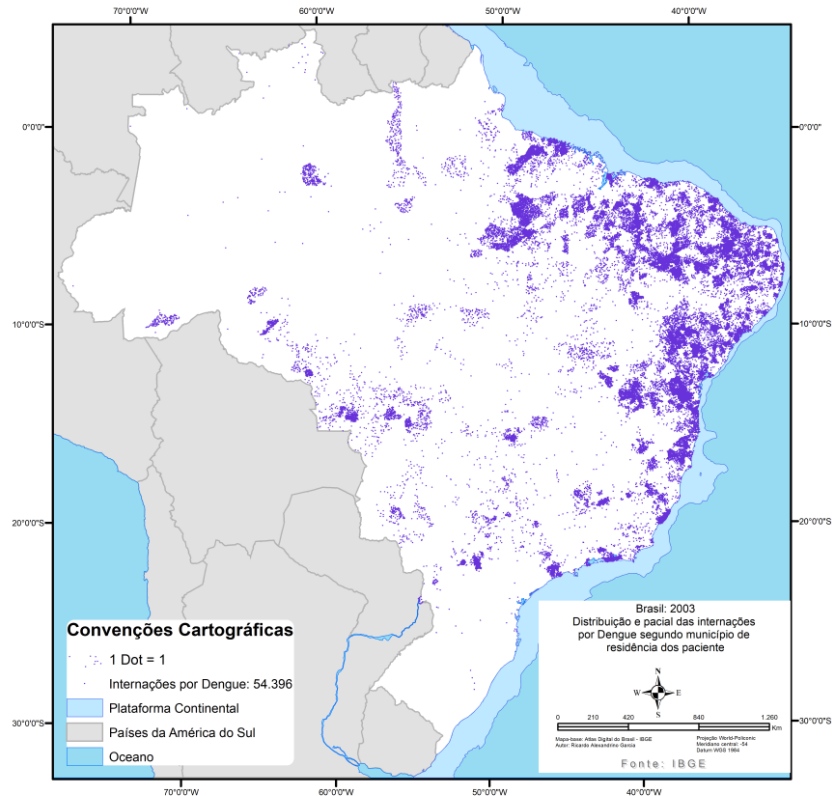


Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2003, conforme a Figura 21 a seguir, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,20. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Jesus do Tocantins, no Tocantins (taxa de 13,7‰); Goianésia do Pará, no Pará (taxa de 9,5‰); e São Domingos do Araguaia, no Pará (taxa de 7,5‰). Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Alexandria (taxa de 14,5‰); Antônio Martins (taxa de 13,2‰);

Ibirataia (taxa de 13,0‰), todos estes no estado do Rio Grande do Norte. No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Ouro Branco, em Minas Gerais (taxa de 7,5‰); Bocaina, em São Paulo (taxa de 6,0‰); e Bom Sucesso, em Minas Gerais (taxa de 5,6‰). No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Jauru, (taxa de 5,0‰); São José dos Quatro Marcos (taxa de 3,7‰); Alto Paraguai (taxa de 3,1‰), todos estes municípios localizados no estado do Mato Grosso. No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso (taxa de 7,4 ‰); Araruna (taxa de 5,2‰); Floresta (taxa de 3,0‰), todos estes municípios localizados no estado do Paraná.

FIGURA 21. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2003.

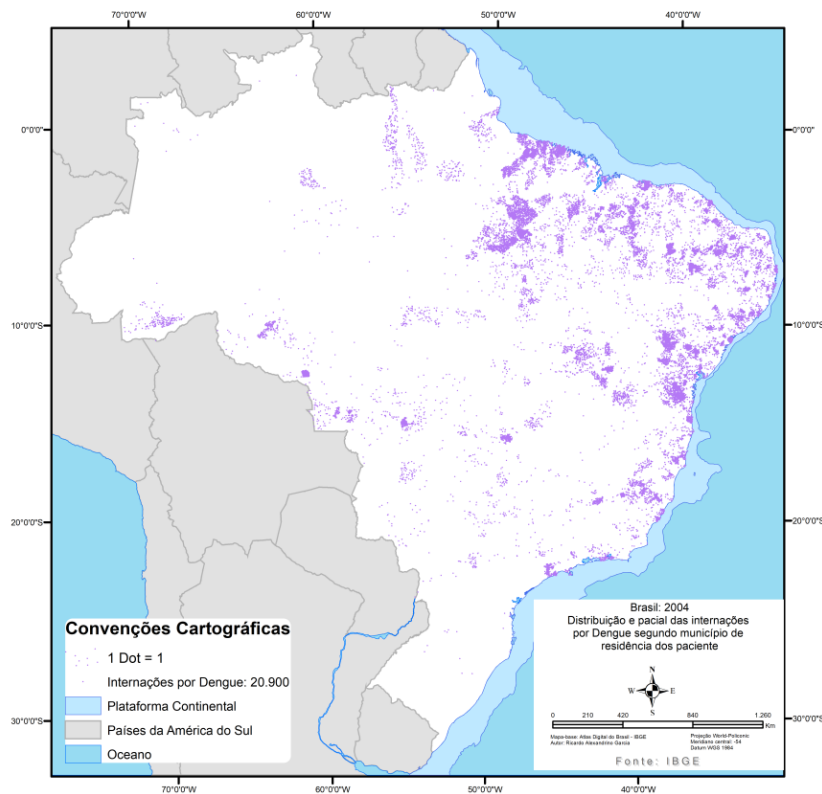


Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2004, conforme a Figura 22, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,21. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Goianésia do Pará, no Pará (taxa de 10,0‰); Bom Jesus do Tocantins, no Tocantins (taxa de 9,2‰); e Brejo Grande do Araguaia, no Pará (taxa de

9,2%). Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Alexandria, no Rio Grande do Norte (taxa de 14,5%); Ibirataia, na Bahia (taxa de 13,2%); São João do Cariri, em Pernambuco (taxa de 13,0%). No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso, em Minas Gerais (taxa de 6,7%); Bocaina, em São Paulo (taxa de 5,7%); e Ouro Branco, em Minas Gerais (taxa de 5,2%). No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Jauru, (taxa de 4,5%); Novo São Joaquim (taxa de 4,2%); São José dos Quatro Marcos (taxa de 3,2%), todos estes municípios localizados no estado do Mato Grosso. No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso, no Paraná (taxa de 7,4 %); Araruna, no Paraná (taxa de 5,2%); Massaranduba, em Santa Catarina (taxa de 3,0%).

FIGURA 22. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2004.

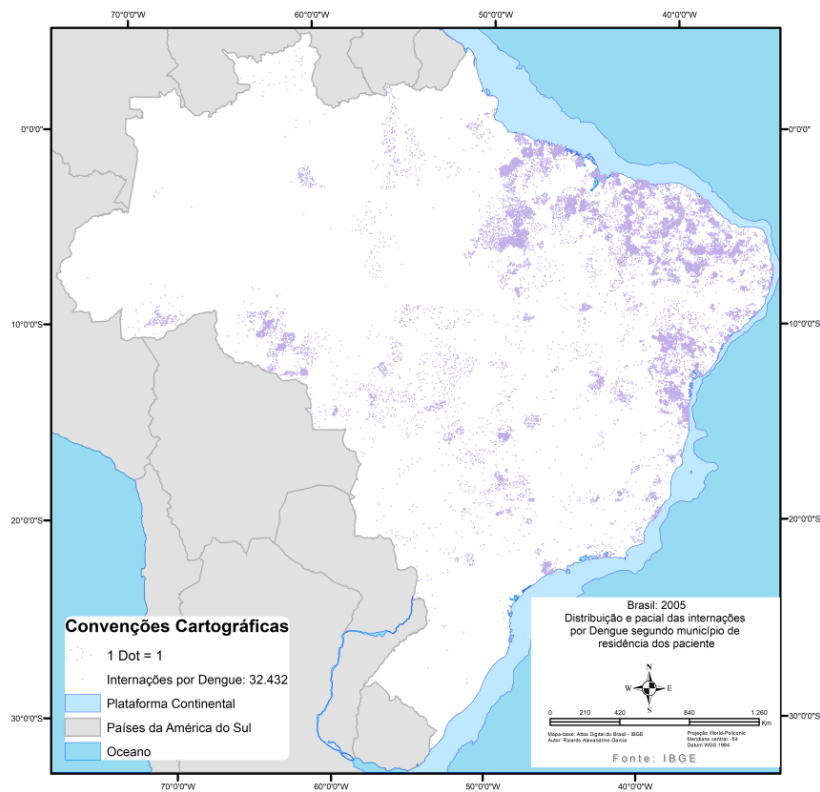


Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2005, conforme a Figura 23, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,20. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior

número de pessoas internadas foram: Bom Jesus do Tocantins, no Tocantins (taxa de 9,0‰); Colorado do Oeste, em Roraima (taxa de 8,9‰); e Brejo Grande do Araguaia, no Pará (taxa de 7,7‰). Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: São João do Cariri, em Pernambuco (taxa de 15,8‰); Fronteiras, no Piauí (taxa de 11,3‰); Ibirataia, na Bahia (taxa de 10,4‰). No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso, em Minas Gerais (taxa de 10,1‰); Bocaina, em São Paulo (taxa de 3,4‰); e Galiléia, em Minas Gerais (taxa de 2,7‰). No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Novo São Joaquim, no Mato Grosso (taxa de 4,5‰); Rio Verde de Mato Grosso, em Mato Grosso do Sul (taxa de 3,4‰); Jauru, no Mato Grosso (taxa de 3,2). No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso, no Paraná (taxa de 10,2 ‰); Independência, no Rio Grande do Sul (taxa de 2,3‰); Ubiratã, no Paraná (taxa de 2,1‰).

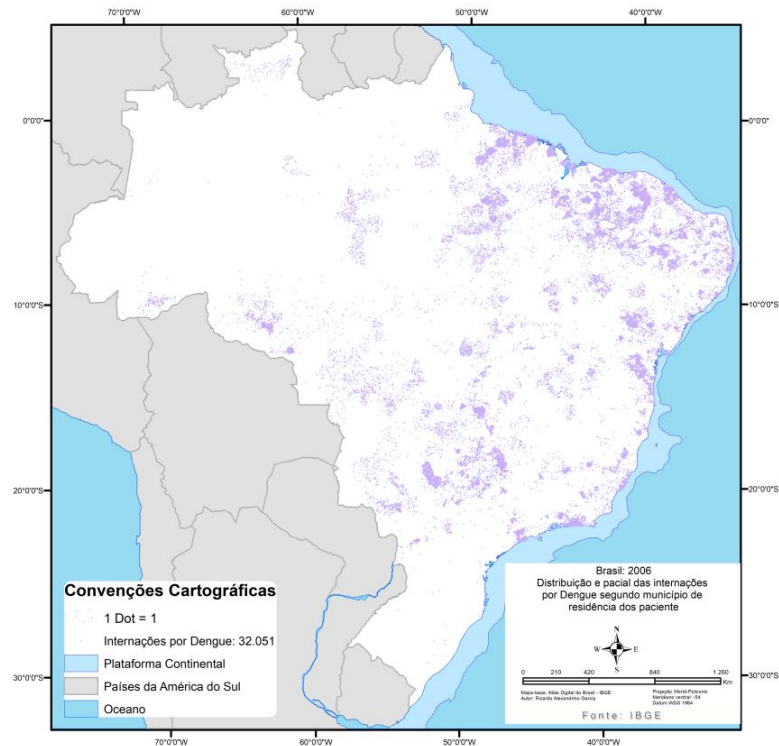
FIGURA 23. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2005.



Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2006, conforme a Figura 24, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,23. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Colorado do Oeste, em Roraima (taxa de 8,7‰); Bom Jesus do Tocantins, no Tocantins (taxa de 7,3‰); e Palestina do Pará, no Pará (taxa de 7,3‰). Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: São João do Cariri, na Paraíba (taxa de 19,1‰); Bom Sucesso, na Paraíba (taxa de 11,9‰); Monsenhor Tabosa, no Ceará (taxa de 9,5‰). No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso, em Minas Gerais (taxa de 11,9‰); Guarapari, no Espírito Santo (taxa de 2,6‰); e Neves Paulista, em São Paulo (taxa de 2,2‰). No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Novo São Joaquim, no Mato Grosso (taxa de 4,7‰); Rio Verde de Mato Grosso, em Mato Grosso do Sul (taxa de 3,2‰); São Miguel do Araguaia, em Goiás (taxa de 3,1‰). No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso, no Paraná (taxa de 11,9 ‰); Santa Rosa de Lima, Santa Catarina (taxa de 3,6‰); Independência, no Rio Grande do Sul (taxa de 2,6‰).

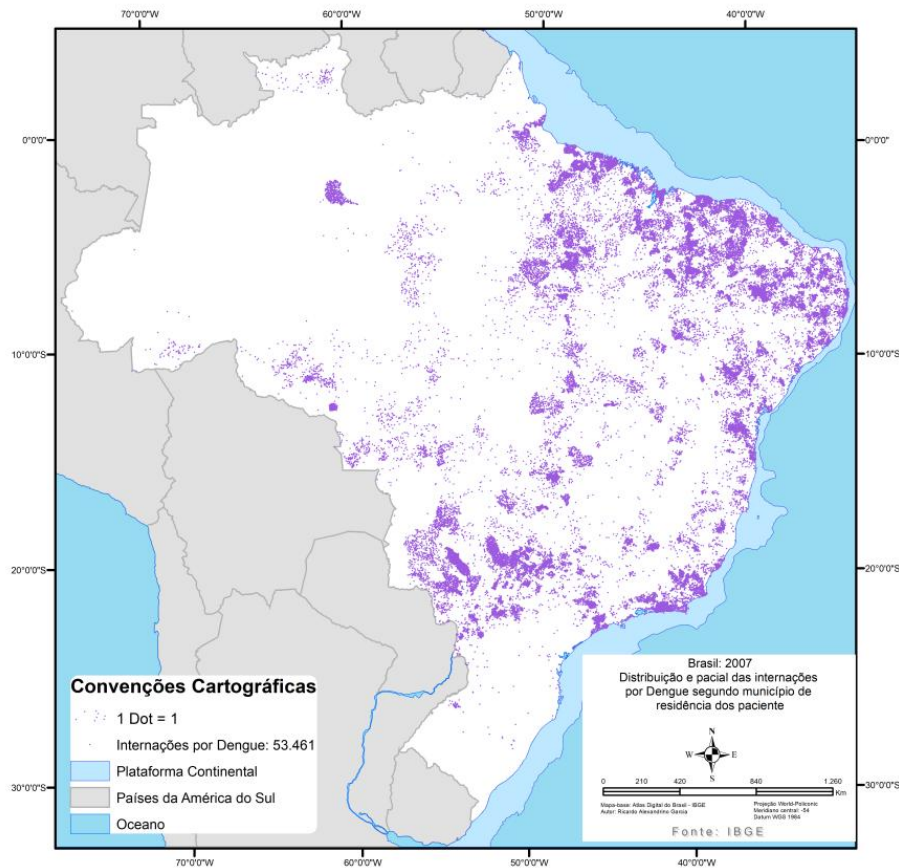
FIGURA 24. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2006.



Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2007, conforme a Figura 25, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,26. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Arapoema, no Tocantins (taxa de 8,8‰); Colorado do Oeste, Roraima (taxa de 8,5‰); e Palestina do Pará, no Pará (taxa de 8,3‰). Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: São João do Cariri, na Paraíba (taxa de 21,3‰); Bom Sucesso, na Paraíba (taxa de 11,8‰); Monsenhor Tabosa, no Ceará (taxa de 9,7‰). No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso, em Minas Gerais (taxa de 11,8‰); União de Minas, em Minas Gerais (taxa de 3,4‰); e Nova Venécia, no Espírito Santo (taxa de 3,0‰). No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Novo São Joaquim (taxa de 8,2‰); Itaúba (taxa de 5,0‰); Nova Brasilândia (taxa de 4,2‰), todos em Mato Grosso. No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso, no Paraná (taxa de 11,8 ‰); Santa Rosa de Lima, Santa Catarina (taxa de 4,2‰); Independência, no Rio Grande do Sul (taxa de 2,7‰).

FIGURA 25. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2007.

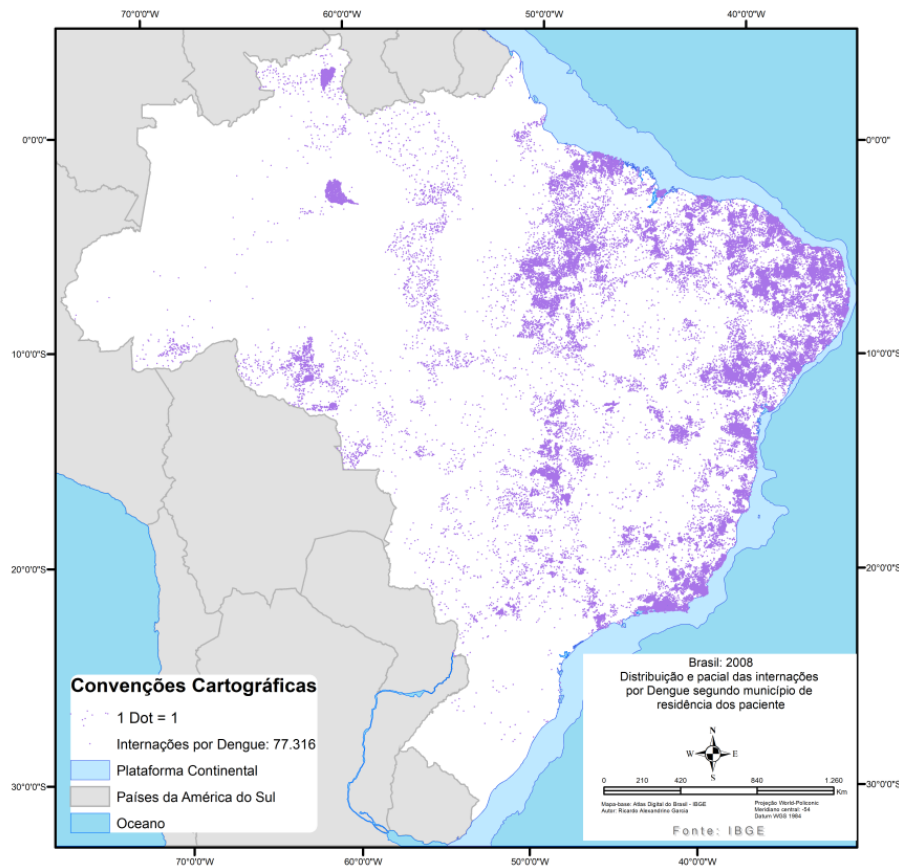


Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2008, conforme a Figura 26, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,32. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: São João da Baliza, em Roraima (taxa de 8,8‰); Arapoema, no Tocantins (taxa de 8,5‰); e Colorado do Oeste, em Rondônia (taxa de 8,3‰). Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: São João do Cariri, na Paraíba (taxa de 22,2‰); Bom Sucesso, na Paraíba (taxa de 13,4‰); Ibirataia, na Bahia (taxa de 8,0‰). No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso (taxa de 13,4‰); Nova União (taxa de 5,1‰); e União de Minas (taxa de 4,1‰), todos em Minas Gerais. No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Nova Brasilândia, em Mato Grosso (taxa de 7,5‰); Doverlândia, em Goiás (taxa de 6,8‰); Itaúba, Mato Grosso (taxa de 6,0). No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas

foram: Bom Sucesso, no Paraná (taxa de 13,5 %); Santa Rosa de Lima, Santa Catarina (taxa de 4,3‰); Ivatuba, no Paraná (taxa de 3,8‰).

FIGURA 26. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2008.

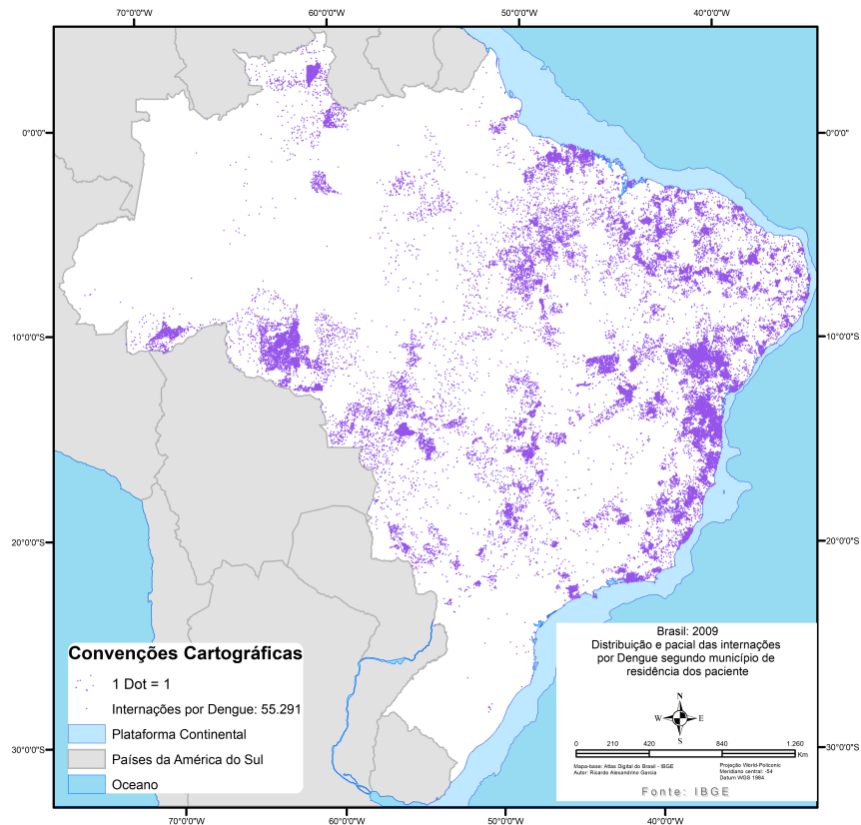


Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2009, conforme a Figura 27, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,37. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: São João da Baliza, em Roraima (taxa de 12,3‰); Arapoema, no Tocantins (taxa de 11,8‰); e Araguaçu, em Tocantins (taxa de 10,5‰). Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: São João do Cariri, na Paraíba (taxa de 21,3‰); Bom Sucesso, na Paraíba (taxa de 14,9‰); Ichu, na Bahia (taxa de 12,1‰). No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso (taxa de 14,9‰); Nova União (taxa de 6,6‰); e União de Minas (taxa de 4,4‰), todos em Minas Gerais. No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Nova Brasilândia,

em Mato Grosso (taxa de 7,2‰); Itaúba, Mato Grosso (taxa de 6,5); Doverlândia, em Goiás (taxa de 6,2‰). No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso, no Paraná (taxa de 14,9 ‰); Santa Rosa de Lima, Santa Catarina (taxa de 4,7‰); Ivatuba, no Paraná (taxa de 3,8‰).

FIGURA 27. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2009.

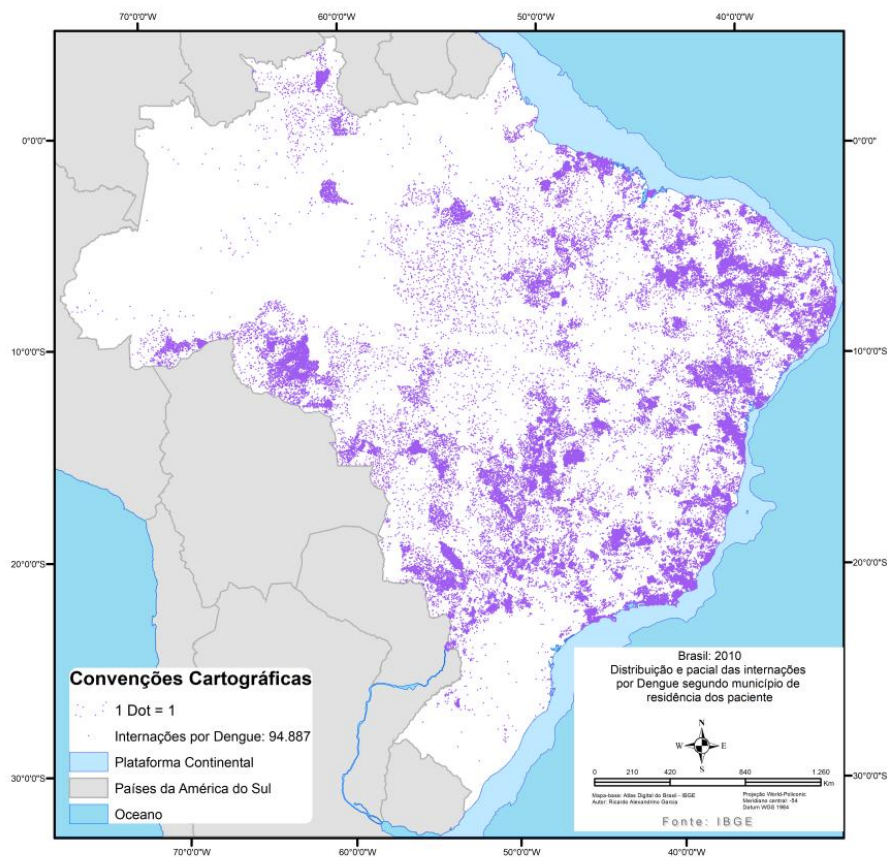


Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2010, conforme a Figura 28, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,37. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: São João da Baliza, em Roraima (taxa de 13,9‰); Araguaçu, no Tocantins (taxa de 12,7‰); e Arapoema, em Tocantins (taxa de 10,2‰). Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: São João do Cariri, na Paraíba (taxa de 15,9‰); Ibirataia, na Bahia (taxa de 14,1‰); Ichu, na Bahia (taxa de 14,1‰). No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso (taxa de 10,7‰); Nova União (taxa de 7,2‰); e

União de Minas (taxa de 4,7%), todos em Minas Gerais. No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Nova Brasilândia, em Mato Grosso (taxa de 7,2%); Itaúba, Mato Grosso (taxa de 7,1); Doverlândia, em Goiás (taxa de 6,5%). No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso, no Paraná (taxa de 10,7 %); Santa Rosa de Lima, Santa Catarina (taxa de 4,8%); Alto Alegre, no Rio Grande do Sul (taxa de 3,7%).

FIGURA 28. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2010.

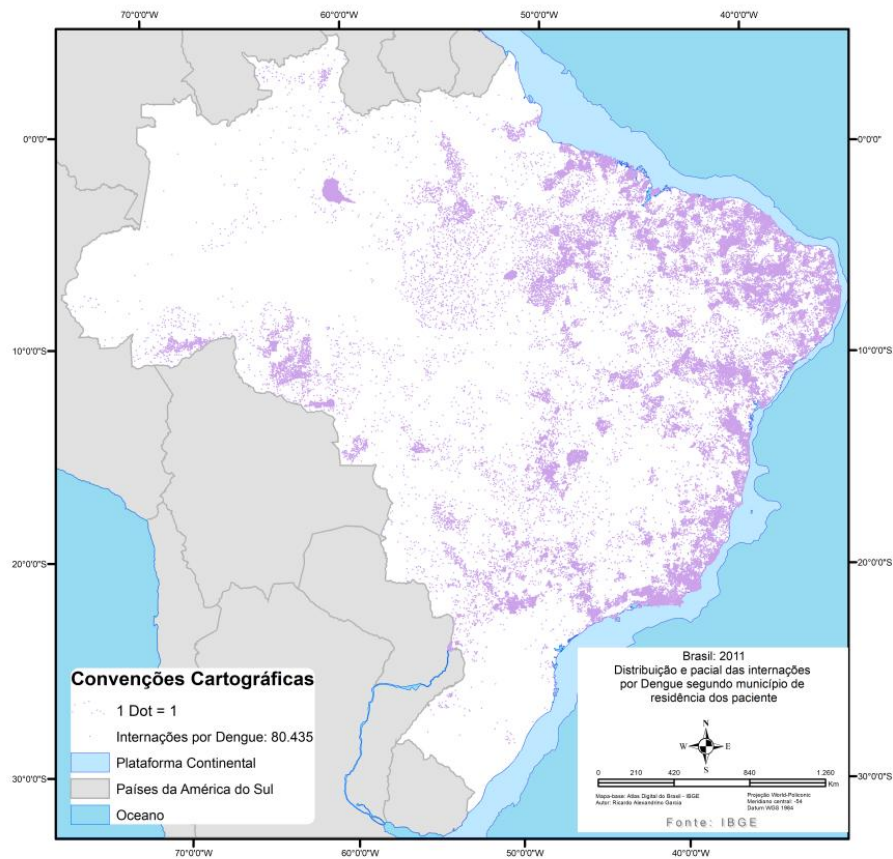


Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2011, conforme a Figura 29, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,35. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Araguaçu, no Tocantins (taxa de 14,2%); São João da Baliza, em Roraima (taxa de 13,8%); e Arapoema, em Tocantins (taxa de 12,4%). Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Ibirataia, na Bahia (taxa de 16,8%); Ichu, na Bahia (taxa de 15,3%); e Alexandria, no Rio

Grande do Norte (taxa de 14,0%). No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso (taxa de 9,8%); União de Minas (taxa de 9,0%); Nova União (taxa de 8,5%), todos em Minas Gerais. No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram:; Doverlândia, em Goiás (taxa de 8,8%); Nova Brasilândia, em Mato Grosso (taxa de 7,4%); Itaúba, Mato Grosso (taxa de 6,7%). No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso, no Paraná (taxa de 9,8 %); Ivatuba, no Paraná (taxa de 4,4%); Araruna, no Paraná (taxa de 3,4%).

FIGURA 29. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2011.

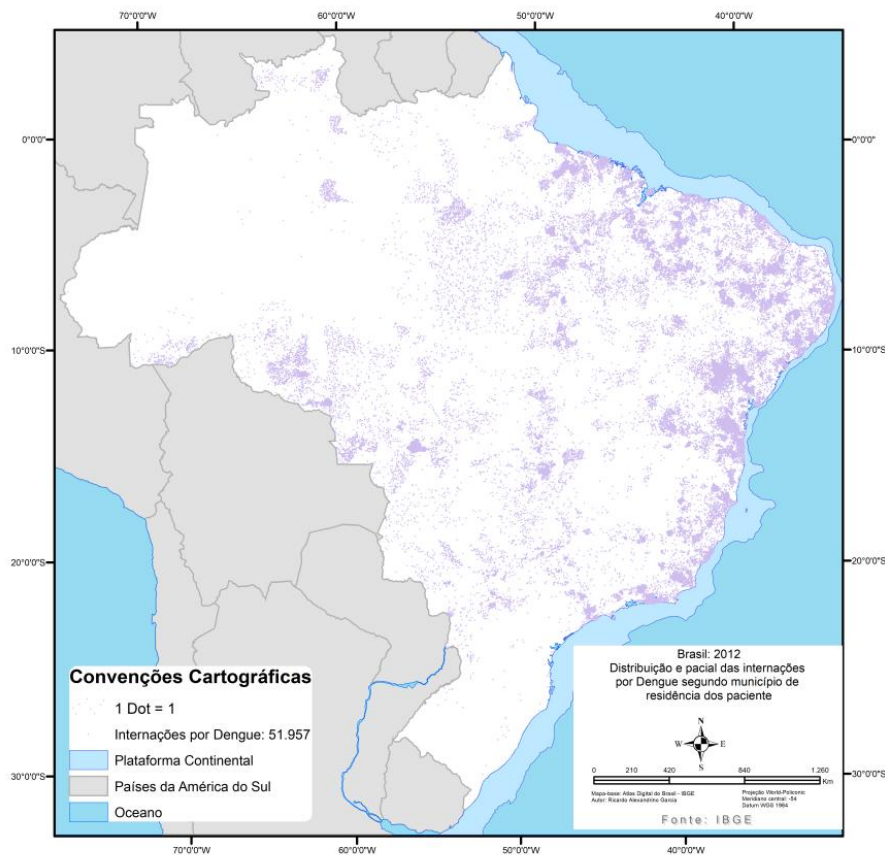


Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2012, conforme a Figura 20, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,33. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Araguaçu, no Tocantins (taxa de 18,0%); Colorado do Oeste, em Roraima (taxa de 9,0%); e Arapoema, no Tocantins (taxa de 9,0%). Na região

Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Alexandria, na Bahia (taxa de 17,0‰); Ichu, na Bahia (taxa de 13,2‰); Ibirataia, no Rio Grande do Norte (taxa de 13,0‰). No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso (taxa de 11,0‰); Nova União (taxa de 6,3‰); e União de Minas (taxa de 6,3‰), todos em Minas Gerais. No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Doverlândia (taxa de 9,1‰); Iaciara (taxa de 8,3‰); Mara Rosa (taxa de 7,4‰), todos em Goiás. No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso (taxa de 11,0 ‰); Araruna (taxa de 4,8‰); Ivatuba (taxa de 4,5‰), todos no Paraná.

FIGURA 30. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2012.

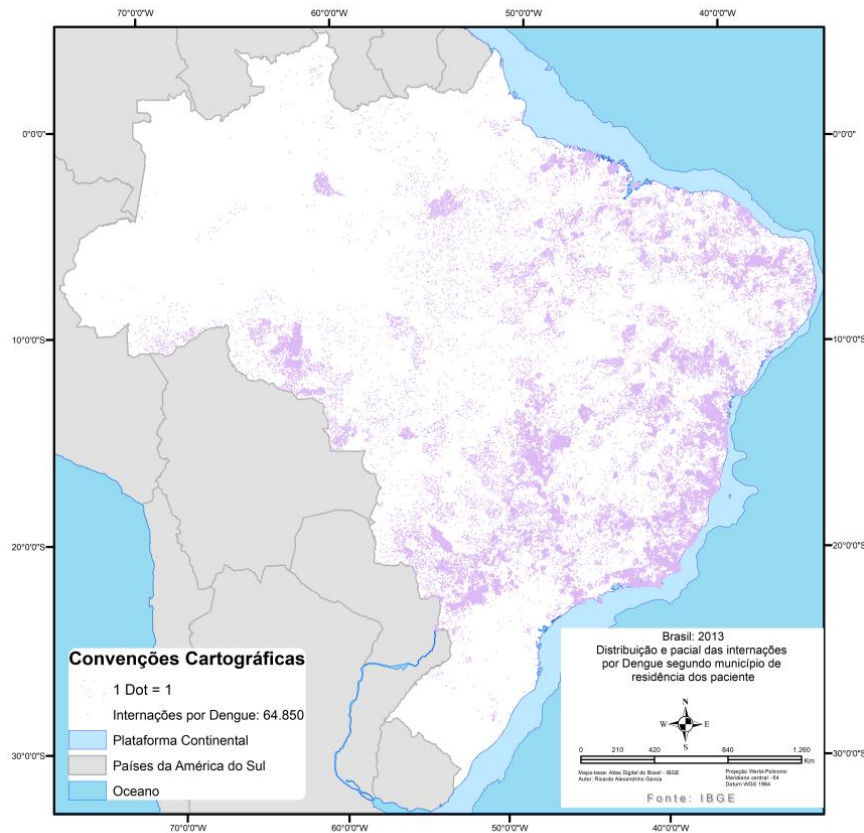


Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2013, conforme a Figura 31, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,30. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior

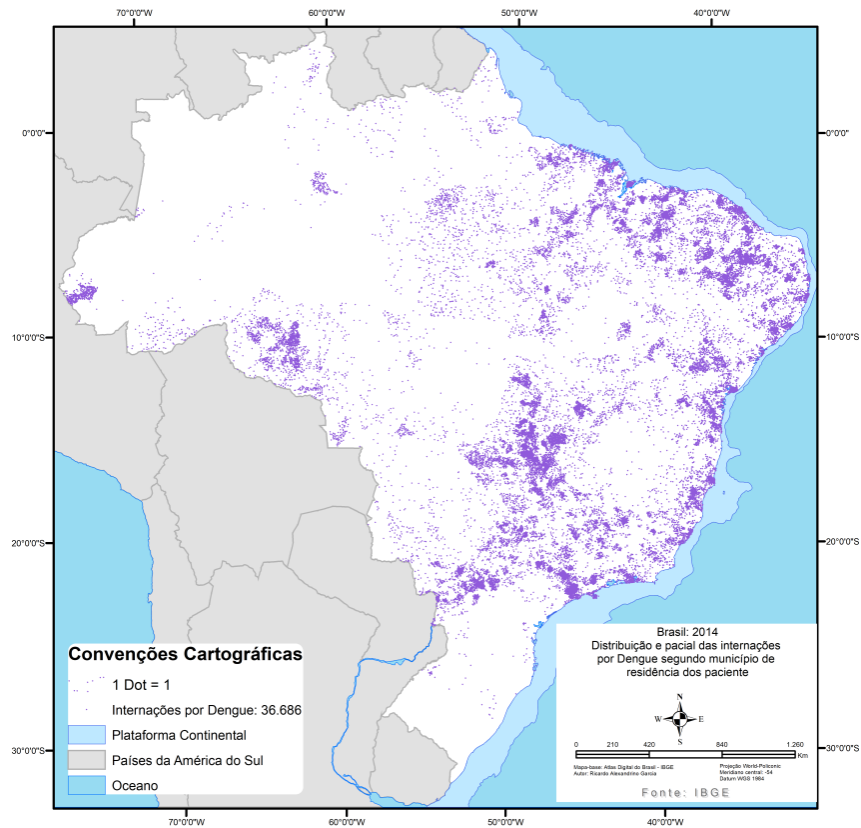
número de pessoas internadas foram: Araguaçu, no Tocantins (taxa de 15,7‰); Cerejeiras, em Rondônia (taxa de 6,9‰); e Colorado do Oeste, em Rondônia (taxa de 6,6‰). Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Alexandria, no Rio Grande do Norte (taxa de 17,0‰); Ibirataia, na Bahia (taxa de 13,2‰); Almino Afonso, no Rio Grande do Norte (taxa de 13,0‰). No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: União de Minas, em Minas Gerais (taxa de 7,4‰); Bom Sucesso, em Minas Gerais (taxa de 7,4‰); Neves Paulista, em São Paulo (taxa de 5,5‰). No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Iaciara, em Goiás (taxa de 9,1‰); Torixoréu, no Mato Grosso (taxa de 8,3‰); Buriti Alegre, em Goiás (taxa de 7,4‰). No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso (taxa de 7,4 ‰); Araruna (taxa de 6,4‰); Itaúna do Sul (taxa de 5,0‰), todos no Paraná.

FIGURA 31. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2013.



Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2014, conforme a Figura 32, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,28. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Araguaçu, no Tocantins (taxa de 12,9‰); Parecis, em Rondônia (taxa de 7,1‰); e Pium, no Tocantins (taxa de 6,9‰). Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Alexandria, no Rio Grande do Norte (taxa de 23,0‰); Almino Afonso, no Rio Grande do Norte (taxa de 18,1‰); Ibirataia, na Bahia (taxa de 12,2‰). No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso, em Minas Gerais (taxa de 10,0‰); União de Minas, em Minas Gerais (taxa de 7,9‰); Neves Paulista, em São Paulo (taxa de 6,1‰). No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Itapaci, em Goiás (taxa de 6,9‰); Buriti Alegre, em Goiás (taxa de 6,6‰); Torixoréu, no Mato Grosso (taxa de 4,4‰). No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Araruna (taxa de 11,3‰); Bom Sucesso (taxa de 10,0‰); Itaúna do Sul (taxa de 5,3‰), todos no Paraná.

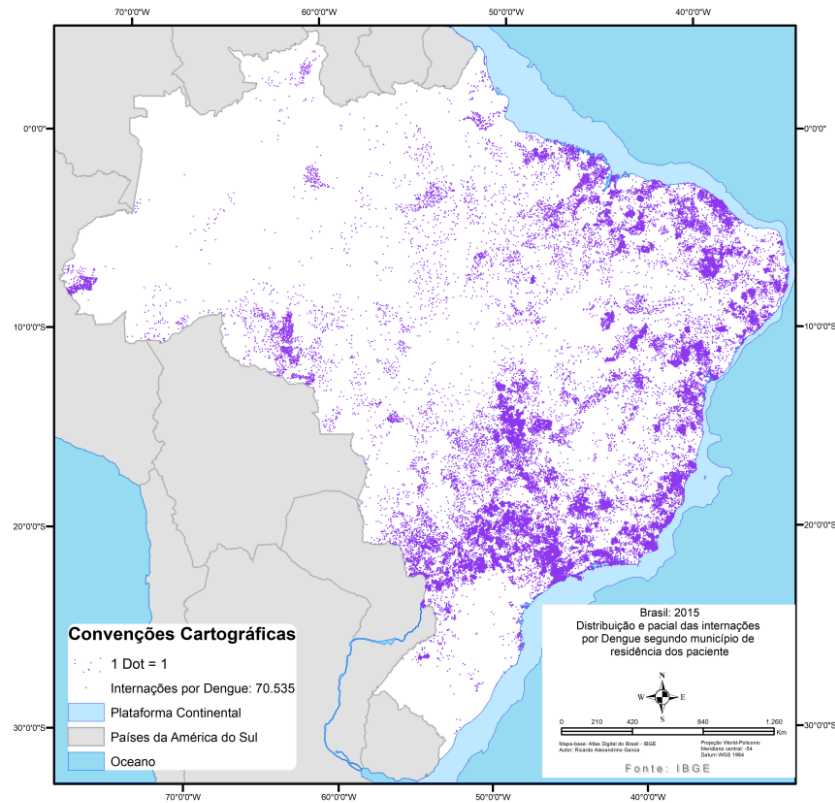
FIGURA 32. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2014.

Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2015, conforme a Figura 33, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,25. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Araguaçu, no Tocantins (taxa de 10,2‰); Parecis, em Rondônia (taxa de 6,7‰); e Mirante da Serra, em Rondônia (taxa de 5,7‰). Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Alexandria, no Rio Grande do Norte (taxa de 21,2‰); Graça Aranha, no Rio Grande do Norte (taxa de 17,2‰); Ibirataia, na Bahia (taxa de 14,4‰). No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso, em Minas Gerais (taxa de 8,7‰); União de Minas, em Minas Gerais (taxa de 7,8‰); Neves Paulista, em São Paulo (taxa de 6,3‰). No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Itapaci, em Goiás (taxa de 7,0‰); Buriti Alegre, em Goiás (taxa de 6,5‰); Torixoréu, no Mato Grosso (taxa de 6,0‰). No Sul, os municípios que apresentaram o

maior número de pessoas internadas foram: Araruna (taxa de 10,8%); Bom Sucesso (taxa de 8,7 %); Itaúna do Sul (taxa de 5,6%), todos no Paraná.

FIGURA 33. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2015.

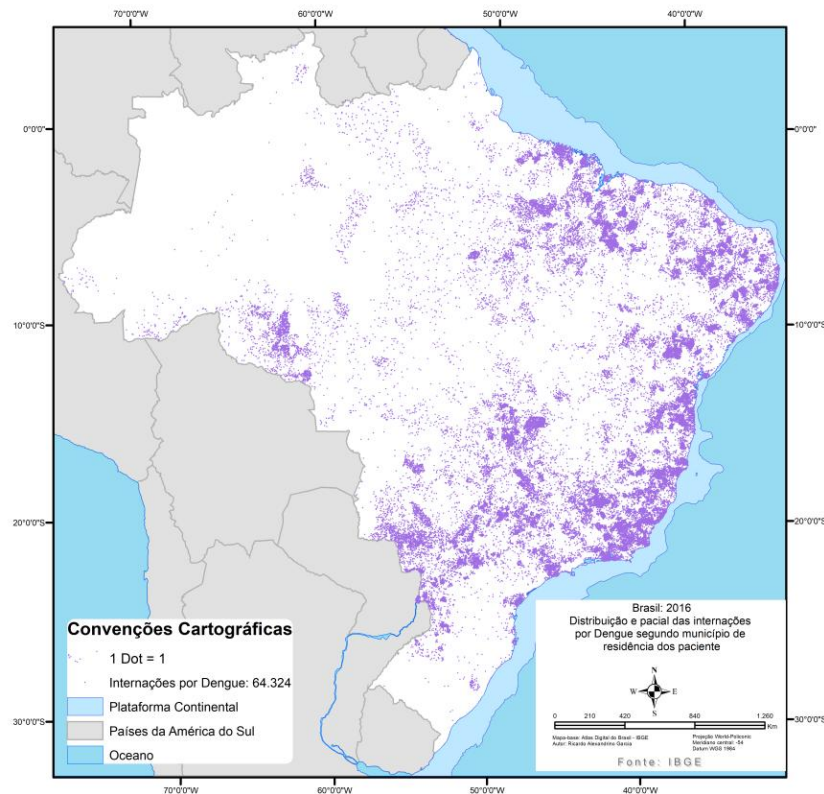


Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2016, conforme a Figura 34, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,20. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Araguaçu, no Tocantins (taxa de 7,3%); Parecis, em Rondônia (taxa de 5,6%); e Santa Luzia D'Oeste, em Rondônia (taxa de 4,5%). Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Alexandria, no Rio Grande do Norte (taxa de 18,6%); Alcobaça, na Bahia (taxa de 16,8%); Graça Aranha, no Maranhão (taxa de 16,4%). No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso, em Minas Gerais (taxa de 7,2%); Neves Paulista, em São Paulo (taxa de 5,7%); Tupaciguara, em Minas Gerais (taxa de 4,2%). No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas

foram: Itapaci, em Goiás (taxa de 6,6‰); Torixoréu, no Mato Grosso (taxa de 6,2‰); Caiapônia, em Goiás (taxa de 6,1‰). No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Araruna (taxa de 8,0‰); Bom Sucesso (taxa de 7,3 ‰); Itaúna do Sul (taxa de 5,3‰), todos no Paraná.

FIGURA 34. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2016.

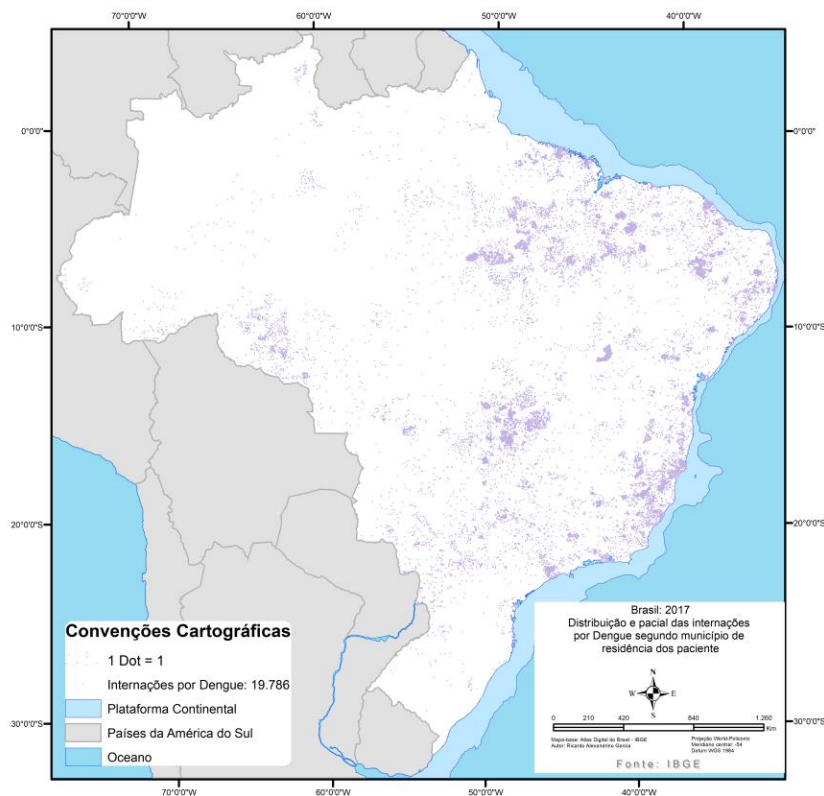


Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2017, conforme a Figura 35, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,21. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Cabixi (taxa de 6,1‰); Parecis (taxa de 4,8‰); e Santa Luzia D'Oeste, em Rondônia (taxa de 3,8‰) todos em Rondônia. Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Alexandria, no Rio Grande do Norte (taxa de 18,0‰); Alcobaça, na Bahia (taxa de 17,0‰); Graça Aranha, no Maranhão (taxa de 16,3‰). No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Neves Paulista, em São Paulo (taxa de 6,7‰); Bom Sucesso, em Minas Gerais (taxa de 5,7‰); Pedro Canário, no Espírito Santo (taxa de 4,7‰). No Centro-

Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Firminópolis, em Goiás (taxa de 6,6‰); Damolândia, em Goiás (taxa de 6,2‰); Torixoréu, em Mato Grosso (taxa de 6,1‰). No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Araruna (taxa de 6,7‰); Bom Sucesso (taxa de 5,7 ‰); Tupãssi (taxa de 3,9‰), todos no Paraná.

FIGURA 35. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2017.

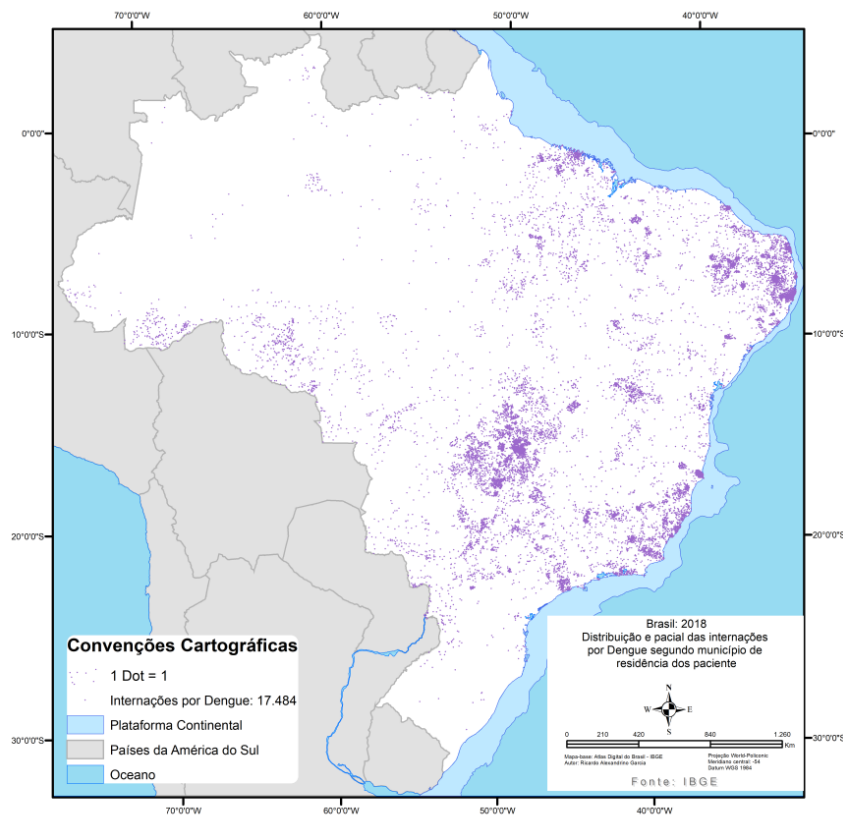


Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2018, conforme a Figura 36, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,19. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Cabixi, em Rondônia (taxa de 5,5‰); Santa Luzia D'Oeste, em Rondônia (taxa de 3,8‰); e São João do Araguaia, no Pará (taxa de 3,3‰) todos em Rondônia. Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Alexandria, no Rio Grande do Norte (taxa de 19,0‰); Alcobaça, na Bahia (taxa de 18,0‰); Graça Aranha, no Maranhão (taxa de 16,0‰). No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso, em

Minas Gerais (taxa de 6,4‰); Pedro Canário, no Espírito Santo (taxa de 5,2‰); e Conselheiro Pena, em Minas Gerais (taxa de 4,8‰). No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Firminópolis, em Goiás (taxa de 8,9‰); Colinas do Sul, em Goiás (taxa de 6,8‰); Torixoréu, em Mato Grosso (taxa de 6,6‰). No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Bom Sucesso (taxa de 6,4 ‰); Araruna (taxa de 6,3‰); Nova Cantu (taxa de 3,1‰), todos no Paraná.

FIGURA 36. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2018.

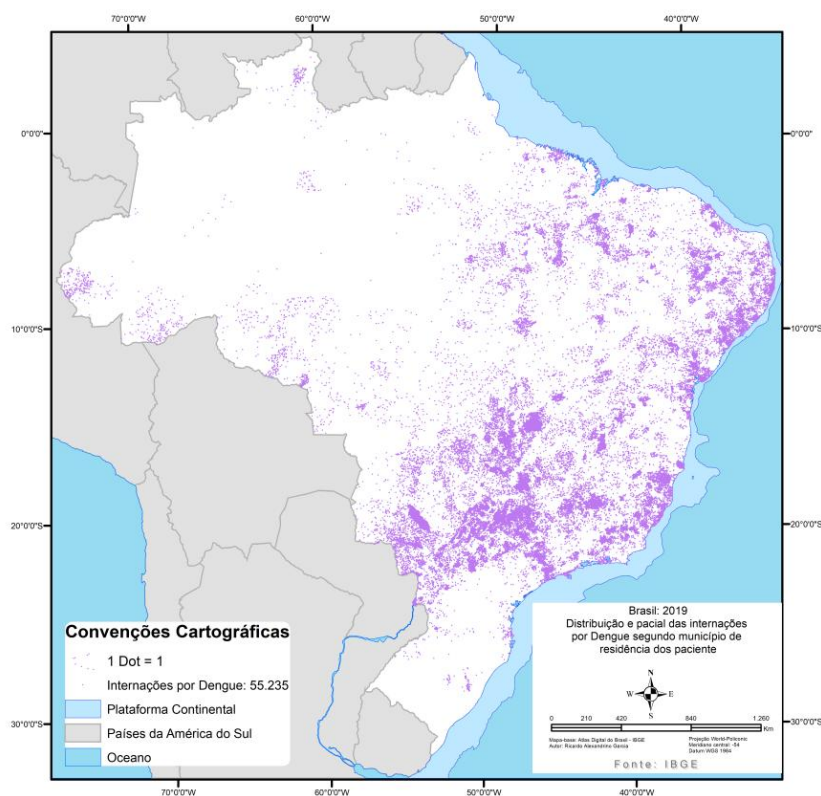


Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

No ano 2019, conforme a Figura 37, a taxa de internações (relativa a mil habitantes) no Brasil ficou em 0,146. Os municípios da região Norte do país que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Cabixi, em Rondônia (taxa de 5,0‰); Santa Luzia D'Oeste, em Rondônia (taxa de 3,4‰); e São João do Araguaia, no Pará (taxa de 3,0‰) todos em Rondônia. Na região Nordeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Graça Aranha, no Maranhão (taxa de 11,3‰); Alcobaça, na Bahia

(taxa de 11,0‰); e Alexandria, no Rio Grande do Norte (taxa de 7,7‰). No Sudeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Pedro Canário, no Espírito Santo (taxa de 6,0‰); Conselheiro Pena, em Minas Gerais (taxa de 5,1‰); e Ibirá, em São Paulo (taxa de 2,8‰). No Centro-Oeste, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Firminópolis (taxa de 9,7‰); Damolândia (taxa de 8,5‰); Caiapônia (taxa de 8,0‰), todos em Goiás. No Sul, os municípios que apresentaram o maior número de pessoas internadas foram: Nova Cantu (taxa de 3,0 ‰); Terra Roxa (taxa de 1,7‰); Entre Rios do Oeste (taxa de 1,7‰), todos no Paraná.

FIGURA 37. Distribuição das internações por dengue no Brasil em 2019.



Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

Com a relativização dos dados, conforme o total da população, a taxa por mil habitantes revela os estados do Brasil que estão em situação crítica para infecção por dengue conforme seu histórico no período. A Tabela 2 a seguir mostra Rondônia (0,839) como o estado com a maior taxa nacional, seguido do Pará (0,631), também na região Norte. No Nordeste, o Piauí apresentou taxa igual a 0,632, a mais alta da região, seguido do Rio Grande

do Norte (0,497) e do Maranhão (0,472). No Sudeste, o estado do Espírito Santo (0,353), apresentou a maior da do período na região, seguido de Minas Gerais (0,163). No Sul, a maior taxa foi para o Paraná (0,096). No Centro-Oeste, Mato Grosso (0,501) e Mato Grosso do Sul (0,438) apresentaram maior valor relativo para essa região geográfica brasileira.

TABELA 2. Brasil: 2000/2019. Total de internações hospitalares por Dengue entre 2000 e 2019, total da população residente em 2010 e Taxas médias anuais de Internações Hospitalares segundo Unidades da Federação de residência dos internados.

UF	Total de internações entre 2000 e 2019	População residente em 2010	Taxa média anual de internações entre 2000 e 2019
	N	N	mil habitantes
RO	26 815	1 598 634	0,839
AC	5 222	765 325	0,341
AM	7 359	3 553 148	0,104
RR	5 138	458 820	0,560
PA	97 898	7 762 953	0,631
AP	2 243	694 261	0,162
TO	13 332	1 412 989	0,472
MA	63 382	6 710 964	0,472
PI	40 332	3 192 643	0,632
CE	78 497	8 623 766	0,455
RN	32 212	3 239 939	0,497
PB	33 874	3 840 796	0,441
PE	35 117	9 000 873	0,195
AL	14 905	3 195 720	0,233
SE	10 347	2 108 297	0,245
BA	132 663	14 302 571	0,464
MG	65 074	19 957 444	0,163
ES	25 376	3 596 057	0,353
RJ	62 559	16 303 188	0,192
SP	64 847	42 298 906	0,077
PR	20 431	10 653 276	0,096
SC	1 040	6 362 816	0,008
RS	1 104	10 914 795	0,005
MT	25 072	2 499 996	0,501
MS	27 212	3 106 513	0,438
GO	74 487	6 111 792	0,609
DF	5 234	2 639 212	0,099
Total	971 772	194 905 694	0,249

Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados). IBGE. Atlas nacional do Brasil digital (2005) e Malha digital dos municípios brasileiros (2013). Org.: própria, 2021.

Quanto ao clima e à temperatura, a análise epidemiológica conforme está exposto na Tabela 3 a seguir, é denotado que as maiores taxas de internação relativas ao tamanho da população e, de acordo com as faixas ou regiões com as mais altas médias anuais de calor são aquelas com o maior número proporcional de internações. Portanto, nos climas subquente e quente, onde se averigua médias de temperatura superiores a 15°C, são onde estão as maiores taxas de internados por dengue, igual a 0,131 e 0,389 respectivamente. As regiões com temperaturas médias anuais inferiores a 15°C são aquelas onde há, diretamente, menores taxas e, portanto, menor propagação da doença.

TABELA 3. Total de internações hospitalares por Dengue entre 2000 e 2019, total da população residente em 2010 e Taxas médias anuais de Internações Hospitalares segundo a classificação da temperatura média da sede do município de residência dos internados.

Temperatura	População residente em 2010	Total de internações entre 2000 e 2019	Taxa anual de internações entre 2000 e 2019
	N	N	mil habitantes
mesotérmico mediano - média > 10o C	145 654	12	0,004
mesotérmico brando - média entre 10 e 15o C	29 891 804	16 154	0,027
subquente - média entre 15 e 18o C em pelo menos 1 mês	63 142 719	165 113	0,131
quente - média > 18o C em todos os meses	101 710 505	790 493	0,389
Total	194 890 682	971 772	0,249

Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados). IBGE. Atlas nacional do Brasil digital (2005) e Malha digital dos municípios brasileiros (2013). Org.: própria, 2021.

Ao propor maior nível de detalhe nessa análise, quanto à distribuição da umidade de acordo com a média de precipitação por período anual, observa-se na Tabela 4 a seguir que as maiores taxas relativas às internações por dengue têm ocorrido em áreas com quatro (4) a oito (8) meses de estiagem. Tais taxas correspondem a 0,311, 0,531 e 0,613 respectivamente. As menores taxas estão nas áreas sem seca e subseca, correspondentes a 0,066 e 0,107. Portanto, o mosquito e a transmissão da dengue se desenvolvem com maior intensidade nas áreas com certo período de estiagem, mas não nas regiões úmidas ou superúmidas. O processo de oviposição do mosquito *Aedes aegypti*, contaminação, adoecimento e propagação da doença pelos infectados precisa de um ambiente com determinada oferta pluviométrica balanceado com estações secas para que o inseto se torne adulto, contamine-se e propague a dengue para pessoas.

TABELA 4. Total de internações hospitalares por Dengue entre 2000 e 2019, total da população residente em 2010 e Taxas médias anuais de Internações Hospitalares segundo a distribuição da umidade relativa do ar da sede do município de residência dos internados.

Distribuição da umidade	População residente em 2010	Total de internações entre 2000 e 2019	Taxa anual de internações entre 2000 e 2019
	N	N	mil habitantes
sem seca	36 885 802	48 352	0,066
subseca	30 641 043	65 599	0,107
1 a 2 meses secos	32 414 185	122 581	0,189
3 meses secos	27 963 257	210 086	0,376
4 a 5 meses secos	44 815 020	278 681	0,311
6 meses secos	12 847 503	136 383	0,531
7 a 8 meses secos	8 615 935	105 577	0,613
9 a 10 meses secos	685 572	4 423	0,323
11 meses secos	22 365	90	0,201
Total	194 890 682	971 772	0,249

Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados). IBGE. Atlas nacional do Brasil digital (2005) e Malha digital dos municípios brasileiros (2013). Org.: própria, 2021.

Conforme é visto na Tabela 5 a seguir, com o maior detalhamento dos dados de internação conforme o tipo de umidade do município, os quais permitem maior alcance da análise geográfica quanto à sua distribuição, e, portanto, relativa às infecções pela dengue. As informações contidas revelam, conforme as taxas (2000 a 2019) e a população residente (IBGE, 2010), que não há relação direta entre o maior número de pessoas, total populacional, e taxas de internação mais elevadas. Tal fato pode ser notado ao ser verificado que nas umidades superúmida e úmida, onde têm estado residindo respectivamente, próximo à 67.500,00 e 60.400,00 pessoas, as taxas foram 0,084 e 0,275 (por mil habitantes), o que pode ser considerada baixa. Enquanto o semiárido apresentou taxa de 0,556 e o semiúmido 0,311 (por mil habitantes), taxas que podem ser consideradas altas. Essa realidade evidencia a forte relação entre a umidade regional e o maior potencial de propagação da doença em análise.

TABELA 5. Total de internações hospitalares por Dengue entre 2000 e 2019, total da população residente em 2010 e Taxas médias anuais de Internações Hospitalares segundo o tipo de umidade da sede do município de residência dos internados.

Tipo de umidade	População residente em 2010	Total de internações entre 2000 e 2019	Taxa anual de internações entre 2000 e 2019
	N	N	mil habitantes
semi-árido	22 171 375	246 473	0,556
semi-úmido	44 815 020	278 681	0,311
úmido	60 377 442	332 667	0,275
super-úmido	67 526 845	113 951	0,084
Total	194 890 682	971 772	0,249

Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados). IBGE. Atlas nacional do Brasil digital (2005) e Malha digital dos municípios brasileiros (2013). Org.: própria, 2021.

Tal como pode ser verificado na Tabela 6 a seguir, os dados de internação, conforme a zona climática abrangida pelo município, permite maior alcance da análise geográfica quanto às internações ocorridas pela dengue. As informações contidas revelam, de acordo com as taxas (2000 a 2019) e a população residente (IBGE, 2010), que não há relação direta entre o maior número de pessoas, total populacional, e taxas de internação mais elevadas. Isso pode ser observado por meio da visualização dos dados das zonas climáticas: Tropical do Brasil Central e Tropical do Nordeste Oriental, com as maiores populações absolutas, mas com taxas de internação consideradas baixas – 0,216 e 0,226 (por mil habitantes) respectivamente. As maiores taxas podem ser observadas na zona do Tropical Equatorial e Equatorial; e as menores taxas na zona Temperada. Tal realidade evidencia a forte relação entre as condições climáticas regionais e o maior potencial de propagação das infecções por dengue.

TABELA 6. Brasil: 2000/2019. Total de internações hospitalares por Dengue entre 2000 e 2019, total da população residente em 2010 e Taxas médias anuais de Internações Hospitalares segundo Zonas climáticas da sede do município de residência dos internados.

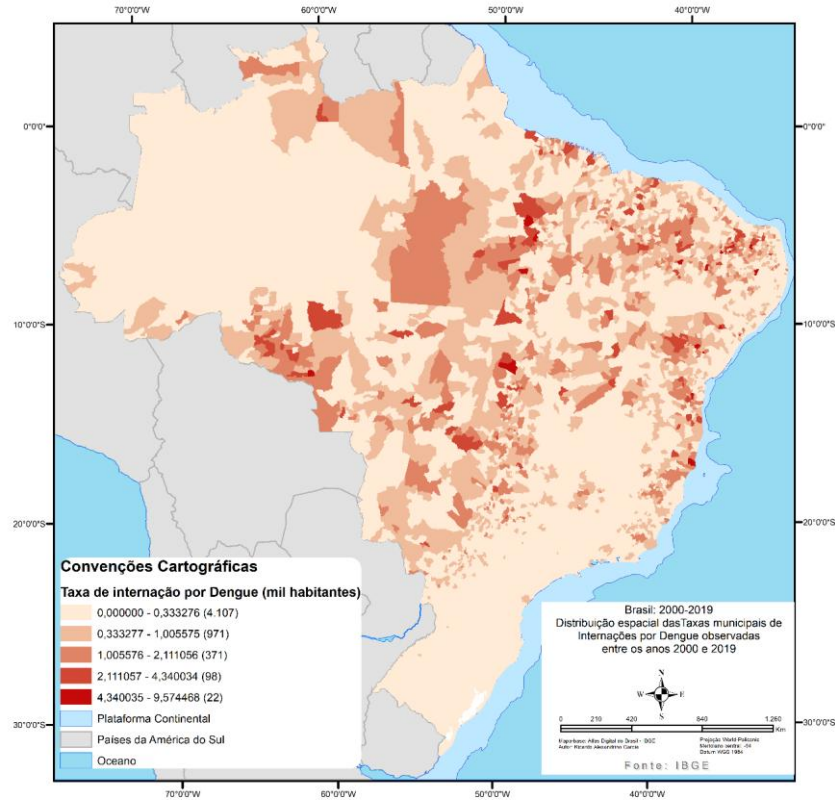
Zona Climática	População residente em 2010	Total de internações entre 2000 e 2019	Taxa anual de internações entre 2000 e 2019
	N	N	mil habitantes
Equatorial	16 437 814	158 724	0,483
Tropical Zona Equatorial	22 202 557	231 088	0,520
Tropical Brasil Central	106 206 260	459 194	0,216
Tropical Nordeste Oriental	25 163 849	113 562	0,226
Temperado	24 880 202	9 204	0,018
Total	194 890 682	971 772	0,249

Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados). IBGE. Atlas nacional do Brasil digital (2005) e Malha digital dos municípios brasileiros (2013). Org.: própria, 2021.

A associação das taxas de internação com dados climatológicos são interessantes porque mostram a relação direta entre o potencial de propagação da dengue obedecendo à escala espacial, ou padrão espacial. Sendo assim, as regiões mais vulneráveis para as maiores taxas de adoecimento e internação são aquelas com médias acima de 18°C anuais e longos períodos de estiagem, sendo estas, não por acaso, aquelas onde há maior concentração de renda do país (IBGE, 2010) e os menores IDH's, tais como o Nordeste Ocidental, Norte de Minas e a parte oriental do Centro-Oeste do Brasil.

Ao ser proposto o agrupamento por classes em um mapa coroplético, tal como está na Figura 38 a seguir, são percebidas as áreas onde tem havido as maiores taxas de internação hospitalar por dengue ao longo do período compreendido entre 2000 e 2019 no Brasil, mas também, a situação da vizinhança desses “hotspots”, ou seja, se os locais menos graves são acompanhados por tal calma, e se os locais mais graves são também seguidos por outros pontos de maior gravidade em suas proximidades. Tal como pode ser observado no cartograma, grande parte da região Norte ocidental, Sudeste e Sul apresentaram taxas com valores (por mil habitantes) de até 0,333 – o que denota certa estabilidade e brandura no número de casos acometidos. Enquanto que, sobretudo na região Nordeste e Centro-Oeste do país, são notados vários pontos com taxas mais elevadas, as quais variaram entre 4,34 e 9,57, em vermelho intenso. Essas áreas onde tem havido maior volume de pessoas doentes são acompanhadas de taxas altas variando entre 1,00 e 4,34.

FIGURA 38. Distribuição espacial dos municípios brasileiros segundo suas taxas anuais de internações hospitalares por Dengue entre 2000 e 2019.

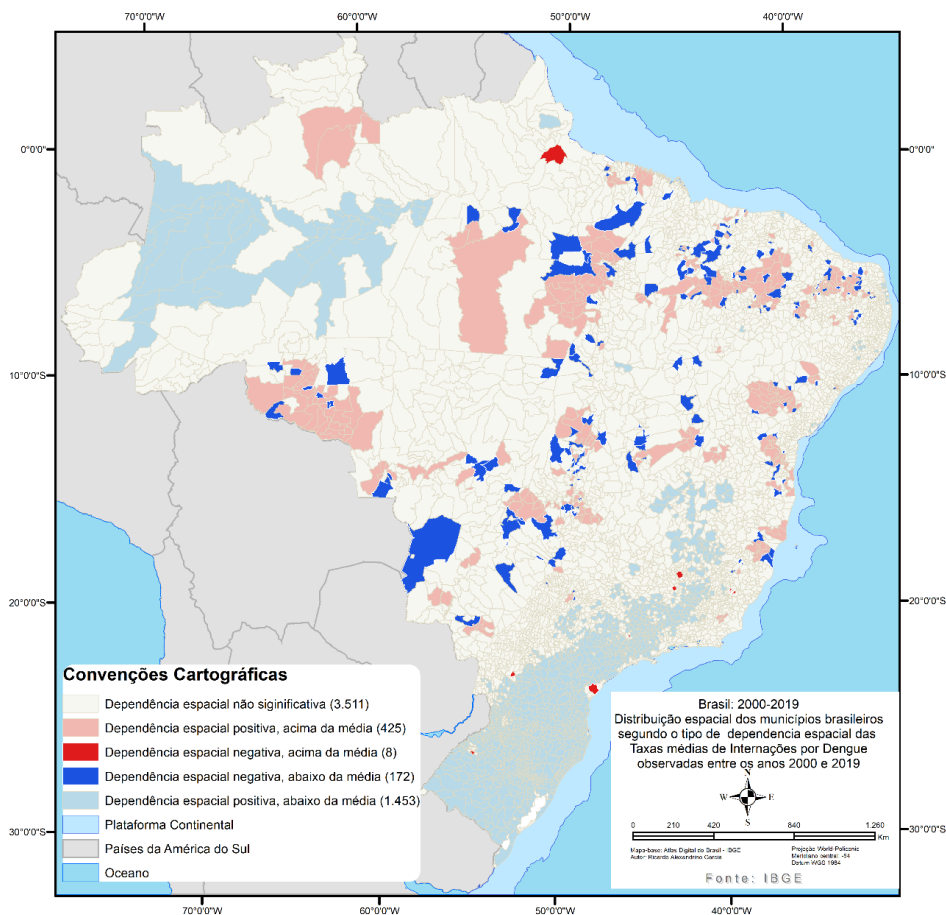


Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados). IBGE. Atlas nacional do Brasil digital (2005) e Malha digital dos municípios brasileiros (2013). Org.: própria, 2021.

Visando avaliar com maior acuidade a dependência espacial entre os locais com as maiores e menores taxas, a Figura 39 a seguir, representa a relação dessa dependência do fenômeno em análise por meio da regressão espacial como método. Áreas com dependência espacial positiva acima da média, em tom de vermelho brando, são as extensões com as taxas mais críticas, onde tem havido maior propagação da dengue e maior dependência espacial entre os vizinhos, portanto, um município com alta taxa tem influenciado aos outros mais próximos. Em vermelho intenso, nos pontos isolados especialmente ao Norte e na região Sul do país, encontram-se áreas com dependência espacial negativa acima da média, o que significa que são pontos com taxas altas, mas isolados espacialmente, não têm sido capazes de influenciar suas redondezas. E, em azul são os espaços brandos, onde tem havido a dependência espacial negativa e abaixo da média, portanto, são as áreas com baixas taxas,

mas circunvizinhas às áreas com taxas mais elevadas, portanto, “hotspots” de calmaria, os quais não influenciam a vizinhança. Outras classes que se visualiza no mapa são: áreas em azul celeste, essas sim são as regiões de calmaria, sem risco para maiores surtos de propagação da doença, com taxas baixas e influência significativa para as redondezas quanto às taxas brandas. Em tom de cor mais clara, estão as áreas em que não foi encontrada qualquer dependência espacial nos municípios inseridos, conforme está na legenda da ilustração.

FIGURA 39. Distribuição espacial dos municípios brasileiros segundo o tipo de dependência espacial local de suas taxas anuais de internações hospitalares por Dengue entre 2000 e 2019.

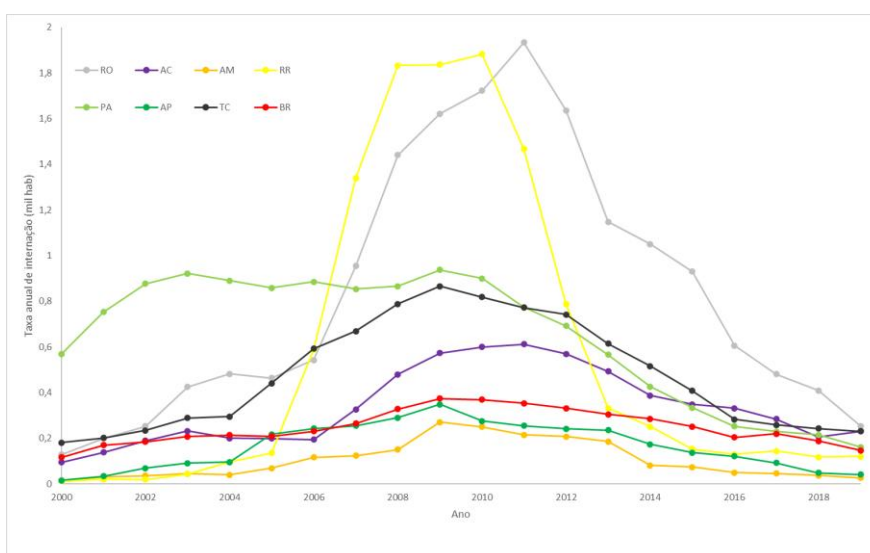


Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados). IBGE. Atlas nacional do Brasil digital (2005) e Malha digital dos municípios brasileiros (2013). Org.: própria, 2021.

Ao propor a análise de forma mais detalhada, por regiões do país, são notadas grandes diferenças no comportamento das taxas no período analisado. Começando pela região Norte,

os Estados de Rondônia e Roraima apresentaram picos simétricos entre si de ascensão e declínio, mediados pelo ano 2010, das taxas de propagação da dengue entre os anos 2000 e 2019. No entanto, não apenas eles mostraram comportamentos de propagação diferenciados, mas também os Estados do Paraná, Tocantins e Acre foram discrepantes aos demais, tal como pode ser visualizado no Gráfico 2 a seguir.

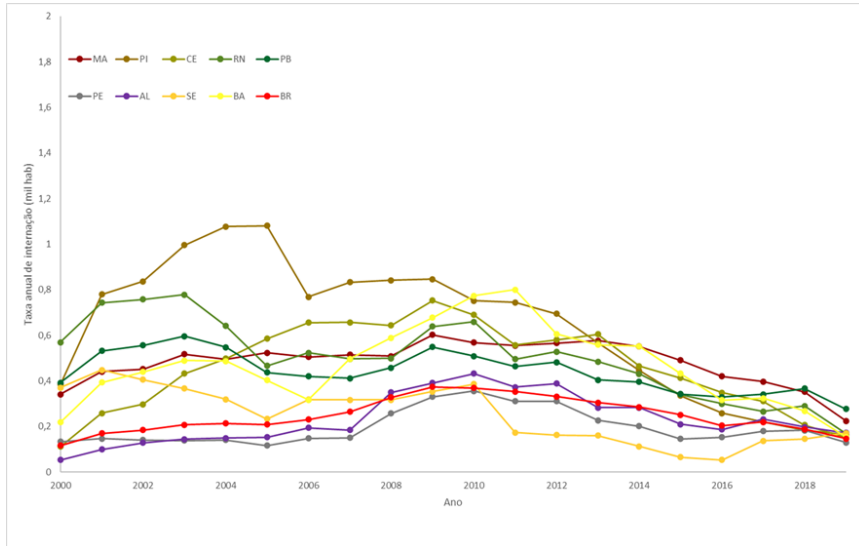
GRÁFICO 2. Evolução temporal das taxas média anuais de internações hospitalares por Dengue do Brasil e Unidades da Federação da Região Norte entre os anos 2000 e 2019.



Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados).

Sobre a região Nordeste do Brasil, tal como mostra o Gráfico 3, o vilão na disseminação da dengue tem sido especialmente o Ceará, mas em segundo plano, outros como o Rio Grande do Norte e a Bahia vêm apresentando taxas elevadas.

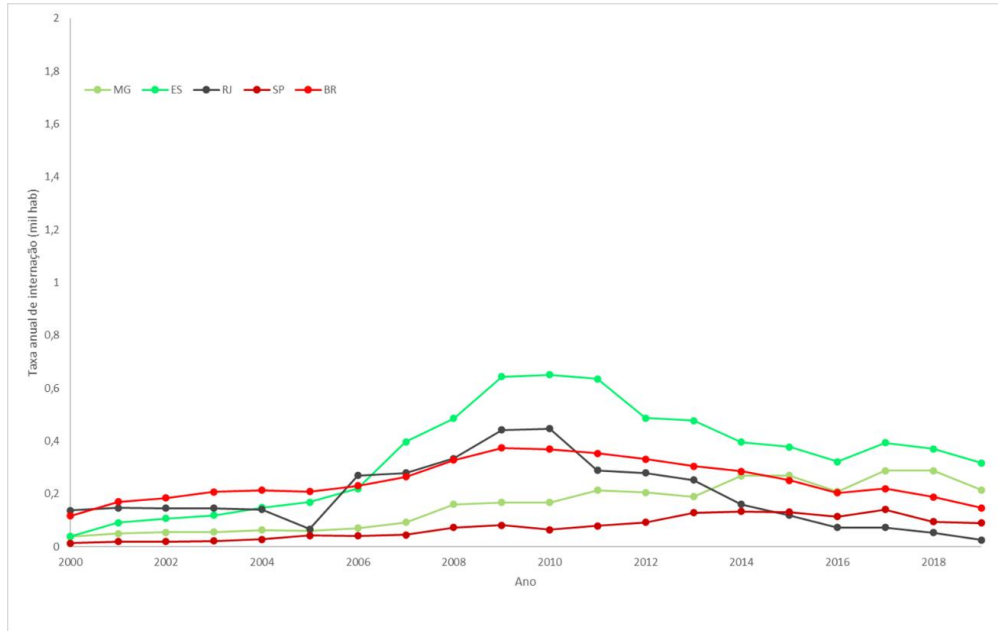
GRÁFICO 3. Evolução temporal das taxas média anuais de internações hospitalares por Dengue do Brasil e Unidades da Federação da Região Nordeste entre os anos 2000 e 2019.



Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados).

Na região Sudeste, o comportamento das taxas da dengue em relação aos seus Estados se manifestou de forma semelhante, a não ser, buscando qualquer discrepância, o Estado do Espírito Santo, o qual teve taxas um pouco mais elevadas, tal como pode ser visto pelo Gráfico 4.

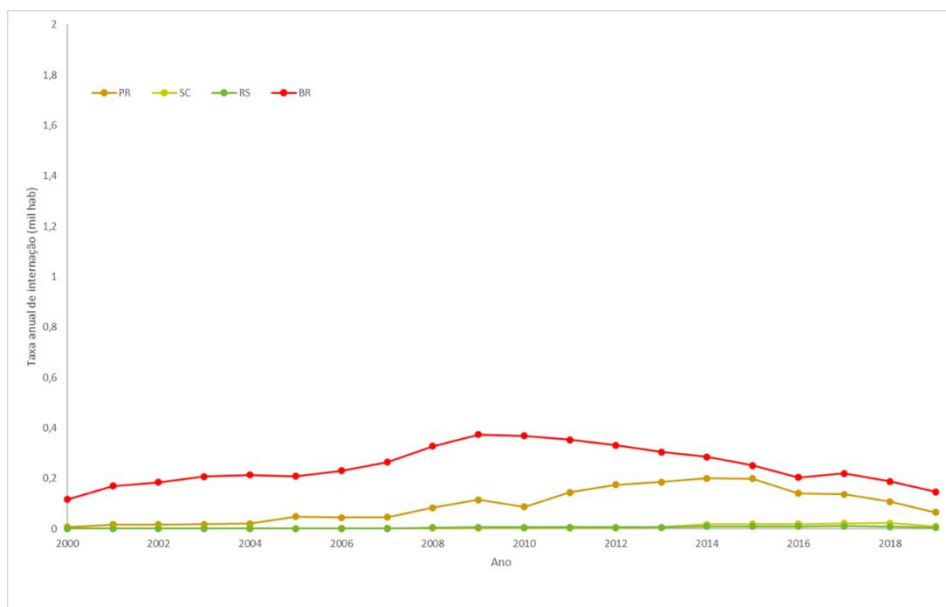
GRÁFICO 4. Evolução temporal das taxas média anuais de internações hospitalares por Dengue do Brasil e Unidades da Federação da Região Sudeste entre os anos 2000 e 2019



Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados).

A região Sul do Brasil foi a única entre as macrorregiões do país que vem apresentando taxas inferiores à média nacional, tal como pode ser verificado por meio do Gráfico 5. O Estado do Paraná é aquele com taxas mais elevadas da região. Tal situação de calmaria tem a ver com as características climatológicas da região, tal como foi discutido.

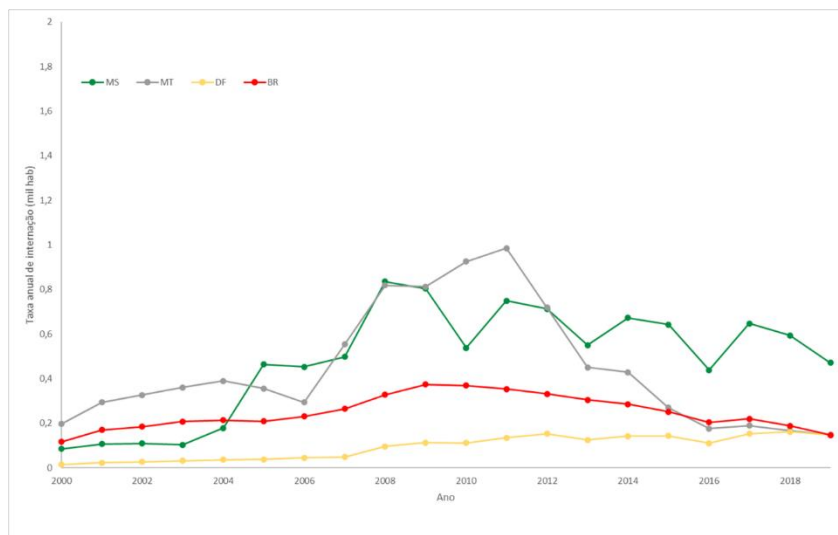
GRÁFICO 5. Evolução temporal das taxas média anuais de internações hospitalares por Dengue do Brasil e Unidades da Federação da Região Sul entre os anos 2000 e 2019



Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados).

A região Centro-Oeste do Brasil, Gráfico 6, vem apresentando taxas com comportamento diferenciado entre seus Estados. Mato Grosso é a Unidade Federativa que vem apresentando valores mais elevados para a propagação da doença, com ascensão e declínio das taxas mediadas pelo ano 2010. O Mato Grosso do Sul, com taxas variando de forma incisiva ao longo do tempo de análise, ficou em segundo plano entre as taxas mais elevadas da região. O Distrito Federal vem apresentando propagação da dengue inferior à média nacional, portanto, pode ser considerado um local brando para a dengue.

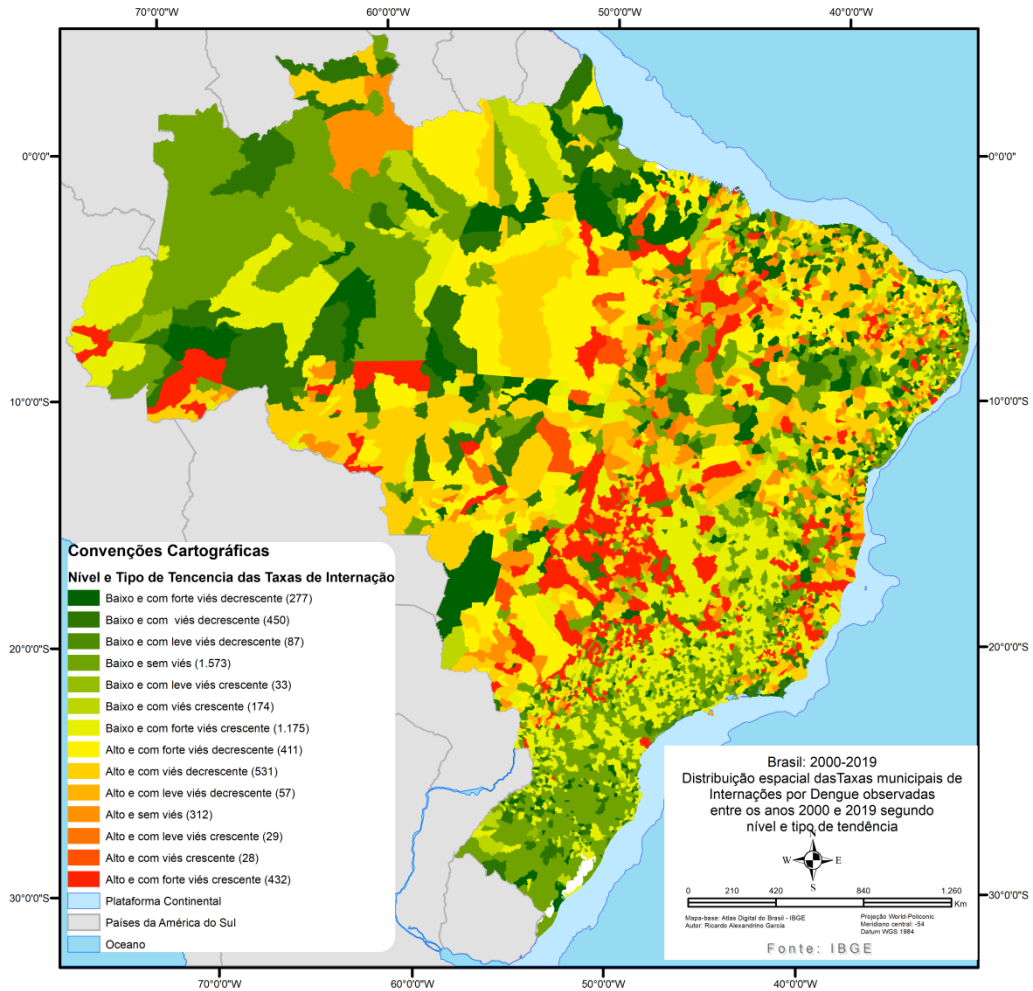
GRÁFICO 6. Evolução temporal das taxas média anuais de internações hospitalares por Dengue do Brasil e Unidades da Federação da Região Centro-oeste entre os anos 2000 e 2019.



Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados).

Através da interpretação da Figura 40 é percebido que, conforme as taxas de internação por mil habitantes apresentadas ao longo do período em análise, 2000-2019, as áreas com baixas taxas de internações e, sobretudo, com forte viés decrescente (verde intenso) para internações estão posicionadas à norte, mais próximas da faixa equatorial, a qual segue também com as zonas de baixas taxas e leve viés decrescente (verde-médio). As áreas com taxas altas de internação e, sobretudo, com forte viés crescente estão posicionadas do Nordeste para o Centro-Oeste (vermelho intenso), com pontos específicos que fogem à regra nas áreas limítrofes entre essas regiões brasileiras. No país tem predominado, em amarelo, áreas com altas taxas e forte viés decrescente, tendência que é quebrada por “hotspots” com características diversificadas ao longo da extensão nacional.

FIGURA 40. Distribuição das taxas municipais de internações, 2000-2019, conforme o nível e tipo de incidência.

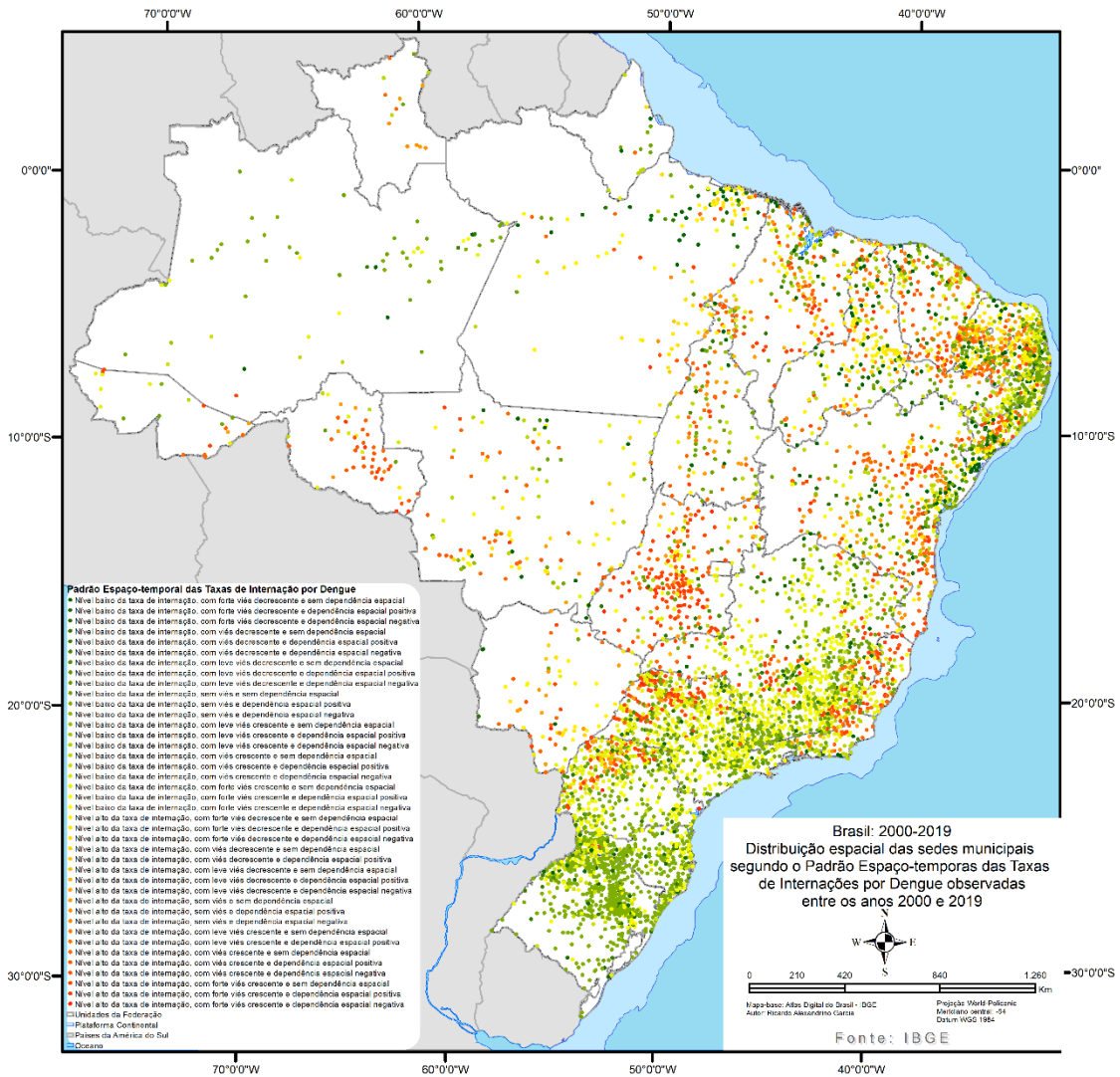


Fonte: IBGE (2010). Org.: própria, 2021.

Tal como pode ser observado por meio da Figura 41 a seguir, o padrão espaço-temporal do comportamento das taxas de internação hospitalar por dengue entre 2000 e 2019 conforme os registros municipais demonstram tendência à maior ocorrência de casos na porção oriental do Brasil. Nessa porção, a intensificação das taxas, conforme espaço-tempo, tem se dado na parte mais ao norte da região Nordeste e centro-sul do Brasil. Sendo assim, pode-se perceber que o aumento das taxas de internação da dengue acontece de tempos em tempos em regiões como o Norte e o Centro-Oeste, taxas estas que fogem à regra, mas elevam os índices gerais. De forma mais contínua, tal como falado, a porção leste do país vem

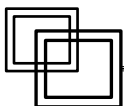
apresentando aumento gradual e contínuo nas internações, o que tem forte relação com as condições climatológicas da região em que o município encontra-se inserido.

FIGURA 41. Brasil: 2019. Distribuição espacial dos municípios brasileiros segundo os padrões espaço-temporais de suas taxas anuais de internações hospitalares por Dengue entre 2000 e 2019.



Fonte: SIH-SUS/Datasus (Microdados). IBGE. Atlas nacional do Brasil digital (2005) e Malha digital dos municípios brasileiros (2013).

As semanas epidemiológicas e o Sudeste do Brasil



4.2 Dengues no Brasil: comportamento nas semanas epidemiológicas entre 2011 e 2015

Nesta seção, o propósito foi analisar os dados relativos aos infectados notificados por dengue no Brasil de acordo com as semanas epidemiológicas do Ministério da Saúde, a fim de procurar estabelecer, com maior precisão, a análise temporal, e, portanto, os períodos nos quais tem acontecido o maior contágio de pessoas.

Conforme dados do Ministério da Saúde a respeito do quantitativo de internações por dengue nos municípios brasileiros, no período entre 1998 a 2019, observa-se que a doença parece ser de natureza cíclica, acontecendo com maior intensidade de tempos em tempos. No entanto, sua propagação no território brasileiro ocorreu de forma cumulativa ao longo dos anos, quando, inicialmente, acontecia de modo isolado e, posteriormente, de forma endêmica.

Por meio da análise descritiva dos dados compostos na Tabela 7, é verificado que no período em análise entre os anos 2011 e 2015, o maior número de adoecidos por dengue aconteceu em 2015, com 1.649,008 pessoas; e o ano com menor número de enfermos ocorreu em 2014, com 589,107 casos. O menor número de adoecidos entre os anos, 1,185 casos - correspondeu à semana epidemiológica 52 do ano 2015 (compreendida entre 27/12/2015 e 02/01/2016); e o maior número de casos, 104,987, correspondeu à semana epidemiológica 11 do ano 2013 (compreendida entre 10/03/2013 e 16/03/2013). Em acordo aos totais absolutos, a maior média entre as semanas epidemiológicas desses anos foi vista entre as de 2015, com 31,712 adoentados; e a menor verificada no ano 2014, com média de 11,288 pessoas doentes no Brasil. O ano com a menor e a maior dispersão entre a quantidade daqueles que manifestaram a doença foi respectivamente, em 2012 (coeficiente de variação igual a 0,84) e 2013 (coeficiente de variação igual a 1,22).

TABELA 7. Estatística descritiva dos dados referentes aos adoecidos por dengue, período entre os anos 2011 e 2015 no Brasil.

Descrição/Ano	2011	2012	2013	2014	2015
Total	764,032	589,591	1.452,489	589,107	1.649,008
Média	14693	11338	27932	11288	31712
Desvio-padrão	14078	9497	33977	9974	32434
Coef. Var.	0.96	0.84	1.22	0.88	1.02
Amplitude	44258	30730	103568	35142	101590
Mínimo	1970	2072	1419	2152	1185
Máximo	46228	32802	104987	37294	102775
1º Quartil	3286	3755	2748	4409	6872
Mediana	6148	7583	7294	5986	15524
3º Quartil	27636	17647	44861	13571	47734

Fonte: dados do MS (2019). Org.: própria, 2019.

Ao ser analisada a Tabela 8, é verificado que as semanas epidemiológicas com o maior número de casos de pessoas enfermas pela dengue encontraram-se entre as semanas 14 e 20 (34,4%); e as semanas com menos pessoas doentes foi notabilizada entre as 49 e 53 (2,3%). O total relativo de 88,5% foi verificado até o fim da semana 27, sendo os outros 11,5% completados até a semana 53 dos anos. No total, foram 5.044,227 de habitantes doentes entre os anos 2011-2015.

TABELA 8. Frequências absolutas e relativas dos dados referentes aos adoecidos por dengue, totais das semanas epidemiológicas, período entre os anos 2011 e 2015 no Brasil.

Semana	Total	%	Fac	% ac
01 - 06	582119	11.5	582119	11.5
07 - 13	1629492	32.3	2211611	43.8
14 - 20	1733919	34.4	3945530	78.2
21 - 27	518846	10.3	4464376	88.5
28 - 34	167708	3.3	4632084	91.8
35 - 41	119287	2.4	4751371	94.2
42 - 48	174991	3.5	4926362	97.7
49 - 53	117865	2.3	5044227	100.0
Total	5.044,227	100.0		

Fonte: dados do MS (2019). Org.: própria, 2019.

A Tabela 9 expõe de forma detalhada a frequência dos casos relativos aos acometidos pela dengue no ano 2011, onde pode ser visto que as semanas epidemiológicas entre 03/04 e 21/05 de 2011 foram aquelas que apresentaram o maior número de pessoas enfermas: 34% do total daquele ano. Até a semana 27 (09/07/2011) foram registrados 89% dos casos, o que totalizou 677,345 pessoas afetadas num total absoluto de 764,032 doentes.

TABELA 9. Frequências absolutas e relativas dos dados referentes aos adoecidos por dengue, totais das semanas epidemiológicas, ano 2011 no Brasil.

Período	Semana	Total	%	Fac	%ac
02/01/2011 a 12/02/2011	01 - 06	106355	14.0	106355	14
13/02/2011 a 02/04/2011	07 - 13	238360	31.0	344715	45
03/04/2011 a 21/05/2011	14 - 20	256552	34.0	601267	79
22/05/2011 a 09/07/2011	21 - 27	76078	10.0	677345	89
10/07/2011 a 27/08/2011	28 - 34	23682	3.0	701027	92
28/08/2011 a 15/10/2011	35 - 41	17303	2.0	718330	94
16/10/2011 a 03/12/2011	42 - 48	27293	4.0	745623	98
04/12/2011 a 31/12/2011	49 - 53	18409	2.0	764032	100
	Total	764,032	100.0		

Fonte: dados do MS (2019). Org.: própria, 2019.

O ano 2012 teve 84% dos casos registrados até a semana epidemiológica finalizada em 07 de julho, com 492,331 enfermos no total absoluto de 589,591. As semanas epidemiológicas com os menores números registrados foram aquelas entre a 35 e a 41, nas quais houve 17,122 casos. As semanas epidemiológicas entre a 14 e a 20 foram as que, isoladamente, apresentaram 35% do total relativo do ano, tal como se encontra exposto na Tabela 10.

TABELA 10. Frequências absolutas e relativas dos dados referentes aos adoecidos por dengue, totais das semanas epidemiológicas, ano 2012 no Brasil.

Período	Semana	Total	%	Fac	%ac
01/01/2012 a 11/02/2012	01 - 06	57378.0	10	57378	10
12/02/2012 a 31/03/2012	07 - 13	130118.0	22	187496.0	32
01/04/2012 a 19/05/2012	14 - 20	208084.0	35	395580.0	67
20/05/2012 a 07/07/2012	21 - 27	96751.0	16	492331.0	84
08/07/2012 a 25/08/2012	28 - 34	33321.0	6	525652.0	89
26/08/2012 a 13/10/2012	35 - 41	17122.0	3	542774.0	92
14/10/2012 a 01/12/2012	42 - 48	22332.0	4	565106.0	96
02/12/2012 a 29/12/2012	49 - 53	24485.0	4	589591.0	100
	Total	589,591	100		

Fonte: dados do MS (2019). Org.: própria, 2019.

Por meio da interpretação da Tabela 11 é visto que no ano de 2013, no Brasil houve mais casos notificados entre as semanas 07 e 13, as quais apresentaram 41% do total relativo dos enfermos. Até a semana 20, 88% do total absoluto de pessoas com dengue já havia sido catalogado, o que correspondeu a 1.281,404 casos para o total absoluto de 1.452,489. As semanas com o menor número de registros corresponderam àquelas entre a 28 e a 53, portanto, entre 07/07 e 28/12 de 2013.

TABELA 11. Frequências absolutas e relativas dos dados referentes aos adoecidos por dengue, totais das semanas epidemiológicas, ano 2013 no Brasil.

Período	Semana	Total	%	Fac	%ac
30/12/2012 a 09/02/2013	01- 06	217342	15	217342	15
10/02/2013 a 30/03/2013	07 – 13	597323	41	814665	56
31/03/2013 a 18/05/2013	14 – 20	466739	32	1281404	88
19/05/2013 a 06/07/2013	21 – 27	94449	7	1375853	95
07/07/2013 a 24/08/2013	28 – 34	30703	2	1406556	97
25/08/2013 a 12/10/2013	35 – 41	16801	1	1423357	98
13/10/2013 a 30/11/2013	42 – 48	18120	1	1441477	99
01/12/2013 a 28/12/2013	49 – 53	11012	1	1452489	100
	Total	1.452,489	100		

Fonte: dados do MS (2019). Org.: própria, 2019.

Pela análise da Tabela 12, visualiza-se que entre as semanas 14 e 20 do ano de 2014 foram registrados 386, 834 casos de adoecidos, correspondendo a 39% do total contabilizado. Até 23/08/2014, havia 508, 218 pessoas adoecidas, 86% do total (589,107) do respectivo ano. As semanas que apresentaram o menor registro de casos foram aquelas entre 30/11/2014 e 03/01 de 2015.

TABELA 12. Frequências absolutas e relativas dos dados referentes aos adoecidos por dengue, totais das semanas epidemiológicas, ano 2014 no Brasil.

Período	Semana	Total	%	Fac	%ac
29/12/2014 a 08/02/2014	01- 06	46238	8	46238	8
09/02/2014 a 29/03/2014	07 - 13	113266	19	159504	27
30/03/2014 a 17/05/2014	14 - 20	227330	39	386834	66
18/05/2014 a 05/07/2014	21 - 27	90882	15	477716	81
06/07/2014 a 23/08/2014	28 - 34	30502	5	508218	86
24/08/2014 a 11/10/2014	35 - 41	29831	5	538049	91
12/10/2014 a 29/11/2014	42 - 48	31111	5	569160	97
30/11/2014 a 03/01/2015	49 - 53	19947	3	589107	100
	Total	589,107	100		

Fonte: dados do MS (2019). Org.: própria, 2019.

Na Tabela 13, relativa aos dados de enfermos registrados no ano de 2015, pode ser visto que num total de 1.649,008 casos, 87% aconteceram até o fim da semana epidemiológica 27. Neste intervalo relativo, 68% foram notificados entre 15/02 e 04/04/2015. O menor número de registros aconteceu entre as datas 30/08 e 17/10 de 2015.

TABELA 13. Frequências absolutas e relativas dos dados referentes aos adoecidos por dengue, totais das semanas epidemiológicas, ano 2015 no Brasil.

Período	Semana	Total	%	Fac	%ac
04/01/2015 a 14/02/2015	01- 06	154806	9	154806	9
15/02/2015 a 04/04/2015	07 - 13	550425	33	705231	42
05/04/2015 a 23/05/2015	14 - 20	575214	35	1280445	77
24/05/2015 a 11/07/2015	21 - 27	160686	10	1441131	87
12/07/2015 a 29/08/2015	28 - 34	49500	3	1490631	90
30/08/2015 a 17/10/2015	35 - 41	38230	2	1528861	92
18/10/2015 a 05/12/2015	42 - 48	76135	5	1604996	97
06/12/2015 a 02/01/2016	49 - 53	44012	3	1649008	100
	Total	1.649,008	100		

Fonte: dados do MS (2019). Org.: própria, 2019.

Por meio da análise do comportamento Índice de Infestação Predial (IIP) dos municípios brasileiros que aderiram ao LIRAA Nacional no período analisado, entre os anos 2011 e 2015, é visto na Tabela 14 que os valores mais altos foram verificados no ano 2012 (22,9%) e 2015 (1,66%). A dispersão desses dados foi relativamente uniforme, sendo o ano 2013 aquele com o menor coeficiente de variação (0,87). O ano com o maior número de municípios adeptos ao LIRAA Nacional foi 2015 ($n = 1843$); e aquele com a menor quantidade de participantes foi o ano 2013, apenas 81 aderiram (MS, 2019).

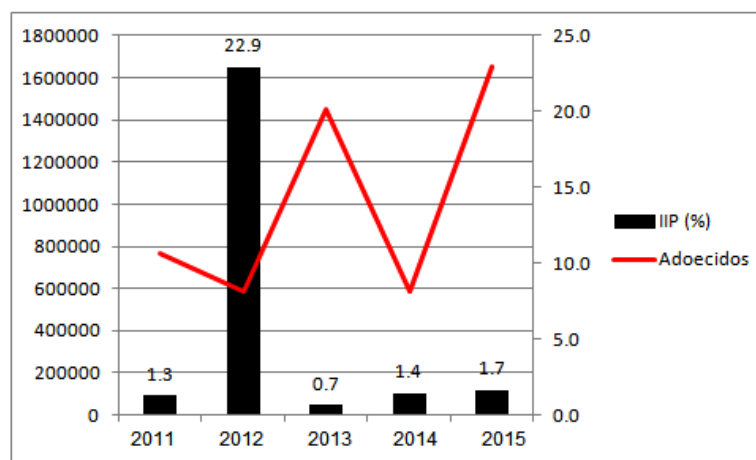
TABELA 14. Estatística descritiva dos dados referentes ao Índice de Infestação Predial (IIP) por dengue, no período entre os anos 2011 e 2015 no Brasil.

Ano	<i>n</i>	Mínimo	Máximo	Amplitude	1° Quartil	Mediana	3° Quartil	Média	Desv-Pad	Coef-Var
2011	653	0	13.8	13.8	0.2	0.8	1.7	1.28	1.74	1.35
2012	1705	0	80	80	0.2	1.2	80	22.94	35.30	1.54
2013	81	0	2.6	2.6	0.2	0.6	1.2	0.71	0.62	0.87
2014	1825	0	100	100	0.2	0.8	1.8	1.45	3.10	2.14
2015	1843	0	27.1	27.1	0.2	0.9	2.1	1.66	2.34	1.42

Fonte: dados do MS (2019). Org.: própria, 2019.

Através da interpretação do Gráfico 7, de barras a seguir, poderia ser suposto que os efeitos do IIP sobre o número de adoecidos teria um padrão de resposta no ciclo posterior à sua contabilização. Por exemplo, o ano de 2012 apresentou IIP médio igual a 22,9%, o que refletiu no maior número de adoecidos para o ano 2013, com mais de 1.400,000 casos notificados. Com a queda no valor do Índice médio em 2013 para 0,7%, no ano seguinte, 2014, houve a diminuição do número de enfermos para pouco mais de 589,000 casos.

GRÁFICO 7. Correspondência entre o número de infectados por dengue e o IIP dos anos 2011-2015 no Brasil.



Fonte: dados do MS (2019). Org.: própria, 2019.

Tal como é mostrado na sequência de tabelas a seguir, as regiões: Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil foram sempre aquelas onde houve maior número de registros sobre dengue, e a região Sul aquela com a menor quantidade de pessoas adoecidas, entre o período 2011 a 2015. Especificamente no ano 2011, conforme a Tabela 15, no entanto, o Sudeste registrou 46% das notificações; o Nordeste 23% e o Norte 19% do total de adoecidos para aquele ano no país.

TABELA 15. Percentual da incidência de casos notificados sobre adoecidos pela dengue, por região do Brasil, no ano 2011.

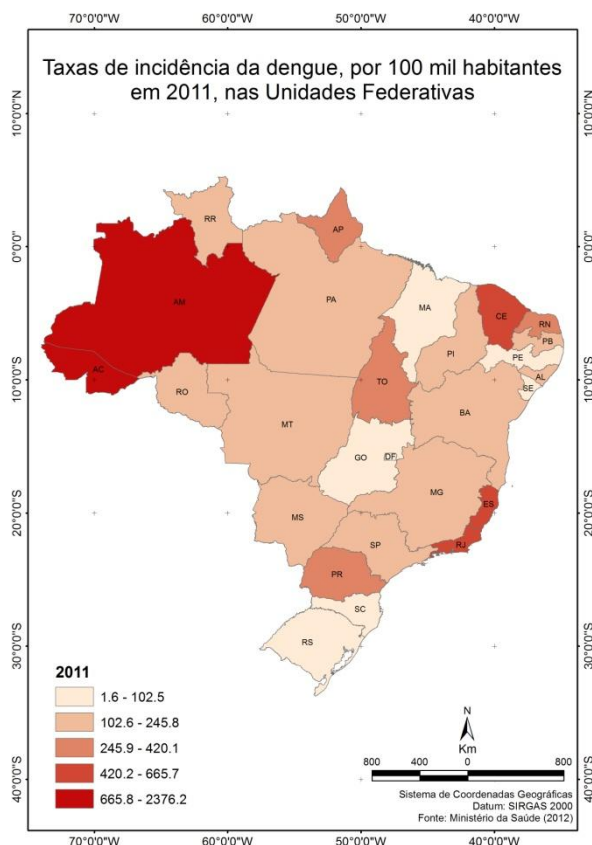
Região do Brasil	Percentual (%)
Norte	19
Nordeste	23
Sudeste	46
Centro-Oeste	6
Sul	6
Total absoluto	764,032

Fonte: dados do MS (2019). Org.: própria, 2019.

Tal como está na Figura 42, os Estados do Amazonas e Acre foram aqueles que mais contribuíram para as taxas da doença em estudo, o que correspondeu respectivamente a 1.612,4 e 2.376,2. No Nordeste, o grande responsável pelo maior número relativo dos registros nacionais foi: o Estado do Ceará (539,3). Localizados no Sudeste do país, os Estados do Rio de Janeiro (665,7) e Espírito Santo (630,9) foram aqueles dessa região com as maiores

taxas. A região Sul do país foi aquela que apresentou a menor taxa total, o que equivaleu a 108,3.

FIGURA 42. Mapa de localização geográfica das taxas de incidência da dengue, por 100 mil habitantes em 2011, por Unidade Federativa do Brasil.



Fonte: dados do MS (2019). Org.: própria, 2019.

Em 2012 o maior número de pessoas doentes registradas ficou prevaletido nas regiões Sudeste e Nordeste do país, respectivamente com 42 e 36% do total de casos incidido para aquele ano; o Sul do país registrou apenas 1% do total absoluto, tal como pode ser verificado na Tabela 16.

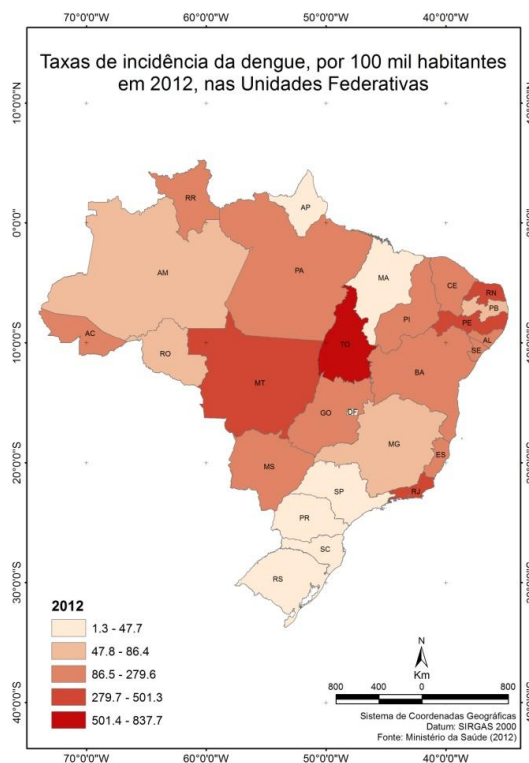
TABELA 16. Percentual da incidência de casos notificados sobre adoecidos pela dengue, por região do Brasil, no ano 2012.

Região do Brasil	Percentual (%)
Norte	11
Nordeste	36
Sudeste	42
Centro-Oeste	10
Sul	1
Total absoluto	589,591

Fonte: dados do MS (2019). Org.: própria, 2019.

Conforme pode ser interpretado na Figura 43, no Norte do Brasil em 2012, o Estado do Tocantins, que registrou uma taxa, para 100 mil habitantes, de 837,7 – sendo este o Estado com a maior incidência na época. No Nordeste, os Estados onde houve maior notabilidade da doença foram nos Estados do Rio Grande do Norte (324,7) e Pernambuco (311,4). No Sudeste, o Estado do Espírito Santo apresentou taxa igual a 501,3 – sendo esta a unidade federativa em que ocorreu maior notabilidade na região.

FIGURA 43. Mapa de localização geográfica das taxas de incidência da dengue, por 100 mil habitantes em 2012, por Unidade Federativa do Brasil.



Fonte: dados do MS (2019). Org.: própria, 2019.

Para o ano de 2013, o segundo colocado no ranking dos anos com o maior número de casos de doentes para o período 2011-2015, o Sudeste do país apresentou 63% dos notificados, seguido da região Centro-Oeste com 18%. O Norte e o Sul do Brasil foram as regiões com as menores taxas de adoecidos, conforme pode ser visto na Tabela 17 a seguir.

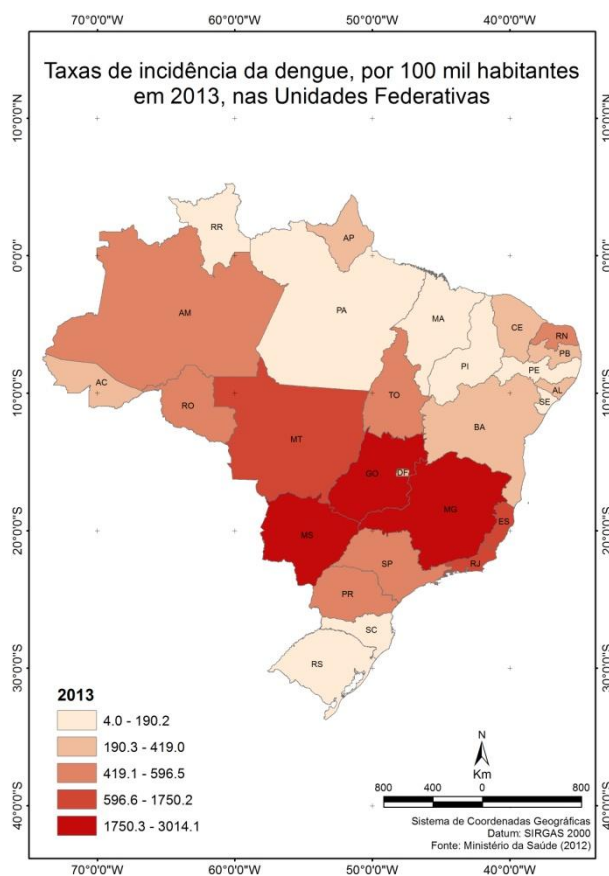
TABELA 17. Percentual da incidência de casos notificados sobre adoecidos pela dengue, por região do Brasil, no ano 2013.

Região do Brasil	Percentual (%)
Norte	3
Nordeste	11
Sudeste	63
Centro-Oeste	18
Sul	5
Total absoluto	1.452,489

Fonte: dados do MS (2019). Org.: :: própria, 2019.

Os Estados responsáveis pela maior incidência no ano 2013, com taxa observada para 100 mil habitantes, foram: Mato Grosso do Sul, com 3.014,1; Goiás, com 2.136,3; e Minas Gerais, igual a 2.007,6. Outros Estados de notoriedade no período foram: Mato Grosso (1.091,4) e o Espírito Santo (1.750,2), tal como pode ser observado através da Figura 44.

FIGURA 44. Mapa de localização geográfica das taxas de incidência da dengue, por 100 mil habitantes em 2013, por Unidade Federativa do Brasil.



Fonte: dados do MS (2019). Org.: :: própria, 2019.

Para o ano de 2014, o Sudeste predominou com o maior número expressivo de enfermos, onde apresentou 53%; e o Centro-Oeste 20% do total relativo do número de registrados com dengue. O Sul do país contribuiu apenas 4% do total de doentes notificados, tal como pode ser visto na Tabela 18.

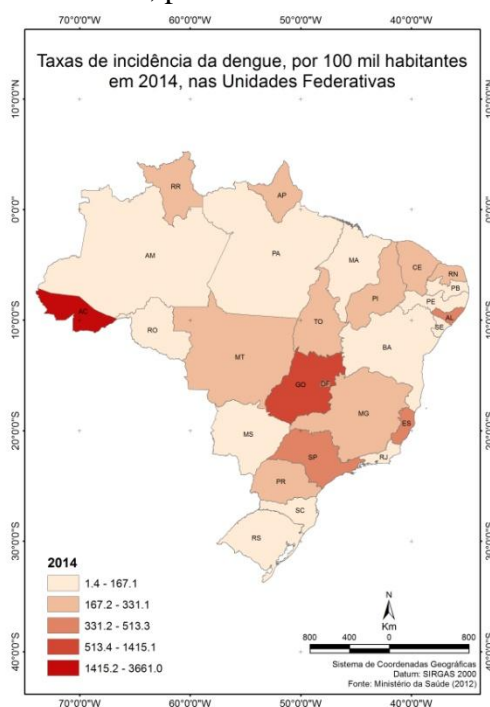
TABELA 18. Percentual da incidência de casos notificados sobre adoecidos pela dengue, por região do Brasil, no ano 2014.

Região do Brasil	Percentual (%)
Norte	8
Nordeste	15
Sudeste	53
Centro-Oeste	20
Sul	4
Total absoluto	589,107

Fonte: dados do MS (2019). Org.: :: própria, 2019.

Por meio da Figura 45, representativa do ano 2014, pode ser depreendido que a maior taxa de notificações, para 100 mil habitantes, ficou estabelecida no Estado do Acre (3.661,7) e Goiás (1.415,1). O Estado com a menor notoriedade foi o Rio Grande do Sul, com taxa de 1,4 para as notificações pela dengue.

FIGURA 45. Mapa de localização geográfica das taxas de incidência da dengue, por 100 mil habitantes em 2014, por Unidade Federativa do Brasil.



Fonte: dados do MS (2019). Org.: : própria, 2019.

Pela análise da Tabela 19 é interpretado que as notificações do ano 2015 ficaram concentradas na região Sudeste (63%) do Brasil, e em segundo plano no Nordeste (19%). As regiões Norte e Sul contribuíram juntas, com apenas 5% do total registrado para o ano.

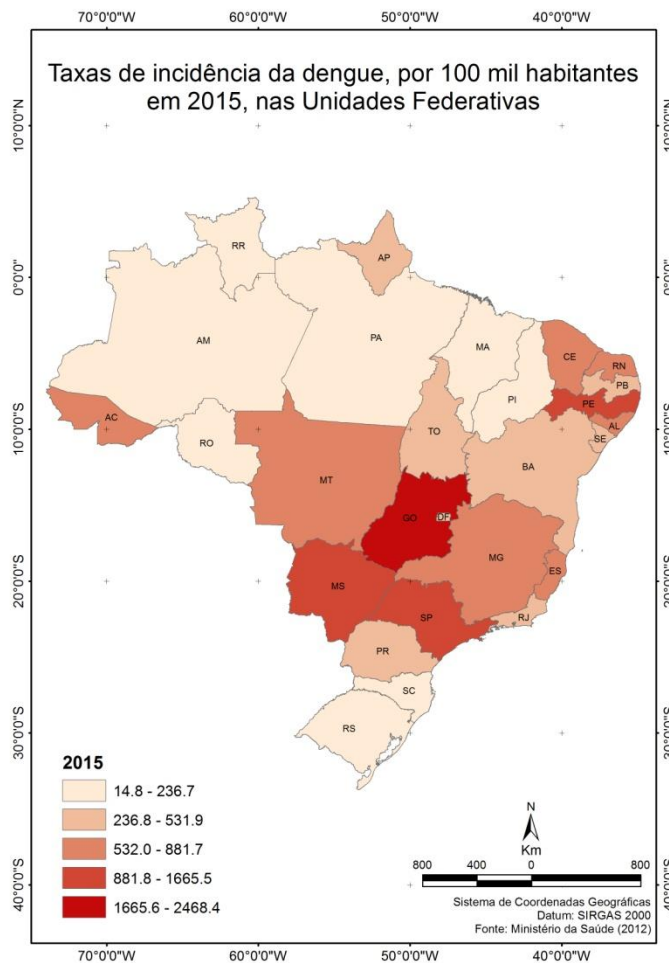
TABELA 19. Percentual da incidência de casos notificados sobre adoecidos pela dengue, por região do Brasil, no ano 2015.

Região do Brasil	Percentual (%)
Norte	2
Nordeste	19
Sudeste	63
Centro-Oeste	13
Sul	3
Total absoluto	1.649,008

Fonte: dados do MS (2019). Org.: : própria, 2019.

No ano de 2015, tal como se encontra representado na Figura 46, a maior taxa para 100 mil habitantes, ficou registrada no Estado de Goiás, com 2.468,4. Seguido pelo Estado de São Paulo, com 1.665,5 e Pernambuco, com 1.106,8. A menor taxa do país para o respectivo ano ficou estabelecida no Rio Grande do Sul, igual a 14,8.

FIGURA 46. Mapa de localização geográfica das taxas de incidência da dengue, por 100 mil habitantes em 2015, por Unidade Federativa do Brasil.



Fonte: dados do MS (2019). Org.: própria, 2019.

Conforme pode ser observado através da representação cartográfica dos dados, não há um padrão espacial simples identificável devido a potencial variabilidade com que os surtos epidêmicos da dengue se apresentaram ao longo dos anos 2011 e 2015. Dessa forma, torna-se necessário o aprofundamento dos estudos, explorando os fatores envolvendo a disseminação

da doença em diferentes escalas espaciais e temporais a fim de que se obtenham conclusões mais incisivas e acertadas.

4.3 Aumentando a escala: Região Sudeste do Brasil – Adoentados por Dengue em 2010 e a relação com dados socioeconômicos

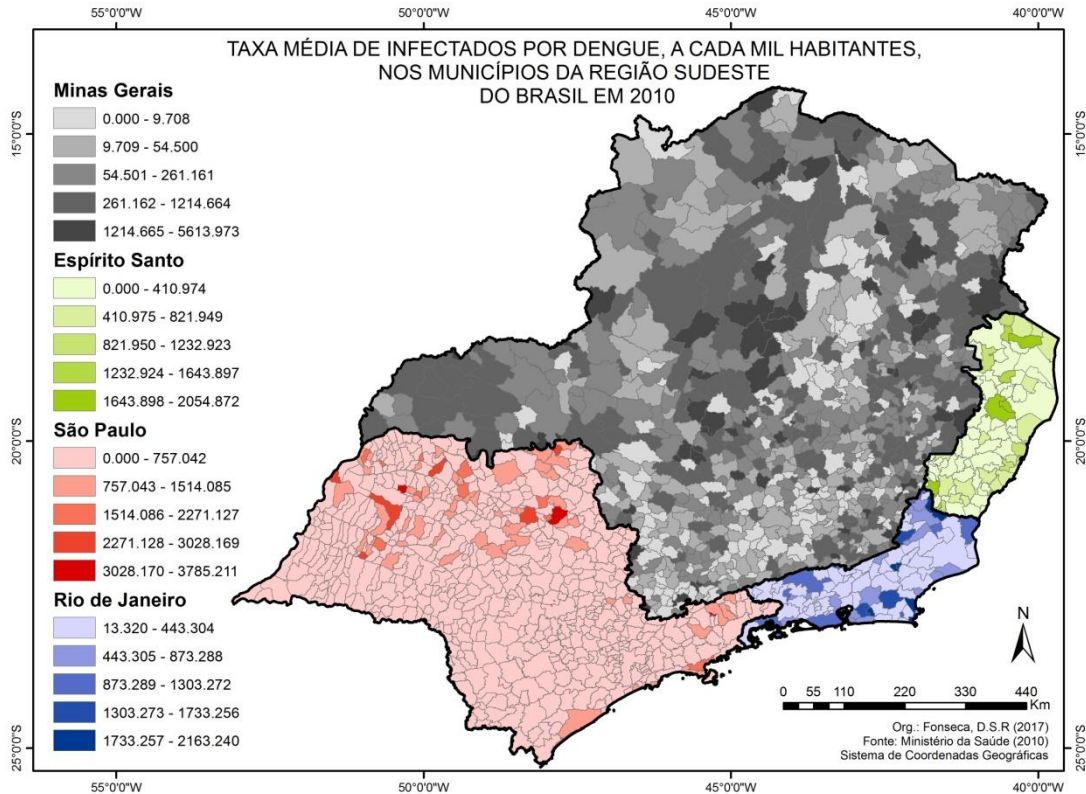
Nesta seção, o objetivo foi realizar uma análise exploratória de dados, buscando evidências espaciais da ocorrência de enfermos notificados com a dengue, no ano de 2010, empregando-se a correlação das taxas de ocorrência da dengue nos Estados da região Sudeste do Brasil, com as seguintes variáveis: índice de desenvolvimento humano municipal, percentual de população urbana, renda *per capita*, esperança de vida ao nascer e população economicamente ativa (PEA) maior que 18 anos. O uso das tais variáveis socioeconômicas permite esclarecer se os dados que apontam para o nível de desenvolvimento das sociedades estariam intrínsecos à capacidade dessas mesmas sociedades em prevenir problemas de ordem coletiva, tais como a incidência de epidemias como a dengue.

Área de estudo

Ao observar a Figura 47 a seguir, é visualizado que os municípios mineiros onde houve maior incidência de infectados por dengue foram, em geral, aqueles da porção centro-norte e alguns municípios discrepantes do centro-sul do Estado, seguido daqueles da parte localizada à leste dessa unidade federativa, com alta heterogeneidade nos valores, sendo portanto, difícil uma identificação espacial homogênea. Os Estados de São Paulo e Espírito Santo tiveram predominância de municípios com taxas elevadas na porção norte, e, no caso de São Paulo, também na região sul. No Estado do Rio de Janeiro houve predomínio de infectados nas cidades pertencentes aos municípios que margeiam a orla marítima, de norte a sul, nessa unidade federativa.

As áreas com as menores taxas estão localizadas, sobretudo, na região centro-sul do Estado de Minas Gerais; centro do Estado do Espírito Santo; centro-sul do Estado do Rio de Janeiro; e do centro até o início da porção sul do Estado de São Paulo. Tal como as informações aparecem na Figura 47, aparentemente há um padrão espacial de infectados pela dengue nos respectivos municípios.

FIGURA 47. Taxa de infectados por dengue (2010) nos municípios dos Estados da região Sudeste do Brasil.



Fonte: MS (2010). Org.: própria, 2017.

O teste de hipóteses empregado mostra diferenças significativas ($p < 0,01$), entre as médias de infectados por dengue em algumas das unidades federativas do Sudeste do Brasil, tal como pode ser visto na Tabela 20. Os valores evidenciam que o número de pessoas infectadas por dengue nos Estados não tem relação direta com o tamanho da unidade federativa, tendo em vista que o Estado de Minas Gerais, aquele com maior número de municípios, apresentou a menor incidência de dengue. E, de forma similar, o Rio de Janeiro, um dos estados com menor número de municípios, apresentou a maior incidência. Os respectivos coeficientes de variação mostram alta dispersão dos valores (MARTINS, 2010). Contudo, as taxas de infestação ocorrem de forma mais homogênea nos municípios do Rio de Janeiro, quando comparadas ao Estado de Minas, onde há maior heterogeneidade.

TABELA 20. Incidência Média de infectados por dengue e seus respectivos coeficientes de variação, por unidades Federativas da região Sudeste do Brasil, 2010.

Unidade Federativa	Incid. Méd. da Dengue	Coef. de Variação (%)
Rio de Janeiro	280.198 a	98,69
São Paulo	204.087 ab	120,16
Espírito Santo	183.949 b	125,58
Minas Gerais	159.386 b	144,03

Fonte: Ministério da Saúde (2010). Org.: própria, 2017.

Nota: as médias seguidas por letras idênticas não diferem entre si pelo teste de *Tukey* a 1% de significância.

Barbosa e Lourenço (2010), em pesquisa realizada no município de Tupã, Estado de São Paulo, também mostraram existir um padrão heterogêneo na distribuição de enfermos por dengue em seu local de pesquisa. Tais autores acharam ainda uma correlação significativa entre a intensidade de ocorrência larvária (*Aedes aegypti*) e casos de dengue. Essas informações indicam existir fatores muito intrínsecos a cada local para ocorrência de zonas críticas de propagação da doença, o que torna a análise dos fatores envolvidos, sendo eles biológicos ou socioambientais, demasiadamente complexos.

Conforme as informações disponíveis para realização deste trabalho, em Minas Gerais os municípios que apresentaram as maiores taxas de incidência da dengue no período analisado foram: Passos (5.614); Rio Novo (4.703); e Martins Soares (4.703). Cento e vinte e cinco (125) municípios, num universo de 853, apresentaram incidência igual à zero. Os municípios mineiros com as maiores taxas de dengue, valores discrepantes, estão inseridos na região centro-sul do Estado, sendo essa, a de maior ocorrência de precipitação (VIOLA *et al.*, 2010).

Entre os capixabas, os municípios que apresentaram as taxas mais elevadas de dengue foram: Colatina (2.055); Pinheiros (1.845); e Marilândia (1.723). Os três com menor incidência, entre os 78, foram: Divino de São Lourenço (0,0); Brejetuba (8,4); e Irupi (8,4). Os locais com maior incidência de dengue, tais como: Colatina e Marilândia, localizados no centro do Estado, e Pinheiros, posicionado ao norte do Estado, estão em regiões de ocorrência dos maiores índices de evapotranspiração e pluviosidade do Espírito Santo (CASTRO *et al.*, 2010).

Dos municípios cariocas, os que apresentaram as taxas de incidência da dengue mais elevadas foram: Cordeiro (2.163); Bom Jesus do Itabapoana (2.154); e Tanguá (2.154).

Aqueles com menor incidência, do total de 92, foram: Rio Claro (13,3); Teresópolis (14,7); e Sumidouro (20,0). Nos locais com as maiores taxas de dengue, entre eles: Cordeiro, localizado no centro do Estado, Bom Jesus do Itabapoana, no extremo norte, e Tanguá, ao sul - estão posicionados nas faixas de isoietas com elevados índices de chuva no Rio de Janeiro, principalmente no verão (SILVA e DEREZYNSKI, 2014).

Os municípios paulistas que apresentaram taxas mais elevadas da dengue foram: Nova Castilho (3.785); Potim (3.178); e Ribeirão Preto (3.149). Trinta e um (31) municípios, num universo de 645, apresentaram incidência igual à zero. Os municípios do Estado de São Paulo que apresentam a maior ocorrência da doença estudada estão distribuídos espacialmente nas isoietas com os mais elevados índices pluviométricos da região paulista (CARVALHO *et al.*, 2012).

A maior incidência da dengue poderia estar obedecendo a um padrão sazonal muito atrelado aos índices pluviométricos do período de análise (SANTOS e MARÇAL JÚNIOR, 2004; VIEIRA e LIMA, 2006). Nesse sentido, nas pesquisas, é imprescindível a manipulação de amostras com maior amplitude de tempo e locais a fim de se promover observações mais concisas a respeito dos surtos e áreas de risco.

A realização da análise de componentes principais como modelo para análise exploratória dos dados mostrou que para o Estado de Minas Gerais, as variáveis: incidência da dengue (54,64%), IDHM (17,93%), e população urbana (13,91%) - representaram 86,49% da variação dos indivíduos testados. Os dados relativos ao Estado do Espírito Santo mostraram que as variáveis: incidência da dengue (57,53%) e IDHM (17,64%) - representam 75,17% da variação dos indivíduos testados. Para o Estado de São Paulo, as variáveis: incidência da dengue (40%), IDHM (21,31%), população urbana (18,06%) e renda *per capita* (13,84%) - representam 93,23% da variação dos indivíduos testados. E, para o Estado do Rio de Janeiro, as variáveis: incidência da dengue (51,79%), IDHM (17,94%), população urbana (13,10%) - representam 82,83% da variação dos indivíduos testados.

Em busca de aprofundar o entendimento do padrão de distribuição da dengue na região analisada e, dessa forma, apontar as áreas mais propícias à ocorrência de surtos da doença, realizou-se correlações entre taxas de incidência da dengue com as variáveis socioeconômicas do trabalho, tal como se observa na Tabela 21.

TABELA 21. Correlação entre incidência da dengue com as variáveis selecionadas, por unidades federativas, região Sudeste do Brasil, 2010.

Unidade Federativa	IDHM	População urbana	Renda <i>per capita</i>	Esperança de vida ao nascer	PEA > que 18 anos
Rio de Janeiro	0.343	0.081	0.222	0.166	-0.061
	0.000	0.440	0.033	0.113	0.562
São Paulo	0.180	0.189	0.047	0.103	-0.32
	0.000	0.000	0.228	0.009	0.408
Espírito Santo	0.137	0.309	0.022	0.101	0.177
	0.230	0.005	0.844	0.378	0.120
Minas Gerais	0.126	0.244	0.124	0.070	0.179
	0.000	0.000	0.000	0.041	0.000

Fonte: IBGE (2010) e MS (2010). Org.: própria, 2017.

Nota: Os valores mostrados nas colunas referem-se respectivamente ao coeficiente de correlação de *Pearson* (r) e ao nível de significância (valor p) da correlação.

Para o Estado de Minas Gerais existe associação entre as taxas de infectados por dengue e: IDHM; percentual de população urbana; renda *per capita*; esperança de vida ao nascer; e população economicamente ativa maior de 18 anos. No entanto, os resultados dos coeficientes de correlação de *Parson* (r) indicam baixo grau de linearidade positiva. Esse grau é mais elevado (0,24) entre a taxa de incidência de dengue e o grau de urbanização; ou seja, áreas mais urbanizadas estão associadas à maior ocorrência da doença.

No Espírito Santo, houve correlação significativa apenas entre a incidência da dengue e o percentual de população urbana, sendo essa associação linear positiva. Todavia, o coeficiente de correlação (0,31) apresenta grau de associação estatística relativamente baixa entre as variáveis.

No Estado do Rio de Janeiro houve correlação linear positiva entre as variáveis dengue e IDHM; e entre dengue e renda *per capita*. Mas, nas duas associações, o coeficiente é relativamente baixo.

Em São Paulo o teste de correlação mostra associação entre as taxas da dengue e: IDHM; percentual de população urbana; e esperança de vida ao nascer. Contudo, seguindo a linha dos coeficientes de correlação das outras unidades federativas, também existe pouca associação entre as variáveis.

O uso do IDHM, da renda *per capita* e da esperança de vida ao nascer nas correlações, pode parecer redundante a princípio. No entanto, conforme os resultados mostrados, quando

houve associação das taxas de incidência de dengue com o IDHM, não necessariamente houve com as outras variáveis anteriormente citadas, as quais estão inseridas no IDHM (FJP, 2013).

Os resultados obtidos mostram ainda uma correlação linear positiva entre a taxa de incidência de dengue e IDHM nos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, quando o esperado seria a correlação negativa, porque quanto maior a incidência da dengue, teoricamente, as condições de vida deveriam ser mais precárias.

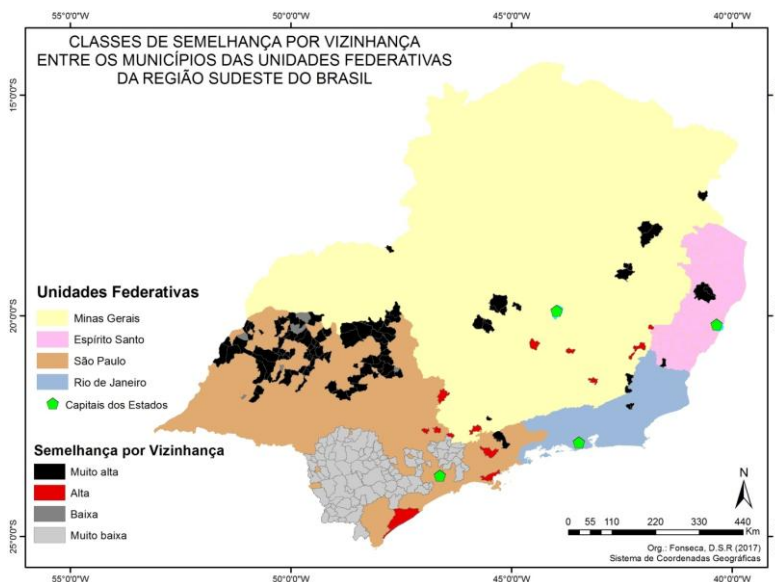
O índice IDHM é calculado conforme o acesso ao conhecimento, o direito à vida longa e saudável e a um padrão de existência digno da população (LANA *et al.*, 2009; FISHER *et al.*, 2010). Trata-se, portanto, de uma generalização que busca medir o nível de sucesso atingido por uma sociedade no atendimento às necessidades básicas e universais do ser humano. A correlação positiva entre as variáveis talvez se deva ao fato de, em municípios mais desenvolvidos, geralmente há maior densidade demográfica, e a aglomeração da população pode favorecer a proliferação de focos do mosquito transmissor. Essa mesma explicação pode ser aplicada às correlações positivas observadas entre a incidência de dengue e, às variáveis: renda *per capita* e esperança de vida ao nascer.

Certas pesquisas apontam para a relação entre a maior aglomeração populacional urbana e a maior incidência da dengue e seu vetor (SANTOS e MARÇAL JÚNIOR, 2004; FONSECA e BRAZ, 2010; BRAZ *et al.*, 2013). Dessa forma, a análise de correlação realizada entre as variáveis: população economicamente ativa, população urbana, e a dengue - foram necessárias para verificar a relação entre a ocorrência de grandes centros urbanos, com seus aglomerados populacionais e áreas de maior atividade produtiva -, com a incidência da doença em análise. Nos dados referentes a Minas Gerais, por exemplo, há correlação significativa ($p < 0.01$) entre dengue e população urbana, e entre dengue e população economicamente ativa; o que comprova tal relação apontada pela literatura. Mas, esta última correlação pode ser averiguada apenas em Minas Gerais.

O emprego do índice de similaridade por vizinhança para cada Estado apresentou resultados significativos ($p < 0,01$), com Índice Global de Moran igual a 0,502 - conforme é mostrado na Figura 48. No Estado de Minas Gerais foram observados vinte (20) municípios enquadrados na classe “Muito alta” semelhança por vizinhança; e nove (9) na classe “Alta” semelhança. No Estado de São Paulo foram observados oitenta e quatro (84) municípios

enquadrados na classe “Muito alta” semelhança por vizinhança; seis (6) na classe “Alta”; sete (7) na classe “Baixa”; e noventa e cinco (95) na classe “Muito baixa” semelhança por vizinhança. No Estado do Espírito Santo foram observados três (3) municípios enquadrados na classe “Muito alta” semelhança por vizinhança. No Estado do Rio de Janeiro foram observados dois (2) municípios enquadrados na classe “Muito alta” semelhança por vizinhança. Portanto, as zonas críticas para ocorrência dos surtos de infectados por dengue são aquelas de *clusters* de cor preta e, em menor grau, as apresentadas de cor vermelha, as quais apresentaram maior interação entre si.

FIGURA 48. Classes de semelhança por vizinhança, conforme o Índice de Moran, nos municípios com casos notificados de pessoas infectadas por dengue (2010) da região Sudeste do Brasil.



Org.: própria, 2017.

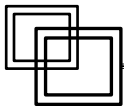
Nos *clusters* gerados não houve, aparentemente, relação entre a semelhança espacial de infectados por dengue e a proximidade com as capitais dos Estados. Após a geração desses *clusters*, foi realizada novamente a análise de correlação com todas as variáveis do trabalho, todavia agora, estritamente nos municípios que apresentaram semelhanças por vizinhança nas taxas de infectados por dengue -, os resultados foram muito similares àqueles já observados. As semelhanças espaciais na incidência das taxas de dengue podem estar relacionadas conjuntamente a fatores ambientais, os quais fogem dos objetivos deste trabalho, mas, a partir de tal hipótese, é aberta uma nova possibilidade para pesquisas.

Pode-se afirmar com base nos resultados obtidos que onde se verificou a maior taxa de urbanização associada à ocorrência da dengue (Minas Gerais, São Paulo e Espírito Santo) e essa relação concomitante a renda *per capita* (Rio de Janeiro e Minas Gerais) - o número de casos de enfermos poderia estar ligado a um processo chamado “deseconomia” (RALFO, 1995), quando os níveis de desenvolvimento atingem um ápice local e, posteriormente, há um processo de aumento da complexidade dos problemas urbanos, com a desconcentração de certas metrópoles e fluxo de pessoas para cidades secundárias. Estas cidades, em vários casos, não estão capacitadas para o aumento do movimento migratório e, com isso, ocorre maior propagação de doenças (BIRABEN, 1984).

No caso da epidemia em foco neste trabalho, a contaminação de pessoas saudáveis em áreas distintas pode ocorrer com o hospedeiro humano contaminado, o qual passa o vírus para o mosquito ao ser picado, ou ainda, pelo transporte passivo do vetor, o mosquito *Aedes aegypti*, grudado no corpo das pessoas que migram (SANTOS e MARÇAL JÚNIOR, 2004). Tal como foi observado na Figura 48, sobretudo em São Paulo e Minas Gerais, onde há regiões “polinucleadas” (LOBO e MATOS, 2011) de ocorrência da dengue, as taxas dessa doença poderiam funcionar como bioindicadoras para um processo de “espraiamento” (AZZONI, 1986) econômico do fluxo de capital e pessoas?

Dentro da premissa levantada e na busca por uma escala maior, específica e, portanto, com maior detalhamento, infere-se a necessidade de um “zoneamento”, o qual possibilitaria identificar e delimitar unidades geográficas em certo espaço físico, conforme suas fragilidades, em saúde no caso, as quais podem ser intensificadas a partir dos elementos que compõem esse meio. Pode-se compreendê-lo ainda, como o produto das análises de processos dinâmicos somados à regionalização dos atributos relevantes, chegando-se a integração dessas análises (SILVA; SANTOS, 2004; HAESBAERT, 2014). Nos trabalhos de zoneamento é salientada a importância para a seleção de características ambientais mapeáveis, juntamente com medidas quantitativas que agrupem ou expressem as múltiplas interações desses espaços (MAGNUSSON, 1999; PABLO, 2000). A finalidade desse método seria a apresentação agrupada das unidades, permitindo o estudo integrado e o desenvolvimento de atividades para prevenir e remediar as anomalias em foco.

Desencadeamentos: Montes Claros-MG



4.4 O mosquito *Aedes aegypti* na cidade de Montes Claros-MG

A partir desta parte da pesquisa, o objetivo foi estudar os desencadeamentos do processo de infecção de pessoas por dengue na escala da cidade de Montes Claros. Tal cidade encontra-se inserida numa região que apresenta características edafoclimáticas compatíveis àquelas áreas mostradas nas seções anteriores deste estudo onde têm havido as maiores taxas de internações por dengue, sendo assim, é um local de transição entre o semiárido e o semiúmido, e apresenta de seis (6) a oito (8) meses de estiagem (Tabelas 4 e 5). Posiciona-se no Sudeste brasileiro, onde os totais absolutos de infectados notificados têm sido altos conforme o período dos dados estudados.

Os dados referentes ao Índice Breteau sobre a infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti* nos bairros da cidade Montes Claros, anos: 2017, 2016 e 2015, apresentaram as correspondentes médias: 5,4, 4,5 e 4,3% - sendo o ano 2017 e o 2015 significativamente diferentes ($p < 0.05$), e a relação entre os demais consideradas iguais, conforme o teste de hipóteses e diferença de médias empregado. Os valores apresentaram elevada variabilidade, aqueles com maior dispersão são os do ano 2015, coeficiente de variação igual a 98,4%; e os de menor dispersão são os do ano 2016, coeficiente de variação igual a 65,1%; tal como pode ser verificado na Tabela 22.

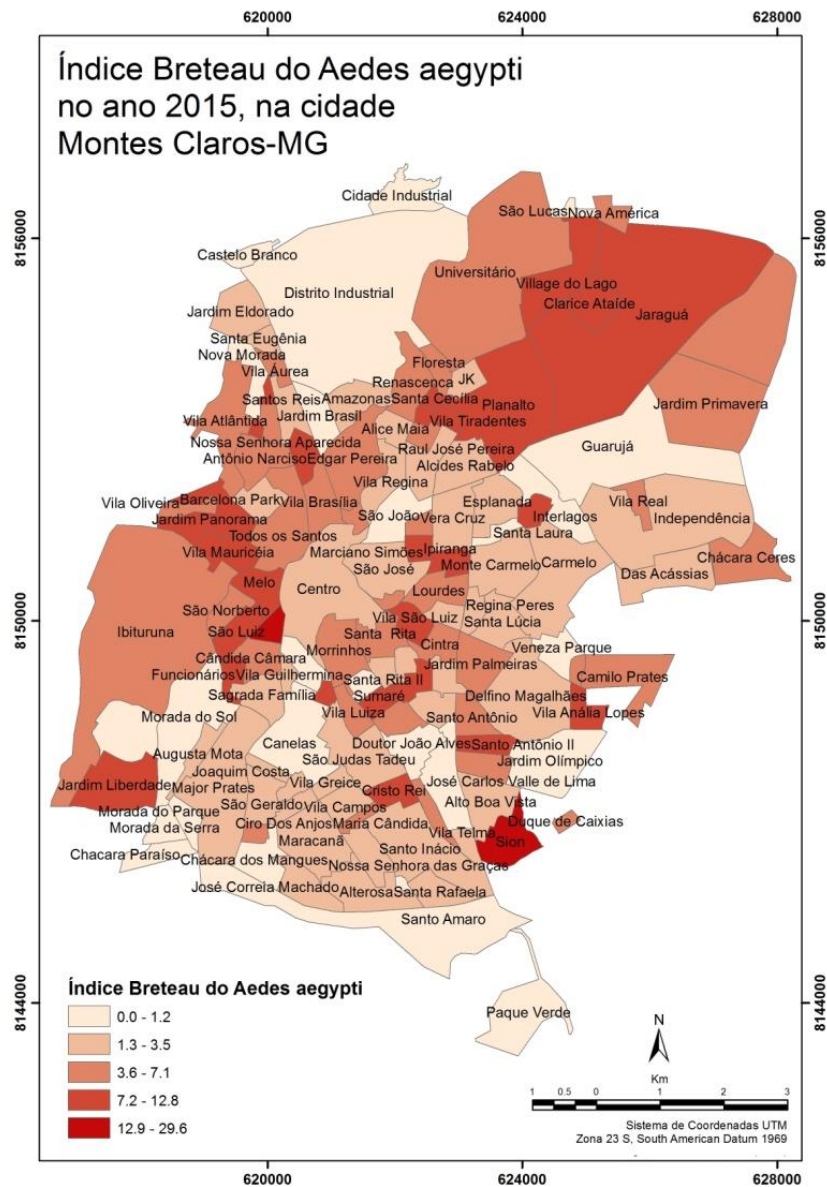
TABELA 22. Estatística descritiva dos dados referentes aos Índices Breteures dos anos 2017, 2016 e 2015, sobre infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti* na cidade Montes Claros-MG.

	2017	2016	2015
Amostra	136	136	136
Valor mínimo	0	0	0
Valor máximo	18.5	15.5	29.5
Mediana	4.9	4.2	3.3
1º quartil	3.0	2.7	1.7
3º quartil	7.1	6.0	6.4
Média	5.4	4.5	4.3
Desvio-padrão	3.7	2.9	4.2
Coef. Var. (%)	68.6	65.1	98.4

Fonte: dados do CCZ (2017). Org.: própria, 2018.

A elevada dispersão nos dados referentes ao ano 2015 pode ser notada ao ser observada a Figura 49, na qual a representação espacial do Índice Breteau encontra-se acima de 12,8% em pontos distintos da cidade, nos bairros: Sion, região leste, e São Luiz, região central. Outros locais com valores superiores a 7,1% estão dispostos heterogeneamente, tal como o Village do Lago, região norte; Vila Anália Lopes, região leste; e Melo, posicionado na região central.

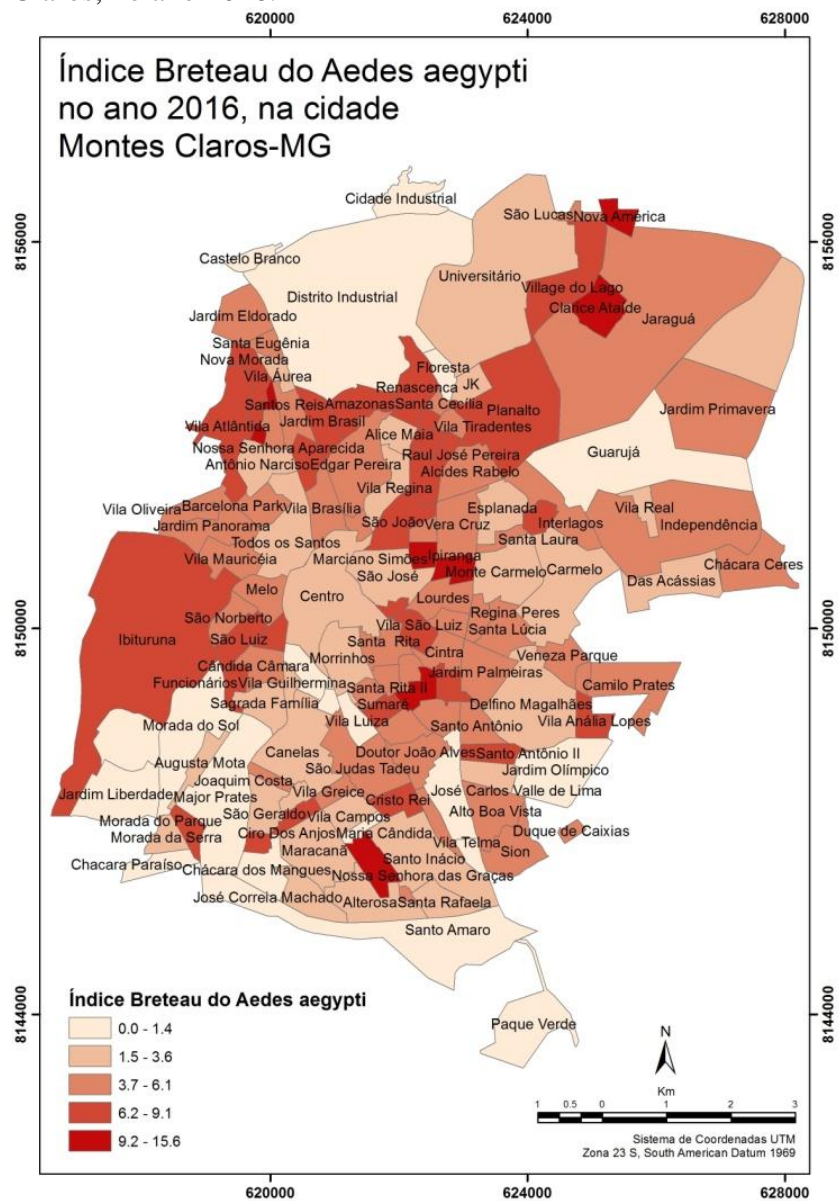
FIGURA 49. Distribuição espacial do Índice Breteau do *Aedes aegypti* (%) nos bairros da cidade Montes Claros, no ano 2015.



Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017). Org.: própria, 2018.

O ano 2016 apresentou valores acima de 9,1% em locais como: Nova América, região norte; Monte Carmelo, região leste; e o bairro Nossa Senhora das Graças, região sul. Valores acima de 6,1% são vistos, por exemplo, no bairro Village do Lago; Vila Anália Lopes; e no Ibituruna, região oeste. Diferentemente do ano 2015, o ano 2016 apresentou maior quantidade de bairros agrupados na classe em tons de vermelho intenso, os quais foram aqueles de maior infestação larvária, tal como pode ser observado na Figura 50.

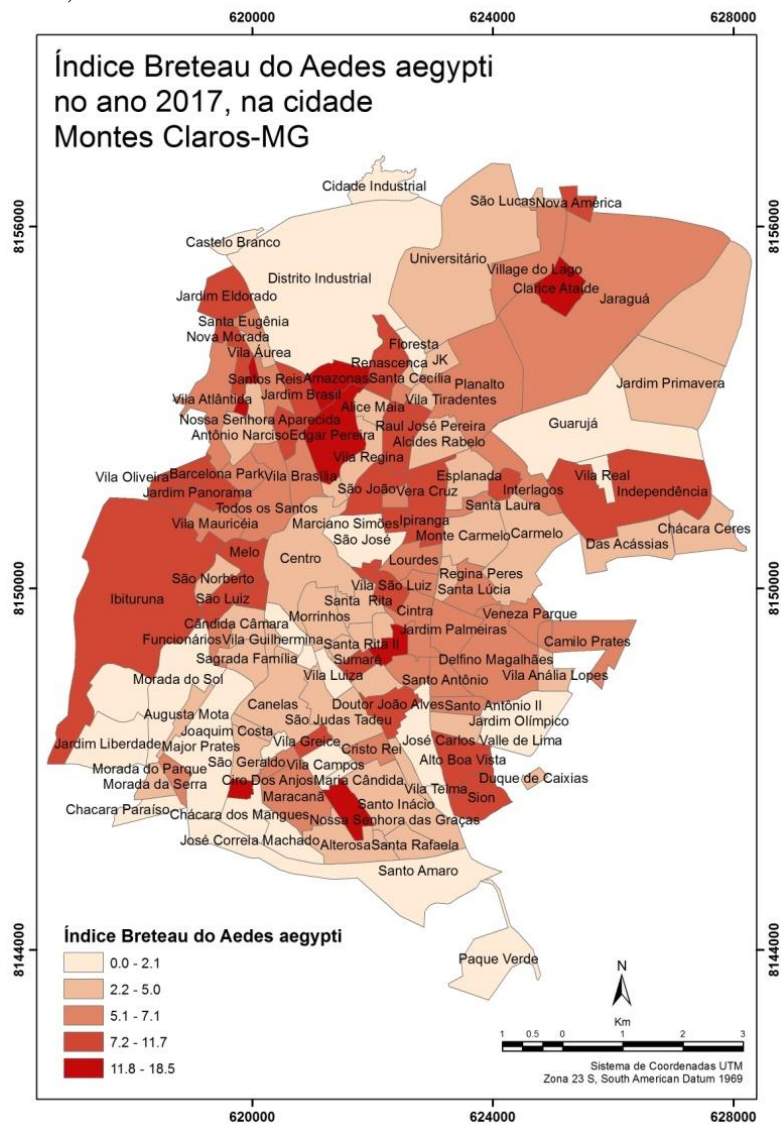
FIGURA 50. Distribuição espacial do Índice Breteau do *Aedes aegypti* (%) nos bairros da cidade Montes Claros, no ano 2016.



Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017). Org.: própria, 2018.

Em 2017 são notadas áreas com valores superiores a 11,7% do índice de infestação larvária em bairros como: Clarice Ataíde, região norte; Santa Rita II e Sumaré, na região leste da cidade. Áreas com o índice superior a 7,1% estiveram nos seguintes locais: Floresta, região norte; Independência, região leste; Sion e no Ibituruna. A partir da interpretação dos materiais cartográficos dos três anos em análise, Figura 51 a seguir, pode ser verificada a tendência dos valores mais elevados do Índice Breteau na porção central da cidade, no entanto, essa distribuição é altamente dispersa.

FIGURA 51. Distribuição espacial do Índice Breteau do *Aedes aegypti* (%) nos bairros da cidade Montes Claros, no ano 2017.



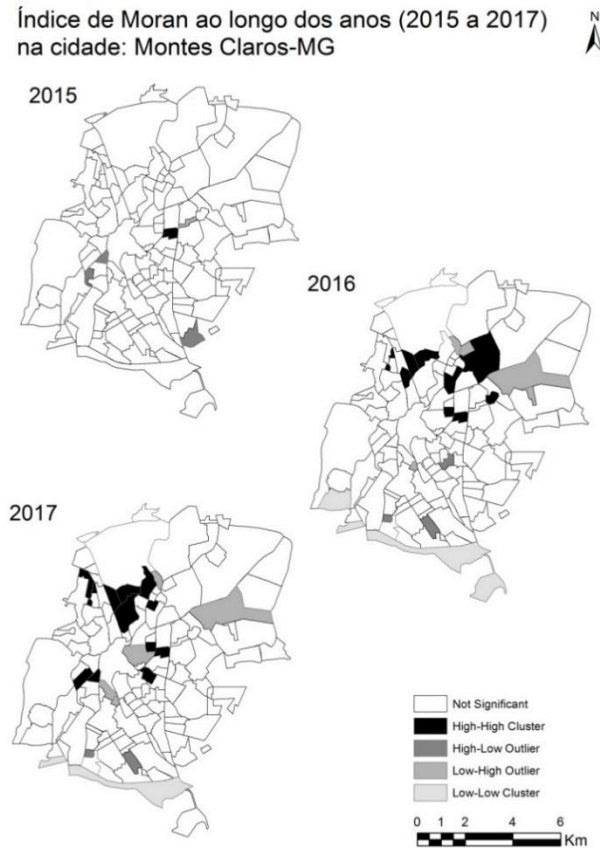
Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017). Org.: própria, 2018.

4.4.1 A relação entre o mosquito *Aedes aegypti* e a temperatura de superfície

Nesta seção, a intenção foi gerar um zoneamento das áreas com maior predisposição para infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti*, através do Índice Breteau (MS, 2018), nos anos 2015, 2016 e 2017 na cidade Montes Claros-MG. A partir dessa região funcional, testar a associação entre a ocorrência desse vetor de enfermidades com a temperatura de superfície estimada em três épocas. Os resultados poderão contribuir com a discussão dos dilemas que acometem as populações afetadas, na perspectiva da geografia da saúde social e qualidade urbana.

Quanto à heterogeneidade espacial, vista nas Figuras 49, 50 e 51, estas podem ter sua compreensão expandida através da identificação dos agrupamentos de aglomerados espacialmente autocorrelacionados, ao ser aplicado o Índice de Moran como critério técnico-científico (ANSELIN, 2005). A Figura 52 apresenta a utilização desse recurso ao longo dos anos 2015 a 2017 na cidade Montes Claros, onde é verificada a maior concentração das áreas com *clusters* na classe “*High-High*”, sobretudo em torno dos bairros: Ipiranga, Marciano Simões e Edgar Pereira. Estes bairros encontram-se acompanhados de locais com altas taxas de infestação pelo *Aedes aegypti*. Lugares com discrepância às maiores taxas, mas adjacentes a esses *clusters*, são vistos na classe “*Righ-Low Outlier*”. Os *clusters* das áreas com muito baixa taxa (classe *Low-Low*) estão, em geral, ao sul do perímetro urbano, tratando-se daqueles em torno dos bairros: Santo Amaro e Chácaras Paraíso. Estes apresentam, nas adjacências, outros bairros classificados como de muito baixa incidência larvária. Lugares com discrepância às menores taxas, mas adjacentes a esses *clusters*, são vistos na classe “*Low-Righ Outlier*”. Áreas em que não houve autocorrelação espacial (não significativas) podem ser observadas no triênio analisado. O Índice Global de Moran ficou superior a 0,70 nos três anos mostrados, indicando alta correlação espacial por vizinhança (CAMPOS; MACEDO, 2014).

FIGURA 52. Mapa de *clusters*, pelo Índice de Moran, onde ocorre os aglomerados espacialmente autocorrelacionados pelo Índice Breteau do *Aedes aegypti*, na cidade Montes Claros-MG nos anos 2015, 2016 e 2017.

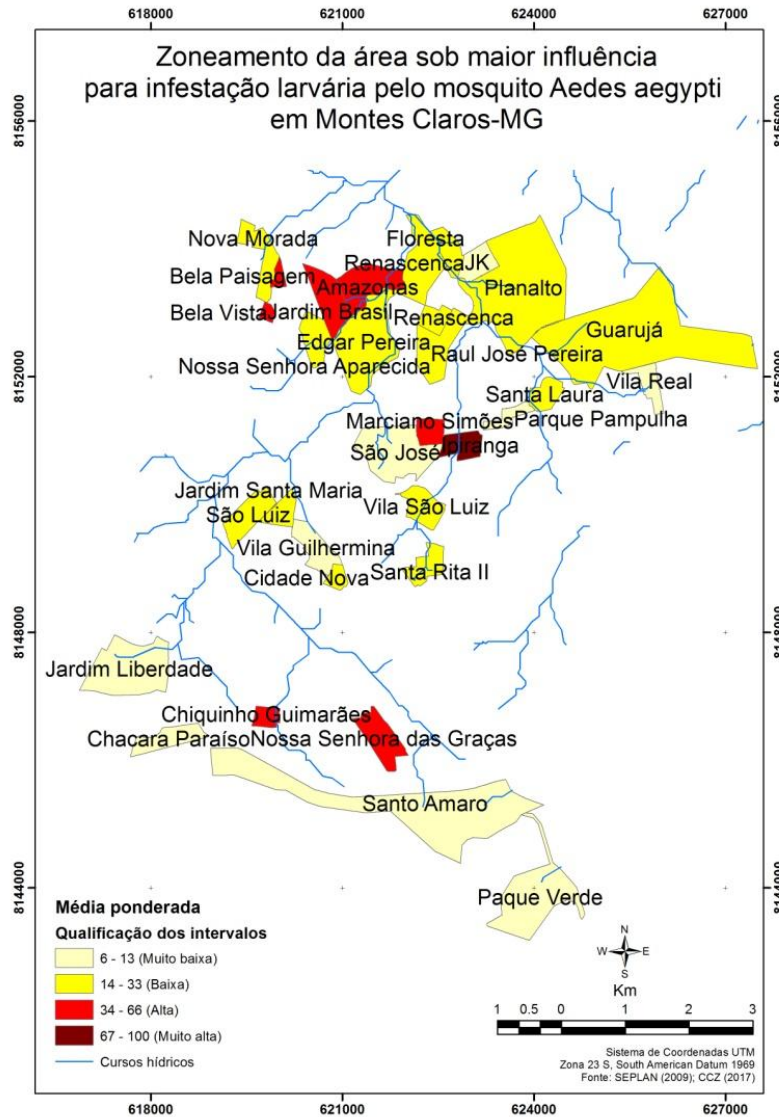


Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017). Org.: própria, 2018.

Em busca do zoneamento das áreas críticas, sob a maior infestação larvária do mosquito *Aedes aegypti* nos três anos analisados, providenciou-se a álgebra entre mapas (ANSELIN, 1999). Por meio da Figura 53 a seguir, são observados os agrupamentos, de forma hierárquica, dos locais com muito alta (em vermelho-intenso) infestação e autocorrelação espacial, bairro Ipiranga; sucedido daqueles com alta ocorrência de larvas (em vermelho), bairro Bela Paisagem, Bela Vista, Amazonas, Edgar Pereira, Marciano Simões, Chiquinho Guimarães e Nossa Senhora das Graças. Com baixa ocorrência larvária (em amarelo) estão os bairros: Floresta, Renascença, Planalto, Guarujá, Santa Laura, Vila São Luiz, São Luiz e o Santa Rita II; e os de muito baixa autocorrelação espacial (amarelo-pastel),

nas adjacências do bairro Santo Amaro. Essa região do sítio urbano, a seguir, seria aquela que tem influenciado a infestação larvária do *A. aegypti* para os demais espaços da cidade.

FIGURA 53. Zoneamento da cidade de Montes Claros, sob a perspectiva da maior infestação pelo mosquito *Aedes aegypti*.



Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017). Org.: própria, 2018.

Os limites dos bairros da cidade são controversos e geram conflitos inclusive entre os órgãos integrantes da prefeitura municipal, tais como o Centro de Controle de Zoonoses e a

Secretaria de Planejamento Urbano. Tal delimitação, a qual na maior parte dos casos não tem como prerrogativa os acidentes geográficos desse espaço habitado, dificulta as análises pontuais em maior escala. Sem rigor com o ambiente natural, essas demarcações não apresentam correspondência com o movimento realizado pelo mosquito em estudo. Em busca da melhor análise, foram tomados os locais da Figura 53 como área de pesquisa, tendo em vista que pelo método identificaram-se as zonas mais e menos propensas à ocorrência do inseto *Aedes*. A partir de tal modelo, restringiu-se o universo amostral de cento e trinta e seis (136) bairros para trinta e um (31). Os principais dados gerados encontram-se descritos na Figura 54.

FIGURA 54. Principais dados adquiridos, gerados e manipulados, sob a área amostral (Índice de Moran), relativa à infestação larvária do *Aedes aegypti* em Montes Claros-MG.

Bairro	Região	Bret. 2017	Bret. 2016	Bret. 2015	Decliv. Méd	Altit. Méd	Altit. Máx
Amazonas	Norte	15.4	9.1	2.4	2.5	626.0	640.0
Bela Paisagem	Oeste	15.6	15.6	7.3	0.0	660.0	660.0
Bela Vista	Oeste	15.8	9.8	9.1	11.3	669.0	680.0
Chacara Paraíso	Sul	0.0	0.0	0.0	0.0	660.0	660.0
Chiquinho Guima	Sul	18.5	8.7	3.9	0.0	660.0	660.0
Cidade Nova	Sul	0.0	0.0	10.7	0.0	670.0	670.0
Edgar Pereira	Central	14.0	6.0	7.1	0.0	620.0	620.0
Floresta	Norte	0.0	0.0	4.8	0.0	620.0	620.0
Guarujá	Leste	0.0	0.0	0.0	31.0	656.0	660.0
Ipiranga	Leste	9.8	9.8	10.1	0.0	640.0	640.0
Jardim Brasil	Norte	9.8	7.7	1.1	2.3	631.0	640.0
Jardim Liberdade	Oeste	0.0	0.0	12.5	2.2	668.0	680.0
Jardim Santa Ma	Central	11.7	7.1	25.5	0.0	640.0	640.0
JK	Norte	3.0	2.5	3.5	0.1	620.0	620.0
Marciano Simões	Leste	10.1	10.1	9.0	0.0	640.0	640.0
Nossa Senhora A	Norte	8.3	8.3	7.2	0.2	630.0	630.0
Nossa Senhora d	Sul	14.6	14.6	1.9	0.0	680.0	680.0
Nova Morada	Oeste	8.5	6.2	0.0	6.1	650.0	680.0
Paque Verde	Sul	0.0	0.0	0.0	7.6	760.0	900.0
Parque Pampulha	Leste	5.2	3.8	0.0	5.2	633.0	640.0
Planalto	Norte	7.0	7.0	8.1	1.1	633.0	640.0
Raul José Perei	Norte	7.4	7.4	1.5	0.0	640.0	640.0
Renascença	Norte	8.3	6.5	4.2	0.0	620.0	620.0
Santa Laura	Leste	7.9	7.9	7.3	0.0	630.0	630.0
Santa Rita II	Leste	13.7	13.7	10.6	0.0	660.0	660.0
Santo Amaro	Sul	0.0	0.0	0.0	3.4	699.0	760.0
São José	Central	1.7	1.7	3.5	0.0	636.0	652.0
São Luiz	Central	10.0	6.2	8.7	0.0	646.0	655.0
Vila Guilhermin	Central	1.0	1.0	1.2	0.0	661.0	676.0
Vila Real	Leste	1.6	1.6	5.9	0.0	660.0	660.0
Vila São Luiz	Leste	10.0	6.2	8.7	0.0	645.0	654.0

Fonte: CCZ (2017); INPE (2018). Org.: própria, 2018.

Com a finalidade de minimizar a dificuldade na análise espacial do fenômeno em pesquisa, a área amostral gerada a partir da síntese dos clusters produzidos pelo Índice de Moran dos anos 2017, 2016 e 2015 apresentou as seguintes médias para o Índice Breteau: 7,3; 5,7 e 5,6%. Os valores mostram menor variabilidade se comparados com os dados de todos os bairros de Montes Claros. Aqueles com maior dispersão são os do ano 2015, coeficiente de variação igual

a 94,3%; e os de menor dispersão são os do ano 2017, coeficiente de variação igual a 79,3%; tal como pode ser verificado na Tabela 23.

TABELA 23. Estatística descritiva dos dados referentes aos Índices Breteau dos anos 2017, 2016 e 2015, sobre infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti*, na área amostral gerada a partir da síntese do Índice de Moran.

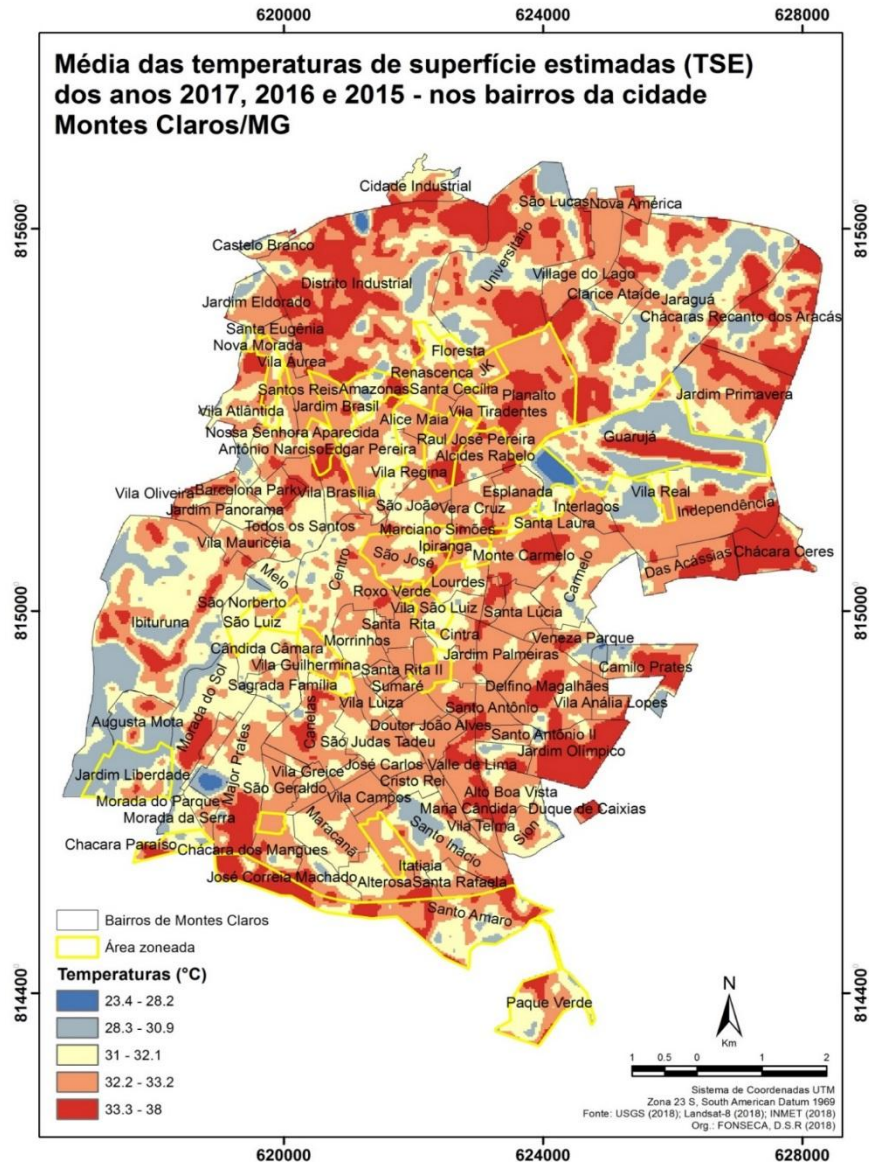
	2017	2016	2015
Amostra	31	31	31
Valor mínimo	0	0	0
Valor máximo	18.5	15.5	25.5
Mediana	8.2	6.2	4.7
1º quartil	1.3	1.3	1.3
3º quartil	10.8	8.4	7.3
Média	7.3	5.7	5.6
Desvio padrão	5.8	4.5	5.3
Coef. Var. (%)	79.3	79.7	94.3

Fonte: dados do CCZ (2017). Org.: própria, 2018.

Outro fator verificado foi referente à temperatura de superfície¹ desses bairros, providenciada por meio de imagens Landsat-8, dos anos 2015, 2016 e 2017, em seus respectivos meses de outubro. A análise da Figura 55, a qual representa as médias obtidas nesses três anos, permite verificar a existência de certo padrão em relação às temperaturas nas épocas representadas. Dessa forma, obtiveram-se as áreas da cidade com médias amenas e aqueles locais com picos de temperatura elevadas. Genericamente, a temperatura média registrada foi de 32,2°C. As áreas que se apresentaram mais quentes, dentre alguns exemplos em vermelho intenso, estão situadas entorno do Jardim Olímpico (34,4°C - região Leste); Planalto (33,3°C – região Norte); e Santo Amaro (33°C – região Sul). Quanto às zonas com temperaturas mais amenas, em tons de azul, estão posicionadas, sobretudo, no sudoeste, norte e nordeste de Montes Claros, como é o caso dos bairros: Morada da Serra (27,6°C); Distrito Industrial (28,6°C); e o Interlagos (29,8°C).

¹ As temperaturas de superfície visualizadas através das ilhas de calor nos mapas deste estudo são referentes ao calor latente no solo, em graus Celsius, no momento da obtenção da imagem pelo satélite trabalhado. Diferenças entre a temperatura do ar e a do solo são esperadas em situações normais (COELHO; CORREA, 2013).

FIGURA 55. Média das temperaturas de superfície estimadas (°C), dos anos 2015, 2016 e 2017 – nos respectivos meses de outubro, na cidade Montes Claros e nas áreas de maior predisposição para infestação larvária pelo *Aedes aegypti*.

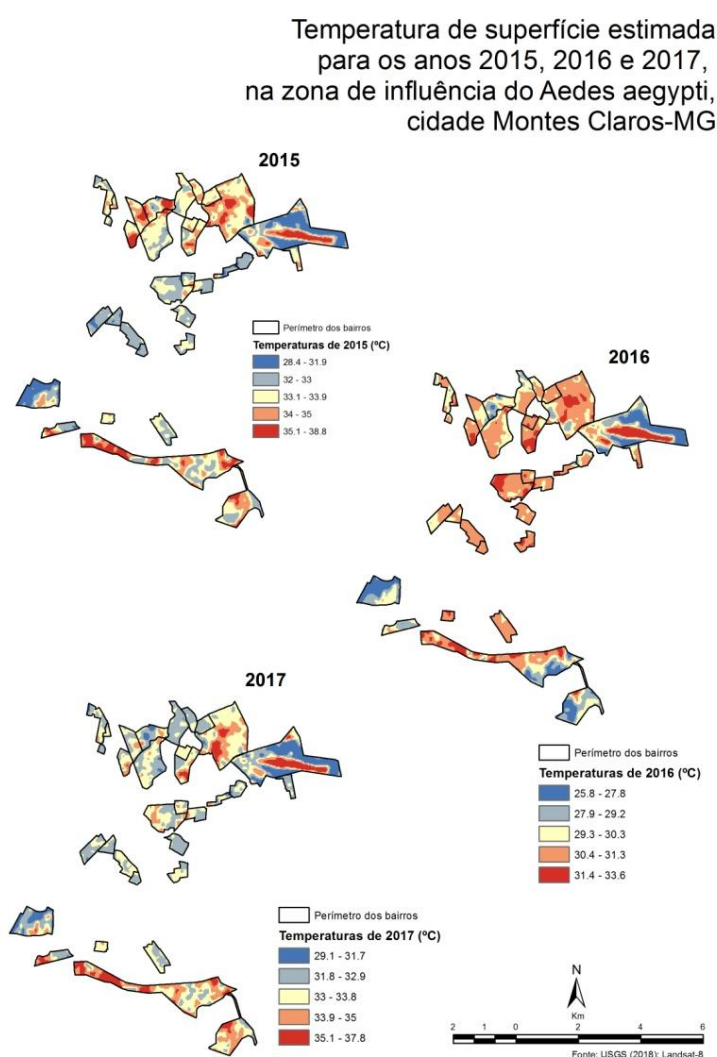


Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017); USGS (2018). Org.: própria, 2018.

Especificamente a partir da delimitação das zonas críticas, nas quais tem havido maior infestação e interação do mosquito para outros lugares, os locais “frios” e aqueles com maior temperatura se mantiveram entre os anos 2015 a 2017, sobretudo nos bairros: Ibituruna, Morada do Sol, Santo Inácio e Jaraguá. Pequenas variações são notadas, possivelmente, em decorrência do efeito das nuvens no momento do sensoriamento das imagens; pela variação

da umidade relativa do ar ao longo das épocas em análise, e, ainda, pode ser alterada a temperatura devido ao comportamento radiativo e de refletância dos materiais usados nas áreas edificadas (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003; CASTRO *et al.*, 2010). As temperaturas de superfície estimadas ficaram entre 28,4 e 38,8°C em 2015; entre 25,2 e 33,6°C em 2016; e entre 29,1 e 37,8°C em 2017, tal como pode ser visualizado na Figura 56.

FIGURA 56. Temperaturas de superfície (°C) dos anos 2015, 2016 e 2017 – nos meses de outubro, nas áreas de maior predisposição para infestação larvária pelo *Aedes aegypti*.



Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017); USGS (2018). Org.: própria, 2018.

Após a geração dos dados referentes às temperaturas de superfície, foram selecionadas, pelo método Stepwise progressivo, as variáveis preditivas com maior potencial

associativo com a dependente - o Índice Breteau de 2017. Aquelas que apresentaram as maiores variações (49 e 31%) sobre o índice de determinação entre as variáveis hipoteticamente previsoras foram: o Índice Breteau de 2016 ($p < 0,001$) e a temperatura de superfície ($p < 0,04$). Estes se apresentaram como os elementos de maior peso explicativo entre o conjunto de dados para a infestação larvária ocorrida no ano de 2017. A regressão linear múltipla teve como resposta o alto poder explicativo ($p < 0,01$ e $R^2 = 0,814$) do modelo, tal como pode ser observado na Tabela 24.

TABELA 24. Modelo de regressão linear múltipla usado para predição da variável dependente, o Índice Breteau do *Aedes aegypti* do ano 2017, com as variáveis independentes: Índice Breteau do *Aedes aegypti* dos anos 2016 e 2015; área edificada (m^2); altitude máxima e declividade média; temperatura de superfície dos anos 2017, 2016 e 2015.

	R	R²	R² ajustado	P valor
	0.902	0.814	0.776	0.0001
Variável dependente	Coefficiente	t	p	
Interseção	12.296	0.8007	0.428	
Índice Breteau 2017	Variáveis independentes			
	Breteau 2016	1.087	11.502	0.0001
	Temp. sup. 2017	0.809	2.161	0.036

Fonte: dados do CCZ (2017); USGS (2018). Org.: própria, 2018.

A interação dos fatores mostrados na Tabela 24 evidencia que é preciso observar a alteração do microclima local no processo de urbanização e impermeabilização do solo, mitigando a ocorrência das ilhas de calor, as quais refletem na temperatura de superfície local. Nesse viés, os resultados demonstram a relação entre tempo e características do espaço habitado para as maiores taxas do *A. aegypti*, tendo em vista que a infestação larvária verificada no ano de 2016 corroborou para os índices similares do ano 2017, sobretudo nas regiões de Montes Claros com as maiores temperaturas, vistas na área da cidade delimitada neste estudo. Essa resposta tardia do Índice Breteau e sua influência futura nos processos de

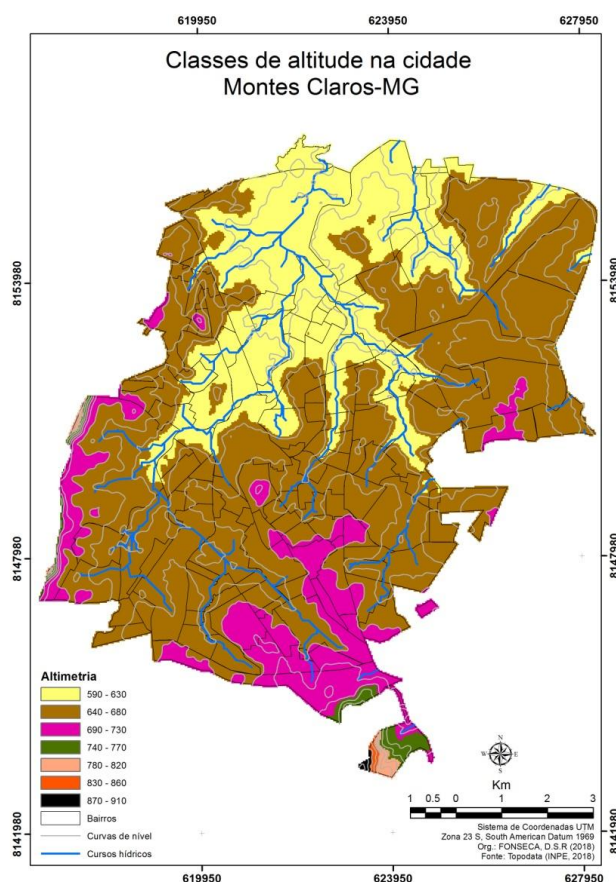
saúde-adoecimento são esperadas e foi discutido por TEIXEIRA; CRUZ, 2011; BOWMAN *et al.*, 2014.

4.4.2 A relação entre o *Aedes aegypti* e a altitude local

O objetivo desta seção foi examinar a correspondência dos focos do mosquito *Aedes aegypti*, por meio do Índice Breteau, por bairros, período entre 2015 a 2017, com dados de altitude e declividade do ambiente citadino de Montes Claros-MG. A partir dos resultados, o assunto poderá contribuir nessa temática necessária, a respeito da qualidade urbana e a geografia da saúde social.

Com a intenção de estabelecer conexões entre informações sobre elevação do terreno e incidência larvária do mosquito *A. aegypti*, é compreendido que a cidade Montes Claros apresenta altitude média de 660 metros, sobretudo na região central da cidade. As áreas de maior elevação (900m) estão situadas na direção Sul (sudeste) e as de menor (600m) localizam-se ao Norte (noroeste). O terreno, em geral, é pouco abrupto (declividade média em torno de 2,35°), áreas com maior desnível estão posicionadas a Oeste e Sul da área urbana, tal como pode ser interpretado por meio da Figura 57. Essa análise se torna necessária porque as diferenças no nível do relevo montesclarence poderiam interferir no comportamento da infestação relativa ao inseto em estudo, tendo em vista, por exemplo, a velocidade de escoamento das águas, sua distribuição e acumulação ao longo do perímetro urbano.

FIGURA 57. Intervalos de classes altimétricas e curvas de nível representando a morfologia do relevo da cidade Montes Claros-MG.



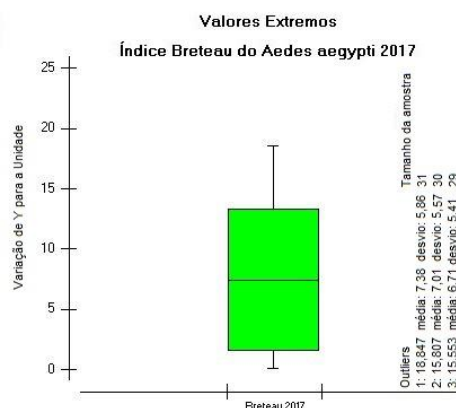
Fonte: SEPLAN (2009); INPE (2018). Org.: própria, 2018.

A aplicação da regressão linear múltipla entre o índice de infestação larvária dos anos trabalhados e os dados de altitude e declividade, realizada com todos os bairros da cidade, não foi significativa ($p > 0,10$). Quando as variáveis preditivas são testadas sob a área amostral gerada, tendo o índice infestação larvária do ano 2017 como variável dependente, e os Índices Breteures de 2016 (X1), 2015 (X2), a altitude média (X3) e a altitude máxima (X4) – como variáveis preditivas, as quais ajudam a explicar a dependente, o poder do modelo é significativo ($p < 0,01$ e $R^2 = 0,80$) conforme o método Stepwise progressivo empregado, pelo qual foram selecionadas X3 e X4 porque estas apresentaram as maiores variações no índice de determinação, 0,37 e 0,20% respectivamente, entre as variáveis hipoteticamente previsoras relativas à elevação dos terrenos.

Para melhorar o desempenho da regressão linear múltipla foi realizado o teste de normalidade, a fim de detectar os valores extremos, com base nos desvios padrão do Índice Breteau de 2017. Aqueles desencadeadores da dispersão da variável, Gráfico 8, foram, sobretudo,

os superiores a 15,5% – relacionados aos bairros: Chiquinho Guimarães, Bela Vista e Bela Paisagem. Tais *scores* foram eliminados juntamente com os dados relacionados a eles, passando a amostra de 31 para 28 bairros.

GRÁFICO 8. Gráfico (Boxplot) representativo dos principais valores discrepantes para o Índice Breteau 2017, na área amostral.



Fonte: CCZ (2017). Org.: própria, 2018.

Caso o teste fosse realizado apenas com a série temporal dos índices de infestação larvária, geraria um coeficiente de determinação mais baixo ($R^2 = 0,78$). Se fosse inserida a declividade média, esta enfraqueceria o índice de determinação e não seria significativa. Com base no modelo manipulado para se chegar aos melhores resultados, é visto na Tabela 25 que o coeficiente de determinação (R^2) final ficou em 0,973 - o que denota alto poder preditivo para a combinação das variáveis independentes (X1, X2, X3 e X4) trabalhadas. O Índice Breteau de 2016 é aquele com maior peso explicativo ($p < 0,01$) entre o conjunto de dados para a explicação da infestação larvária ocorrida em 2017. É verificado que a altitude média é significativa nessa associação ($p < 0,05$), e apresenta correlação negativa conforme o coeficiente parcial de regressão (-6,460 e $t = -2,157$), dessa forma, quanto mais baixa é a elevação média, maior é a infestação pelo mosquito. Em segundo plano, se considerada com critério, a altitude máxima é significativa ($p < 0,08$). O Índice Breteau de 2015 não é significativo ($p > 0,05$).

TABELA 25. Modelo de regressão linear múltipla usado para predição da variável dependente, o Índice Breteau do *Aedes aegypti* ano 2017, com as variáveis independentes: Índice Breteau do *Aedes aegypti* dos anos 2016 e 2015; a elevação média e a altitude máxima dos bairros.

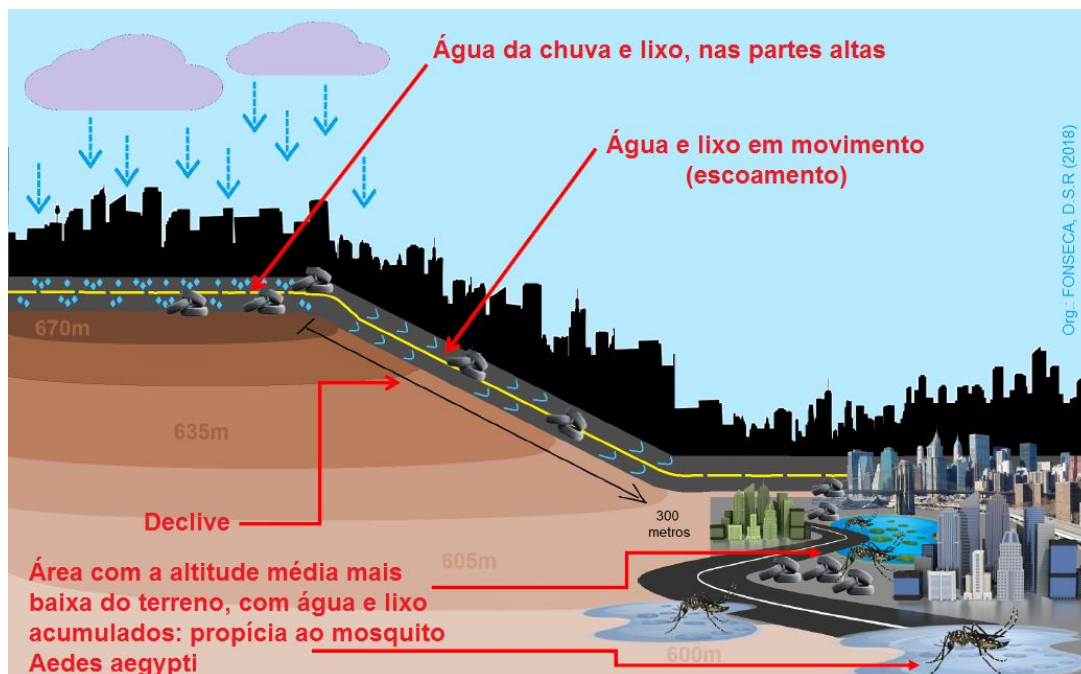
	R	R²	R² ajustado	P valor
	0.986	0.973	0.96	0.0001
Variável dependente	Coefficiente	T	p	
Interseção	20.241	2.200	0.038	
Variáveis independentes				
Índice Breteau 2017	Breteau 2016	1.046	23.94	0.0001
	Breteau 2015	0.023	0.541	0.593
	Alt. Méd.	-6.460	-2.157	0.041
	Alt. Máx.	3.317	1.847	0.077

Fonte: CCZ (2017); INPE (2018). Org.: própria, 2018.

Há, portanto, conforme os resultados mostrados na Tabela 25, forte correspondência associativa entre as taxas de infestação nos bairros, relativas ao ano anterior (2016) e o seguinte (2017), e, a partir daí, o desencadeamento da predisposição à maior suscetibilidade dos focos larvários, tendo como pressuposto as características do ambiente físico.

Em confluência com os resultados alcançados, qual a relação da dinâmica espacial poderia explicar o evento mencionado? Se as médias de altitude em determinados bairros são mais baixas em relação ao conjunto, então maiores são as possibilidades para se encontrar focos do mosquito *Aedes aegypti* em tais lugares. Mas, ao mesmo tempo, essa probabilidade pode ser agravada à medida que a elevação máxima do terreno for superior. Esses fatores estão relacionados às características de certos locais, que foram pavimentados, por exemplo, antigas várzeas e os campos alagadiços, os quais apresentam médias baixas nas altitudes dos terrenos. Nestes, é mais propício o acúmulo de água parada, em comparação a outras superfícies com declividade pronunciada do relevo, tal como mostra a Figura 58.

FIGURA 58. Esquema ilustrativo pelo qual pode ser interpretada a dinâmica da água, parada nos locais de menor e maior elevação do terreno, e o movimento hídrico no declive.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

É necessário ser salientado que o foco deste estudo é a análise dos ambientes externos às edificações, e dessa forma, busca-se praticar a geografia da saúde sob o ponto de vista não convencional daqueles propagados pelos meios de comunicação. Para acrescentar, é sabido que atualmente inexistem vacinas eficazes para todos os sorotipos circulantes transmitidos pelo *Aedes aegypti*, tornando a melhor opção o controle dessa praga, a qual está respaldada numa ação combinada de fatores como: o ser humano, o vírus, o vetor e o ambiente (JENTES *et al.*, 2011; RIZZI *et al.*, 2017). Nessas perspectivas, é necessário melhorar o escoamento superficial das águas nas zonas críticas onde há maior ocorrência desse vetor de doenças.

Ao tomar como parâmetro as premissas descritas, torna-se imprescindível a busca da melhor qualidade urbana, com a diminuição dos ambientes insalubres, tais como os depósitos de entulho, lugares altamente impermeabilizados, com bueiros entupidos ou a ausência destes. Assim sendo, o planejamento territorial da cidade, por meio do plano diretor, deve levar em consideração a manutenção dos espaços com vegetação natural e aperfeiçoar o saneamento básico citadino, pois quando há acúmulo de resíduos sólidos em áreas não controladas, maior é a proliferação do mosquito *A. aegypti* nas épocas com maior pluviosidade (ALMEIDA; SILVA, 2018).

4.4.3 Os múltiplos fatores envolvendo a dengue, a relação entre: *Aedes aegypti*, adoecimento, temperatura de superfície, altitude local e renda domiciliar

Nesta seção o objetivo foi determinar as áreas não amostradas com maior propensão para ocorrência de infectados pela dengue, período entre 2015 a 2017, através da temperatura de superfície (TS); dados de altitude, taxas de infestação larvária do transmissor da doença, o mosquito *Aedes aegypti*, e a renda domiciliar da população da cidade Montes Claros-MG. A partir dos resultados, o assunto poderá contribuir nessa temática a respeito da qualidade urbana e a geografia da saúde social.

Os dados referentes ao número de adoecidos por dengue e seus agravos apresentou as seguintes médias para os respectivos anos 2017, 2016 e 2015: 1,11, 20,2 e 12,6 – sendo estas consideradas diferentes ($p < 0.01$) a partir do teste de hipóteses empregado. Quanto ao Índice Breteau, referente a infestação larvária pelo mosquito *A. aegypti* nos bairros da cidade Montes Claros, apresentaram as correspondentes médias: 5,4, 4,5 e 4,3% - sendo o ano 2017 e o 2015, significativamente diferentes ($p < 0,05$) conforme teste de médias, e a relação entre os demais consideradas iguais. Os valores apresentaram elevada variabilidade, aqueles com maior dispersão para o número total de pessoas adoecidas foram relativos a 2017 (coeficiente de variação igual a 170, 4%) e 2015 (153%); ao mesmo tempo, a maior dispersão verificada quanto ao Índice Breteau, também ocorreu nesses dois anos, porém, em ordem inversa: 2015 (coeficiente de variação igual a 98,4%) e 2017 (68,6%). Por conta disso, os valores mínimos dos dados mativeram-se em zero (0) nos anos, enquanto os valores máximos apresentaram diferenças, tal como pode ser verificado na Tabela 26 a seguir.

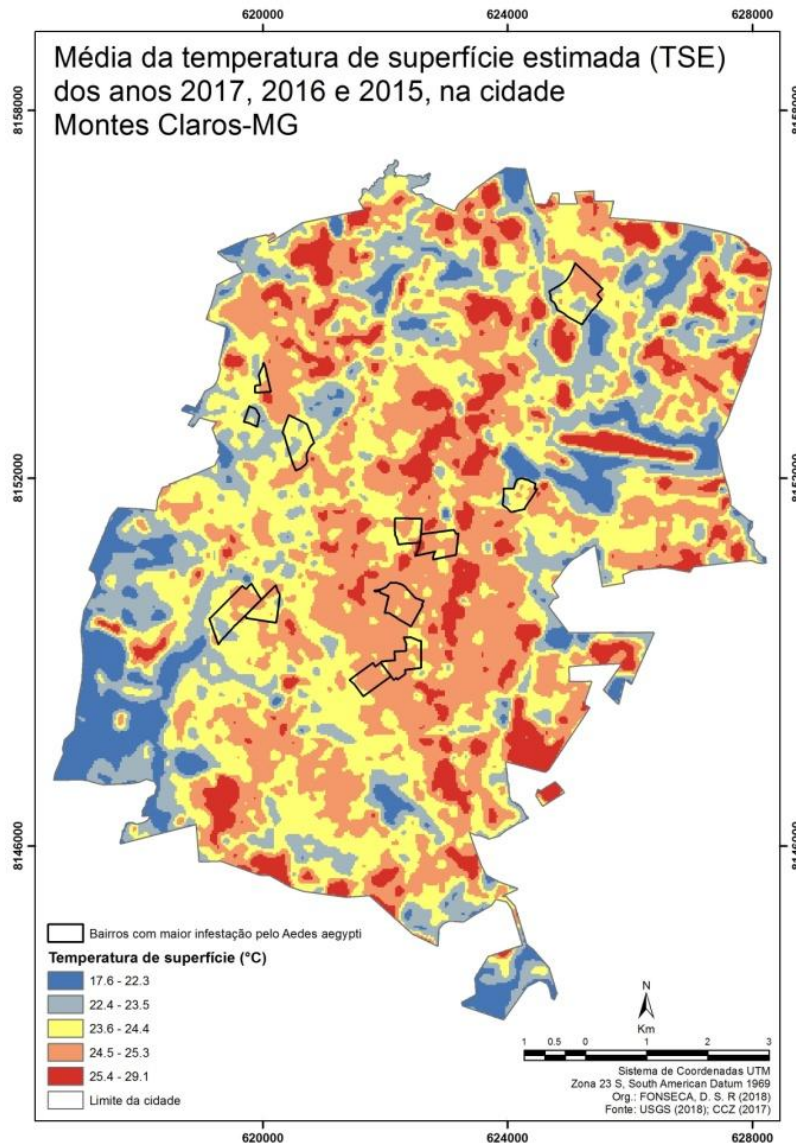
TABELA 26. Estatística descritiva dos dados referentes ao número de adoecidos por dengue e os *Índices Breteures* (mosquito *Aedes aegypti*) dos anos 2017, 2016 e 2015, na cidade Montes Claros-MG.

Ano	2017		2016		2015	
	LB	Nº Adoec.	LB	Nº Adoec.	LB	Nº Adoec.
Amostra	136	136	136	136	136	136
Valor mínimo	0	0	0	0	0	0
Valor máximo	18,5	11	15,5	125	29,5	144
Mediana	4,9	0	4,2	12	3,3	5
1º quartil	3	0	2,7	4	1,7	2
3º quartil	7,1	1	6	28	6,4	14,25
Média	5,4	1,11	4,5	20,2	4,3	12,6
Desvio-padrão	3,7	1,89	2,9	23,75	4,2	19,23
Coef. Var. (%)	68,6	170,4	65,1	117,6	98,4	153

Fonte: dados do CCZ (2017); SMS (2019). Org.: própria, 2020.

Ao aspirar relacionar o *Índice Breteau* do *A. aegypti* com a variável temperatura, foram manipuladas as imagens do satélite Landsat-8, as quais permitiram estimar as médias de superfície da cidade Montes Claros-MG em três datas de cada ano trabalhado. Dessa forma, obtiveram-se as áreas da cidade com médias amenas e aqueles locais com picos de temperatura elevadas (Figura 59). A temperatura mínima da cidade ficou em 17,6°C, a máxima em 29,1°C, a média obtida foi de 24°C, com o desvio-padrão de 1,15°C. Pode ser interpretado que as regiões com temperaturas amenas, em tons de azul, estão posicionadas, pontualmente em espaços do sudoeste, norte e noroeste da cidade Montes Claros.

FIGURA 59. Média das temperaturas de superfície e as zonas críticas com maior ocorrência larvária do mosquito *Aedes aegypti* ao longo dos anos 2017, 2016 e 2015.



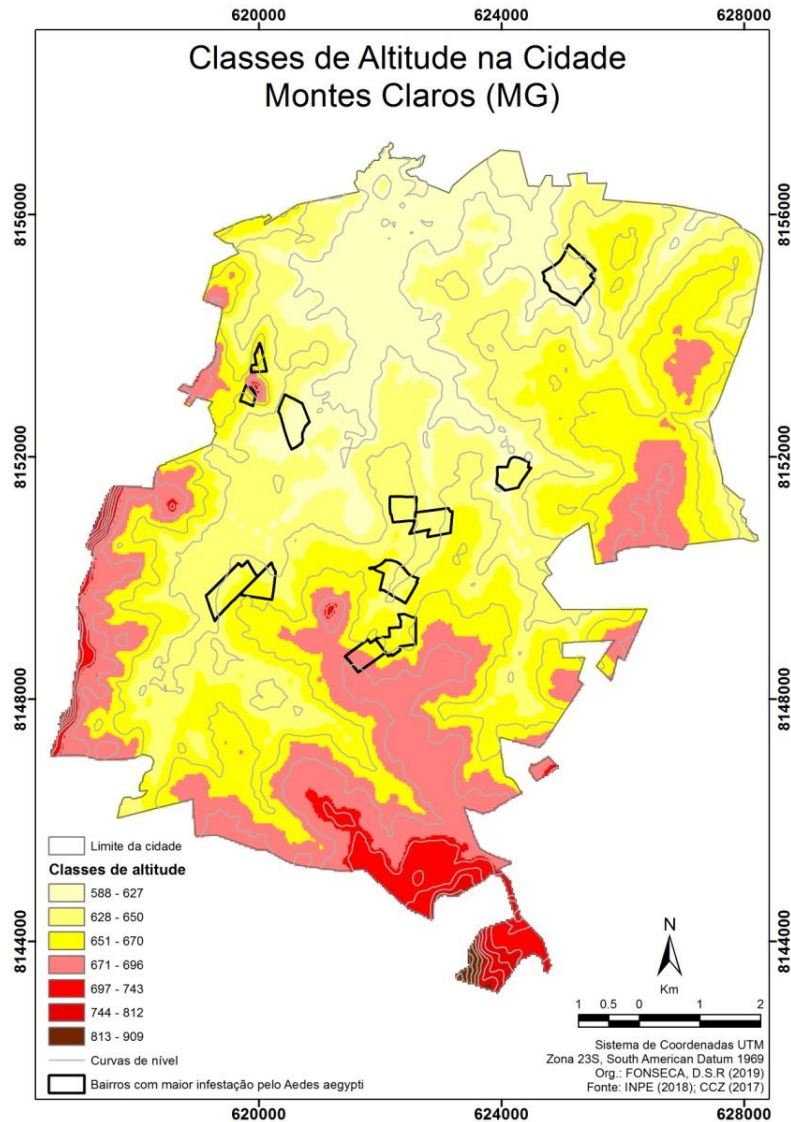
Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017); USGS (2019). Org.: própria, 2020.

Por meio desta mesma imagem (Figura 59) puderam ser observados os bairros críticos para maior ocorrência larvária do mosquito *A. aegypti* ao longo dos três anos em estudo, onde foram selecionados os 25% dos locais com valores de infestação mais elevados, correspondentes ao terceiro quartil dos respectivos anos (veja Tabela 23). O resultado desse método apresentou 28 bairros em 2015; 34 para 2016; e 34 para o ano 2017. Os locais onde houve repetições em mais de um (1) ano para maior ocorrência dos focos positivos do mosquito *Aedes*, encontram-se representados nos polígonos pretos da Figura 59. Por meio

desses polígonos é visualizado os bairros: Bela Paisagem e Bela Vista, na região oeste; Clarice Ataíde, Ipiranga, região leste; Jardim Santa Maria, região central; Marciano Simões, região leste; Nossa S^a Aparecida, região norte; Santa Laura, região leste; Santa Rita II, São Luiz, região central; Sumaré e a Vila São Luiz, região leste. Ao tomar como exemplo esses bairros, conforme interpretação visual prévia dos polígonos e as isotermas do mapa, são notadas faixas de calor diversificadas, o que aparentemente, indica não existir qualquer relação entre temperatura e infestação larvária pelo mosquito *A. aegypti* nas áreas mais problemáticas dos três anos em análise.

Cientes da multiplicidade dos fatores abrangidos na maior ocorrência dos agravos epidemiológicos envolvendo a dengue e seu vetor, e com a intenção de estabelecer conexões entre informações sobre elevação do terreno e incidência larvária do mosquito *A. aegypti*, é compreendido que a cidade Montes Claros apresenta altitude média de 660 metros, sobretudo na região central da cidade. As áreas de maior elevação (900m) estão situadas na direção Sul (sudeste) e as de menor (600m) localizam-se ao Norte (noroeste). O terreno, em geral, é pouco abrupto (declividade média em torno de 2,35°), áreas com maior desnível estão posicionadas à Oeste e Sul da área urbana (INPE, 2018), tal como pode ser interpretado por meio da Figura 60. Essa análise se torna necessária porque as diferenças na elevação do relevo montesclarence poderiam interferir no comportamento da infestação relativa ao inseto em estudo, e talvez, no maior número de doentes por dengue, tendo em vista, por exemplo, a velocidade de escoamento das águas, sua distribuição e acumulação ao longo do perímetro urbano, levando à melhor acomodação desse inseto transmissor de enfermidades.

FIGURA 60. Intervalos de classes altimétricas representando a morfologia do relevo da cidade Montes Claros-MG.

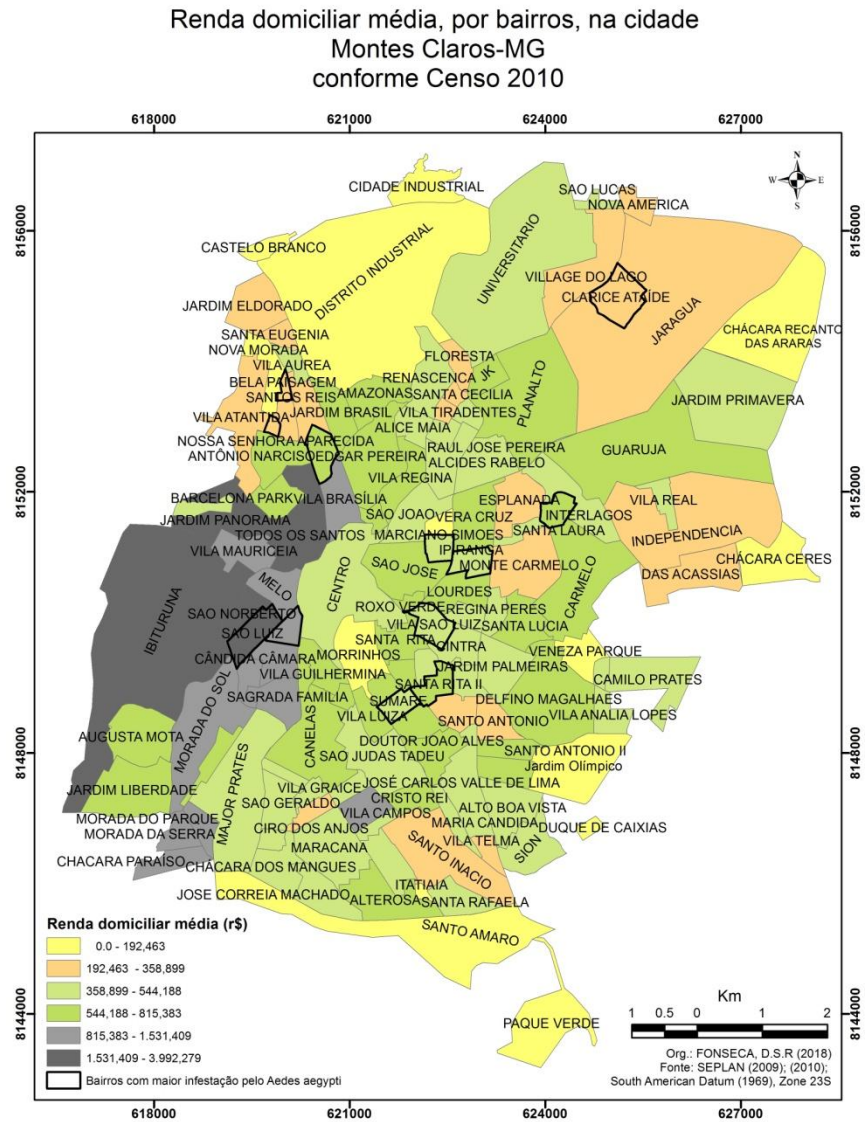


Fonte: SEPLAN (2009); INPE (2018). Org.: própria, 2020.

Conforme a interpretação produzida por meio da observação da imagem anterior, Figura 60, nos bairros mais críticos para infestação larvária pelo principal mosquito transmissor da dengue, polígonos pretos em destaque, aparentemente, eles não estiveram relacionados com a altimetria do terreno da cidade em foco. Esse aspecto evidencia a dificuldade para se compreender as relações entre os múltiplos fatores desencadeadores das doenças transmitidas pelo mosquito *Aedes*.

Através da interpretação da Figura 61, nota-se na cidade em estudo a predominância da renda baixa da população. As rendas mais altas encontram-se em torno dos bairros, por exemplo: Ibituruna e Todos os Santos (região oeste), em tom escuro de cinza. Aqueles com renda mais baixa são, por exemplo, os bairros: Castelo Branco (região norte) e Santo Amaro (região sul), em tom amarelado. As áreas intermediárias, em diferentes intensidades do verde, onde a população tem vivido com renda domiciliar média entre 358 e 815 reais, conforme o Censo de 2010, predominam em toda a área urbana.

FIGURA 61. Classes de renda domiciliar, por bairros, na cidade Montes Claros-MG.



Fonte: SEPLAN (2009); IBGE (2010). Org.: própria, 2020.

Ao focar a atenção nos bairros que tem havido maior infestação larvária no período analisado, poligonais com perímetros mais escuros inseridas nas classes de renda do mapa, vistos na Figura 61, são notados extratos financeiros diversificados contidos neles, o que aparentemente, indica não existir qualquer relação entre renda e infestação larvária pelo mosquito *A. aegypti* nessas áreas mais problemáticas dos três anos em análise.

A partir das perspectivas já levantadas ao longo deste estudo, e, procurando compreender mais incisivamente os fatores correlacionados à maior proliferação da dengue – e sua relação com a infestação larvária pelo *A. aegypti* - analisando fatores ambientais e socioambientais -, realizou-se a regressão linear múltipla por meio do método StepWise progressivo. A principal finalidade foi estabelecer, com os parâmetros utilizados na construção deste trabalho, as variáveis com maior poder explicativo para o aumento do número de infectados pela dengue entre os anos 2015, 2016 e 2017. Conforme é mostrado na Tabela 27 a seguir, o número de adoecidos pela dengue no ano de 2015 (R^2 inicial = 53,9%) é o dado que mais influencia na predição do somatório dos adoecidos ocorridos em 2016; em seguida, a altitude, com acréscimo de 0,84% no valor do R^2 ; em terceiro lugar o Índice Breteau (I.B) de 2015, com acréscimo de 0,51% no valor do R^2 ; seguido da temperatura de superfície (TS), a qual acrescentou 0,49% ao poder explicativo da variável dependente; e por último, a renda domiciliar foi responsável por um incremento de 0,01% no coeficiente de determinação múltipla ajustado final ($R^2 = 56,1\%$). Apesar de algumas dessas variáveis terem contribuído pouco para o aumento do poder preditivo, todas elas foram estatisticamente significativas ($p < 0,01$). A resposta tardia do *Índice Breteau* e sua influência futura nos processos de saúde-adoecimento são esperados, e tal assunto já foi discutido por diversos autores (TEIXEIRA; CRUZ, 2011; BOWMAN *et al.*, 2014).

TABELA 27. Modelo de regressão múltiplo (StepWise progressivo) para aferição das variáveis preditivas com maior poder explicativo para estimar a variável dependente (número de adoecidos por dengue em 2016).

Var. Dependente (Y): Adoec. 2016				R	R²	Variação R²	GL	F	p-valor	QM Erro
			Adoec. 2015	0,734	53,970	53,970%	1,134	157,089	0,000	261,780
			Altitude	0,740	54,810	0,840%	2,133	80,659	0,000	258,908
		I.B 2015	Altitude	0,743	55,320	0,510%	3,132	54,470	0,000	257,950
	TS	I.B 2015	Altitude	0,747	55,810	0,490%	4,131	41,358	0,000	257,061
Renda dom.	TS	I.B 2015	Altitude	0,749	56,150	0,010%	5,130	32,842	0,000	259,003

Fonte: dados do IBGE (2010); CCZ (2017); INPE (2018); USGS (2018); SMS (2019). Org.: própria, 2020.

O conjunto das variáveis para predição dos adoecidos no ano 2017 têm ligeira diferença quanto à ordem dos parâmetros com maior peso para explicação da variável dependente (Y), apesar de todos aqueles que serão mostrados na Tabela 28, a seguir, serem significativos ($p < 0,01$). Para explicação da quantidade de pessoas doentes vista em 2017, 32,49% do peso da predição se dá com o número de adoecidos ocorrido no ano anterior, 2016, conforme os dados utilizados; a altitude incrementa o R^2 em 1,60%; seguida da renda domiciliar, a qual acrescenta 0,66% ao poder preditivo do modelo; a temperatura de superfície responde por 0,41%; e o Índice Breteau de 2016 aumenta em 0,20% o coeficiente de determinação múltipla ajustado, o qual teve desempenho final igual a 35,36%.

TABELA 28. Modelo de regressão múltiplo (StepWise progressivo) para aferição das variáveis preditivas com maior poder explicativo para estimar a variável dependente (número de adoecidos por dengue em 2017).

Var. Dependente (Y): Adoec. 2017				R	R ² (%)	Variac. . R ² (%)	GL	F	p- valor	QM Erro
			Adoec. 2016	0,570	32,49	32,5	1,134	64, 5	0,000	2,435
		TS	Adoec. 2016	0,573	32,89	0,41	2,133	32, 6	0,000	2,438
		I.B 201 6	Adoec. 2016	0,575	33,09	0,2	3,132	21, 8	0,000	2,450
	Altitud.	I.B 201 6	Adoec. 2016	0,589	34,70	1,6	4,131	17, 4	0,000	2,409
Renda dom.	Altitud.	I.B 201 6	Adoec. 2016	0,594	35,36	0,7	5,130	14, 2	0,000	2,403

Fonte: dados do IBGE (2010); CCZ (2017); INPE (2018); USGS (2018); SMS (2019). Org.: própria, 2020.

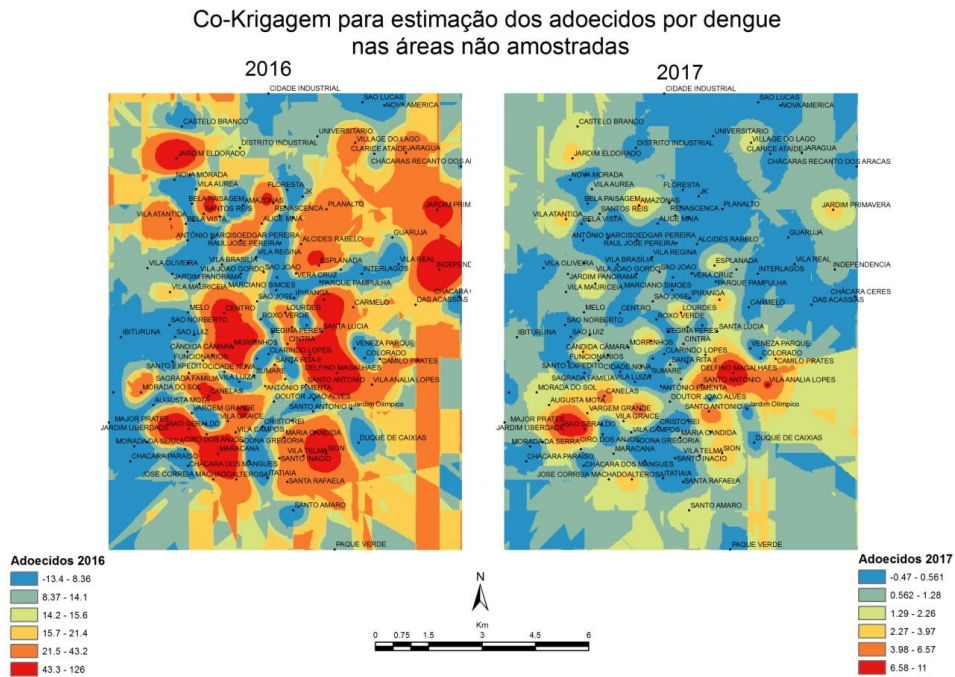
Ao ser testada a correlação direta entre a ocorrência do vetor *Aedes* e o número de adoecidos ocorridos nos respectivos anos, por localidade, o teste não apresentou resultados significativos ($p > 0,05$). No entanto, vários estudos mostram que nem sempre há qualquer associação entre as taxas do *A. aegypti* e o número de infectados pelas enfermidades propagadas por tal mosquito (TEIXEIRA; CRUZ, 2011; BOWMAN *et al.*, 2014; RIZZI *et al.*, 2017).

Dispondo dos resultados mostrados nas Tabelas 27 e 28, os quais demonstram hierarquicamente as variáveis que contribuíram mais para a predição do número de pessoas adoecidas nos anos 2016 e 2017 por bairro. E ainda, a partir de um arquivo de pontos referentes aos centróides representativos desses bairros de Montes Claros (MG) – no qual se fez a inserção dos dados em sua tabela de atributos – efetuou-se a co-krigagem como método interpolativo para espacialização dessas áreas objetivando o ajuste do resultado por meio da correlação entre as três variáveis mais explicativas para as dependentes (UTSUMI; GALO; TACHIBANA, 2015). Para o ano de 2016, esse ajuste foi feito através das variáveis: número de adoecidos pela dengue no ano de 2015, a altitude e o Índice Breteau (I.B) de 2015. Para o ano de 2017, o ajuste foi feito por meio das variáveis: número de adoecidos ocorrido em 2016, altitude e a renda domiciliar. A interpolação foi produtiva na estimação das áreas não amostradas, tendo em vista que os Postos de Saúde da Família (PSFs), presentes nos bairros da cidade, forneceram as informações quantitativas, por meio da Secretaria Municipal de

Saúde (SMS, 2019), de modo pontual. Dessa forma, conforme o balisamento espacial dos vizinhos desses pontos, essa estatística espacial para estimação das áreas prováveis para ocorrência dos adoecidos tornara-se assertiva no presente estudo.

A partir da interpretação da Figura 62, a seguir, é percebido que o comportamento espacial das áreas com maior número de afetados pela dengue nos anos 2016 e 2017 variou, sobretudo porque o ano de 2016 apresentou maior número de infectados pela doença. Locais com número elevado de enfermos, comuns aos dois anos, podem ser notados entorno dos bairros: Delfino Magalhães e Santo Antônio (região leste), e ainda, ao redor do Major Prates (região sudoeste). No entanto, por meio das duas imagens representativas desses anos, fica difícil o estabelecimento preciso das regiões mais problemáticas, com o maior número de prováveis adoecidos e daqueles que poderão adoecer nos anos em seqüência.

FIGURA 62. Uso da Co-Krigagem para interpolação de áreas não amostradas para adoecidos por dengue nos anos 2016 e 2017 na cidade Montes Claros-MG.



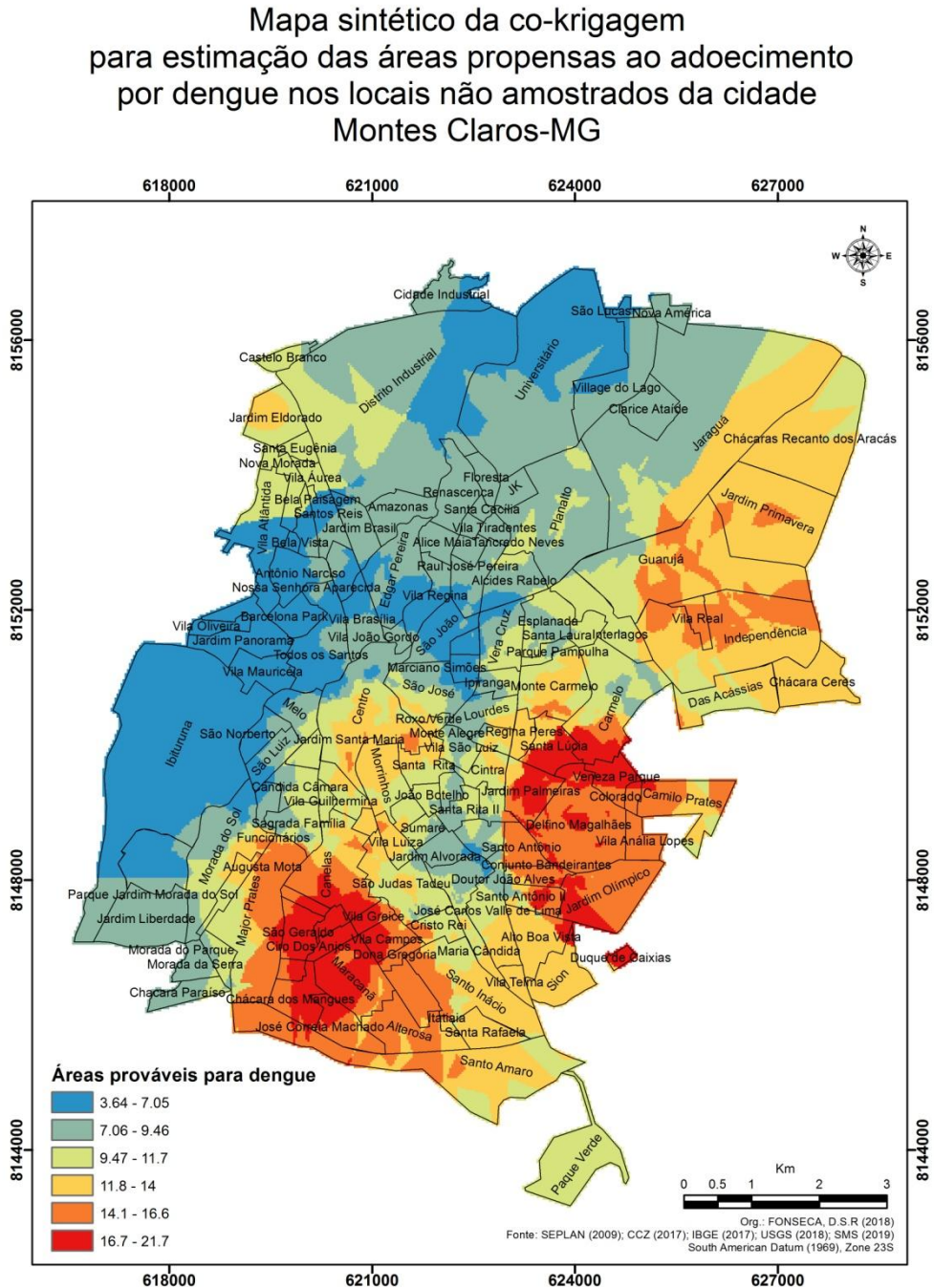
Fonte: dados do IBGE (2010); CCZ (2017); INPE (2018); USGS (2018); SMS (2019). Org.: própria, 2020.

Na busca pela maior facilidade para interpretação dos dados interpolados, foi calculada a média dos valores entre as imagens referentes aos anos 2016 e 2017, visto na Figura 62, o que resultou na Figura 63, a qual mostra, quase homogeneamente, que o maior

número de adoentados tem ocorrido espacialmente mais, em toda a porção leste da cidade, mais frequentemente próximo aos bairros Santa Lúcia e Santo Antônio; e na parte sul - em torno do Ciro dos Anjos e Maracanã (em vermelho intenso). Esta prerrogativa demonstra a dicotomia existente entre a área com maior incidência do mosquito *Aedes aegypti*, predominante na porção centro-oeste - onde estão os mais ricos, com aqueles de menor renda média, os quais são os que mais sofrem com a dengue, mesmo quando o vetor não encontra-se diretamente em seus locais de residência.

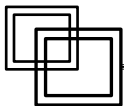
Esse comportamento pode estar relacionado à melhor qualidade de vida daqueles com maior poder aquisitivo, o que inclui: alimentação mais saudável, maior prática de exercícios e melhor assistência médica – fatores que talvez influam diretamente no menor risco de contrair a doença. Os locais mais amenos quanto ao quantitativo de adoecidos, em tom de azul celeste, Figura 63 a seguir, tem ocorrido, por exemplo, nas adjacências dos bairros: Ibituruna, Antônio Narciso, Vila Regina e Universitário (este na região norte da cidade). Os valores variam entre 3,64 a 21,7, segmentados por classes coropléticas.

FIGURA 63. Média dos valores da interpolação das áreas mais prováveis, não amostradas, para os adoecidos por dengue nos anos 2016 e 2017 na cidade Montes Claros-MG.



Fonte: dados do IBGE (2010); CCZ (2017); INPE (2018); USGS (2018); SMS (2019). Org.: própria, 2020.

Premissas e argumentos



5 DISCUSSÃO

Tal como foi observado com os resultados, análises envolvendo a geografia da saúde são demasiadamente complexas e precisam ser tratadas conforme suas especificidades para conclusões acertadas (BRAGA; VALLE, 2007). A partir dessas análises, as conclusões devem convergir para a síntese de tendência universal (HISSA, 2002). Em âmbito nacional, o mapeamento estatístico dos registros de internações no período analisado, 1998 a 2019, mostraram forte padrão espacial para a infecção e propagação da dengue.

Essa doença tem sido mais frequente entre janeiro e julho nas áreas de clima quente, acima dos 18°C de média anual. Sobretudo nas regiões com estações bem definidas de precipitação e estiagem, entre seis (6) e oito (8) meses secos, correspondente ao semiárido e ao semiúmido brasileiros. É nessa área de cobertura que as formas mais graves da doença têm incidido com maior violência, exclusive aos óbitos, levando às maiores taxas de internações, conforme mostrado. Tais fatores do ambiente físico estão relacionados às etapas de oviposição e desenvolvimento da larva, até que se torne um mosquito contaminado e pique os seres humanos, propagando a enfermidade nos espaços conforme o nível e tipo de incidência. Os casos mais graves estão nas áreas de incidência alta e com forte viés crescente para as infecções.

Essas informações produzidas são válidas quando há ciência sobre o caráter espaço-temporal da dengue. Esse artifício geográfico para compreensão dos dados é que os analistas devem considerar verdadeiros nas análises envolvendo geografia da saúde (HISSA, 2002; LUSSAULT, 2003; HAESBAERT, 2012). Nessa perspectiva, a ocorrência de doentes e a infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti* está condicionada ainda, a fatores hidroclimáticos, tendo em vista que o inseto é pouco resistente a temperaturas inferiores a 5°C, mas muito propício às regiões e épocas com médias em torno dos 24°C, tal como boa parte da porção tropical do Brasil (OLIVEIRA, 2004; AJUZ; VESTENA, 2014; ALMEIDA; CASTRO, 2018). Além das condições climáticas contribuírem nesse viés, o saneamento básico, com a coleta adequada do lixo, influi demasiadamente (RIZZI *et al.*, 2017). Portanto, o problema epidemiológico da dengue não está ligado apenas à higienização dos espaços internos das residências, tal como é propagado pela mídia, mas também, ao planejamento organizacional das cidades e ao comprometimento dos gestores públicos com a limpeza e

organização urbana, levando em consideração as características físicas do sítio geográfico onde o ambiente se enquadra.

O descaso com os ambientes públicos tornou-se “normal” atualmente por conta do modelo de desenvolvimento em vigor, em que o espaço foi transformado numa mercadoria, sujeita à especulação, principalmente nos maiores centros urbanos, compatíveis com as regiões Sudeste e Nordeste do Brasil, onde tem havido maior número de infectados por dengue, conforme visto neste trabalho. Em consequência, esses lugares têm apresentado violentas metamorfoses, onde os projetos urbanos impõem, por exemplo, um padrão estético homogêneo, predominando o concreto e o vidro para criar a imagem de “moderno” sobre os edificadros que alteram a paisagem, gerando diversas inquietudes com a qualidade climática dos ambientes, os quais se tornam mais sujeitos às pestes e doenças (CARLOS, 2018).

Com base na gestão eficiente dos ambientes, e tendo em vista a qualidade desses espaços, os cidadãos conscientes da necessidade de se promover a segurança da saúde coletiva, precisam levar em consideração a inexistência de uma vacina segura e eficaz para tratar todos os sorotipos circulantes transmitidos pelo *Aedes aegypti*, tornando a melhor opção o controle dessa praga (JENTES *et al.*, 2011; RIZZI *et al.*, 2017). Sendo assim, a melhor estratégia para o combate a tal vetor de enfermidades, entre elas a dengue, é conhecendo o espaço-tempo no qual o mosquito *Aedes* melhor se adapta. Isto se promove por meio da pesquisa relacionada a condicionantes distintas, envolvendo a natureza, a sociedade e mediadas pelo trabalho que foi exercido nos ambientes estudados (SANTOS, 1998).

Monteiro (1992) argumentou que o homem contemporâneo para não conviver no caos das cidades, precisa remodelar-se, redescobrir o novo naquilo que ficou “antigo”, diante do ainda atual crescimento demográfico e da tendência à expansão urbana quase desordenada. Ao observar isso, nos centros urbanos deve haver um planejamento racional do uso dos materiais nas edificações, pois vários deles (vidro, concreto e metal) contribuem para o aparecimento das ilhas de calor, porque modificam os parâmetros naturais do ambiente, como, por exemplo, o albedo, tendo em vista que a superfície do solo passa a reter menor quantidade de energia, aumentando a refletância. Sabe-se que, quanto maior é o volume de energia armazenada, maior é o equilíbrio térmico, notado especialmente nas paisagens menos alteradas (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003), as quais, em geral, não estão nos lugares mais adensados populacionalmente.

O tema é complexo e os riscos nos quais a coletividade está submetida são vários, pois a praga transmissora da dengue; correlaciona-se também a propagação da febre amarela (JENTES *et al.*, 2011); da febre *chikungunya* (CHAVES *et al.*, 2012) e do zika vírus (CAMPOS *et al.*, 2015). Cabe aos gestores públicos se comprometerem mais no planejamento e manutenção das cidades, também, sob o ponto de vista epidemiológico. É necessário que se acabe com o discurso unilateral no qual é apontada a população, normalmente os mais desprovidos de renda, como os únicos culpados pela disseminação de doenças, através da falta de higiene (CARLOS, 2018).

Ao tomar como parâmetro as premissas descritas, torna-se imprescindível a busca da melhor qualidade urbana com a diminuição dos ambientes insalubres de propagação de doenças que afetam o ser humano, tais como as áreas altamente impermeabilizadas com picos de calor elevados. Além disso, aperfeiçoar o saneamento básico citadino, pois quando há acúmulo de resíduos sólidos em áreas não controladas, maior é a proliferação do mosquito *A. aegypti* nas épocas com maior pluviosidade (BARBOSA; LOURENÇO, 2010; ALMEIDA; SILVA, 2018; LANA *et al.*, 2018).

É preciso ser lembrado que o *Aedes aegypti* já esteve controlado no país entre as décadas de 1960 e 1970 (MILLER; BALLINGER, 1988; MACIEL *et al.*, 2008), quando as tecnologias eram menos avançadas e a população possuía menor média de anos de estudo em relação à atual. A reentrada da infestação larvária desordenada e, conseqüentemente o aumento do número de infectados pelas doenças transmitidas pelo *A. aegypti*, desenvolveu-se por falhas na vigilância em saúde. Dessa forma, mesmo nas atuais condições, não se deve ter esse problema como “um caso perdido”. A população deveria atuar como fiscal das ações governamentais nesse sentido, e como agente na eliminação direta dos criadouros larvários, tendo como ponto de partida para todos os envolvidos, o conhecimento dos locais mais críticos para infestação larvária e com maior número de pessoas doentes. Essa situação está intrincada com as áreas mais urbanizadas e com os maiores IDH's, tal como visto, porque é onde está mais propenso à maior densidade demográfica e todos os transtornos advindos dessa realidade.

Em Montes Claros, há a predominância da alta densidade construtiva associada à renda baixa da população, a qual ocupa cerca de 70% desse território, espalhada de forma predominantemente heterogênea. Aqueles com renda alta estão situados na direção centro-

oeste do perímetro urbano (FONSECA; BRAZ, 2010; LEITE; BRITO, 2011) em pequenos núcleos. Na cidade predomina a carência de áreas verdes (de maior permeabilidade pela água) e a infraestrutura precária quase generalizada na cidade favorece a acomodação do mosquito vetor (IBGE, 2017; BORTOLO *et al.*, 2018).

Quanto aos materiais utilizados para realização deste estudo, apesar de muito utilizado em pesquisas entomológicas, o Índice Breteau, para avaliação do nível de infestação larvária, deve ser usado com ponderação devido ao seu caráter amostral para geração dos dados, os quais têm direta relação com as épocas das auditorias no campo pesquisado e a pluviosidade ocorrente no período (BOWMAN *et al.*, 2014). Essa relação entre chuva e maior propagação larvária do mosquito *Aedes* não está estritamente condicionada ao maior número de adoecidos por região geográfica (TEIXEIRA; CRUZ, 2011). Na verdade, existe a carência de maiores estudos relacionados à quantificação dos mosquitos e o grau de transmissividade das doenças por ele propagadas. O mais recomendado é a não generalização absoluta dos parâmetros, os quais devem estar adequados às peculiaridades contidas nas escalas mais detalhadas dos ambientes. Por esse motivo o zoneamento da cidade, conforme as maiores taxas do Índice Breteau, foi produtiva para realização deste estudo, quando usada localmente na cidade de Montes Claros, e em conjunto a outros parâmetros, tais como o número de adoecidos por bairros, renda, altitude e temperatura de superfície de cada lugar.

A relação entre a maior oferta pluviométrica e o aumento das taxas de ocorrência larvária pode ser comprovada com a análise entre a Gráfico 1 e o teste de Tukey realizado. Através destes é notada a maior ocorrência e distribuição das chuvas na primavera-verão do ano 2016, e no período posterior, em 2017, houve o episódio dos focos do mosquito de forma significativamente igual ao ano anterior. Tal como os índices de precipitação desse período, há na literatura abordagens mostrando picos de incidência do *Aedes aegypti*, e de pessoas doentes por vírus transmitidos por esse vetor, os quais acontecem, sobretudo, após épocas de chuva com totais acumulados superiores a 100 mm (FERREIRA *et al.*, 2018; LIMA *et al.*, 2018).

Nas épocas de chuva o escoamento superficial montesclarenses tem sido ineficaz. Várias ruas ficam alagadas e o asfalto se deteriora. Buracos aparecem semestralmente nos mesmos locais e permanecem por tempo indeterminado. Até que comece a operação “tapa buracos” da prefeitura, tais imperfeições nas vias podem funcionar como criadouros da larva, a qual se torna o mosquito transmissor da febre amarela e do zika vírus (LANA *et al.*, 2018).

O entulho arrastado a partir das áreas mais altas para as mais baixas, pelo escoamento das águas, é outro fator que pode agravar a disseminação do *Aedes*, porque o lixo acumulado nos bairros com altitudes mais baixas vira habitat do inseto. Existem campanhas para que a população reaja na contenção desse vetor de doenças e ameaça à saúde social. Mas essas ações mascaram a culpa dos gestores públicos e dos planejadores, os quais mantêm e criam espaços ineficientes, colocando toda a culpa da proliferação das doenças originadas através do *Aedes*, sobre a população desinformada, a qual supostamente, não higieniza adequadamente seus ambientes.

Estudos têm mostrado a plasticidade do mosquito *A. aegypti*, o qual na ausência de criadouros artificiais para depósito de seus ovos, a fêmea do inseto se adapta migrando-se para criadouros naturais, tais como bromélias e cascas de árvores. A escassez da pluviosidade pode acarretar a adaptação do inseto para lugares de estocagem d'água, ou ainda, recintos subterrâneos, onde ocorre a drenagem da água superficial, mostrando que a vigilância e o controle desse mosquito vetor devem ser realizados constantemente (LIMA-CÂMARA *et al.*, 2016; BERMUDI *et al.*, 2017).

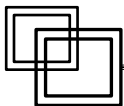
A identificação das regiões potenciais para a prevalência dos focos larvários do mosquito vetor, por meio do Índice Moran, mostrou-se eficiente (CARVALHO *et al.*, 2008). A partir desses espaços foi possível compreender algumas características da ambiência física, relativos à altitude, renda e à temperatura de superfície, as quais são preponderantes para a infestação. Nesses lugares identificados a vigilância em saúde deve ser prioritária, através de ações estratégicas para controle, que deveriam começar “debaixo para cima” – nas altitudes mais baixas até as superfícies mais elevadas dos bairros autocorrelacionados e afetados. O tema é complexo e os riscos aos quais as populações estão submetidas são vários.

Conforme trabalho realizado em Curitiba-PR, Lunardon (2017) mostrou haver relação multifatorial entre o maior número de infectados por dengue, infestação larvária pelo *A. aegypti* e os campos de calor da cidade. Outro aspecto para agravar a intensificação da ocorrência dos depósitos positivos do inseto é a precariedade do saneamento básico cidadão, quando há acúmulo de resíduos sólidos em áreas não controladas (ALMEIDA; SIVLA, 2018). No entanto, mesmo existindo uma ação combinada de fatores para ocorrência de afetados pela dengue, trabalhos apontam variáveis termoplúviométricas como as que mais corroboram para intensificação larvária do inseto transmissor (AJUZ; VESTENA, 2014; CAMPOS *et al.*,

2015; SILVA *et al.*, 2015; LANA *et al.*, 2018; FONSECA; GARCIA, 2020; FONSECA; GARCIA, 2021).

Tal como ficou evidente, a população carente é aquela que mais sofre com os agravos em saúde, mesmo quando o vetor de doenças se origina das áreas com pessoas de maior poder aquisitivo. Talvez por esse motivo, ainda não tenham pesquisado e chegado a uma vacina eficiente para controle da dengue, o que é inadmissível, gera dúvidas e especulações sobre o porquê dessa realidade, tendo em vista o elevado gasto com as internações em longo prazo. O presente trabalho pode contribuir na análise mais acertada do desencadeamento do *A. aegypti* e da dengue em outros espaços urbanos. Deve-se levar em consideração que as escalas de trabalho mais detalhadas são as mais eficientes para entendimento dos processos de saúde-adoecimento. Chegar a tal nível de detalhe deve ser operacionalizado por meio da observação e agrupamento dos locais mais críticos, aqueles que venham apresentando níveis elevados de infestação larvária, o que pode ser realizado pela seleção dos quartis mais elevados ao longo dos anos de estudo ou através de métodos mais sofisticados como o Índice de Moran. Posteriormente, estuda-se o ambiente apontando os locais com altitudes mais baixas somadas aos pontos com picos de calor elevados. Esse método alia um sistema geográfico de banco de dados (SGBD) alimentado por dados de sensoriamento remoto e socioeconômicos. Sendo assim, é necessário um corpo técnico minimamente treinado para realização dos procedimentos, os quais estão, sobretudo, nos cursos de Geografia, Biologia e engenharias.

Ratificações



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados mostram que existe forte relação espaço-temporal na propagação da dengue, a qual não ocorre de forma ubíqua e precisa ser analisada de forma estratégica quanto à escala de trabalho. As áreas mais propensas a maior ocorrência estão situadas nas regiões tropicais com temperaturas médias anuais acima dos 18°C e com a estação chuvosa e de seca bem definidas, o que influencia o desenvolvimento do mosquito *Aedes aegypti*. A maior quantidade de registros foi averiguada entre os meses de janeiro e julho dos anos. O Índice de Infestação Predial Nacional, o qual tem haver com a infestação do vetor de transmissão, indica a relação do comportamento do número de vítimas que poderão ocorrer no período seguinte à contagem por amostragem das larvas do mosquito *Aedes aegypti*.

Na região Sudeste do Brasil, conforme dados pesquisados, a unidade federativa do Sudeste que apresentou a maior taxa média de incidência de dengue foi o Rio de Janeiro (média 280.198), seguida por São Paulo (média 204.087). Minas Gerais (média 159.386) foi o Estado com a menor incidência, seguido pelo Espírito Santo (média 183.949). Houve correlação entre dengue e IDHM nas seguintes unidades federativas: Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Entre dengue e percentual de população urbana: em Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo. Entre dengue e renda *per capita*: em Minas e no Rio de Janeiro. Entre dengue e esperança de vida ao nascer: em Minas e São Paulo. A associação entre dengue e população economicamente ativa foi verificada somente no Estado de Minas Gerais.

A análise espacial por semelhança de vizinhança com as taxas de dengue no Sudeste do Brasil mostrou *clusters* localizados de forma heterogênea para o Estado de Minas Gerais, no entanto, houve maior homogeneidade em São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, são essas as áreas críticas, com maior prevalência de enfermos. Essa maior dispersão nos dados foi verificada também no coeficiente de variação dessas mesmas taxas para Minas Gerais (144,03%), o que pode estar condicionado a outros fatores passíveis de correlação com a incidência da dengue, tais como aqueles de ordem ambiental.

Os resultados da análise de componentes principais e das correlações, especialmente referente àquilo que foi verificado entre: incidência da dengue e IDHM, dengue e renda *per capita* - mostraram não existir relação direta entre o nível de desenvolvimento das sociedades e a inibição de desordens epidemiológicas coletivas. Tem ocorrido, tal como mostrado, o

contrário, quanto maior o nível de desenvolvimento, maior é a possibilidade da ocorrência de dengue e, menor tem sido a capacidade de tais sociedades em conter tal distúrbio da saúde coletiva.

Para Montes Claros, a geração do zoneamento da cidade, o qual delimitou os lugares com maior infestação larvária ao longo do período trabalhado, 2015 a 2017, mostrou-se eficiente dentro da metodologia utilizada, tendo em vista que apontou o bairro Ipiranga, sucedido pelos: Bela Paisagem, Bela Vista, Amazonas, Edgar Pereira, Marciano Simões, Chiquinho Guimarães e Nossa Senhora das Graças; como aqueles onde tem havido maior interação espacial para a disseminação do mosquito *Aedes aegypti* na cidade.

Ao manipular os dados fornecidos pelo Centro de Controle de Zoonoses com a base cartográfica da Secretaria de Planejamento e Coordenação, sendo estas, secretarias da prefeitura municipal da cidade de Montes Claros, é notado que ainda há certa desorganização fatídica na comunicação entre os setores do serviço público. Essa realidade dificulta o acesso e o manuseio de dados, podendo gerar eventuais erros topológicos. Essa realidade é preocupante devido ao fato da robustez dos dados serem imprescindíveis para maior facilidade na geração de informações mais corretas e interessantes à coletividade, tais como a localização precisa dos locais mais infestados pelo vetor de doenças investigado.

A partir da área identificada e delimitada, verificou-se em meio aos seus respectivos bairros, que a correspondência entre a infestação larvária do ano 2016 ($p < 0,01$) foi a que mais influenciou naquela apresentada no ano de 2017; sobretudo nas áreas com as temperaturas de superfície mais elevadas ($p < 0,04$). Nesse modelo, a regressão linear múltipla apresentou alto poder explicativo ($p < 0,01$ e $R^2 = 0,814$). Esses resultados demonstram a relação associativa entre tempo e características do espaço habitado para as maiores taxas do *A. aegypti*, e evidenciam que é preciso observar a alteração do microclima local no processo de urbanização e impermeabilização do solo, mitigando a ocorrência das ilhas de calor.

Quanto aos fatores relacionados à altitude em Montes Claros, o coeficiente de determinação (R^2) final ficou em 0,973 - o que denota alto poder preditivo para a combinação das variáveis independentes trabalhadas. O Índice Breteau de 2016 é aquele com maior peso explicativo ($p < 0,01$) entre o conjunto de dados para a explicação da infestação larvária ocorrida em 2017. É verificado que a altitude média foi significativa nessa associação ($p < 0,05$), e apresentou correlação negativa conforme o coeficiente parcial de regressão (-6,460 e $t = -2,157$).

Em segundo plano, a altitude máxima foi significativa ($p < 0,08$). Dessa forma, ocorre a correlação associativa entre o período anterior e o seguinte, e nos locais onde houve maior incidência, quanto mais baixa é a elevação média, maior é a infestação pelo mosquito, devido a maior propensão ao acúmulo de água parada.

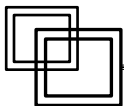
Tais fatores estão relacionados à maior capacidade de certos locais, que foram pavimentados, entre estes, por exemplo, antigas várzeas e os campos alagadiços, os quais apresentam médias baixas nas altitudes dos terrenos. Nestes, é mais propício o acúmulo de água parada vindo das partes altas, em comparação aos locais com pronunciada declividade.

O uso do modelo múltiplo StepWise progressivo, para seleção das variáveis preditivas com maior peso explicativo para explicação dos surtos de dengue ocorridos em 2016 e 2017, mostrou-se eficiente, permitindo que fosse operacionalizada a co-krigagem, a qual trouxe as áreas sob maior probabilidade da ocorrência de infectados pela dengue em Montes Claros-MG.

Quanto ao envolvimento de múltiplos fatores associados na cidade de Montes Claros, a experiência na operacionalização deste trabalho, tendo como objetivo principal a estimação das áreas sob maior propensão para ocorrência de infectados pela dengue nos bairros da cidade, através das variáveis preditivas de ajuste trabalhadas, indicou que as análises sobre a infestação da dengue, e larvária pelo *A. aegypti*, devem ser combinadas à multifatores. Isso possibilita ampliar a compreensão e combate dessa epidemia em estudo, conforme as especificidades locais, nas maiores escalas de detalhe, tal como a usada neste estudo.

O conhecimento dos locais mais críticos para infestação larvária e com maior número de pessoas doentes e internadas é fundamental para que se tomem medidas de mitigação para as anomalias epidêmicas. Nesse sentido, um plano de ação envolvendo as comunidades, com suas especificidades espaciais, e as gestões públicas, pode tornar-se mais proveitoso quando observada a necessidade de eliminação dos criadouros das pragas de transmissão, o que envolve a gestão da qualidade urbana, especialmente nos ambientes mais adensados e, portanto, mais afetados pelas enfermidades em pauta.

Consultas



REFERÊNCIAS

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Regulação, **Avaliação e Controle. Manual técnico do Sistema de Informação Hospitalar**. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2007, 198p.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. **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, 2012, 84p.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico**. Brasília: Ministério da Saúde, 2015. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2016/janeiro/15/svs2016-be003-dengue-se52.pdf>>. Acessado em: 19 de março de 2019.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico**. Brasília: Ministério da Saúde, 2016. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/abril/06/2017-002-Monitoramento-dos-casos-de-dengue--febre-de-chikungunya-e-febre-pelo-v--rus-Zika-ate-a-Semana-Epidemiologica-52--2016.pdf>>. Acessado em: 19 de março de 2019.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Boletim Epidemiológico**. Brasília: Ministério da Saúde, 2017. Disponível em: <<http://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2018/janeiro/23/Boletim-2018-001-Dengue.pdf>>. Acessado em: 19 de março de 2019.

_____. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. E-SIC, **SISTEMA ELETRÔNICO DO SERVIÇO DE INFORMAÇÃO AO CIDADÃO**. Disponível em: <<https://esic.cgu.gov.br/sistema/site/index.aspx>>. Acessado em: 23 de janeiro de 2019.

AJUZ, L.C.; VESTENA, L. **Influência da pluviosidade e temperatura ambiente na longevidade e fecundidade dos *Aedes aegypti* e *Albopictus* na cidade de Guarapuava-PR e possibilidade de superinfestação**. Revista Hygeia, v. 10, n. 18, p. 1-18, 2014.

ALMEIDA, A.S; MEDRONHO, R.A.; VALÊNCIA, L.I.O. **Análise espacial da dengue e o contexto socioeconômico no município do Rio de Janeiro, RJ**. Revista de Saúde Pública, v. 43, n. 4, p. 666-673, 2009.

ALMEIDA, C, A. P.; SILVA, R. M. **Análise da ocorrência dos casos de dengue e sua relação com as condições socioambientais em espaços urbanos: os casos de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux, no Estado da Paraíba – Brasil**. Hygeia, n. 14, v. 27, p. 56-79, 2018.

ALMEIDA, R. B.; CASTRO, M.B. **Espacialização da dengue: indicadores socioespaciais e aspectos climáticos no processo saúde-doença**. Revista Ra'e Ga, v.45, p. 200-213, 2018.

ANSELIN, L. **Exploring Spatial Data with GeoDaTM: A Workbook**. University of Illinois: Urbana, 2005.

ANSELIN, L. **GeoDa 0.9 user's guide**. Spatial Analysis Laboratory (SAL). Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois, Urbana-Champaign, IL, 2003. 115p.

- ANSELIN, L. **Interactive techniques and exploratory spatial data analysis**. In.: LONGLEY, P; GOODCHILD, M; MAGUIRE, D.; RHIND, D. (eds.). Geographical Information Systems: principles, techniques, management and applications. New York: John Wiley & Sons, 1999.
- ANSELIN, L. **Local Indicators of Spatial Association-LISA**. Geographical Analysis, v. 27, n.2, p. 93-115, 1995.
- ARAÚJO, H. *et al.* ***Aedes aegypti* control strategies in Brazil: incorporation of new technologies to overcome the persistence of dengue epidemics**. Insects, v. 6, n. 2, p. 576-594, 2015.
- ASMAN, S. M; MACDONALD, P. T.; PROUT, T. **Field studies of genetic control systems for mosquitoes**. Annual Review of Entomology, v. 26, p. 289-318, 1981.
- AYRES, M. **BioEstat**. Versão 5.0. Soc. Civ. Mamirauá, MCT – CNPq. Belém: 2007, 290p.
- AZZONI, C. **Indústria e reversão da polarização no Brasil**. Ensaios Econômicos, São Paulo, IPE/USP, n. 58, 1986.
- BARBOSA, G. L.; LOURENÇO, R. W. **Análise da distribuição espaço-temporal de dengue e da infestação larvária no município de Tupã, Estado de São Paulo**. Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, v. 43, n. 2, p. 145-151, 2010.
- BARRETO, M. L.; TEIXEIRA, M. G.. **Dengue no Brasil: situação epidemiológica e contribuições para uma agenda de pesquisa**. Estudos avançados, v. 22, n. 64, p. 53-72, 2008.
- BEHURA, S. K. **Molecular marker systems insects: current trends and future avenues**. Molecular Ecology, v. 15, n. 11, p. 3087-3113, 2006.
- BERMUDI, P.M.M; KOWALSKI, F; MENZATO, M.M; FERREIRA, M.C; PASSOS, W.B.S.; OKU, V.J.A. **Criadouro de *Aedes aegypti* em reservatório subterrâneo de água da chuva: um alerta**. Revista de Saúde Pública, v. 51, n. 122, p. 1-5, 2017.
- BIRABEN, Jean-Nöel. **Epidemias na História da População**. In: MARCÍLIO, Maria L. (org.) População e Sociedade. Petrópolis: Vozes, 1984, p. 111-131.
- BOLFE, E. L; MATIAS, L. F.; FERREIRA, M. C. Sistemas de Informação Geográfica: uma abordagem contextualizada na História. **Geografia**, v. 33, n. 1, p. 69-88, 2008.
- BORTOLO, C.A; RODRIGUES, H.L.A.; BORGES, M.G. Identificação de áreas verdes urbanas a partir de imagens de satélite WORLDVIEW-II: o caso das praças na cidade de Montes Claros – MG. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 32, p. 1-20, 2018.
- BOWMAN, L.R; RUNGE-RANZINGER, S.; MCCALL, P. J. Assessing the relationship between vector indices and dengue transmission: a systematic review of the evidence. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, San Francisco, v. 8, n. 5, p. 1-11, 2014.
- BOYCE, R; LENHART, A; KROEGER, A; VELAYUDHAN, R; ROBERTS, B.; HORSTICK, O. **Bacillus thuringiensis israelensis (Bti) for the control of dengue vectors: systematic literature review**. Tropical Medicine & International Health, v. 18, n. 5, p. 564-577, 2013.
- BRACARENSE, P.A.; GUIMARÃES, U.V. **Métodos Quantitativos Aplicados a Negócios**. Curitiba: IESDE Brasil S.A, 2008, 324p.

- BRAGA, I. A.; VALLE, D. ***Aedes aegypti*: histórico do controle no Brasil**. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 16, n. 2, p. 113–118, 2007.
- BRAZ, C. K. R.; FONSECA, D. S. R.; AMARAL, V.B.; MIRANDA, W. A. **Teste da correlação entre hipsometria e índices de ocorrência do mosquito *Aedes aegypti* na cidade de Montes Claros-MG com dados dos anos 2009 e 2010**. Caminhos de Geografia, v. 14, n. 47, p. 199-207, 2013.
- CÂMARA, G.; CARVALHO, M.S.; DRUCK, S.; MONTEIRO, A.V.M. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004.
- CAMPANELLI, E. S. **O desenvolvimento de um processo de infecção do *Aedes aegypti* pelo vírus dengue: caracterização da interação do vírus com uma população de mosquitos autóctones**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde. Fundação Oswaldo Cruz, Belo Horizonte, 2007. 90p.
- CAMPBELL, L. P. *et al.* **Climate change influences on global distributions of dengue and chikungunya virus vectors**. Philosophical Transactions of the Royal Society: Biological, v. 370, n. 1665, p. 3-9, 2015.
- CAMPOS, G. S; BANDEIRA, A. C.; SARDI, S. I. **Zika virus outbreak, Bahia, Brazil**. Emerging Infectious Diseases, v. 21 n. 10, p. 1885–1886, 2015.
- CAMPOS, M. B.; MACEDO, D.R. **Agrupamentos de emigração internacional no Brasil: o papel das redes sociais na formação dos espaços de emigração**. Geografia, v. 39, n. 2, p. 257-272, 2014.
- CANTON, P. E. *et al.* **Binding of *Bacillus thuringiensis subsp. israelensis* Cry4Ba to Cyyt1Aa has an important role in synergism**. Peptides, v. 32, n. 3, p. 595-600, 2011.
- CARLOS, A. F. A (org.). **Crise urbana**. São Paulo: Contexto, 2018, 191p.
- CARLOS, A. F. A. **A reprodução do espaço urbano como momento da acumulação capitalista**. In: CARLOS, A. F. A (Org). **Crise urbana**. São Paulo: Editora Contexto, 2018, p. 25-35.
- CARMO, L. F. **Análise Espacial dos casos registrados das doenças dengue, zika e chikungunya no município de Divinópolis no período de 2012 a 2017**. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020, 132p.
- CAROLINO, A. T; GOMES, S. A; TEODORO, T. B. P.; LAN SAMUELS, R. **Potencial de blastosporos de *Metarhizium anisopliae* para o controle de adultos de *Aedes aegypti***. Revista Univap, v. 22, n. 40, 2016.
- CARPINETTI, L.C.R. **Planejamento e análise de experimentos**. Publicação EESC-USP. 223p. 2009.
- CARVALHO, D. O. **Obtenção e caracterização de linhagem transgênica de *Aedes aegypti* machos geneticamente estéreis**. Tese (doutorado). Programa de Pós-graduação Biologia da Relação Patógeno – Hospedeiro, Departamento de Parasitologia, Instituto de Ciências Biomédicas. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. 102p.
- CARVALHO, F.M.V; FERREIRA, L.G; LOBO, F.C; DINIZ-FILHO, J.A.F.; BINI, L.M. **Padrões de autocorrelação espacial de índices de vegetação MODIS no bioma Cerrado**. Revista Árvore, v.32, n.2, p.279-290, 2008.

- CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. **Interpoladores geoestatísticos na análise da distribuição espacial da precipitação anual e de sua relação com altitude.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 47, n. 9, p. 1235-1242, 2012.
- CARVALHO, L. E. *et al.* **Regressão Linear Geograficamente Ponderada em ambiente SIG.** Transportes, v. 14, n. 2, p. 18-26, 2006.
- CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; CECILIO, R. A.; PEZZOPANE, J. R. M.; XAVIER, A. C. **Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 8, p. 871-880, 2010.
- CCZ, CENTRO DE CONTROLE DE ZOONOZES. **Guia prático do LIRAa (2015-2017).** Relatório técnico, Prefeitura Municipal de Montes Claros, Divisão de epidemiologia. Montes Claros, 2017. 100p.
- CHAVES, T. S. S.; PELLINI, A. C. G.; MASCHERETTI, M.; JAHNEL, M. T.; RIBEIRO, A. F.; RODRIGUES, S. G.; VASCONCELOS, P. F. C.; BOULOS, M. **Travelers as sentinels for Chikungunya Fever, Brazil.** Emerging Infectious Diseases, v. 18, n. 3, p. 529-530, 2012.
- CHRISTOPHERS, S. R. **Aedes aegypti (L.): the yellow fever mosquito: its life history, bionomics and structure.** London: Cambridge University Press; 1960. 750 p. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/geocxnets/wiki/lib/exe/fetch.php?media=wiki:christophers_1960.pdf>. Acessado em: 25 de janeiro de 2018.
- COELHO, A.L.N.; W.S.C, CORREA. Temperatura de superfície Celsius do sensor TIRS/LANDSAT-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.7, n.1, p. 31-45, 2013.
- COLLI, W. **Organismos transgênicos no Brasil: regular ou desregular?** Rev. USP, v. 89, p. 148-173, 2011.
- CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. **Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil.** Rio de Janeiro: FioCruz; 1994, 228p. Disponível em: <<http://static.scielo.org/scielobooks/th/pdf/consoli-9788575412909.pdf>>. Acessado em 26 de janeiro de 2018.
- CORDEIRO, M. T. **Evolução da dengue no Estado de Pernambuco, 1987-2006; epidemiologia e caracterização molecular dos sorotipos circulantes.** Tese (Doutorado em Saúde Pública), Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Recife, 2008. 214p.
- COSTA, Z. G. A.; ROMANO, A. P. M.; ELKHOURY, A. N. M.; FLANNERY, B. **Evolução histórica da vigilância epidemiológica e do controle da febre amarela no Brasil.** Revista Pan-Amazônica de Saude, v. 2, n. 1, p. 11-26, 2010.
- CROVELLO, T. J.; HACKER, C. S. **Evolutionary strategies in life table characteristics among feral and urban strains of Aedes aegypti (L.).** Evolution, v. 26, n. 2, p. 185-96, 1972.
- DRAPER, N.R.; SMITH, S. **Applied regression analysis.** New York: John Wiley and Sons; 1981. 716p.
- DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. **Análise Espacial de Dados Geográficos.** Brasília, EMBRAPA, 2004

- ESMERALDO, M. A. **Bioprodutos derivados de biomassa vegetal no combate ao mosquito transmissor da dengue - *Aedes aegypti***. Tese (doutorado). Programa de Pós-graduação em Biotecnologia – RENORBIO, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. 117p.
- FARNESI, L. C; BRITO, J. M; LINSS, J. G; PELAJO-MACHADO, M; VALLE, D; REZENDE, G. L. **Physiological and morphological aspects of *Aedes aegypti* developing larvae: effects of the chitin synthesis inhibitor novaluron**. Plos One, v. 7, n. 1, p. 303-363, 2012.
- FERREIRA, A.C; CHIARAVALLLOTI-NETO, F.; MONDINI, A. **Dengue em Araraquara, SP: epidemiologia, clima e infestação por *Aedes aegypti***. Revista de Saúde Pública, v. 52, n. 18, 2018.
- FIGUEIREDO, F. S.; RODRIGUES, T. F.; CARDOSO, L. C.; SANTOS, F. G.; OLIVEIRA, R. R.; RADOVANOVIC, C. A. Declínio das taxas de internação hospitalar por doenças cardiovasculares em adultos no Brasil. **Cogitare Enfermagem**, v. 26, e72327, 2021.
- FISHER, R. A. Studies in Crop Variation. I. An examination of the yield of dressed grain from Broadbalk . **Jornal of Agricultural Science**, v. 11, n. 2, p. 107-135, 1921.
- FJP, FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Atlas do Desenvolvimento Humano – 2013**. Disponível em: <http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/produtos-e-servicos/2610-indice-de-desenvolvimento-humano-idh-2>. Acessado em 29 ago. de 2017.
- FJP, FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Atlas do Desenvolvimento Humano – 2013**. Disponível em: <http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/produtos-e-servicos/2610-indice-de-desenvolvimento-humano-idh-2>. Acessado em 29 ago. de 2017.
- FONSECA, D. S. R; GARCIA, R. A. . **Zoneamento das áreas com maior propensão para adoecimento pela dengue na região intra-urbana de Montes claros (mg) a partir de variáveis sócioambientais e geostatística**. Geographia (UFF), v. 23, p. 1-22, 2021.
- FONSECA, D.S.R.; BRAZ, C.K.R. **Investigação epidemiológica da distribuição geográfica do *Aedes aegypti* na cidade de Montes Claros com uso de geotecnologia**. Brazilian Journal of Cartography, v.62, n. 03, p. 489-503, 2010.
- FONSECA, D, S. R.; GARCIA, R. A. **Análise exploratória entre: infectados por dengue e dados socioeconômicos, relativos a 2010, dos municípios da Região Sudeste do Brasil**. Cadernos do Leste, v. 17, p. 59-74, 2017.
- FONSECA, D.S.R.; GARCIA, R. A. **Uma proposta de zoneamento para o *Aedes aegypti* em Montes Claros (MG) e a associação entre a infestação larvária com a temperatura de superfície nos anos 2015, 2016 e 2017**. Revista Ra'e Ga Espaço Geográfico em Análise, v. 8, p. 126-152, 2020.
- FORATINI, O. P. **Culicidologia Médica**. São Paulo: Edusp, 2002, 862p.
- GETIS, A. A history of the concept of spatial autocorrelation: A geographer's perspective. **Geographical analysis**, v. 40, n. 3, p. 297-309, 2008.
- GILBERT, E. Pioneer Maps of Health and Disease in England. **The Geographical Journal**, v 124. P. 172-183., 1958.
- GUAGLIARDO, S. A; MORRISON, A. C; BARBOZA, J. L; REQUENA, E; ASTETE, H; VAZQUEZ-PROKOPEC, G.; KITRON, U. **River boats contribute to the regional spread**

of the dengue vector *Aedes aegypti* in the Peruvian Amazon. PLOS Neglected Tropical Diseases, v. 9, n. 4, p. 1-12, 2015.

GUBLER, D. J.; KUNO, G. **Dengue and dengue hemorrhagic fever.** New York: CAB International, 1997, p. 45-60.

GUIMARÃES, J.H; TUCCI, E.C; BARROS-BATTESTI, D.M. **Ectoparasitos de importância veterinária.** São Paulo: Plêiade, 2001, 218p.

GUPTA B.; REDDY B.P.N. **Fight against dengue in India: progresses and challenges.** Parasitol Res. doi:10.1007/s00436-013-3342-2, 2013.

HAESBAERT, R. **Regional-global: dilemas da região e regionalização na Geografia contemporânea.** 2ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014, 210p.

HARRIS, A. F. *et al.* **Field performance of engineered male mosquitoes.** Nature Biotechnology, v. 29, n. 11, p. 1034-1037, 2011.

HATISUKA M. F. B.; ARRUDA, G. O.; FERNANDES, C. A. M.; MARCON, S. S. Análise da tendência das taxas de internações por pneumonia bacteriana em crianças e adolescentes. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 28, n. 4, p. 294–300, 2015.

HISSA, C. E. V. **A mobilidade das fronteiras: inserções da geografia na crise da modernidade.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002, 316p.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria de Geociências, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Mapa de clima do Brasil 1: 5000000. Rio de Janeiro: IBGE; 2002.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Bases e referenciais.** Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>>. Acessado em 30 ago. de 2017.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades** (2017). Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/montes-claros/panorama>>. Acesso em: 05 de dezembro de 2017.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resultados: censo 2010.** Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>>. Acessado em 30 ago. de 2017.

INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa.** Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 06 de maio de 2018.

INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Modelo TOPODATA** (2008). Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso: Março de 2018.

IPEA, INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS. Secretaria de Assuntos Estratégicos. **IPEAGEO: Bases.** Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/ipeageo/bases.html>>. Acessado em: 30 ago. de 2017.

JENTES, E. S.; POUMEROL, G.; GERSHMAN, M. D.; HILL, D. R.; LEMARCHAND, J.; LEWIS, R. F.; STAPLES, J. E.; TOMORI, O.; SMITH, A. W.; MONATH, T. P. **The revised**

global yellow fever risk map and recommendations for vaccination, 2010: consensus of the Informal WHO Working Group on Geographic Risk for Yellow Fever. The Lancet, v. 11, p. 622-632, 2011.

JOHNSON, S. **O mapa fantasma: Como a luta de dois homens contra a cólera mudou o destino de nossas metrópoles.** 1ª ed., Rio de Janeiro: Zahar, 2008.

KONISHI E. **Issues related to recent dengue vaccine development.** Trop Med Health. doi:10.2149/tmh.2011-S0, 2011.

KUNO, G. **Review of the factors modulating dengue transmission.** Epidemiologic Reviews, v. 17, p.321-335, 1995.

LACCOUR, G; FLORIAN, V; CADILHAC, N; SOYER, S; LAGNEAU, C.; HANCE, T. **When mothers anticipate: effects of the prediapause stage on embryo development time and of maternal photoperiod on eggs of a temperate and a tropical strains of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae).** Journal of Insect Physiology, n. 71, p. 87-96, 2014.

LACON, G; MORRISON, A. C; ASTETE, H; STODDARD, S. T; PAZ-SOLDAN, V. A.; ELDER, J. P. **Shifting patterns of *Aedes aegypti* fine scale spatial clustering in Iquitos, Peru.** PLOS Neglected Tropical Diseases, v. 8, n. 8, p. 1-13, 2014.

LAGUARDIA, J. et al. Information system for notifiable diseases (SINAN): challenges in developing a national health information system. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v.13, n.3, p.135-146, 2004.

LANA, F. C. F; DAVI, R. F. L; LANZA, F. M.; AMARAL, E. P. **Deteção da hanseníase e Índice de Desenvolvimento Humano dos municípios de Minas Gerais, Brasil.** Revista Eletrônica de Enfermagem, v. 11, n. 3, p. 539-544, 2009.

LANA, R.M; MORAIS, M. M; LIMA, T. F. M; CARNEIRO, T. G. S; STOLERMAN, L. M; SANTOS, J. P. C; CORTÊS, J. C; EIRAS, A. E.; CODEÇO, C. T. **Assessment of a trap based *Aedes aegypti* surveillance program using mathematical modeling.** PLoS ONE, v. 13, n. 1, p. 1-16, 2018.

LATORRE, M. R. D. O.; CARDOSO, M. R. A. Análise de séries temporais em epidemiologia: uma introdução sobre os aspectos metodológicos. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 4, n. 3, p. 146-152, 2001.

LEITE, M.E.; BRITO, J.X. S. (2011). Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento do uso do solo urbano e de assentamentos ilegais em Montes Claros-MG. Geosul, Florianópolis, v. 26, n. 52, p. 99-128.

LIMA, S.F.S; BARROZO, L.V.; MATAVELI, A.V. **Temperatura de superfície e precipitação que influenciam na incidência do *Aedes aegypti* em São Paulo.** Revista do Departamento de Geografia, v. esp., p. 174-183, 2018.

LIMA-CAMARA, T.N; URBINATTI, P.R.; CHIARAVALLOTTI-NETO, F. **Encontro de *Aedes aegypti* em criadouro natural de área urbana, São Paulo, SP, Brasil.** Revista de Saúde Pública, v. 50, n. 3, p. 1-4, 2016.

LOBO, C.; MATOS, R. **Migrações e a dispersão espacial da população nas Regiões de Influência das principais metrópoles brasileiras.** Revista Brasileira de Estudos Populacionais, v. 28, n. 1, p. 81-101, 2011.

- LORENZ, C; CASTRO, M. C; TRINDADE, P. M. P; NOGUEIRA, M. L; DE OLIVEIRA LAGE, M; QUINTANILHA, J. A; PARRA, M. C; DIBO, M. R; FÁVARO, E. A; GUIRADO, M. M.; CHIARAVALLLOTI-NETO, F. **Predicting Aedes aegypti infestation using landscape and thermal features**. Scientific Reports, v. 10, p. 21688, 2020.
- LOUNIBOS, L. P. **Invasions by insect vectors of human disease**. Entomology, v. 47, p. 233-246, 2002.
- LUNARDON, K. A. F. **Aplicação da análise multicritério para espacialização de condicionantes de focos de Aedes aegypti em Curitiba/PR**. Hygeia, v, 13, n. 26, p. 87 – 97, 2017.
- LUSSAULT, M. **Constructivisme**. In: LÉVY, J.; LUSSAULT, M. (orgs). Dictionnaire de Géographie et de l' espace des sociétés. Paris: Belin, 2003. 1128p.
- LUZ, P. M. *et al.* **Dengue vector control strategies in an urban setting: an economic modeling assessment**. The Lancet, v. 377, n. 9778, p. 1673-1680, 2011.
- MACORIS, M. L. *et al.* **Alteration in susceptibility response of Aedes aegypti to organophosphates in cities in te state of S. Paulo, Brazil**. Revista de Saúde Pública, v. 33, n. 5, p. 521-522, 1999.
- MAGNUSSON, W. E. **Estatística, delineamento e projetos integrados: a falta de coerência no ensino e na prática**. Brazilian Journal of Ecology, v. 3, n. 1, p. 37-40, 1999.
- MANIERO, V. C; SANTOS, M. O; RIBEIRO, R. L; OLIVEIRA, P. A. C; SILVA, T. B; MOLERI, A. B. MARTINS, I. R; LAMAS, C. C.; CARDOZO, S. V. **Dengue, chikungunya e zika vírus no brasil: situação epidemiológica, aspectos clínicos e medidas preventivas**. Almanaque Multidisciplinar de Pesquisa, v. 1, n. 1, p. 118-145, 2016.
- MARTINS, G. A. **Estatística geral e plicada**. São Paulo: Atlas, 2010, 421p.
- MATOS, R. **Questões teóricas acerca dos processos de concentração e desconcentração da população no espaço**. Revista Brasileira de Estudos Populacionais, v. 12, n. 2, p. 35-58, 1995.
- MEDLOCK, J. *et al.* **The impact of transgenic mosquitoes on dengue virulence to humans and mosquitoes**. Amb. Nat., v. 174, n. 4, p. 565-577, 2009.
- MESSINA, J. P.; BRADY, O. J.; PIGOTT, D. M.; GOLDING, N.; KRAEMER, M. U. G.; SCOTT, T. W.; WINT, G. R. W.; SMITH, D. L.; HAY, S. I. **The many projected futures of dengue**. Nature, n. 13, p. 230-239, 2015.
- MILLER, B. R.; BALLINGER, M. E. **Aedes albopictus mosquitoes introduced into Brazil: vector competence for yellow fever and dengue viruses**. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, v. 82, n. 3, p. 476–477, 1988.
- MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo – SP. Ed: Contexto: 2003, 192p.
- MONTEIRO, C.. A. F. **A interação homem-natureza no futuro da cidade**. Geosul, n. 14, p. 07-48, 1992.
- MORAN, P. **A Test for the Serial Independence of Residuals**. Biometrika, v.37, p. 178-181, 1950.

MOREIRA, A.A; FERNANDES, F.H.S; NERY, C.V.M. Mapeamento e análise do uso e ocupação do solo na bacia do Rio Vieira no município de Montes Claros/MG. *Revista Brasileira de Geomática*, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 40-48, 2014.

MORENO, E. S.; BARATA, R. C. B. **Methodology for definition of yellow fever priority areas, based on environmental variables and multiple correspondence analyses.** *PLoS Biology*, v. 6, n. 7, p. 1-7, 2012.

MS, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portal da Saúde. Acesso à Informação. **Taxa de incidência de dengue, período 2010-2011.** Disponível: <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/aceso-a-informacao>>. Acessado em: 30 jan. de 2016.

MS, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. **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>. Acesso: Janeiro de 2018.

MS, MINISTÉRIO DA SAÚDE: Fundação Nacional de Saúde. **Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD).** Brasília: Ministério da Saúde:2002. 32p.

MS, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portal da Saúde. Acesso à Informação. **Taxa de incidência de dengue, período 2010-2011.** Disponível: <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/aceso-a-informacao>>. Acessado em: 30 jan. de 2016.

MURRAY N.E.A.; QUAM M.B.; WILDER SMITH A. **Epidemiology of dengue: past, present, and future prospects.** *Clinical Epidemiology*, v. 5, p. 299-309, 2013.

NASCIMENTO, L. F. C. et al. Análise espacial da mortalidade neonatal no Vale do Paraíba, 1999 a 2001. **Revista de Saúde Pública**, v. 41, n. 1, p. 94–100, 2007.

NEVES, D. P. **Parasitologia humana.** São Paulo: Atheneu, 2005.

NIMER, E. Um modelo metodológico da classificação de climas. **Revista Brasileira de Geografia** – IBGE. Rio de Janeiro, v.41, n.4, p. 59-89, 1979.

NOGUEIRA, R. M. R.; *et al.* **Virologic study of Dengue type 1 epidemic at Rio de Janeiro.** *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 83, n. 2, p. 210-225, 1988.

OLIVEIRA, M.M.F. **A dengue em Curitiba/PR: uma abordagem climatológica do episódio de março/abril – 2002 .** *Revista RA'E GA*, n. 8, p. 45-54, 2004.

OLIVEIRA, P. M. B; CAMPOS JÚNIOR, E. O. COCCO, D. D. A. **A utilização do sal como larvicida no combate às larvas do *Aedes aegypti*.** *GETEC*, v.6, n.14, p.87-97, 2017.

OLIVEIRA, R. L. **Biologia e Comportamento do vetor.** In: VALLE, D.; PIMENTA, D. N.; CUNHA, R. V. *Dengue: teorias e práticas.* Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2015. p. 75-92.

PABLO, C. T. L. **Cartografía ecológica: conceptos e procedimientos para la representación espacial de ecosistemas.** *Boletín da Real Sociedad Española de la Historia Natural Sección Geológica*, v. 96, n. 1/2, p. 57-68, 2000.

- PARIS, M. *et al.* Persistence of *Bacillus thuringiensis Israelensis* (Bti) in the environment induces resistance to multiple Bti toxins in mosquitoes. *Pest Management Science*, v. 67, n. 1, p. 122-128, 2010.
- PARIS, M; DAVID, J.; DESPRES, L. Fitness cost or resistance to Bti toxins in the dengue vector *Aedes aegypti*. *Eccotoxicology*, v. 20, n. 6, p. 1184-1194, 2011.
- PELUZIO, P.M.O; SANTOS, A.R; FIEDLER, N.C; COELO, A.L.N; EUGENIO, F.C; LOUZADA, F.L.R.O; SAITO, N.S; FERRARI, J.L; QUARTO-JÚNIOR, P.; BATISTA, R.S. **Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no ArcGIS 9.3**. Alegre: CAUFES, 2010, 58p.
- PESSANHA, J. E. M; CAIAFFA, W. T; CÉSAR, C. C.; PROIETTI, F. A. **Avaliação do Plano Nacional de Controle da Dengue**. *Caderno de Saúde Pública*, v. 25, n. 7, p. 1637-1641, 2009.
- PHUC, H. K. *et al.* Late-acting dominant lethal genetic systems and mosquito control. *BMC Biology*, v. 5, p. 11, 2007.
- PIETRI, D. E.; GARCÍA, S.; RICO, O. **Modelos geo-espaciales para la vigilancia local de la salud**. *Revista Panamericana de Salud Pública*, v. 23, n. 3, p. 394-402, 2008.
- PINHEIRO, F. P.; CORBER, S. J. **Global Situation of Dengue and dengue Haemorrhagic fever, and its Emergence in the Americas**. *World Health Statistics Quarterly Rapport Trimestriel de statistique sanitaires Mondiales*, v.50, n.3/4, p. 161-169, 1997.
- POMPO, A. P. M. M. ***Aedes aegypti*: morfologia, morfometria do ovo, desenvolvimento embrionário e aspectos relacionados à vigilância entomológica no município de São Paulo**. Tese (doutorado). Programa de Pós-graduação em Anatomia dos Animais Domésticos e Silvestres da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. 133p.
- POWELL, J. R.; TABACHNICK, W. J. **History of domestication and spread of *Aedes aegypti* - A Review**. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, v. 108, n. 1, p. 11-17, 2013.
- QSIM, M; ASHFAQ, U. A; YOUSAF, M. Z; MASOUD, M. S; RASUL L; NOOR, NAMRAH.; HUSSAIN, A. **Genetically modified *Aedes aegypti* to control dengue: a review**. *Eukaryotic Gene Expression*, v. 27, n. 4, p. 331-340, 2017.
- RAJU, A. **Community mobilization in *Aedes aegypti* control programme by source reduction in Peri-urban distric of Lautoka, Viti Levu, Fiji Islands**. *Dengue Bulletin*, v. 27, p. 149-155, 2003.
- RATMANOV, P.; MEDIANNIKOV, O.; RAOULT, D. **Vector borne diseases in West Africa: geographic distribution and geospatial characteristics**. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 107, p. 273-284, 2013.
- REGIS, L.; SOUZA, W. V.; FURTADO, A. F.; FONSECA, C. D.; SILVEIRA JÚNIOR, J. C.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J.; SANTOS, M. A. V. M.; CARVALHO, M. S.; MONTEIRO, A. M. V. An entomological surveillance system based on open spatial information for participative dengue control. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 81, n. 4, p. 655-662, 2009.

- REINHOLD, J. M; LAZZARI, C. R.; LAHONDÈRE, L. **Effects of the environmental temperature on *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* mosquitoes: a review.** *Insects*, v. 9, n. 158, p. 1-17, 2018.
- REY, L. **Parasitologia.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001, 856p.
- RITCHIE, S. A; RAPLEY, L. P.; BENJAMIN, S. **Bacillus thuringiensis var. israelensis (Bti) provides residual control of *Aedes aegypti* in small containers.** *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 82, n. 6, p. 1053–1059, 2010.
- RIZZI, C. B; RIZZI, R. L; PRAMIU, P. V; HOFFMANN, E.; CODEÇO, C. T. **Considerações sobre a dengue e variáveis de importância à infestação por *Aedes aegypti*.** *Hygeia*, v. 13, n. 24, p. 24-40, 2017.
- RODRIGUEZ-MORALES A.J. **No era suficiente con dengue y chikungunya: llegó también Zika.** *Archivos de Medicina*, v. 11, n. 2-3, p. 1-4, 2015.
- ROTH, A. *et al.* **Concurrent outbreaks of dengue, Chikungunya and Zika virus infections - an unprecedented epidemic wave of mosquito-borne viruses in the Pacific 2012-2014.** *Euro Surveill*, n. 19, p. 209-229, 2014.
- SALES, D. M; ASSIS, W. L.; FONSECA, B. M. **Clima urbano e saúde: elementos climáticos e doenças respiratórias observadas no município de Belo Horizonte (MG) entre 2013 e 2014.** *Revista Brasileira de Climatologia*, n. 14, p. 271-289, 2018.
- SAMPAIO, R. A. **A violência do processo de urbanização.** In: CARLOS, A. F. A (Org). **Crise urbana.** São Paulo: Editora Contexto, 2018, p. 55-84.
- SANTOS, A.; MARÇAL JÚNIOR, O. **Geografia do dengue em Uberlândia (MG) na epidemia de 1999.** *Caminhos de Geografia*, v. 3, n. 11, p. 35-52, 2004.
- SANTOS, M. A. V. M. ***Aedes aegypti* (diptera:culicidae): estudos populacionais e estratégias integradas para controle vetorial em municípios da região metropolitana do Recife, no período de 2001 a 2007.** Tese (doutorado). Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2016. 219p.
- SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da Geografia.** 1ª Ed. São Paulo: Hucitec, 1998, 136p.
- SAWYER, D. O.; LEITE, I. C.; ALEXANDRINO, R. **Perfis de utilização de serviços de saúde no Brasil.** *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 7, n. 4, p. 757-776, 2002.
- SEIDEL, E. J.; DE OLIVEIRA, M. S. Proposta de um teste de hipótese para a existência de dependência espacial em dados geostatísticos. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 20, n. 4, p. 750–764, 2014.
- SEPLAN, SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO. **Mapa Perímetro Bairros** (2009). Disponível em: <<http://www.montesclaros.mg.gov.br/infraestrutura/mapas.htm>>. Acesso em: 06 de março de 2018.
- SHIMABUKURO, P. H. F.; SILVA, T. R. R.; FONSECA, F. O. R.; BATON, L. A.; GALATI, E. A. B. **Geographical distribution of american cutaneous leishmaniasis and its phlebotomine vectors (Diptera: Psychodidae) in the state of São Paulo, Brazil.** *Parasites & Vectors*, v. 3, n. 121, p. 1-12, 2010.

- SILVA, A. M; SILVA, R. M; ALMEIDA, C. A. P.; CHAVES, J. J. S. **Modelagem Geoestatística dos casos de dengue e da variação termopluiométrica em João Pessoa, Brasil.** Sociedade & Natureza, v, 27, n. 1, p. 157-169, 2015.
- SILVA, J. S. V.; SANTOS, R.F. **Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas.** Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 21, n. 2, p.221-263, 2004.
- SILVA, J. S; MARIANO, Z. F.; SCOPEL, I. **A dengue no Brasil e as políticas de combate ao Aedes aegypti: da tentativa de erradicação às políticas de controle.** Hygeia, v.3, n. 6, p. 163-175, 2008.
- SILVA, T. I.; RODRIGUES, S. C. **Tutorial de cartografia geomorfológica ArcGIS 9.2 e ENVI 4.0.** Revista Geográfica Acadêmica, v.3, n.2, p. 1-66, 2009.
- SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C. P. **Caracterização climatológica e tendências observadas em extremos climáticos no Estado do Rio de Janeiro.** Anuário do Instituto de Geociências: UFRJ, v. 37, n. 2, p. 123-138, 2014.
- SMS, SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE DE MONTES CLAROS. Número de Infectados por dengue nos bairros da cidade, 2015-2017. Visita ocorrida em: 21 de outubro de 2019.
- SINAN, **Sistema de Informação de Agravos de Notificação.** Disponível em: <<http://portalsinan.saude.gov.br/sinan-dengue-chikungunya>>. Acessado em 26 de agosto de 2019.
- SOARES, J. B. R. C; GAVIRAGHU, A.; OLIVEIRA, M. F. **Mitochondrial physiology in the major arbovirus vector Aedes aegypti: substrate preferences and sexual differences define respiratory capacity and superoxide production.** PLoS ONE, v. 10, n. 3, p. 1-35, 2015.
- SOMMERFELD, J.; KROEGER, A. **Eco-bio-social research on dengue in Asia: a multicountry study on ecosystem and community-based approaches for the control of dengue vector in urban and peri-urban Asia.** Pathogens and Global Health, v. 6, n. 8, p. 428-435, 2012.
- SOUZA, D. O; OLIVEIRA, F. G; CASTRO, I. L. S; SOARES, J. B. de S; REIS, M. M.; FIGUEIREDO, F. P. Frequência de ocorrência de precipitação pluviométrica em Montes Claros-MG. **Revista Agrarian**, Dourados, v.11, n.42, p.337-342, 2018.
- SOUZA, J.D; SILVA, B.B. Correção atmosférica para temperatura de superfície obtida com imagem TM: Landsat 5. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, n. 4, p. 349-358, 2005.
- STIGLER, S. M. Gergonne's 1815 paper on the design and analysis of polynomial regression experiments. **Historia Mathematica**, v. 1 n. 4, p. 431-439, 1974.
- TAUIL, P. L. **Condições para a transmissão da febre do vírus Chikungunya.** Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 23, n. 4, p. 773-774, 2014.
- TAUIL, P. L. **Urbanização e ecologia do dengue.** Cad. Saúde Pública, v. 17, p. 99-102, 2001.
- TEIXEIRA, M. G.; BARRETO, M. L.; GUERRA, Z. **Epidemiologia e medidas de prevenção do Dengue.** Informe Epidemiológico doSus, Brasília , v. 8, n. 4, p. 5-33, 1999.

TEIXEIRA, T.R.A; CRUZ, O.G. Spatial modeling of dengue and socio-environmental indicators in the city of Rio de Janeiro, Brazil. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 3, p. 591-602, 2011.

TILAK, R.; GUPTA, M. V.; SURYAM, M. V.; YADAV, J. D.; GUPTA, B. K. K. D. **A laboratory investigation into oviposition responses of *Aedes aegypti* to some common household substances and water from conspecific larvae.** *Medical Journal Armed Forces India*, v. 61, p. 227-229, 2004.

TOBLER, W. A Computer Movie Simulating Urban Growth in the Detroit Region. *Economic Geography*, v. 46, p. 234-240, 1970.

TUFTE, Edward. **The visual display of quantitative information.** 2^a ed. S.i: Graphics Pr, 2001.

TUKEY, J. W. Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. *Biometrics*, v. 5, n. 2, p. 99-114, 1949.

USGS, UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **EarthExplorer.** Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso: Dezembro de 2017.

USGS, UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Using the USGS Landsat Level-1 Data Product.** Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>>. Acesso: Abril de 2018.

UTSUMI, A.G; GALO, M.L.B.T; TACHIBANA, V.M. (2015). **Mapeamento de cianobactérias por meio da fluorescência da ficocianina e de análise geostatística.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.19, n.3, p. 273-279, 2015.

VASCONCELOS, C. M. **Abordagem eco-bio-social para o controle das doenças transmissíveis pelo *Aedes aegypti*: uma intervenção em larga escala no Brasil.** Tese (doutorado). Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2016. 162p.

VIEIRA, R. S. **Crescimento econômico no estado de São Paulo: uma análise espacial.** São Paulo: Editora UNESP. 2009. 103p.

VIOLA, M. R; MELLO, C. R; PINTO, D. B. F.; ÁVILA, L. F. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 9, p. 970-978, 2010.

WHO, WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Dengue and severe dengue.** Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dengue-and-severe-dengue>>. Acessado em 21 de março de 2019.

WHO, WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Zika: Public Health Emergency of International Concern.** Disponível em: <<https://www.who.int/emergencies/zika-virus/en/>>. Acessado em 19 de março de 2019.

WOLF, L. J.; MURRAY, A. T. Spatial Analysis. In: RICHARDSON, D. et al. (Eds.). **International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology.** John Wiley & Sons Ltd., 2017, p. 1-11.

ZARA, A. L. S. A; SANTOS, S. M; FERNANDES-OLIVEIRA, E. S; CARVALHO, R. G.; COELHO, G. E. **Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão.** Epidemiologia e Serviços de Saúde, v. 25, n. 2, p. 391-404, 2016.

ARTIGOS

ZONEAMENTO DAS ÁREAS COM MAIOR PROPENSÃO PARA ADOECIMENTO PELA DENGUE NA REGIÃO INTRA-URBANA DE MONTES CLAROS (MG) A PARTIR DE VARIÁVEIS SÓCIOAMBIENTAIS E GEOESTATÍSTICA

Diego de Sousa Ribeiro Fonseca¹

Universidade Federal de Minas Gerais

Ricardo Alexandrino Garcia²

Universidade Federal de Minas Gerais

Resumo: O objetivo deste estudo foi determinar as áreas que têm tido maior propensão para ocorrência de infectados pela dengue na cidade Montes Claros-MG. A metodologia consistiu na aquisição de dados relativos ao número de infectados pela dengue, por bairros, nos anos 2015, 2016 e 2017; obtenção dos Índices Breteures sobre infestação larvária pelo *Aedes aegypti* nos respectivos anos; uso de imagens de satélite para estimação da temperatura de superfície (TS); aquisição de dados sobre elevação do terreno e renda familiar. Posteriormente, foi realizada a organização do banco de dados; emprego da análise descritiva; aplicação da regressão linear múltipla e da interpolação. O uso do modelo regressivo múltiplo, StepWise progressivo, para seleção das variáveis preditoras, com maior poder para explicação dos surtos de dengue ocorridos no período, mostrou-se eficiente, permitindo que fosse operacionalizada a co-krigagem, a qual trouxe as regiões sob maior probabilidade da ocorrência de infectados pela dengue. Genericamente, a infestação larvária pelo *Aedes aegypti* tem acontecido na porção oeste, enquanto a infecção pela dengue tem maior propensão na porção leste da cidade, duas porções em situações econômicas distintas, onde a parte oeste concentra a população com renda mais elevada. Tal fator denota a fragilidade da população de menor renda quanto à saúde pública e a sua maior carência na atenção estratégica.

Palavras-chave: infectados; infestação larvária; temperatura de superfície; altitude; renda domiciliar.

ZONNING AREAS WITH THE BIGGEST PROPENTION TO SICK PEOPLE BY DENGUE IN THE MONTES CLAROS CITY (MG) USING SOCIO ENVIRONMENTAL VARIABLES AND GEOSTATISTICS

Abstract: The objective of this work was to delimitation the determinats areas with the most propention to occurrence of sick peoples by dengue in the Montes Claros city, Minas Gerais. The methodology was consists in the acquisition of databses relateded at infects numbers by dengue, by neighborhoods, between the years 2015, 2016 and 2017; obtaining of Breteau Index about larval infestation by *Aedes aegypti* in the related years; use of satellities imagery to estimation of land surface temperature (LST); acquisition of databses abou t land elevation and familiar income. In the next time, was realize the organization of databses; employing the descriptive analysis; application of multiple linear regretion and interpolation of files. The use of regressive model, progressing StepWise, to selection of predictive variables, with more po explication power to disease outbreaks in the period, showed efficient, and this was permitted the operationabilization of the co-kriging, which brought the regions with the more probability to dengue infestation. Overall, the larval infestation by the *Aedes aegypti* had happened on the west side, while the infestation by dengue have been more propention on the east side of the city, two portions in different economic situations, where the western part concentrates the population with the highest income. This factor denotes the fragility of the low-income population in terms of public health and their greater lack of strategic attention.

Keywords: infected; larval infestation; land surface temperature; elevation; familiar income.

ZONIFICACIÓN DE UBICACIONES CON MAYOR PROPENSIÓN PARA DENGUE DENTRO DE LA CIUDAD DE MONTES CLAROS (MG) A PARTIR DE VARIABLES SOCIOAMBIENTALES Y GEOSTATISTICAS

Resumen: El objetivo de este estudio fue determinar las áreas que han sido más propensas a la ocurrencia de infectados por la dengue en la ciudad Montes Claros-MG. La metodología consistió en adquirir datos sobre el número de personas infectadas por dengue, en los barrios, en los años 2015, 2016 y 2017; obtención de los Índices de Breteures sobre infestación larvaria por *Aedes aegypti* en los años respectivos; uso de imágenes de satélite para estimar la temperatura de la superficie (TS); adquisición de datos sobre elevación del terreno e ingresos

1. Doutorando em Geografia pelo Instituto de Geociências IGC/UFMG). Bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais. Minas Gerais, Brasil. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5655-2646>. E-mail: diegosousarf@gmail.com

2. Professor do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências e coordenador do Laboratório de Estudos Territoriais (LESTE/IGC/UFMG). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7144-9866>. E-mail: alexandrinogarcia@gmail.com

familiares. Posteriormente, se organizó la base de datos; se hizo uso de análisis descriptivo; aplicación de interpolación y regresión lineal múltiple. El uso del modelo regresivo múltiple, progresivo StepWise, para seleccionar las variables predictoras, con mayor poder para explicar lo fenómeno de la dengue ocurridos en el período, resultó ser eficiente, permitiendo la operacionalización de la co-kriging, lo que llevó a las regiones bajo mayor probabilidad de personas infectadas con dengue. Generalmente, la infestación de larvas por el *Aedes aegypti* ha ocurrido en la parte occidental, mientras que la infección por la dengue es más probable en la parte oriental de la ciudad, dos partes en situaciones económicas diferentes, donde la parte occidental concentra la población de mayores ingresos. Este factor denota la fragilidad de la población de bajos ingresos en materia de salud pública y su mayor falta de atención estratégica.

Palabras Clave: infectado; infestación de larvas; temperatura de la superficie; altitud; ingresos del hogar.



Introdução

São notados em várias cidades do Brasil, de tempos em tempos, o surgimento e o ressurgimento dos vírus de doenças transmitidas por vetores, tal como o mosquito *Aedes aegypti*, o qual, à medida que ocorre o crescimento urbano, a infestação larvária desse inseto parece aumentar (ALMEIDA; MEDRONHO; VALÊNCIA, 2009). Outras pragas comuns são: roedores, baratas, pombos, escorpiões, urubus e gafanhotos, todos estes quando em desequilíbrio, perturbam a qualidade do convívio citadino. Essa realidade desordenada foi prevista (MONTEIRO, 1992; SANTOS, 1998) e permanece discutida atualmente (CARLOS, 2018) devido a sua complexa solução em locais como a cidade de Montes Claros-MG, onde padrões arquitetônicos homogêneos e importados, os quais não se adequam à realidade bioclimática local (FONSECA, 2010), são mantidos e expandidos em desarmonia com o ambiente.

Ao buscar a maior salubridade nos ambientes citadinos, o estudo do comportamento espacial do mosquito *Aedes aegypti* (LINNAEUS, 1762) é atual e necessário, porque é este o principal transmissor de epidemias tais como a dengue, a febre amarela (JENTES *et al.*, 2011), a febre *chikungunya* (CHAVES *et al.*, 2012) e o zika vírus (CAMPOS *et al.*, 2015).

O objetivo deste estudo foi determinar as áreas não amostradas com maior propensão para ocorrência de infectados pela dengue, período entre 2015 a 2017, através da temperatura de superfície (TS); dados de altitude, taxas de infestação larvária do transmissor da doença, o mosquito *Aedes aegypti*, e a renda domiciliar da população da cidade Montes Claros-MG. A partir dos resultados, o assunto poderá contribuir nessa temática a respeito da qualidade urbana e a geografia da saúde social.

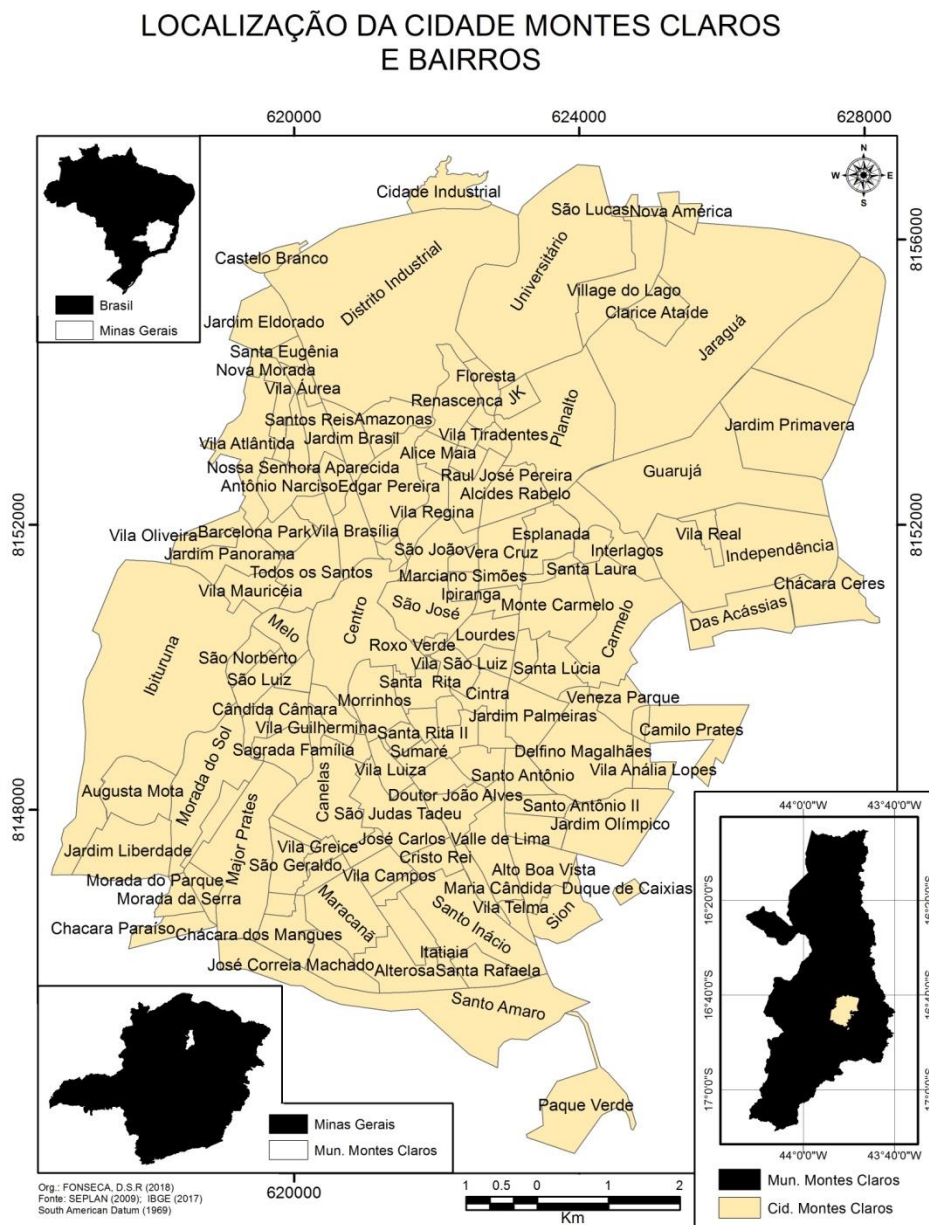
Material e métodos

Área de estudo

Localizada ao Norte do Estado de Minas Gerais, porção centro-leste do município, a cidade de Montes Claros é composta atualmente por área equivalente a 92.000 km². A altitude média é de 660 metros, especificamente na região central da cidade. As áreas com vegetação, ou não urbanizadas, compõem em torno de 19% do terreno e estão situadas nas porções nordeste e sudoeste da cidade (FONSECA; BRAZ, 2010; MOREIRA; FERNANDES; NERY, 2014).

A área urbana apresenta cento e trinta e seis bairros (136), de acordo com a base cartográfica (Figura 1) fornecida pela Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação (SEPLAN, 2009). A população estimada para o ano de 2017 é de 402.027 pessoas; a densidade demográfica é superior a 101,41 hab/km². A renda média do trabalhador é de 2,2 salários mínimos, correspondente a 26% da população que se encontra ocupada; o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,77 – o décimo-oitavo (18º) de Minas Gerais (IBGE, 2017).

Figura 1 - Bairros de Montes Claros e sua localização



Fonte: SEPLAN (2009). Org.: do Autor, 2020.

Base de dados

Os dados a respeito do número de infectados pela dengue, por bairros, nos anos 2015, 2016 e 2017 - foram adquiridos junto à Secretaria Municipal de Saúde (SMS, 2019). Dados entomológicos

foram apanhados junto ao Centro de Controle de Zoonoses (CCZ, 2017), os quais se referem ao Índice *Breteau* dos bairros da cidade de Montes Claros, período de 2015 a 2017, sendo os dados usados neste trabalho, conforme aquilo que foi fornecido pelo CCZ, coletados nos meses de janeiro, março e outubro. Tal índice tem sido usado como referência para os diagnósticos de infestação larvária pelo mosquito *A. aegypti* e sua mensuração é feita por meio de uma amostra probabilística dos imóveis (10% de cada bairro) da área urbana. O delineamento amostral é feito por conglomerados, levando em consideração o quarteirão como unidade primária e o imóvel como unidade secundária (MS, 2013). O Índice *Breteau* leva em conta a relação entre o número de recipientes positivos e o número de imóveis pesquisados, como mostra a Equação 1:

$$IB = \frac{\text{recipientes positivos}}{\text{imóveis pesquisados}} * 100 \quad (1)$$

A base cartográfica, com o perímetro dos bairros de Montes Claros, foi adquirida junto à Secretaria de Planejamento (SEPLAN, 2009) em formato vetorial *Drawing database* (DWG). Dados sobre a *renda per capita* domiciliar das áreas equivalentes aos bairros, setores sensitários, foram adquiridos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

Imagens do satélite Landsat-8, com resolução espectral de 16 *bits*; frequência de revisita igual a 10 dias; espacial de 30 metros (sensor *Operational Land Image* - OLI) nas bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo); e com resolução de 100 metros (sensor *Thermal Infrared Sensor* – TIRS) nas bandas 10 e 11 (infravermelho termal), foram baixadas do *United States Geological Survey* (USGS, 2019), órbita-ponto 218-072, as quais tiveram data de imageamento nas seguintes datas: 07/10/2017, 19/07/2017, 16/05/2017; 20/10/2016, 16/07/2016, 11/04/2016; e 02/10/2015, 28/06/2015, 25/04/2015. Tais imagens apresentam cenas que cobrem área equivalente a 180 km². A escolha das datas teve como critério os meses de coleta de dados, realizada pelo CCZ, e a menor ocorrência de nuvens das cenas nas datas escolhidas.

Procedimentos operacionais

A primeira etapa do trabalho consistiu na organização dos dados cedidos pela SMS (2019) e pelo CCZ (2017). Os arquivos, do CCZ, originalmente em formato arquivo de texto, precisavam ser transferidos para planilha de edição de dados numéricos, a fim de torná-los editáveis digitalmente. Em seguida, devido à incompatibilidade entre a base cartográfica adquirida junto à SEPLAN (2009), com 136 bairros, e os dados do Centro de Controle de Zoonoses, com 186 divisões da cidade em bairros, esta última foi padronizada conforme a primeira base.

A base cartográfica em formato DWG foi convertida para o formato *shapefile*, por meio do aplicativo computacional ArcGIS, versão 10.2, e cada perímetro dos bairros foi alterado para polígono, a fim de transformar o arquivo em um banco de dados que pudesse ser passível de inserção dos atributos (*Índice Breteau*, total de infectados por dengue, renda e temperatura por bairros) em sua respectiva tabela.

Para se obter a temperatura de superfície (TS), foram manipuladas as cenas do satélite Landsat-8 nas bandas 11 e 10 (termal) e 5 e 4 (infravermelho próximo e vermelho) por meio do *raster calculator* (ArcGIS), conforme orientação do serviço geológico dos Estados Unidos (USGS, 2018),

quando, inicialmente, converteu-se o valor do número digital para valores de radiância, com uso dos metadados baixados com as imagens, tal como mostra a Equação 2:

$$L\lambda = MLQ_{cal} + AL \quad (2)$$

Onde:

$L\lambda$ = Radiância espectral do topo da atmosfera (Watts/($m^2 * srad * \mu m$));

ML = banda específica, multiplicada pelo fator de reescalonamento, contido nos metadados (RADIANCE_MULT_BAND_x, onde x é o número correspondente à banda);

AL = banda específica, adicionada com o fator de reescalonamento contido nos metadados RADIANCE_ADD_BAND_x, onde x é o número correspondente à banda);

Q_{cal} = valores calibrados relativos ao pixel (DN) do produto padrão.

Em seguida, fez-se a conversão para temperatura de topo da atmosfera (Kelvin), a qual é obtida por meio da Equação 3:

$$T = \frac{K_2}{\ln \frac{K_1}{L\lambda + 1}} \quad (3)$$

Onde:

T = Temperatura do topo da atmosfera (K);

$L\lambda$ = radiância espectral (Watts/($m^2 * srad * \mu m$));

K_1 = banda termal específica pela constante, a partir dos metadados (K1_CONSTANT_BAND_x, onde x é o valor da respectiva banda);

K_2 = banda termal específica pela constante, a partir dos metadados (K2_CONSTANT_BAND_x, onde x é o valor da respectiva banda).

E, posteriormente, foi gerada a temperatura da superfície terrestre (TS), em graus Celsius, por meio da aplicação da Equação 4:

$$\frac{TS}{1 + w * \left(\frac{TS}{p}\right) * \ln(e)} \quad (4)$$

Onde:

TS = Temperatura a partir do satélite;

w = comprimento de onda da radiância emitida ($11.5 \mu m$);

p = $h * c/s$ ($1.438 * 10^{-2} m K$);

h = constante de Planck ($6.626 * 10^{-34} Js$);

c = velocidade da luz ($2.998 * 10^8$ m/s);

ρ = 14380;

e = $(0.004 P_v + 0.986)$;

Em que:

P_v = proporção de vegetação $(NDVI - NDVI_{min} / NDVI_{max} - NDVI_{min})^2$.

As operações retro-explicadas para obtenção da TS foram feitas com as bandas 10 e 11 do satélite Landsat-8, em seguida, após a obtenção da temperatura a partir de cada uma delas, foi realizado o cálculo da média (por *pixel*) entre essas bandas e, posteriormente, entre as imagens, por meio do *Cell Statistics*, ferramenta do ArcGIS. A imagem gerada (média das três datas dos anos 2015, 2016 e 2017) foi recortada, a fim de se obter as temperaturas médias e os desvios-padrões respectivos aos determinados bairros da cidade de Montes Claros.

É necessário salientar que as temperaturas de superfície estimadas condizem com o horário do imageamento das cenas, os quais ocorreram aproximadamente às 10h e 30min. Essas temperaturas estimadas, na latitude $-16^{\circ}.68'$ S; longitude: $-43^{\circ}.83'$ W – foram certificadas com os dados de temperatura da série histórica da estação: 83437 de Montes Claros-MG (INMET, 2018), condizendo com os respectivos dias, e em horário próximo à geração das imagens do Landsat-8.

Os dados sobre altitude e declividade foram manipulados a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) Topodata adquirido, pelo qual se gerou curvas de nível com equidistância de 20 metros, e sucessivamente criaram-se Redes Triangulares Irregulares (TIN). Manipulando esse arquivo foi obtida a altitude média sobre cada bairro, método similar ao descrito em Silva; Rodrigues (2009); Peluzio et al (2010).

Tendo disponível a base cartográfica da SEPLAN (2009) convertida para *shapefile* e com os atributos inseridos, houve sucessivamente a exportação e posterior importação da tabela para o *software* Bioestat, versão 5.0 (AYRES, 2007), pelo qual se realizou análises estatísticas com todos os bairros, tais como: a análise descritiva, teste de hipóteses e a regressão pelo método StepWise progressivo (AYRES, 2007; ALMEIDA; MEDRONHO; VALÊNCIA, 2009; MARTINS, 2010). Este modelo de regressão linear múltipla (StepWise) foi produtivo para seleção automática das variáveis preditivas com maior peso (R^2), por meio da sua significância estatística (CUNHA-CRUZ; NADANOVSKY, 2003). A partir da escolha das variáveis com maior poder explicativo, no ArcGIS, versão 10, na ferramenta - *Geostatistical Analyst, Geostatistical Wizard* - efetuou-se o método interpolativo da co-krigagem - para estimar as áreas sob efeito do agravo do número de infectados por dengue na cidade de Montes Claros nos anos analisados (LANDIM, 2006), por meio da relação entre a distância dos pontos analisados e seu ajuste com as variáveis preditivas descritas (UTSUMI; GALO; TACHIBANA, 2015). O resultado dos mapas gerados foi sintetizado a partir da aplicação da média simples das áreas entre eles, utilizando-se o recurso - *Raster Calculator*.

Resultados e discussão

Os dados referentes ao número de adoecidos por dengue e seus agravos apresentou as seguintes médias para os respectivos anos 2017, 2016 e 2015: 1,11, 20,2 e 12,6 – sendo estas consideradas diferentes ($p < 0.01$) a partir do teste de hipóteses empregado. Quanto ao Índice Breteau, referente a infestação larvária pelo mosquito *A. aegypti* nos bairros da cidade Montes Claros, apresentaram as correspondentes médias: 5,4, 4,5 e 4,3% - sendo o ano 2017 e o 2015, significativamente diferentes ($p < 0,05$) conforme teste de médias, e a relação entre os demais

consideradas iguais. Os valores apresentaram elevada variabilidade, aqueles com maior dispersão para o número total de pessoas adoecidas foram relativos a 2017 (coeficiente de variação igual a 170,4%) e 2015 (153%); ao mesmo tempo, a maior dispersão verificada quanto ao Índice Breteau, também ocorreu nesses dois anos, porém, em ordem inversa: 2015 (coeficiente de variação igual a 98,4%) e 2017 (68,6%). Por conta disso, os valores mínimos dos dados mativeram-se em zero (0) nos anos, enquanto os valores máximos apresentaram diferenças, tal como pode ser verificado na Tabela 1 a seguir.

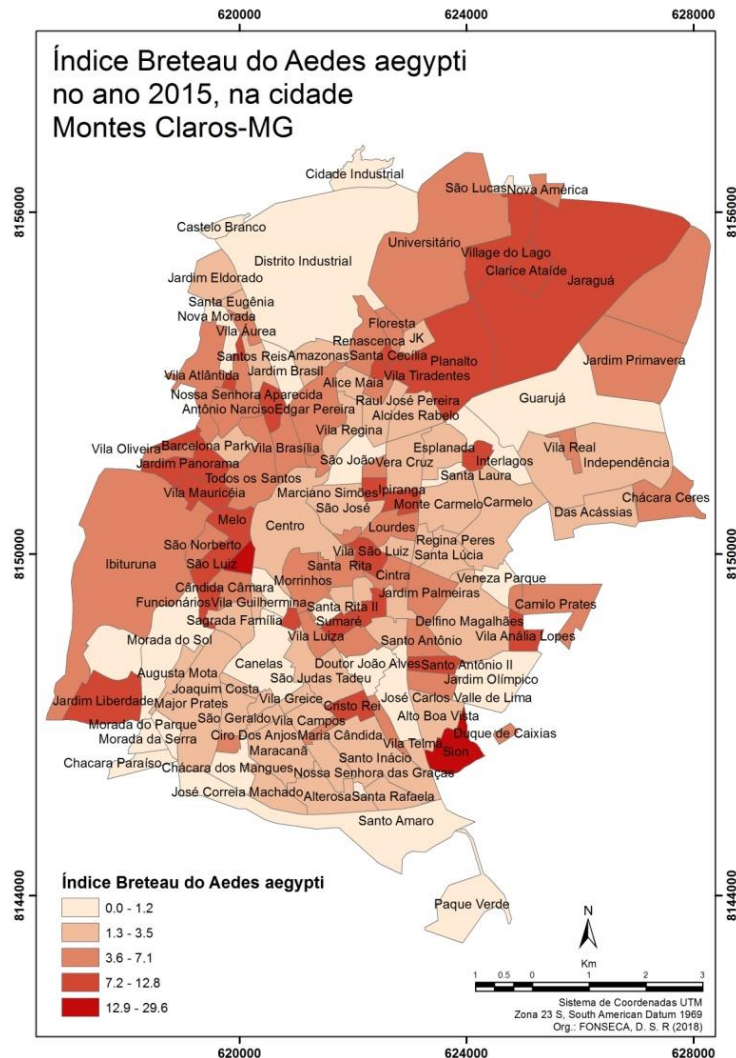
Tabela 1 - Estatística descritiva dos dados referentes ao número de adoecidos por dengue e os Índices Breteaus (mosquito *Aedes aegypti*) dos anos 2017, 2016 e 2015, na cidade Montes Claros-MG

Ano	2017		2016		2015	
Variável	I.B	Nº Adoec.	I.B	Nº Adoec.	I.B	Nº Adoec.
Amostra	136	136	136	136	136	136
Valor mínimo	0	0	0	0	0	0
Valor máximo	18,5	11	15,5	125	29,5	144
Mediana	4,9	0	4,2	12	3,3	5
1º quartil	3	0	2,7	4	1,7	2
3º quartil	7,1	1	6	28	6,4	14,25
Média	5,4	1,11	4,5	20,2	4,3	12,6
Desvio-padrão	3,7	1,89	2,9	23,75	4,2	19,23
Coef. Var. (%)	68,6	170,4	65,1	117,6	98,4	153

Fonte: dados do CCZ (2017); SMS (2019). Org.: do Autor, 2020.

A elevada dispersão nos dados referentes ao ano 2015 pode ser notada ao ser observado o Figura 2, na qual a representação espacial do Índice Breteau encontra-se acima de 12,8% em pontos distintos da cidade, bairros: Sion, região leste, e São Luiz, região central. Outros locais com valores superiores a 7,1% estão dispostos heterogeneamente entre as regiões da cidade, tais como: Village do Lago, região norte; Vila Anália Lopes, região leste; e o Melo, posicionado na região central. Para melhor interpretação, tal como informa o Ministério da Saúde (MS, 2013) relativo às taxas referentes ao Índice Breteau, quando estas encontram-se acima de 5% devem ser consideradas altas, ou fora da faixa de equilíbrio. No entanto, conforme esclarece Gomes (1998), a estratificação do Índice Breteau em níveis de risco deve ser analisado com critério, sendo razoável o estudo e análise particularizada ao caso específico de cada lugar, em escalas detalhadas.

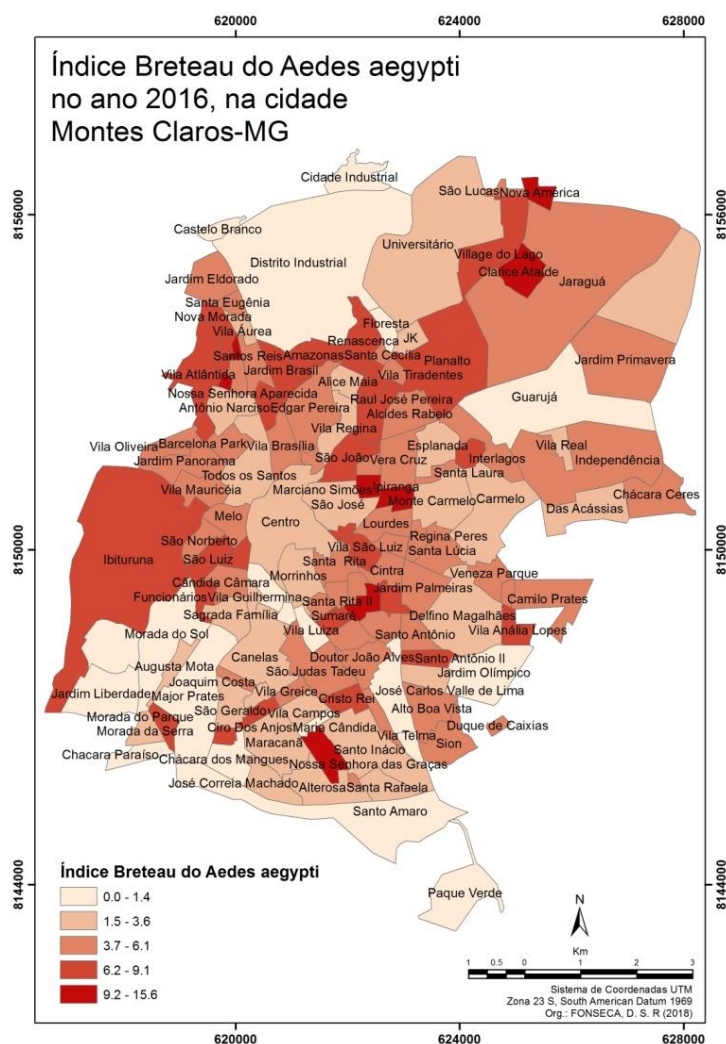
Figura 2 - Distribuição espacial do Índice Breteau do *Aedes aegypti* (%) nos bairros da cidade Montes Claros, no ano 2015



Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017). Org.: do Autor, 2020.

O ano 2016 apresentou valores acima de 9,1% em locais como: Nova América, região norte; Monte Carmelo, região leste; e o bairro Nossa Senhora das Graças, região sul. Valores acima de 6,1% são vistos, por exemplo, no bairro Village do Lago; Vila Anália Lopes; e no Ibituruna, região oeste. Diferentemente do ano 2015, o ano 2016 teve maior quantidade de bairros agrupados na classe em tons de vermelho intenso, os quais foram aqueles de maior infestação larvária, tal como pode ser observado no Figura 3.

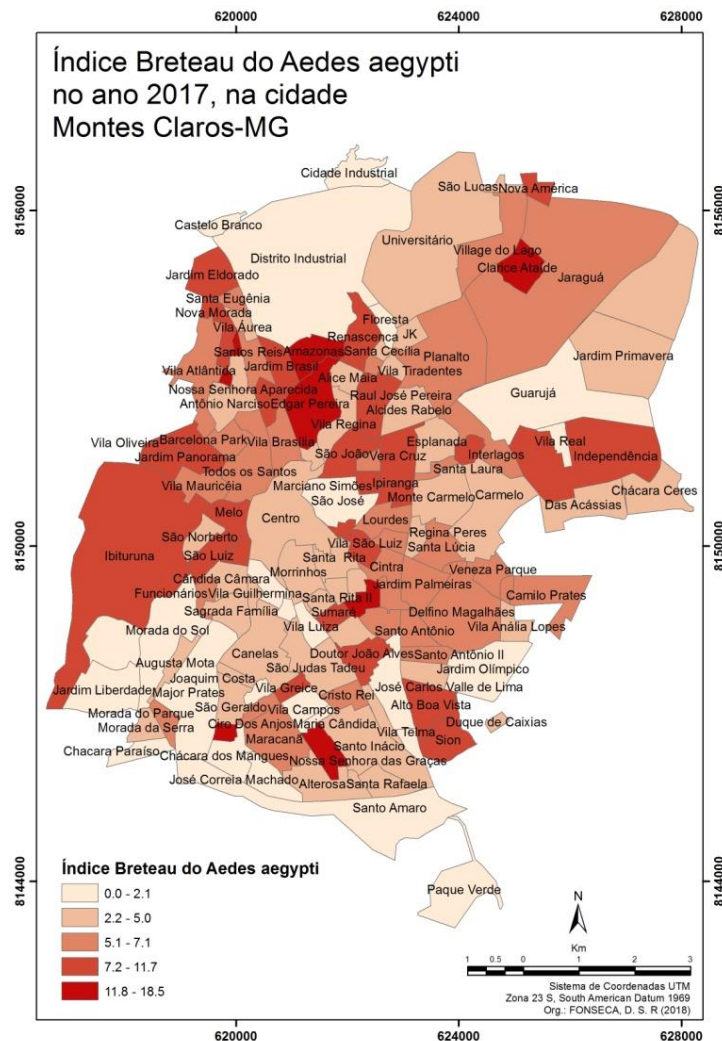
Figura 3 - Distribuição espacial do Índice Breteau do *Aedes aegypti* (%) nos bairros da cidade Montes Claros, no ano 2016



Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017). Org.: do Autor, 2020.

Em 2017 foram notadas áreas com valores superiores a 11,7% do índice de infestação larvária em bairros como: Clarice Ataíde, região norte; Santa Rita II e Sumaré, na região leste da cidade. Áreas com o índice superior a 7,1% estiveram nos seguintes locais: Floresta, região norte; Independência, região leste; Sion e no Ibituruna. Ao interpretar de forma abrangente as informações cartográficas presentes nos mapas representativos dos três anos em análise, é verificada a tendência a maior aglomeração dos valores elevados do Índice Breteau na porção centro-oeste da cidade, analise a Figura 4 a seguir. Essa região difere das demais porque é nela onde se concentra a população com renda mais alta do perímetro urbano montesclarenses. Na cidade em estudo, há a predominância da alta densidade construtiva associada à renda baixa da população, a qual ocupa cerca de 70% desse território (LEITE; BRITO, 2011).

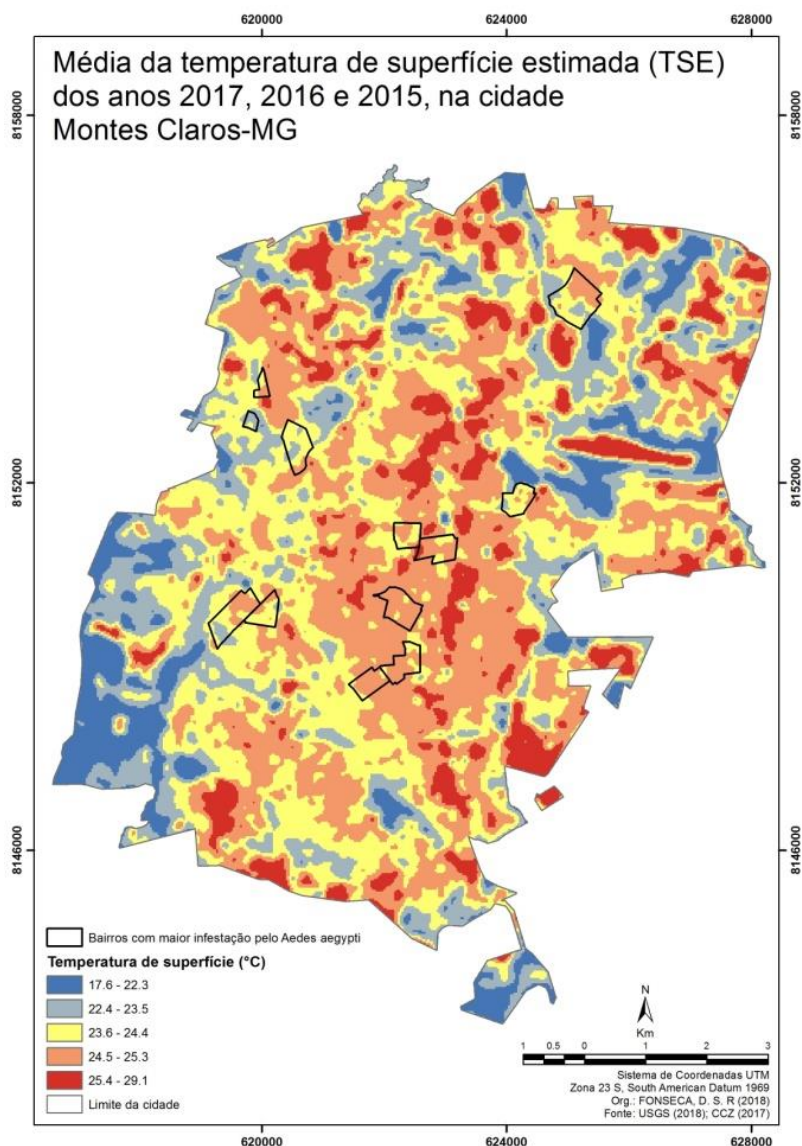
Figura 4 - Distribuição espacial do Índice Breteau do *Aedes aegypti* (%) nos bairros da cidade Montes Claros, no ano 2017



Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017). Org.: do Autor, 2020.

Ao aspirar relacionar o *Índice Breteau* do *A. aegypti* com a variável temperatura, foram manipuladas as imagens do satélite Landsat-8, as quais permitiram estimar as médias de superfície da cidade Montes Claros-MG em três datas de cada ano trabalhado. Dessa forma, obtiveram-se as áreas da cidade com médias amenas e aqueles locais com picos de temperatura elevadas (Figura 5). A temperatura mínima da cidade ficou em 17,6°C, a máxima em 29,1°C, a média obtida foi de 24°C, com o desvio-padrão de 1,15°C. Pode ser interpretado que as regiões com temperaturas amenas, em tons de azul, estão posicionadas, pontualmente em espaços do sudoeste, norte e noroeste da cidade Montes Claros.

Figura 5 - Média das temperaturas de superfície e as zonas críticas com maior ocorrência larvária do mosquito *Aedes aegypti* ao longo dos anos 2017, 2016 e 2015



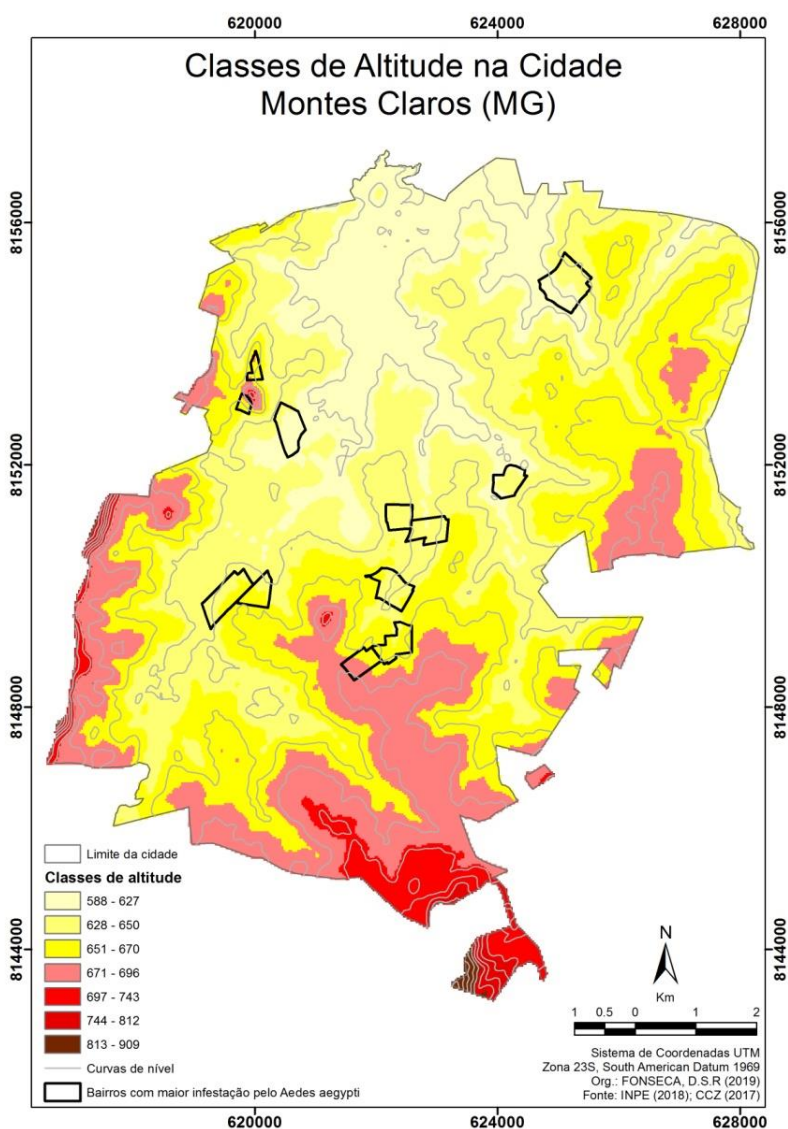
Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017); USGS (2019). Org.: do Autor, 2020.

Por meio desta mesma imagem, Figura 5, puderam ser observados os bairros críticos para maior ocorrência larvária do mosquito *A. aegypti* ao longo dos três anos em estudo, onde foram selecionados os 25% dos locais com valores de infestação mais elevados, correspondentes ao terceiro quartil dos respectivos anos (veja Tabela 1). O resultado desse método apresentou 28 bairros em 2015; 34 para 2016; e 34 para o ano 2017. Os locais onde houve repetições em mais de um (1) ano para maior ocorrência dos focos positivos do mosquito *Aedes*, encontram-se representados nos polígonos pretos da Figura 5. Por meio desses polígonos é visualizado os bairros: Bela Paisagem e Bela Vista, na região oeste; Clarice Ataíde, Ipiranga, região leste; Jardim Santa Maria, região central; Marciano Simões, região leste; Nossa S^a Aparecida, região norte; Santa Laura, região leste; Santa Rita II, São Luiz, região central; Sumaré e a Vila São Luiz, região leste. Ao tomar como exemplo esses bairros, conforme interpretação visual prévia dos polígonos e as isotermas do mapa, são notadas faixas de calor diversificadas, o que aparentemente, indica não existir qualquer relação

entre temperatura e infestação larvária pelo mosquito *A. aegypti* nas áreas mais problemáticas dos três anos em análise.

Cientes da multiplicidade dos fatores abrangidos na maior ocorrência dos agravos epidemiológicos envolvendo a dengue e seu vetor, e com a intenção de estabelecer conexões entre informações sobre elevação do terreno e incidência larvária do mosquito *A. aegypti*, é compreendido que a cidade Montes Claros apresenta altitude média de 660 metros, sobretudo na região central da cidade. As áreas de maior elevação (900m) estão situadas na direção Sul (sudeste) e as de menor (600m) localizam-se ao Norte (noroeste). O terreno, em geral, é pouco abrupto (declividade média em torno de 2,35°), áreas com maior desnível estão posicionadas à Oeste e Sul da área urbana (INPE, 2018), tal como pode ser interpretado por meio da Figura 6. Essa análise se torna necessária porque as diferenças na elevação do relevo montesclarence poderiam interferir no comportamento da infestação relativa ao inseto em estudo, e talvez, no maior número de doentes por dengue, tendo em vista por exemplo, a velocidade de escoamento das águas, sua distribuição e acumulação ao longo do perímetro urbano, levando à melhor acomodação desse inseto transmissor de enfermidades.

Figura 6 - Intervalos de classes altimétricas representando a morfologia do relevo da cidade Montes Claros-MG

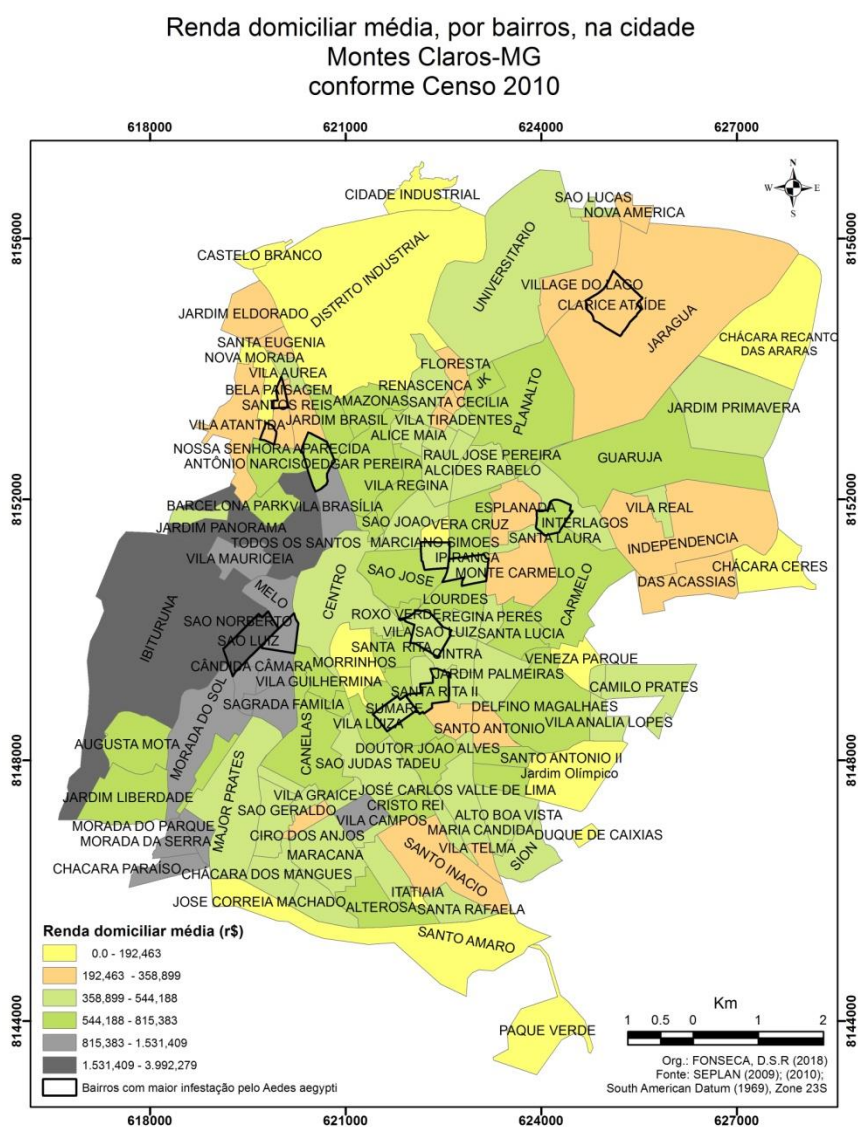


Fonte: SEPLAN (2009); INPE (2018). Org.: do autor, 2020.

Conforme a interpretação produzida por meio da observação da imagem anterior, Figura 6, nos bairros mais críticos para infestação larvária pelo principal mosquito transmissor da dengue, polígonos pretos em destaque, aparentemente, eles não estiveram relacionados com a altimetria do terreno da cidade em foco. Esse aspecto evidencia a dificuldade para se compreender as relações entre os múltiplos fatores desencadeadores das doenças transmitidas pelo mosquito *Aedes*.

Através da interpretação da Figura 7, nota-se na cidade em estudo a predominância da renda baixa da população. As rendas mais altas encontram-se em torno dos bairros, por exemplo: Ibituruna e Todos os Santos (região oeste), em tom escuro de cinza. Aqueles com renda mais baixa são, por exemplo, os bairros: Castelo Branco (região norte) e Santo Amaro (região sul), em tom amarelado. As áreas intermediárias, em diferentes intensidades do verde, onde a população tem vivido com renda domiciliar média entre 358 e 815 reais, conforme o Censo de 2010, predominam em toda a área urbana.

Figura 7 - Classes de renda domiciliar, por bairros, na cidade Montes Claros-MG



Fonte: SEPLAN (2009); IBGE (2010). Org.: do Autor, 2020.

Ao focar a atenção nos bairros que têm havido maior infestação larvária no período analisado, poligonais com perímetros mais escuros inseridas nas classes de renda do mapa, vistos na Figura 7, são notados extratos financeiros diversificados contidos neles, o que aparentemente, indica não existir qualquer relação entre renda e infestação larvária pelo mosquito *A. aegypti* nessas áreas mais problemáticas dos três anos em análise.

A partir das perspectivas já levantadas ao longo deste estudo, e, procurando compreender mais incisivamente os fatores correlacionados à maior proliferação da dengue – e sua relação com a infestação larvária pelo *A. aegypti* - analisando fatores ambientais e socioambientais -, realizou-se a regressão multifatorial por meio do método StepWise progressivo. A principal finalidade foi estabelecer, com os parâmetros utilizados na construção deste trabalho, as variáveis com maior poder explicativo para o aumento do número de infectados pela dengue entre os anos 2015, 2016 e 2017. Conforme é mostrado na Tabela 2 a seguir, o número de adoecidos pela dengue no ano de 2015 (R^2 inicial = 53,9%) é o dado que mais influencia na predição do somatório dos adoecidos ocorridos em 2016; em seguida, a altitude, com acréscimo de 0,84% no valor do R^2 ; em terceiro lugar o Índice Breteau (I.B) de 2015, com acréscimo de 0,51% no valor do R^2 ; seguido da temperatura de superfície (TS), a qual acrescentou 0,49% ao poder explicativo da variável dependente; e por último, a renda domiciliar foi responsável por um incremento de 0,01% no coeficiente de determinação múltipla ajustado final ($R^2 = 56,1\%$). Apesar de algumas dessas variáveis terem contribuído pouco para o aumento do poder preditivo, todas elas foram estatisticamente significativas ($p < 0,01$). A resposta tardia do Índice Breteau e sua influência futura nos processos de saúde-adoecimento são esperados, e tal assunto já foi discutido por diversos autores (TEIXEIRA; CRUZ, 2011; BOWMAN et al., 2014).

Tabela 2 - Modelo de regressão multifatorial (StepWise progressivo) para aferição das variáveis preditivas com maior poder explicativo para estimar a variável dependente (número de adoecidos por dengue em 2016)

Var. Dependente (Y): Adoec. 2016					R	R ²	Variação R ²	GL	F	p-valor	QM Erro
				Adoec. 2015	0,734	53,970	53,970%	1,134	157,089	0,000	261,780
			Altitude	Adoec. 2015	0,740	54,810	0,840%	2,133	80,659	0,000	258,908
		I.B 2015	Altitude	Adoec. 2015	0,743	55,320	0,510%	3,132	54,470	0,000	257,950
	TS	I.B 2015	Altitude	Adoec. 2015	0,747	55,810	0,490%	4,131	41,358	0,000	257,061
Renda dom.	TS	I.B 2015	Altitude	Adoec. 2015	0,749	56,150	0,010%	5,130	32,842	0,000	259,003

Fonte: dados do IBGE (2010); CCZ (2017); INPE (2018); USGS (2018); SMS (2019).
Org.: do Autor, 2020.

O conjunto das variáveis para predição dos adoecidos no ano 2017 têm ligeira diferença quanto à ordem dos parâmetros com maior peso para explicação da variável dependente (Y), apesar de todos aqueles que serão mostrados na Tabela 3, a seguir, serem significativos ($p < 0,01$). Para explicação da quantidade de pessoas doentes vista em 2017, 32,49% do peso da predição se dá com o número de adoecidos ocorrido no ano anterior, 2016, conforme os dados utilizados; a altitude incrementa o R^2 em 1,60%; seguida da renda domiciliar, a qual acrescenta 0,66% ao poder preditivo do modelo; a temperatura de superfície responde por 0,41%; e o Índice Breteau de 2016 aumenta em 0,20% o coeficiente de determinação múltipla ajustado, o qual teve desempenho final igual a 35,36%.

Tabela 3 - Modelo de regressão multifatorial (StepWise progressivo) para aferição das variáveis preditivas com maior poder explicativo para estimar a variável dependente (número de adoecidos por dengue em 2017)

Var. Dependente (Y): Adoec. 2017				R	R ² (%)	Variaç. R ² (%)	GL	F	p-valor	QM Erro
			Adoec. 2016	0,570	32,49	32,5	1,134	64,5	0,000	2,435
			TS Adoec. 2016	0,573	32,89	0,41	2,133	32,6	0,000	2,438
		I.B 2016	TS Adoec. 2016	0,575	33,09	0,2	3,132	21,8	0,000	2,450
	Altít.	I.B 2016	TS Adoec. 2016	0,589	34,70	1,6	4,131	17,4	0,000	2,409
Renda dom.	Altít.	I.B 2016	TS Adoec. 2016	0,594	35,36	0,7	5,130	14,2	0,000	2,403

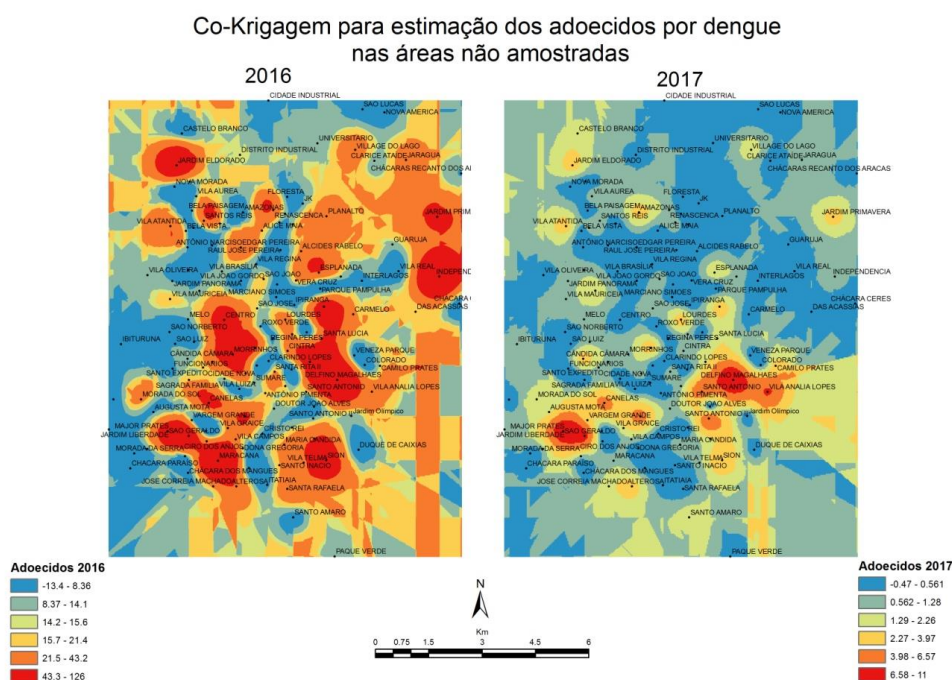
Fonte: dados do IBGE (2010); CCZ (2017); INPE (2018); USGS (2018); SMS (2019).
Org.: do Autor, 2020.

Ao ser testada a correlação direta entre a ocorrência do vetor *Aedes* e o número de adoecidos ocorridos nos respectivos anos, por localidade, o teste não apresentou resultados significativos ($p > 0,05$). No entanto, vários estudos mostram que nem sempre há qualquer associação entre as taxas do *A. aegypti* e o número de infectados pelas enfermidades propagadas por tal mosquito (TEIXEIRA; CRUZ, 2011; BOWMAN et al., 2014; RIZZI et al., 2017).

Dispondo dos resultados mostrados nas Tabelas 2 e 3, os quais demonstram hierarquicamente as variáveis que contribuíram mais para a predição do número de pessoas adoecidas nos anos 2016 e 2017 por bairro. E ainda, a partir de um arquivo de pontos referentes aos centróides representativos desses bairros de Montes Claros (MG) – no qual fez-se a inserção dos dados em sua tabela de atributos – efetuou-se a co-krigagem como método interpolativo para espacialização dessas áreas objetivando o ajuste do resultado por meio da correlação entre as três variáveis mais explicativas para as dependentes (UTSUMI; GALO; TACHIBANA, 2015). Para o ano de 2016, esse ajuste foi feito através das variáveis: número de adoecidos pela dengue no ano de 2015, a altitude e o Índice Breteau (I.B) de 2015. Para o ano de 2017, o ajuste foi feito por meio das variáveis: número de adoecidos ocorrido em 2016, altitude e a renda domiciliar. A interpolação foi produtiva na estimação das áreas não amostradas, tendo em vista que os Postos de Saúde da Família (PSFs), presentes nos bairros da cidade, forneceram as informações quantitativas, por meio da Secretaria Municipal de Saúde (SMS, 2019), de modo pontual. Dessa forma, conforme o balisamento espacial dos vizinhos desses pontos, essa estatística espacial para estimação das áreas prováveis para ocorrência dos adoecidos tornara-se assertiva no presente estudo.

A partir da interpretação da Figura 8, a seguir, é percebido que o comportamento espacial das áreas com maior número de afetados pela dengue nos anos 2016 e 2017 variou, sobretudo porque o ano de 2016 apresentou maior número de infectados pela doença. Locais com número elevado de enfermos, comuns aos dois anos, podem ser notados entorno dos bairros: Delfino Magalhães e Santo Antônio (região leste), e ainda, ao redor do Major Prates (região sudoeste). No entanto, por meio das duas imagens representativas desses anos, fica difícil o estabelecimento preciso das regiões mais problemáticas, com o maior número de prováveis adoecidos e daqueles que poderão adoecer nos anos em sequência.

Figura 8 - Uso da Co-Krigagem para interpolação de áreas não amostradas para adoecidos por dengue nos anos 2016 e 2017 na cidade Montes Claros-MG



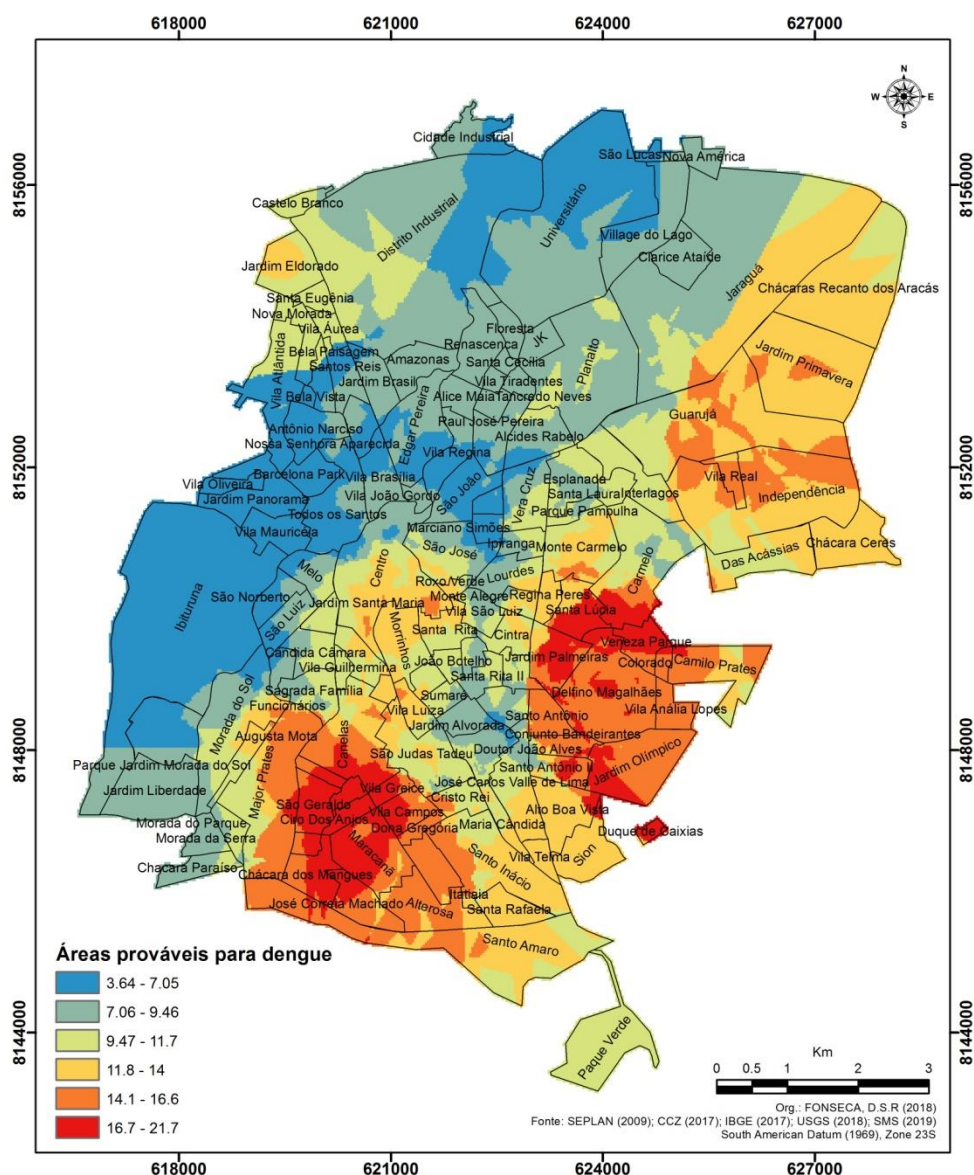
Fonte: dados do IBGE (2010); CCZ (2017); INPE (2018); USGS (2018); SMS (2019). Org.: do Autor, 2020.

Na busca pela maior facilidade para interpretação dos dados interpolados, foi calculada a média dos valores entre as imagens referentes aos anos 2016 e 2017, visto na Figura 8, o que resultou na Figura 9, a qual mostra, quase homogeneamente, que o maior número de adoentados tem ocorrido espacialmente mais, em toda a porção leste da cidade, mais frequentemente próximo aos bairros Santa Lúcia e Santo Antônio; e na parte sul - em torno do Ciro dos Anjos e Maracanã (em vermelho intenso). Esta prerrogativa demonstra a dicotomia existente entre a área com maior incidência do mosquito *Aedes aegypti*, predominante na porção centro-oeste - onde estão os mais ricos, com aqueles de menor renda média, os quais são os que mais sofrem com a dengue, mesmo quando o vetor não encontra-se diretamente em seus locais de residência.

Esse comportamento pode estar relacionado à melhor qualidade de vida daqueles com maior poder aquisitivo, o que inclui: alimentação mais saudável, maior prática de exercícios e melhor assistência médica – fatores que talvez influam diretamente no menor risco de contrair a doença. Os locais mais amenos quanto ao quantitativo de adoecidos, em tom de azul celeste, Figura 9 a seguir, têm ocorrido, por exemplo, nas adjacências dos bairros: Ibituruna, Antônio Narciso, Vila Regina e Universitário (este na região norte da cidade). Os valores variam entre 3,64 a 21,7, segmentados por classes coropléticas.

Figura 9 - Média dos valores da interpolação das áreas mais prováveis, não amostradas, para os adoecidos por dengue nos anos 2016 e 2017 na cidade Montes Claros-MG

Mapa sintético da co-krigagem
para estimação das áreas propensas ao adoecimento
por dengue nos locais não amostrados da cidade
Montes Claros-MG



Fonte: dados do IBGE (2010); CCZ (2017); INPE (2018); USGS (2018); SMS (2019).
Org.: do Autor, 2020.

Conforme trabalho realizado em Curitiba-PR, Lunardon (2017) mostra haver uma relação multifatorial entre o maior número de infectados por dengue, infestação larvária pelo *A. aegypti* e os campos de calor da cidade. Outro aspecto para agravar a intensificação da ocorrência dos depósitos positivos do inseto é a precariedade do saneamento básico citadino, quando há acúmulo de resíduos sólidos em áreas não controladas (ALMEIDA; SIVLA, 2018). A má gestão da infra-estrutura urbana é

preocupante no sentido de, atualmente, inexistir uma vacina eficaz a todos os sorotipos circulantes transmitidos pelo *Aedes aegypti*, tornando a melhor opção o controle dessa praga, a qual está respaldada numa ação combinada de fatores, envolvendo o ser humano, o vírus da dengue, o vetor e o ambiente (JENTES et al., 2011; RIZZI et al., 2017).

Certos trabalhos apontam variáveis termopluviométricas como as que mais corroboram para intensificação larvária do inseto transmissor da dengue (LANA et al., 2018), o qual é pouco resistente a temperaturas inferiores a 5°C, mas muito propício às regiões com médias anuais em torno dos 28°C, tal como o sítio urbano examinado neste estudo, sobretudo na primavera-verão, época com pluviosidade e temperaturas altas (AJUZ; VESTENA, 2014; CAMPOS et al., 2015; SILVA et al., 2015). Ao tomar como parâmetro as premissas apontadas, torna-se imprescindível buscar melhorar a qualidade urbana, com a diminuição dos ambientes insalubres, tais como os depósitos de entulho e lugares altamente impermeabilizados, onde podem estar as “ilhas de calor” (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003).

Quanto aos materiais adquiridos para realização deste estudo, apesar de muito utilizado em pesquisas entomológicas, o *Índice Breteau* para avaliação do nível de infestação larvária, deve ser usado com ponderação devido ao seu caráter amostral para geração dos dados, os quais têm direta relação com as épocas das auditorias no campo pesquisado e a pluviosidade ocorrente no período (BOWMAN et al., 2014). Essa relação entre chuva e maior propagação larvária do mosquito *Aedes* não está estritamente condicionada ao maior número de adoecidos por região geográfica (TEIXEIRA; CRUZ, 2011). Na verdade, ainda existe certa carência de estudos relacionados à quantificação dos mosquitos e o grau de transmissibilidade das doenças por ele propagadas. O mais recomendado é a não generalização dos parâmetros, os quais devem estar adequados às peculiaridades locais, nas escalas mais detalhadas dos ambientes. Mesmo assim, nesse sentido, o planejamento territorial da cidade, por meio do plano diretor, deve levar em consideração a manutenção dos espaços, promovendo a drenagem mais eficiente, maior preservação da vegetação natural principalmente nas áreas baixas do terreno, e, quando possível, construir e preservar os espelhos d'água citadinos, para promoção do maior equilíbrio térmico dos lugares. Tal como ficou evidente, a população carente é aquela que mais sofre com os agravos em saúde, portanto, o planejamento estratégico dos espaços deve se ater a essa maior vulnerabilidade das pessoas com menor renda.

Considerações finais

O uso do modelo multifatorial StepWise progressivo, para seleção das variáveis preditivas com maior peso explicativo para explicação dos surtos de dengue ocorridos em 2016 e 2017, mostrou-se eficiente, permitindo que fosse operacionalizada a co-krigagem, a qual trouxe as áreas sob maior probabilidade da ocorrência de infectados pela dengue em Montes Claros-MG.

A experiência na operacionalização deste trabalho, tendo como objetivo principal a estimação das áreas sob maior propensão para ocorrência de infectados pela dengue nos bairros da cidade, através das variáveis preditivas de ajuste trabalhadas, indicou que as análises sobre a infestação da dengue, e larvária pelo *A. aegypti*, devem ser realizadas através de multifatores. Isso possibilita ampliar a compreensão e combate dessa epidemia em estudo, conforme as especificidades locais, nas maiores escalas de detalhe, tal como a usada neste estudo.

A incorporação de um amplo sistema geográfico de banco de dados (SGBD) e a manutenção de profissionais capacitados para trabalhar, unindo dados de saúde (epidemiológicos) e a espacialização destes, conforme sua significância estatística, certamente traria evoluções acachapantes no controle e mitigação das ameaças à saúde social. Essa prerrogativa seria eficiente,

caso o resultado das análises fossem usados para a tomada de decisões mais acertadas e menos voltada à promoção política e dos interesses financeiros exclusivamente.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio e financiamento desta pesquisa, por meio da concessão da bolsa de doutorado. Gratidão prolongada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geociências (IGC), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Referências

- AJUZ, L.C.; VESTENA, L. (2014). Influência da pluviosidade e temperatura ambiente na longevidade e fecundidade dos *Aedes aegypti* e *Albopictus* na cidade de Guarapuava-PR e possibilidade de superinfestação. *Revista Hygeia, Uberlândia*, v. 10, n. 18, p. 1-18.
- ALMEIDA, A.S; MEDRONHO, R.A.; VALÊNCIA, L.I.O. (2009). Análise espacial da dengue e o contexto socioeconômico no município do Rio de Janeiro, RJ. *Revista de Saúde Pública, São Paulo*, v. 43, n. 4, p. 666-673.
- ALMEIDA, C, A. P.; SILVA, R. M. (2018). Análise da ocorrência dos casos de dengue e sua relação com as condições socioambientais em espaços urbanos: os casos de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux, no Estado da Paraíba – Brasil. *Hygeia, Uberlândia*, v. 14, n. 27, p. 56-79.
- AYRES, M. (2007). *BioEstat. Versão 5.0*. Belém: Soc. Civ. Mamirauá, MCT – CNPq.
- BOWMAN, L.R; RUNGE-RANZINGER, S.; MCCALL, P. J. (2014). Assessing the relationship between vector indices and dengue transmission: a systematic review of the evidence. *PLOS Neglected Tropical Diseases, San Francisco*, v. 8, n. 5, p. 1-11.
- BRAZ, C. K. R.; FONSECA, D. S. R.; AMARAL, V.B.; MIRANDA, W. A. (2013). Teste da correlação entre hipsometria e índices de ocorrência do mosquito *Aedes aegypti* na cidade de Montes Claros-MG com dados dos anos 2009 e 2010. *Caminhos de Geografia, Uberlândia*, v. 14, n. 47, p. 199-207.
- CAMPOS, G. S; BANDEIRA, A. C.; SARDI, S. I. (2015). Zika virus outbreak, Bahia, Brazil. *Emerging Infectious Diseases, Atlanta*, v. 21 n. 10, p. 1885–1886.
- CARLOS, A. F. A (org.). (2018). *Crise urbana*. São Paulo: Contexto.
- CCZ, CENTRO DE CONTROLE DE ZOONOSES. (2017). *Guia prático do LIRAa (2015-2017)*. Relatório técnico, Prefeitura Municipal de Montes Claros. Montes Claros: Divisão de epidemiologia.
- CHAVES, T. S. S; PELLINI, A. C. G; MASCHERETTI, M; JAHNEL, M. T; RIBEIRO, A. F; RODRIGUES, S. G; VASCONCELOS, P. F. C.; BOULOS, M. (2012). Travelers as sentinels for Chikungunya Fever, Brazil. *Emerging Infectious Diseases, Atlanta*, v. 18, n. 3, p. 529-530.
- CUNHA-CRUZ, J; NADANOVSKY, P. (2003). Doenças periodontais causam doenças cardiovasculares? Análise das evidências epidemiológicas. *Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro*, v. 19, n. 2, p. 357-368.
- FONSECA, D.S.R. (2010). Análise bioclimática do bairro Morada do Parque de Montes Claros (MG). *Caminhos de Geografia, Uberlândia*, v. 11, n. 33, p. 138 - 156.
- FONSECA, D.S.R; BRAZ, C.K.R. (2010). Investigação epidemiológica da distribuição geográfica do *Aedes aegypti* na cidade de Montes Claros (MG) com uso de geotecnologias. *Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro*, v. 62, n. 03, p. 489-503.
- GOMES, A. C. (1998). Medidas dos níveis de infestação urbana para *aedes (stegomyia) aegypti* e *aedes (stegomyia) albopictus* em programa de vigilância entomológica. *Informe Epidemiológico SUS, Brasília-DF*, v.7, n.3, p. 49-57.
- IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades* (2017). Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/montes-claros/panorama>>. Acesso em: 05 de dezembro de 2017.
- IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Senso Demográfico 2010, universo por setores sensitários* (2010). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>>. Acesso em: 05 de dezembro de 2018.
- INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. *BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa*. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 06 de maio de 2018.

- INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Modelo TOPODATA (2008). Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso em: 07 de março de 2018.
- JENTES, E. S.; POUMEROL, G.; GERSHMAN, M. D.; HILL, D. R.; LEMARCHAND, J.; LEWIS, R. F.; STAPLES, J. E.; TOMORI, O.; SMITH, A. W.; MONATH, T. P. (2011). The revised global yellow fever risk map and recommendations for vaccination, 2010: consensus of the Informal WHO Working Group on Geographic Risk for Yellow Fever. *The Lancet*, London, v. 11, p. 622-632.
- LANA, R.M; MORAIS, M. M; LIMA, T. F. M; CARNEIRO, T. G. S; STOLERMAN, L. M; SANTOS, J. P. C; CORTÊS, J. C; EIRAS, A. E.; CODEÇO, C. T. (2018). Assessment of a trap based *Aedes aegypti* surveillance program using mathematical modeling. *PLoS ONE*, San Francisco, v. 13, n. 1, p. 1-16.
- LANDIM, P.M.B. (2006). Sobre Geoestatística e mapas. *Terra e Didática*, Campinas, v.2, n.1, p.19-33.
- LUNARDON, K. A. F. (2017). Aplicação da análise multicritério para espacialização de condicionantes de focos de *Aedes aegypti* em Curitiba/PR. *Hygeia*, Uberlândia, v, 13, n. 26, p. 87 – 97.
- LEITE, M.E.; BRITO, J.X. S. (2011). Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento do uso do solo urbano e de assentamentos ilegais em Montes Claros-MG. *Geosul*, Florianópolis, v. 26, n. 52, p. 99-128.
- MARTINS, G. A. (2010). Estatística geral e aplicada. São Paulo: Atlas.
- MONTEIRO, C. A. F. (1992). A interação homem-natureza no futuro da cidade. *Geosul*, Florianópolis, v. 14, p. 07-48.
- MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. (2003). *Clima Urbano*. São Paulo: Contexto.
- MOREIRA, A.A; FERNANDES, F.H.S; NERY, C.V.M. (2014). Mapeamento e análise do uso e ocupação do solo na bacia do Rio Vieira no município de Montes Claros/MG. *Revista Brasileira de Geomática*, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 40-48.
- MS, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. 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://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_liraa_2013.pdf>. Acesso: Janeiro de 2018.
- RIZZI, C. B; RIZZI, R. L; PRAMIU, P. V; HOFFMANN, E.; CODEÇO, C. T. (2017). Considerações sobre a dengue e variáveis de importância à infestação por *Aedes aegypti*. *Hygeia*, Uberlândia, v. 13, n. 24, p. 24-40.
- SEPLAN, SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO. Mapa Perímetro Bairros (2009). Disponível em: <<http://www.montesclaros.mg.gov.br/infraestrutura/mapas.htm>>. Acesso em: 06 de março de 2018.
- SMS, SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE DE MONTES CLAROS. Número de Infectados por dengue nos bairros da cidade, 2015-2017. Visita ocorrida em: 21 de outubro de 2019.
- SILVA, A. M; SILVA, R. M; ALMEIDA, C. A. P.; CHAVES, J. J. S. (2015). Modelagem Geoestatística dos casos de dengue e da variação termopluiométrica em João Pessoa, Brasil. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, v, 27, n. 1, p. 157-169.
- TEIXEIRA, T.R.A; CRUZ, O.G. (2011). Spatial modeling of dengue and socio-environmental indicators in the city of Rio de Janeiro, Brazil. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 27, n. 3, p. 591-602.
- USGS, UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. EarthExplorer. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2019.
- USGS, UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. Using the USGS Landsat Level-1 Data Product. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>>. Acesso em: 03 de abril de 2018.

UTSUMI, A.G; GALO, M.L.B.T; TACHIBANA, V.M. (2015). Mapeamento de cianobactérias por meio da fluorescência da ficocianina e de análise geoestatística. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.19, n.3, p. 273 279.

A INFLUÊNCIA DA ELEVAÇÃO RELATIVA DO TERRENO SOBRE A INFESTAÇÃO LARVÁRIA PELO MOSQUITO *Aedes Aegypti*

Diego de Sousa Ribeiro Fonseca

Universidade Federal de Minas Gerais/Instituto de Geociências (UFMG/IGC)
diegosousarf@gmail.com

Ricardo Alexandrino Garcia

Universidade Federal de Minas Gerais/Instituto de Geociências (UFMG/IGC)
alexandrinogarcia@gmail.com

RESUMO

O objetivo do trabalho foi examinar a correspondência dos focos do mosquito *Aedes aegypti* com dados de altitude e declividade do ambiente citadino de Montes Claros-MG. A partir dos resultados, o assunto poderá contribuir nessa temática necessária, a respeito da qualidade urbana e a geografia da saúde social. A metodologia consistiu na aquisição, organização e espacialização dos dados sobre os focos positivos do *Aedes aegypti*; manipulação do modelo digital de elevação Topodata; aplicação do Índice de Moran; e teste da correspondência associativa entre as variáveis, por meio da regressão linear múltipla. Os resultados mostraram um coeficiente de determinação (R^2) final igual a 0,973 - o que denotou alto poder preditivo para a combinação das variáveis independentes trabalhadas. O Índice Breteau de 2016 foi aquele com maior peso explicativo ($p < 0,01$) entre o conjunto de dados para a explicação da infestação larvária ocorrida em 2017. Foi verificado que a altitude média foi significativa nessa associação ($p < 0,05$), e apresentou correlação negativa conforme o coeficiente parcial de regressão (-6,460 e $t = -2,157$). Em segundo plano, a altitude máxima foi significativa ($p < 0,08$). Chegou-se a conclusão de que, numa relação do período anterior com o seguinte, nas áreas de maior incidência larvária, quanto mais baixa é a altitude, maior é a infestação pelo mosquito.

Palavras-chave: *Aedes aegypti*. altitude. Regressão Linear Múltipla. Planejamento das cidades. Geografia da Saúde.

THE INFLUENCE OF TERRAIN SLOPE ELEVATION ON LARVAL INFESTATION BY THE *Aedes Aegypti* MOSQUITO

ABSTRACT

The objective of this work was to examine the relationship between *Aedes aegypti* mosquito neighbourhood presence with databases of slope elevation and environmental declivity in Montes Claros, Minas Gerais. Knowledge of this relationship has implications for urban quality and social health geography. The study methodology consisted of: the acquisition, organisation and spatialisation of databases for positive the presence of *Aedes aegypti*; the manipulation of digital modeling elevation data from Topodata; the application of Moran's Index; and an evaluation of the associative correspondence between the variables, using a multiple linear regression model. The coefficient of determination (R^2) was 0.973, indicating a high predictive power for the combination of variables. The Breteau Index from 2016 had the best explicative power ($p < 0.05$) among the set of databases to explain the larval infestation that occurred in 2017. Terrain elevation had a significant association ($p < 0.05$) with infestation, and was negatively correlated with the partial regression coefficient (-6.460 e $t = -2.157$). In the second model, the maximum elevation was significant ($p < 0.08$). As such, results suggest that in a relation of the previous period with the following one, in the areas of greater larva incidence, the lower the mean slope elevation, the larger the mosquito infestation.

Keywords: *Aedes aegypti*. Slope elevation. Multiple Linear Regression. Urban planning. Health of Geography.

INTRODUÇÃO

Problemas se tornam irresolúveis enquanto posições unilaterais firmes se sobrepõem a realidade ampla e complexa dos fatores envolventes. Os dilemas urbanos atuais são consequência das decisões pautadas

apenas nos aspectos econômicos do capital financeiro intrincado. Perspectivas futuras são pessimistas quanto à qualidade do ambiente habitado, caso somente o interesse monetário venha prevalecendo.

A respeito do ambiente urbano, são notados em várias cidades do Brasil, de tempos em tempos, o surgimento e o ressurgimento de vetores de doenças, tal como o mosquito *Aedes aegypti*, o qual, à medida que ocorre o crescimento urbano, a infestação larvária parece aumentar, afetando toda a sociedade. Tal inseto é o vetor de transmissão de enfermidades como a dengue, febre amarela, febre *chikungunya* e o zika vírus (ALMEIDA et al., 2009).

Somado ao assuntado, é sabido que, atualmente, inexistem vacinas eficazes a todos os sorotipos circulantes transmitidos pelo *Aedes aegypti*, a não ser para a febre amarela, tornando a melhor opção o controle da praga. Tal atividade tem sido realizada por meio da eliminação dos criadouros potenciais, através da aplicação de larvicidas e inseticidas nos depósitos de água a fim de combater as formas adultas que estão no período de transmissibilidade. O combate eficiente está respaldado numa ação combinada de fatores envolvendo: o ser humano, o vírus, o vetor e o ambiente (KONISHI, 2011; GUPTA; REDDY, 2013; MESSINA et al., 2015; RIZZI et al., 2017).

O Brasil tem detectado surtos da dengue desde o século XIX. Epidemias ocorridas no Rio de Janeiro em 1846; no estado de São Paulo em 1852 e 1916; e em Niterói no ano 1923; são exemplos relatados na literatura (PINHEIRO; CORBER, 1997; NEVES, 2005). A doença hoje conhecida como dengue, já foi chamada por outros nomes populares, tais como: polca, patuleia, urucubaca, febre eruptiforme, febre quebra-ossos. Entre 1920 e 1980, houve certo esforço epidemiológico para combater a dengue nos países latino-americanos. O Brasil, inclusive, foi pioneiro na tentativa de eliminação sistemática do mosquito *Aedes aegypti*, especificamente no ano de 1955, quando realizou junto com outros países vizinhos, campanha internacional objetivando a eliminação do mosquito, promovida pela Superintendência de Campanhas de Saúde Pública (SUCAM) e o Departamento Nacional de Endemias Rurais (DENERu), ambos vinculados ao Ministério da Saúde. No entanto, em seguida aconteceram as primeiras negligências nos programas de controle do *A. aegypti*, desde o governo Juscelino Kubitschek aos governos militares, quando a moléstia se alastrou pelos estados brasileiros (CONSOLI; OLIVEIRA, 1994; FORATINI, 2002).

O reconhecimento de áreas com maior propensão à infestação larvária do vetor pode ser mais incisivo quando a intenção é chegar aos locais prioritários para ações de combate aos problemas na saúde coletiva (MORENO; BARATA, 2012). Em tal zoneamento, a contextualização dos distúrbios epidêmicos, associando-os às características dos espaços geográficos aos quais determinadas populações habitam, é fundamental para o entendimento, com maior abrangência dos processos espaciais dinâmicos dessas anomalias (SAWYER et al., 2002).

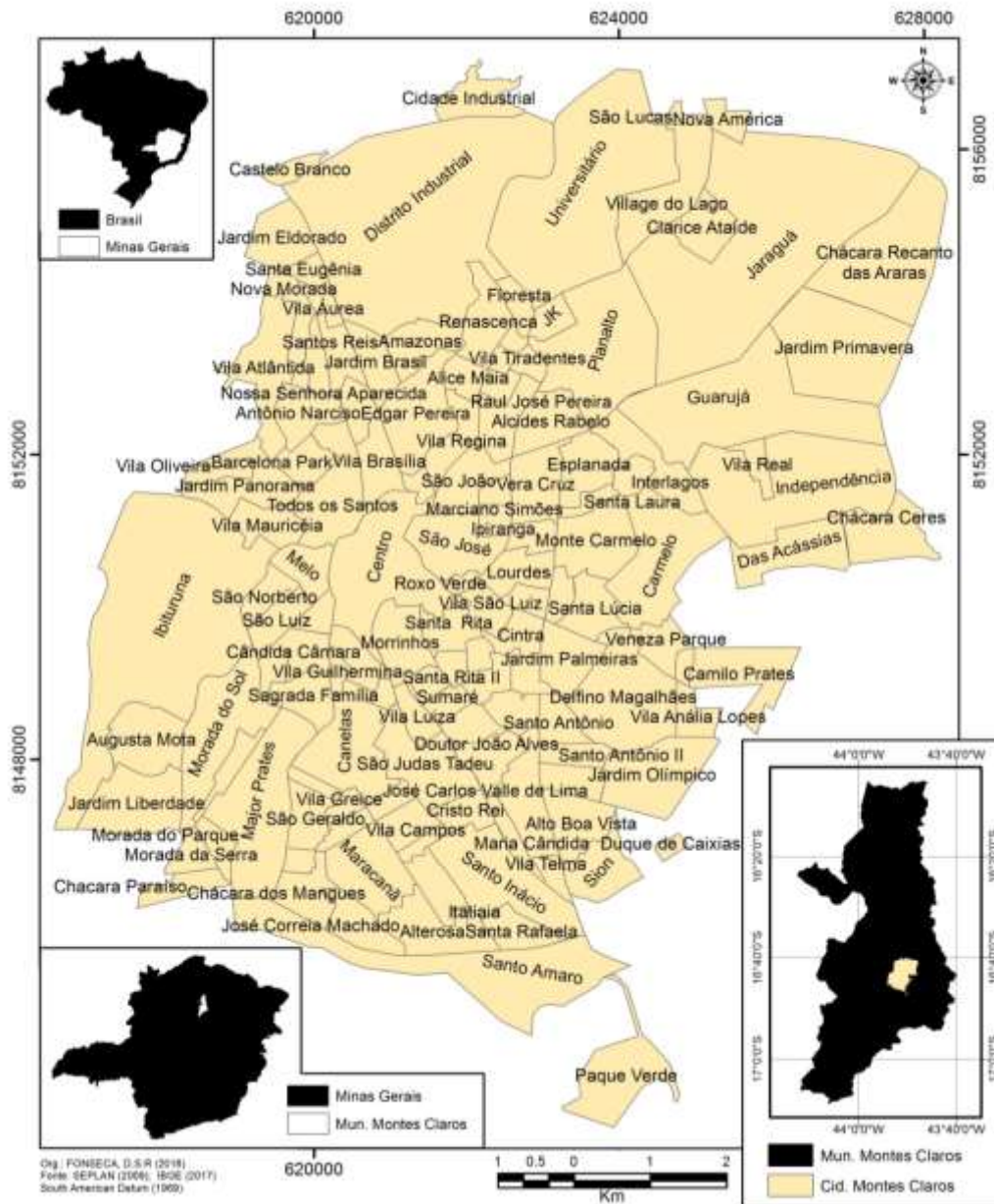
O objetivo deste estudo é examinar a correspondência dos focos do mosquito *Aedes aegypti* com a altitude e declividade do ambiente citadino de Montes Claros-MG. O pragmatismo envolvendo tais fatores está na metrificação do poder dessa associação, a fim de que seja possível, em trabalhos técnicos dos órgãos de gestão da saúde de vários locais, por meio da montagem de um banco de dados geográfico incisivo, apontar com maior precisão os locais relacionais, portanto, com maior probabilidade de focos do *Aedes aegypti*. Tais áreas necessitariam de maior atenção para eliminação dos criadouros do mosquito, objetivando a menor proliferação, dispersão e contaminação de pessoas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Localizada ao Norte do Estado de Minas Gerais, porção centro-leste do município, a cidade de Montes Claros é composta atualmente por área equivalente a 92.000 km². A cidade apresenta cento e trinta e seis bairros (136), de acordo com a base cartográfica (Figura 1) fornecida pela Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação (SEPLAN, 2009). A população estimada para o ano de 2017 é de 402.027 pessoas; a densidade demográfica é superior a 101,41 hab./km², portanto, é bem povoada. A renda média do trabalhador é de 2,2 salários mínimos, correspondente a 26% da população que se encontra ocupada; o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,77 – o décimo oitavo (18^o) de Minas Gerais (IBGE, 2017).

Figura1 - Bairros de Montes Claros e sua localização.



Fonte - SEPLAN (2009); IBGE (2017). Org.: do autor, 2021.

Base de dados

Os dados para realização do trabalho foram adquiridos junto ao Centro de Controle de Zoonoses (CCZ, 2017), os quais se referem ao Índice Breteau dos bairros da cidade de Montes Claros, período de 2015 a 2017, sendo os dados usados neste trabalho, conforme aquilo que foi fornecido, coletados nos meses de janeiro, março e outubro. Tal índice tem sido usado como referência para os diagnósticos de infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti* e sua mensuração é feita por meio de uma amostra probabilística dos imóveis (10% de cada bairro) da área urbana. O delineamento amostral é feito por conglomerados, levando em consideração o quarteirão como unidade primária e o imóvel como unidade secundária (MS, 2013). O Índice Breteau leva em conta a relação entre o número de recipientes positivos e o número de imóveis pesquisados, como mostra a seguinte equação:

$$IB = \frac{\text{recipientes positivos}}{\text{imóveis pesquisados}} * 100$$

A base cartográfica, com o perímetro dos bairros de Montes Claros, foi adquirida junto à Secretaria de Planejamento (SEPLAN, 2009) em formato vetorial *Drawing database* (DWG). Para manipular dados relativos à altitude e declividade foi adquirido o modelo digital de elevação Topodata (folha 16S45_ZN), o qual possui resolução espacial aproximada de 30 metros, junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2018).

Procedimentos operacionais

A primeira e mais árdua etapa do trabalho consistiu na organização dos dados cedidos pelo CCZ (2017). A base cartográfica, em formato DWG, foi convertida para o formato *shapefile*, por meio do aplicativo computacional ArcGIS, versão 10.2, e cada perímetro dos bairros foi alterado para polígono, a fim de transformar o arquivo em um banco de dados que pudesse ser passível de inserção dos atributos (Índice Breteau) em sua respectiva tabela. Etapa esta que prosseguiu colocando-se os valores, referentes aos determinados bairros, em correspondência à representação da poligonal criada, e, em seguida, geraram-se mapas coropléticos com classes impostas pelo *Natural Breaks*.

Utilizando a extensão *Spatial Statistic Tools*, foram realizados os mapeamentos, por ano, dos *clusters*, com uso do Índice de Moran (CAMPOS e MACEDO, 2014). Pelo método empregou-se a banda com distância fixa em 5.000 metros. Após a geração dos *clusters* relativos ao Índice de Moran dos específicos anos, providenciou-se uma análise multicritério, pela qual os mapas foram reclassificados (extensão do *Spatial Analyst Tools - reclassify*), impondo-lhes pesos pelo método mencionado, sendo as tais: *high-high* (peso 100); *high-low* (peso 80); *low-high* (peso 40); e *low-low* (peso 20). Seguidamente a essa etapa, foi extraída a média ponderada conforme o valor dos *pixels* (*raster calculator*) reclassificados, tendo como resultado regiões com interação por vizinhança reclassificadas e sintetizadas, as quais foram recorrentes ao longo do período analisado (2015-2017). A montagem deste modelo, o qual se justifica na tentativa de entendimento do problema e na possível realização das decisões, é resumido na álgebra de mapas estruturada conforme orienta Anselin (1999):

$$A_{ij} = \sum_{k=1}^n (P_k * N_k)$$

Onde:

A_{ij} = É a posição do *pixel* no mapa para análise da matriz;

n = quantidade de mapas (camadas) e variáveis combinadas;

P_k = peso atribuído para a camada da variável “k” no conjunto;

N_k = valores designados conforme o nível de importância dos componentes nas legendas (variável “k”) e com a finalidade do produto.

Os dados sobre altitude e declividade foram manipulados a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) Topodata adquirido, pelo qual se gerou curvas de nível com equidistância de 20 metros, e sucessivamente criaram-se Redes Triangulares Irregulares (TIN). Manipulando esse arquivo, foram obtidos: a declividade média e o desvio-padrão; a altitude mínima, a altitude máxima, a altitude média e o desvio-padrão da elevação de cada bairro, método similar ao descrito em Silva e Rodrigues (2009). Baseado no mesmo MDE realizou-se o mapeamento dos cursos hídricos, os quais tiveram como parâmetro a direção de fluxo das águas (PELUZIO et al., 2010).

A partir da disposição dos valores mínimos, máximos, médios, e, os desvios padrão relativos aos modelos digitais das superfícies dos bairros (*clusters*), todos os dados gerados foram salvos em tabela digital para realização dos testes estatísticos, no *software* Bioestat, versão 5.0 (AYRES, 2007), pelo qual, com todos os bairros, foi feita a análise descritiva, teste de hipóteses - Anova seguida pelo teste de Tukey.

Logo após, tendo os *clusters* como áreas amostrais, a princípio foram testadas todas as variáveis pelo método *Stepwise* progressivo, o qual providenciou a mais acertada eliminação dos fatores que enfraqueceram o poder explicativo do coeficiente de determinação (R^2). Realizou-se o teste de valores extremos, com base nos desvios, e tais *outliers* foram eliminados. Finalmente, houve exames de regressão linear múltipla da infestação do mosquito *Aedes aegypti* em associação com as variáveis sobre elevação do terreno. A regressão linear múltipla é indicada quando a análise exige modelos com maior complexidade em relação ao desempenho associativo em apenas duas variáveis (AYRES, 2007; BRACAENSE e GUIMARÃES, 2008; ALMEIDA et al., 2009; MARTINS, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes ao Índice Breteau sobre a infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti* nos bairros da cidade Montes Claros, anos 2017, 2016 e 2015, apresentaram as correspondentes médias: 5,4, 4,5 e 4,3% - sendo o ano 2017 e o 2015, significativamente diferentes ($p < 0.05$), e a relação entre os demais consideradas iguais, conforme o teste de hipóteses empregado. Os valores apresentaram elevada variabilidade, aqueles com maior dispersão são os do ano 2015, coeficiente de variação igual a 98,4%; e os de menor dispersão são os do ano 2016, coeficiente de variação igual a 65,1%; tal como pode ser verificado na Tabela 1.

Tabela 1 - Estatística descritiva dos dados referentes ao Índice Breteau dos anos 2017, 2016 e 2015, sobre infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti* na cidade Montes Claros-MG.

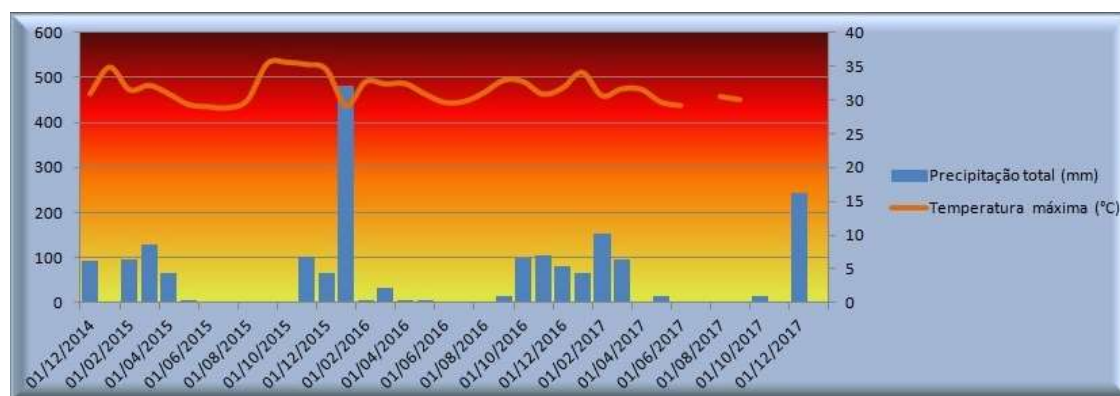
	2017	2016	2015
Amostra	136	136	136
Valor mínimo	0	0	0
Valor máximo	18.5	15.5	29.5
Mediana	4.9	4.2	3.3
1º quartil	3.0	2.7	1.7
3º quartil	7.1	6.0	6.4
Média	5.4	4.5	4.3
Desvio-padrão	3.7	2.9	4.2
Coef. Var. (%)	68.6	65.1	98.4

Fonte - dados do CCZ (2017). Org.: do autor, 2018.

Para o ano de 2015, os bairros com Índice Breteau mais alto, 12,8%, foram: Sion, região leste; e São Luiz, região central. Outros locais com valores superiores a 7,1% foram vistos em locais como: Village do Lago, região norte; Vila Anália Lopes, região leste; e Melo, posicionado na região central. O ano 2016 apresentou valores acima de 9,1% em bairros como: Nova América, região norte; Monte Carmelo, região leste; e o bairro Nossa Senhora das Graças, região sul. Valores acima de 6,1% foram vistos, por exemplo, no bairro Village do Lago; Vila Anália Lopes; e no Ibituruna, região oeste. Em 2017 foram notadas áreas com valores superiores a 11,7% do índice de infestação larvária em bairros como: Clarice Ataíde, região norte; Santa Rita II e Sumaré, na região leste da cidade. Áreas com o índice superior a 7,1% estiveram nos seguintes locais: Floresta, região norte; Independência, região leste; Sion e no Ibituruna.

No recorte de tempo deste estudo nota-se, por meio da Figura 2, que a precipitação da região de Montes Claros é concentrada entre os meses de outubro a março, tendo sido 2015 o ano com as chuvas mais concentradas no mês de dezembro (superior a 450 mm); o ano 2016 foi aquele com a melhor distribuição; e 2017 apresentou menor oferta pluviométrica. As temperaturas têm suas médias diminuídas em torno de 3°C, em média, entre os meses de maio e agosto; e há déficit hídrico em tais meses (INMET, 2018).

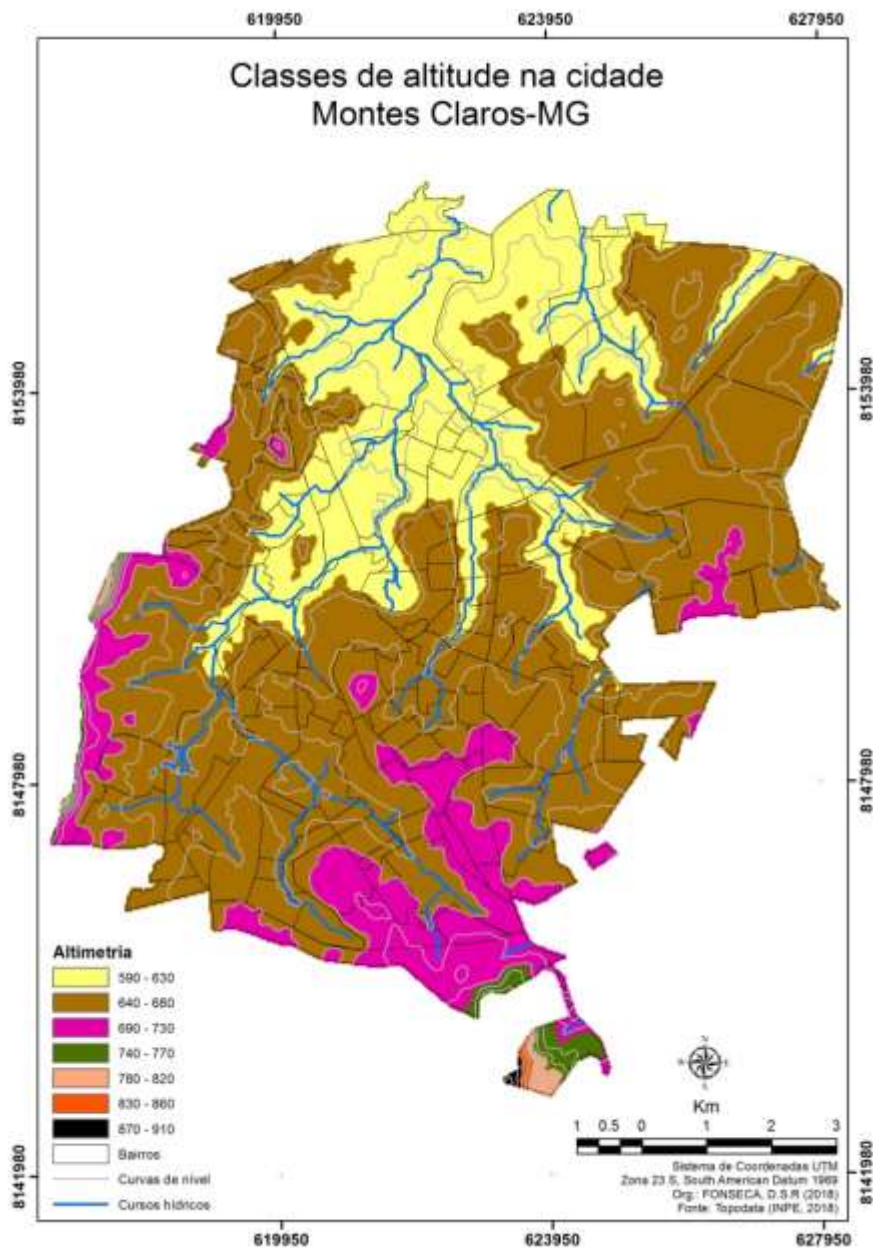
Figura 2 - Precipitação total (mm) e temperatura máxima (°C) no período entre 2015 e 2017 na cidade de Montes Claros-MG.



Fonte - INMET (2018). Org.: do autor, 2018.

O comportamento da infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti* em consequência da relação pluviosidade e capacidade de escoamento leva ao estabelecimento de conexões entre dados sobre elevação do terreno e incidência larvária do mosquito. Nesse sentido, é compreendido que a cidade, Montes Claros, apresenta altitude média de 660 metros, sobretudo na região central. As áreas de maior elevação (900m) estão situadas na direção Sul (sudeste) e as de menor (600m) localizam-se ao Norte (noroeste). O terreno, em geral, é pouco abrupto (declividade média em torno de 2,35°), áreas com maior desnível estão posicionadas a Oeste e Sul da área urbana, tal como pode ser interpretado por meio da Figura 4. Essa análise se torna necessária porque as diferenças no nível do relevo montesclarence poderiam interferir no comportamento da infestação relativa ao inseto em estudo, tendo em vista, por exemplo, a velocidade de escoamento das águas, sua distribuição e acumulação ao longo do perímetro urbano.

Figura 4 - Intervalos de classes altimétricas e curvas de nível representando a morfologia do relevo da cidade Montes Claros-MG.

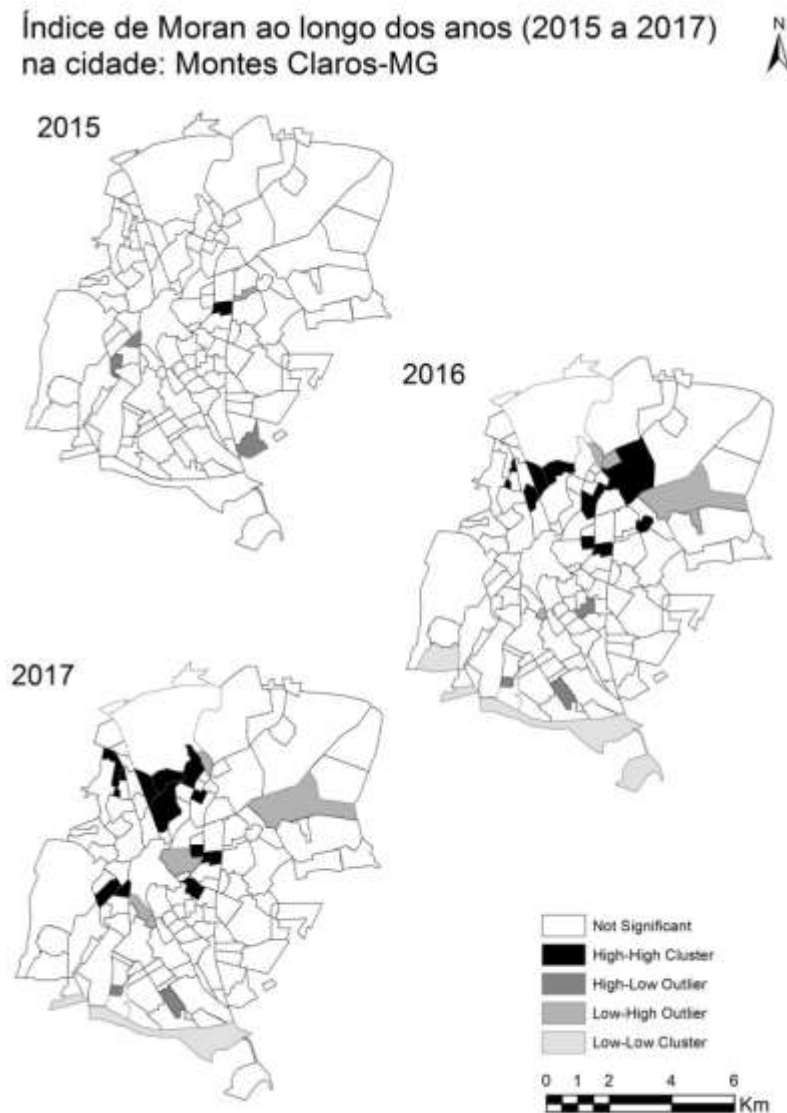


Fonte - SEPLAN (2009); INPE (2018). Org.: do autor, 2018.

Em busca de uma análise mais apurada do ambiente urbano em questão, procedeu-se com a identificação dos agrupamentos de aglomerados espacialmente autocorrelacionados na cidade, ao ser

aplicado o Índice de Moran nas taxas do Breteau como critério técnico-científico (ANSELIN, 2005). A Figura 5 apresenta a utilização desse recurso, pela qual é verificada a maior concentração dos *clusters* (classe *High-High*) sobretudo em torno dos bairros: Ipiranga, Marciano Simões e Edgar Pereira (consulte a Figura 1, se necessário). Estas áreas foram hierarquicamente acompanhadas, em segundo plano, daquelas em torno do bairro independência (classe *High-Low*). Os *clusters* das áreas com muito baixa taxa (classe *Low-Low*) estão, em geral, ao sul do perímetro urbano, ocorrendo nesses espaços a autocorrelação negativa dos focos da infestação larvária, tratando-se daqueles em torno dos bairros: Santo Amaro e Chácaras Paraíso. O Índice Global de Moran ficou superior a 0,70 nos três anos mostrados, indicando alta correlação espacial por vizinhança (CAMPOS e MACEDO, 2014).

Figura 5- Mapeamento de *clusters*, pelo Índice de Moran, mostrando os aglomerados espacialmente autocorrelacionados no decorrer do tempo, pelo Índice Breteau do *Aedes aegypti*, na cidade Montes Claros-MG.

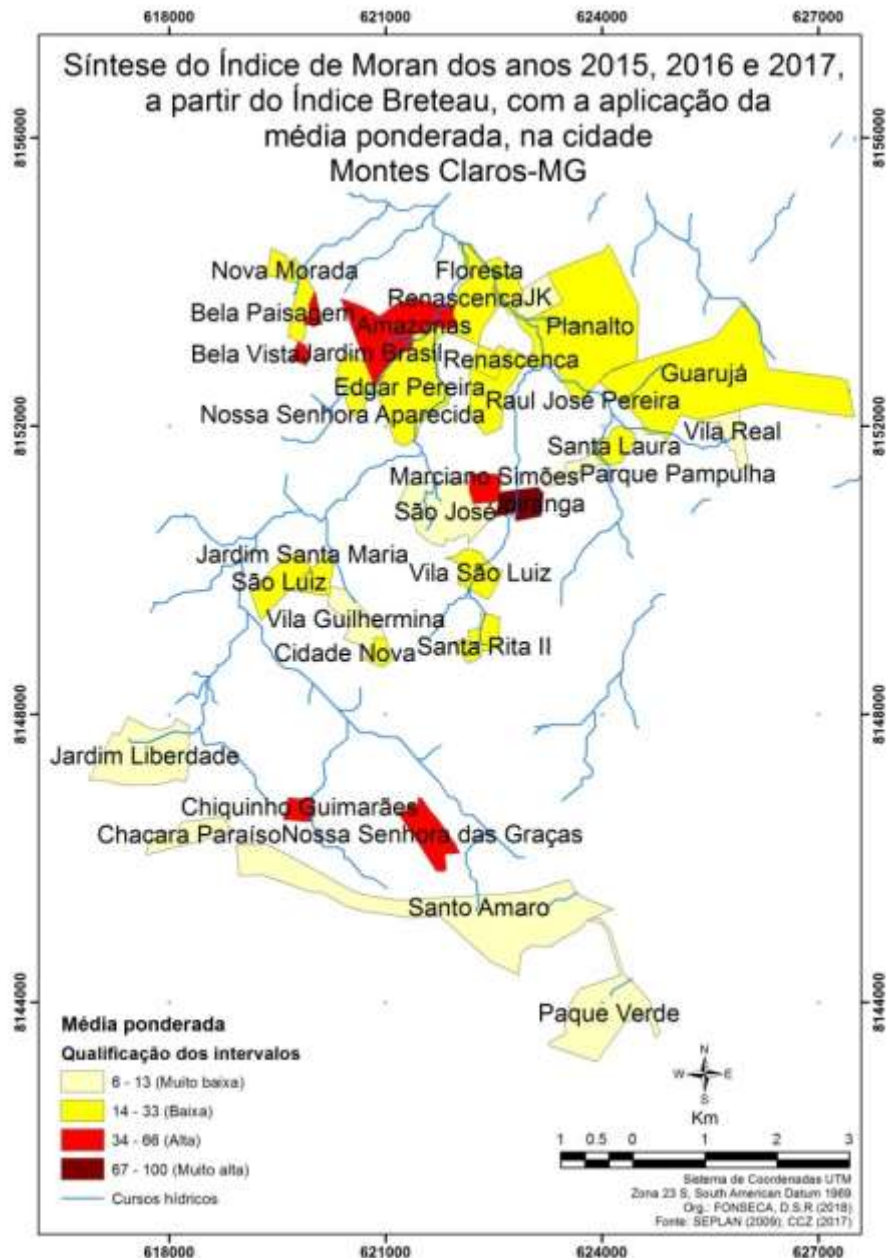


Fonte - SEPLAN (2009); CCZ (2017). Org.: do autor, 2018.

Diante da possibilidade metodológica de tornar a informação cartográfica mais sintética e, portanto, mais incisiva para interpretação das áreas críticas com maior ocorrência de focos do mosquito *Aedes aegypti*, providenciou-se a análise temporal multicritério (ANSELIN, 1999). Por meio da Figura 6 são observados os *clusters* dos locais com muito alta (vermelho-intenso) autocorrelação espacial, bairro Ipiranga; e os de

muito baixa autocorrelação espacial (amarelo-pastel), nas adjacências do bairro Santo Amaro. Estes bairros influenciam a infestação larvária do *A. aegypti*, nas regiões ao redor, para taxas mais elevadas (muito-alta) e para taxas reduzidas (muito baixa).

Figura 6 - Mapa sintético do Índice de Moran, dos anos 2015, 2016 e 2017, provenientes do Índice Breteau, relativo ao mosquito *Aedes aegypti*, na cidade Montes Claros-MG.



Fonte - SEPLAN (2009); CCZ (2017). Org.: do autor, 2018.

Os locais delimitados foram tomados como área de pesquisa, com a inserção de variáveis espaciais, tal como mostra a Figura 7. A partir desse modelo, restringiu-se o universo de cento e trinta e seis (136) bairros para trinta e um (31) locais amostrais, sendo estes os mais representativos do fenômeno em análise (ANSELIN, 2005; CAMPOS e MACEDO, 2014). Além da delimitação, pode ser notado que os bairros estão em posições geográficas diversificadas ao longo do perímetro urbano, assim como a declividade parcial dos seus terrenos, enquanto as altitudes variaram entre os 620 aos 760 metros.

Figura 7 - Principais dados adquiridos, gerados e manipulados, sob a área amostral (Índice de Moran), relativa à infestação larvária do *Aedes aegypti* em Montes Claros-MG.

Bairro	Região	Bret. 2017	Bret. 2016	Bret. 2015	Decliv. Méd	Altit. Méd	Altit. Máx
Amazonas	Norte	15.4	9.1	2.4	2.5	626.0	640.0
Bela Paisagem	Oeste	15.6	15.6	7.3	0.0	660.0	660.0
Bela Vista	Oeste	15.8	9.8	9.1	11.3	669.0	680.0
Chacara Paraíso	Sul	0.0	0.0	0.0	0.0	660.0	660.0
Chiquinho Guima	Sul	18.5	8.7	3.9	0.0	660.0	660.0
Cidade Nova	Sul	0.0	0.0	10.7	0.0	670.0	670.0
Edgar Pereira	Central	14.0	6.0	7.1	0.0	620.0	620.0
Floresta	Norte	0.0	0.0	4.8	0.0	620.0	620.0
Guarujá	Leste	0.0	0.0	0.0	31.0	656.0	660.0
Ipiranga	Leste	9.8	9.8	10.1	0.0	640.0	640.0
Jardim Brasil	Norte	9.8	7.7	1.1	2.3	631.0	640.0
Jardim Liberdade	Oeste	0.0	0.0	12.5	2.2	668.0	680.0
Jardim Santa Ma JK	Central	11.7	7.1	25.5	0.0	640.0	640.0
Marciano Simões	Leste	3.0	2.5	3.5	0.1	620.0	620.0
Marciano Simões	Leste	10.1	10.1	9.0	0.0	640.0	640.0
Nossa Senhora A	Norte	8.3	8.3	7.2	0.2	630.0	630.0
Nossa Senhora d	Sul	14.6	14.6	1.9	0.0	680.0	680.0
Nova Morada	Oeste	8.5	6.2	0.0	6.1	650.0	680.0
Paque Verde	Sul	0.0	0.0	0.0	7.6	760.0	900.0
Parque Pampulha	Leste	5.2	3.8	0.0	5.2	633.0	640.0
Planalto	Norte	7.0	7.0	8.1	1.1	633.0	640.0
Raul José Perei	Norte	7.4	7.4	1.5	0.0	640.0	640.0
Renascença	Norte	8.3	6.5	4.2	0.0	620.0	620.0
Santa Laura	Leste	7.9	7.9	7.3	0.0	630.0	630.0
Santa Rita II	Leste	13.7	13.7	10.6	0.0	660.0	660.0
Santo Amaro	Sul	0.0	0.0	0.0	3.4	699.0	760.0
São José	Central	1.7	1.7	3.5	0.0	636.0	652.0
São Luiz	Central	10.0	6.2	8.7	0.0	646.0	655.0
Vila Guilhermin	Central	1.0	1.0	1.2	0.0	661.0	676.0
Vila Real	Leste	1.6	1.6	5.9	0.0	660.0	660.0
Vila São Luiz	Leste	10.0	6.2	8.7	0.0	645.0	654.0

Fonte - CCZ (2017); INPE (2018). Org.: do autor, 2018.

A área em perspectiva apresentou médias para o Índice Breteau, anos 2015, 2016 e 2017, correspondentes a: 7,3; 5,7 e 5,6%. Os valores demonstram menor variabilidade quando comparados com os dados generalizados de todos os bairros de Montes Claros. Aqueles com maior dispersão são os do ano 2015, coeficiente de variação igual a 94,3%; e os de menor dispersão são os do ano 2017, coeficiente de variação igual a 79,3%; tal como pode ser verificado na Tabela 3.

Tabela 3 - Estatística descritiva dos dados referentes aos Índices Breteaus dos anos 2017, 2016 e 2015, sobre infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti*, na área amostral gerada a partir da síntese do Índice de Moran.

	2017	2016	2015
Amostra	31	31	31
Valor mínimo	0	0	0
Valor máximo	18.5	15.5	25.5
Mediana	8.2	6.2	4.7
1º quartil	1.3	1.3	1.3
3º quartil	10.8	8.4	7.3
Média	7.3	5.7	5.6
Desvio padrão	5.8	4.5	5.3
Coef. Var. (%)	79.3	79.7	94.3

Fonte - dados do CCZ (2017). Org.: do autor, 2018.

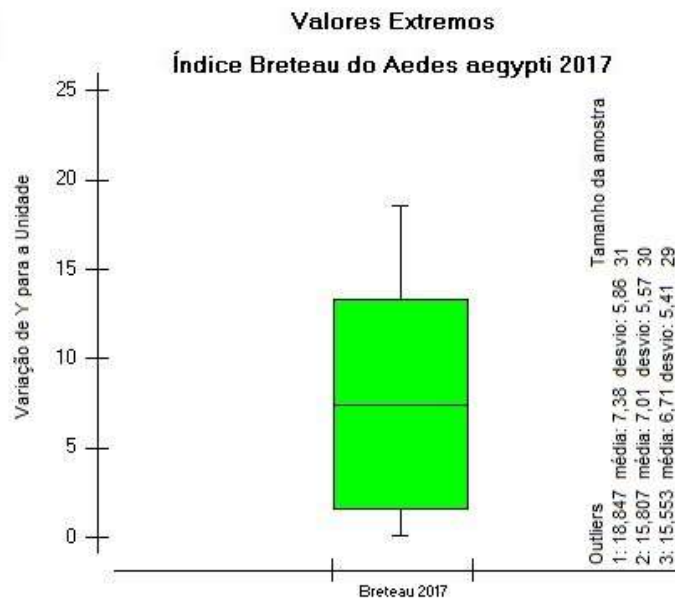
Com objetivo de potencializar o desempenho da regressão linear múltipla, fez-se o teste de normalidade a fim de detectar os valores extremos, com base nos desvios padrão do Índice Breteau de 2017. Aqueles desencadeadores da dispersão da variável foram os superiores a 15,5% (Tabela 4 e Figura 8) – relacionados aos bairros: Chiquinho Guimarães, Bela Vista e Bela Paisagem. Tais scores foram eliminados juntamente com os dados relacionados a eles, ficando a amostra com 28 bairros.

Tabela 4 - Valores relacionados aos *outliers* encontrados por meio do teste de normalidade.

Tamanho da amostra	Valor do outlier	Média amostral	Desvio-padrão
31	18,8	7,4	5,9
30	15,8	7,0	5,6
29	15,5	6,7	5,4

Fonte - CCZ (2017). Org.: do autor, 2021.

Figura 8 - Gráfico (Boxplot) representativo dos principais valores discrepantes para o Índice Breteau 2017, na área amostral.



Fonte - CCZ (2017). Org.: do autor, 2018.

Conforme é visto na Tabela 5, a seguir, o coeficiente de determinação (R^2) final ficou em 0,973 - o que denota alto poder preditivo para a combinação das variáveis independentes (X_1 , X_2 , X_3 e X_4) trabalhadas. O Índice Breteau de 2016 é aquele com maior peso explicativo ($p < 0,01$) entre o conjunto de dados para a explicação da infestação larvária ocorrida em 2017. É verificado que a altitude média é significativa nessa associação ($p < 0,05$), e apresenta correlação negativa conforme o coeficiente parcial de regressão (-6,460 e $t = -2,157$). Dessa forma, quanto mais baixa é a elevação, maior é a infestação pelo mosquito. Em segundo plano se considerada com critério, a altitude máxima é significativa ($p < 0,08$). O Índice Breteau de 2015 não é significativo ($p > 0,10$).

Tabela 5 - Modelo de regressão linear múltipla usado para predição da variável dependente, o Índice Breteau do *Aedes aegypti* ano 2017, com as variáveis independentes: Índice Breteau do *Aedes aegypti* dos anos 2016 e 2015; a elevação média e a altitude máxima dos bairros.

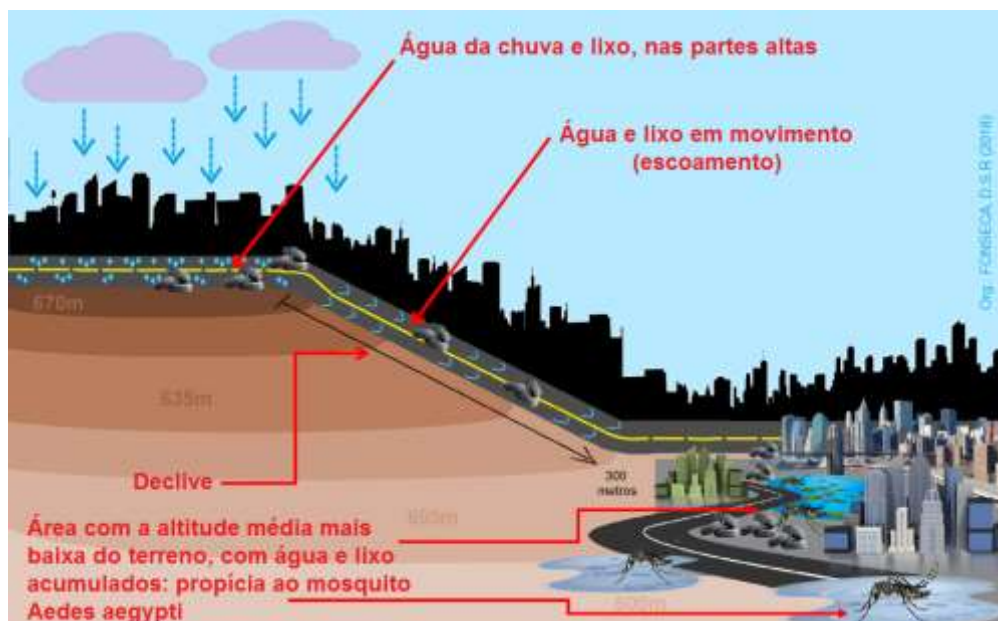
	R	R ²	R ² ajustado	P valor
	0.986	0.973	0.96	0.0001
Variável dependente	Coefficiente	t	p	
Índice Breteau 2017	Interseção	20.241	2.200	0.038
	Variáveis independentes			
	Breteau 2016	1.046	23.94	0.0001
	Breteau 2015	0.023	0.541	0.593
	Alt. Méd.	-6.460	-2.157	0.041
Alt. Máx.	3.317	1.847	0.077	

Fonte - CCZ (2017); INPE (2018). Org.: do autor, 2018.

Há, portanto, conforme os resultados mostrados na Tabela 5, forte correspondência associativa entre as taxas de infestação nos bairros, relativas ao ano anterior (2016) e o seguinte (2017), e, a partir daí, o desencadeamento da predisposição à maior suscetibilidade dos focos larvários, tendo como pressuposto as características do ambiente físico.

Em confluência com os resultados alcançados, qual a relação da dinâmica espacial poderia explicar o evento mencionado? Se as médias de altitude em determinados bairros são mais baixas em relação ao conjunto, então maiores são as possibilidades para se encontrar focos do mosquito *Aedes aegypti* em tais lugares. Mas, ao mesmo tempo, essa probabilidade pode ser agravada à medida que a elevação máxima do terreno for superior. Esses fatores estão relacionados às características de certos locais que foram pavimentados, sendo eles, por exemplo, antigas várzeas e os campos alagadiços, os quais estão nas altitudes mais baixas dos terrenos. Em tais pontos geográficos falados é mais propício o acúmulo de água parada, tal como mostra a Figura 9.

Figura 9 - Esquema ilustrativo pelo qual pode ser interpretada a dinâmica da água, parada nos locais de menor e maior elevação do terreno, e o movimento hídrico no declive.



Fonte - Elaborado pelo autor, 2018.

É necessário ser salientado que o foco deste estudo é a análise dos ambientes externos às edificações, e dessa forma, busca-se praticar a geografia da saúde sob o ponto de vista não convencional daqueles propagados pelos meios de comunicação. Para acrescentar, é sabido que atualmente inexistem vacinas eficazes para todos os sorotipos circulantes transmitidos pelo *Aedes aegypti*, tornando a melhor opção o controle dessa praga, a qual está respaldada numa ação combinada de fatores como: o ser humano, o vírus, o vetor e o ambiente (JENTES et al., 2011; RIZZI et al., 2017). Nessas perspectivas, é necessário melhorar o escoamento superficial das águas nas zonas críticas onde há maior ocorrência desse vetor de doenças.

Ao tomar como parâmetro as premissas descritas, torna-se imprescindível a busca da melhor qualidade urbana, com a diminuição dos ambientes insalubres, tais como os depósitos de entulho, lugares altamente impermeabilizados, com bueiros entupidos ou a ausência destes. Assim sendo, o planejamento territorial da cidade, por meio do plano diretor, deve levar em consideração a manutenção dos espaços com vegetação natural e aperfeiçoar o saneamento básico cidadão, pois quando há acúmulo de resíduos sólidos em áreas não controladas, maior é a proliferação do mosquito *A. aegypti* nas épocas com maior pluviosidade (ALMEIDA e SILVA, 2018).

Essa relação entre a maior oferta pluviométrica e o aumento das taxas de ocorrência larvária pôde ser comprovada com a análise entre a Figura 2 e o teste de Tukey realizado. Através destes, é notada a maior ocorrência e distribuição das chuvas na primavera-verão do ano 2016, e no período posterior, em 2017, houve o episódio dos focos do mosquito de forma significativamente igual ao ano anterior. Tal como os índices de precipitação desse período, há na literatura abordagens mostrando picos de incidência do *Aedes aegypti*, e de pessoas doentes por vírus transmitidos por esse vetor, os quais acontecem, sobretudo, após épocas de chuva com totais acumulados superiores a 100 mm (FERREIRA et al., 2018; LIMA et al., 2018).

Em épocas de chuva o escoamento superficial montesclarensense é ineficaz. Várias ruas ficam alagadas e o asfalto se deteriora. Buracos aparecem semestralmente nos mesmos locais e permanecem por tempo indeterminado. Até que comece a operação “tapa buracos” da prefeitura, tais imperfeições nas vias podem funcionar como criadouros da larva, a qual se torna o mosquito transmissor da febre amarela e do zika vírus (LANA et al., 2018).

O entulho arrastado a partir das áreas mais altas para as mais baixas pelo escoamento das águas, é outro fator que pode agravar a disseminação do *Aedes*, porque o lixo acumulado nos bairros com altitudes médias mais baixas vira habitat do inseto. Existem campanhas para que a população reaja na contenção desse vetor de doenças e ameaça à saúde social. Mas essas ações mascaram a culpa dos gestores públicos e dos planejadores, os quais mantêm e criam espaços ineficientes, colocando toda a culpa da proliferação das doenças originadas através do *Aedes* sobre a população desinformada, a qual supostamente, não higieniza adequadamente seus ambientes.

Estudos têm mostrado a plasticidade do mosquito *A. aegypti*, o qual na ausência de criadouros artificiais para depósito de seus ovos, a fêmea do inseto se adapta migrando-se para criadouros naturais, tais como em bromélias e cascas de árvores. A escassez da pluviosidade pode acarretar a adaptação do inseto para lugares de estocagem d'água, ou ainda, recintos subterrâneos, onde ocorre a drenagem da água superficial, mostrando que a vigilância e o controle desse mosquito vetor devem ser realizados constantemente (LIMA-CÂMARA et al., 2016; BERMUDI et al., 2017).

A identificação das regiões potenciais para a prevalência dos focos larvários do mosquito vetor, por meio do Índice Moran, mostrou-se eficiente (CARVALHO et al., 2008). A partir desses espaços foi possível compreender algumas características da ambiência física, relativos à altitude e a declividade, as quais são preponderantes para a infestação. Nesses lugares identificados a vigilância em saúde deve ser prioritária, através de ações estratégicas para controle, que deveriam começar “debaixo para cima” – nas altitudes mais baixas até as superfícies mais elevadas dos bairros afetados.

O tema é complexo e os riscos aos quais as populações estão submetidas são vários, pois se trata da praga transmissora da dengue; da febre amarela (JENTES et al., 2011); da febre chikungunya (CHAVES et al., 2012) e do zika vírus (CAMPOS et al., 2015) - o mosquito *Aedes aegypti*. Cabe aos gestores públicos se comprometerem mais no planejamento e manutenção das cidades, também, sob o ponto de vista epidemiológico. É necessário que se acabe com o discurso unilateral no qual é apontada a população, sobretudo os mais desprovidos de renda, como os únicos culpados pela disseminação de doenças pela falta de higiene. Aos planejadores urbanos, cabe a eles reverterem a má fama que adquiriram em projetos de cidades as quais não deram certo em diversos aspectos, a não ser, por exemplo, na segregação e no aprisionamento das pessoas residentes (CARLOS, 2018).

CONCLUSÕES

O coeficiente de determinação (R^2) final ficou em 0,973 - o que denota alto poder preditivo, para a combinação das variáveis independentes trabalhadas. O Índice Breteau de 2016 é aquele com maior peso explicativo ($p < 0,01$) entre o conjunto de dados para a explicação da infestação larvária ocorrida em 2017. É verificado que a altitude média foi significativa nessa associação ($p < 0,05$), e apresentou correlação negativa conforme o coeficiente parcial de regressão (-6,460 e $t = -2,157$). Em segundo plano, a altitude máxima foi significativa ($p < 0,08$). Dessa forma, ocorre a correlação associativa entre o período anterior e o seguinte, e nos locais onde houve maior incidência larvária, quanto mais baixa é a elevação média, maior é a infestação pelo mosquito, devido a maior propensão ao acúmulo de água parada.

Os fatores mostrados estão relacionados à maior capacidade de certos locais para acomodação da água, entre estes, por exemplo, antigas várzeas e os campos alagadiços, posicionados nas baixas altitudes dos terrenos, levando à maior proliferação larvária do *Aedes aegypti*. Nestes, é mais propício o acúmulo de água parada vindo das partes altas, em comparação aos locais com pronunciada declividade. Portanto, é necessário que sejam realizadas mudanças na estrutura das cidades, caso o objetivo seja realmente minimizar a crise urbana e promover o bem coletivo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio e financiamento desta pesquisa, por meio da concessão da bolsa de doutorado. Gratidão prolongada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geociências (IGC), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.S.; MEDRONHO, R.A.; VALÊNCIA, L.I.O. Análise espacial da dengue e o contexto socioeconômico no município do Rio de Janeiro, RJ. Revista de Saúde Pública, v. 43, n. 4, p. 666-673, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102009000400013>
- ALMEIDA, C. A. P.; SILVA, R. M. Análise da ocorrência dos casos de dengue e sua relação com as condições socioambientais em espaços urbanos: os casos de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux, no Estado da Paraíba – Brasil. Hygeia, n. 14, v. 27, p. 56-79, 2018.
- ANSELIN, L. Exploring Spatial Data with GeoDaTM: A Workbook. University of Illinois: Urbana, 2005.
- ANSELIN, L. Interactive techniques and exploratory spatial data analysis. In.: LONGLEY, P; GOODCHILD, M; MAGUIRE, D.; RHIND, D. (eds.). Geographical Information Systems: principles, techniques, management and applications. New York: John Wiley & Sons, 1999.
- AYRES, M. BioEstat. Versão 5.0. Soc. Civ. Mamirauá, MCT – CNPq. Belém: 2007, 290p.
- BERMUDI, P.M.M; KOWALSKI, F; MENZATO, M.M; FERREIRA, M.C; PASSOS, W.B.S.; OKU, V.J.A. Criadouro de *Aedes aegypti* em reservatório subterrâneo de água da chuva: um alerta. Revista de Saúde Pública, v. 51, n. 122, p. 1-5, 2017. <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2017051000087>
- BRACARENSE, P.A.; GUIMARÃES, U.V. Métodos Quantitativos Aplicados a Negócios. Curitiba: IESDE Brasil S.A, 2008, 324p.
- CAMPOS, M. B.; MACEDO, D.R. Agrupamentos de emigração internacional no Brasil: o papel das redes sociais na formação dos espaços de emigração. Geografia, v. 39, n. 2, p. 257-272, 2014.
- CARLOS, A. F. A (org.). Crise urbana. São Paulo: Contexto, 2018, 191p.
- CARVALHO, F.M.V; FERREIRA, L.G; LOBO, F.C; DINIZ-FILHO, J.A.F.; BINI, L.M. Padrões de autocorrelação espacial de índices de vegetação MODIS no bioma Cerrado. Revista Árvore, v.32, n.2, p.279-290, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000200011>
- CCZ, CENTRO DE CONTROLE DE ZOONOSES. Prefeitura Municipal de Montes Claros. Divisão de epidemiologia. Guia prático do LIRAA (2011-2017). Montes Claros, 2017.
- CONSOLI, R. A. G. B.; OLIVEIRA, R. L. Principais mosquitos de importância sanitária no Brasil. Rio de Janeiro: FioCruz; 1994, 228p. Disponível em: <<http://static.scielo.org/scielobooks/th/pdf/consoli-9788575412909.pdf>>. Acessado em 26 de janeiro de 2018. <https://doi.org/10.7476/9788575412909>

- FERREIRA, A.C; CHIARAVALLI-NETO, F.; MONDINI, A. Dengue em Araraquara, SP: epidemiologia, clima e infestação por *Aedes aegypti*. Revista de Saúde Pública, v. 52, n. 18, 2018. <https://doi.org/10.11606/S1518-8787.2018052000414>
- FORATINI, O. P. Culicidologia Médica. São Paulo: Edusp, 2002, 862p.
- GUPTA B.; REDDY B.P.N. Fight against dengue in India: progresses and challenges. Parasitol Res. doi:10.1007/s00436-013-3342-2, 2013. <https://doi.org/10.1007/s00436-013-3342-2>
- IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades (2017). Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/montes-claros/panorama>>. Acesso: Dezembro de 2017.
- INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: Maio de 2018.
- INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Modelo TOPODATA (2008). Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso: Março de 2018.
- JENTES, E. S.; POUMEROL, G.; GERSHMAN, M. D.; HILL, D. R.; LEMARCHAND, J.; LEWIS, R. F.; STAPLES, J. E.; TOMORI, O.; SMITH, A. W.; MONATH, T. P. The revised global yellow fever risk map and recommendations for vaccination, 2010: consensus of the Informal WHO Working Group on Geographic Risk for Yellow Fever. The Lancet, v. 11, p. 622-632, 2011. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(11\)70147-5](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(11)70147-5)
- KONISHI E. Issues related to recent dengue vaccine development. Trop Med Health. doi:10.2149/tmh.2011-S0, 2011. <https://doi.org/10.2149/tmh.2011-S01>
- LANA, R.M; MORAIS, M. M; LIMA, T. F. M; CARNEIRO, T. G. S; STOLERMAN, L. M; SANTOS, J. P. C; CORTÊS, J. C; EIRAS, A. E.; CODEÇO, C. T. Assessment of a trap based *Aedes aegypti* surveillance program using mathematical modeling. PLoS ONE, v. 13, n. 1, p. 1-16, 2018. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190673>
- LIMA, S.F.S; BARROZO, L.V.; MATAVELI, A.V. Temperatura de superfície e precipitação que influenciam na incidência do *Aedes aegypti* em São Paulo. Revista do Departamento de Geografia, volume especial, p. 174-183, 2018. <https://doi.org/10.11606/rdg.v0ispe.145697>
- LIMA-CAMARA, T.N; URBINATTI, P.R.; CHIARAVALLI-NETO, F. Encontro de *Aedes aegypti* em criadouro natural de área urbana, São Paulo, SP, Brasil. Revista de Saúde Pública, v. 50, n. 3, p. 1-4, 2016.
- MARTINS, G. A. Estatística geral e aplicada. São Paulo: Atlas, 2010, 421p.
- MESSINA, J. P.; BRADY, O. J.; PIGOTT, D. M.; GOLDING, N.; KRAEMER, M. U. G.; SCOTT, T. W.; WINT, G. R. W.; SMITH, D. L.; HAY, S. I. The many projected futures of dengue. Nature, n. 13, p. 230-239, 2015. <https://doi.org/10.1038/nrmicro3430>
- MORENO, E. S.; BARATA, R. C. B. Methodology for definition of yellow fever priority areas, based on environmental variables and multiple correspondence analyses. PLoS Biology, v. 6, n. 7, p. 1-7, 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0001658>
- MS, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. 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://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_liraa_2013.pdf>. Acesso: Janeiro de 2018.
- PELUZIO, P.M.O; SANTOS, A.R; FIEDLER, N.C; COELO, A.L.N; EUGENIO, F.C; LOUZADA, F.L.R.O; SAITO, N.S; FERRARI, J.L; QUARTO-JÚNIOR, P.; BATISTA, R.S. Mapeamento de Áreas de Preservação Permanente no ArcGIS 9.3. Alegre: CAUFES, 2010, 58p.
- PINHEIRO, F. P.; CORBER, S. J. Global Situation of Dengue and dengue Haemorrhagic fever, and its Emergence in the Americas. World Health Statistics Quarterly Rapport Trimestriel de statistique sanitaires Mondiales, v.50, n.3/4, p. 161-169, 1997.
- RIZZI, C. B; RIZZI, R. L; PRAMIU, P. V; HOFFMANN, E.; CODEÇO, C. T. Considerações sobre a dengue e variáveis de importância à infestação por *Aedes aegypti*. Hygeia, v. 13, n. 24, p. 24-40, 2017.

SAWYER, D. O.; LEITE, I. C.; ALEXANDRINO, R. Perfis de utilização de serviços de saúde no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 7, n. 4, p. 757-776, 2002. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232002000400012>

SEPLAN, SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO. Mapa Perímetro Bairros (2009). Disponível em: < <http://www.montesclaros.mg.gov.br/infraestrutura/mapas.htm>>. Acesso: Março de 2018.

SILVA, T. I.; RODRIGUES, S. C. Tutorial de cartografia geomorfológica ArcGIS 9.2 e ENVI 4.0. *Revista Geográfica Acadêmica*, v.3, n.2, p. 1-66, 2009.

Recebido em: 31/05/2020

Aceito para publicação em: 14/06/2021

Uma proposta de zoneamento para o *Aedes aegypti* em Montes Claros (MG) e a associação entre a infestação larvária com a temperatura de superfície nos anos 2015, 2016 e 2017

A purpose of zoning to the *Aedes aegypti* on the Montes Claros – MG city and the relationship between the larval infestation with the land surface temperature in the years 2015, 2016 and 2017

Diego de Sousa Ribeiro Fonseca*, Ricardo Alexandrino Garcia*

*Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Instituto de Geociências (IGC), diegosousarf@gmail.com; alexandrinogarcia@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v48i0.66973>

Resumo

Identificar e delimitar unidades geográficas em certo espaço, conforme suas fragilidades em saúde - pode ser mais eficiente, quando a intenção é chegar aos locais prioritários para ações de combate aos problemas na saúde coletiva. O objetivo deste trabalho foi gerar um zoneamento das áreas com maior predisposição para infestação pelo mosquito *Aedes aegypti*, tendo em perspectiva os anos 2015, 2016 e 2017 em Montes Claros-MG. A partir dessa área funcional foi testada a associação entre a ocorrência desse vetor de enfermidades com a temperatura de superfície. A metodologia consistiu na montagem do banco de dados com o Índice Breteau; aplicação do Índice de Moran e da álgebra entre mapas – para delineamento do zoneamento; geração das imagens com as temperaturas de superfícies (TS); aplicação da análise descritiva – para comparação e exploração dos dados; testes estatísticos como: o de hipóteses, Stepwise e regressão linear múltipla – para análise da correlação entre as variáveis. Os resultados mostraram os lugares onde tem havido maior interação espacial para a disseminação do mosquito na área analisada. Essas análises demonstraram que a correspondência entre a infestação larvária do ano 2016 ($p < 0,01$) foi a que mais influenciou na apresentada no ano de 2017; sobretudo nas áreas com as temperaturas de superfície mais elevadas ($p < 0,04$). Nesse modelo, a regressão linear múltipla apresentou alto poder explicativo ($p < 0,01$ e $R^2 = 0,814$). Concluiu-se que há relação associativa entre o período analisado com as características do espaço habitado para as maiores taxas do *A. aegypti*. É preciso observar a alteração do microclima local no processo de urbanização e impermeabilização do solo, mitigando as ilhas de calor.

Palavras-chave: saúde pública; ilhas de calor; regressão linear múltipla.

Abstract

To identify and delimit certain geographic units, based in the fragilities on the public health can be more efficient when the intention is got at priorities places to actions against the troubles of collective diseases. The present study aims to make a zoning of areas with the bigger is mosquitoes *Aedes aegypti* infestation having in perspective the years 2015, 2016 and 2017 in the Montes Claros, Minas Gerais. From of these functional area was tested the association among the occurrences of this diseases vector with land surface temperature. The methodology consisted in the creation of database with Breteau Index; application of Moran Index and maps algebra – to outline the zoning area; generation of land surface temperature (LSE) imagery; application of descriptive analysis – to compare and explore the data; statistic tests, such as: the hypothesis, Spetwise and multiple linear regression – analyzing the correlations between variables. The results showed the places where have been the highest spacializing interactions to occurrence of mosquitoes on the city. The statistics tests have shown that the correspondence between larval infestation of the year 2016 ($p < 0.01$) was the most influence in the infestation happened on the year 2017, overall in the neighborhoods with the biggest land surface temperatures ($p < 0.04$). Within of this model, the multiple linear regression got a strong power ($p < 0.01$ e $R^2 = 0.814$). It is concluded that has associative relationship between the analysis period and inhabited environment characteristics to increase the mosquito infestation. It is necessary to observe the artificial modification of microclimate on the process of urbanization and waterproofing of soil, mitigating the heat islands.

Keywords: public health; heat islands; multiple linear regression.

I. INTRODUÇÃO

Na contemporaneidade é verificado que o planejamento dos centros urbanos não tem sido adequado, diante da ambiência conturbada a que tais espaços têm se convertido. O fato decorre do recorrente crescimento demográfico e expansão das cidades. Em meio a esse cenário, há o desequilíbrio das pragas urbanas, disseminadoras de doenças que afetam a saúde da sociedade (CÂMARA *et al.*, 2005; SALES; FONSECA, 2018).

Nessa perspectiva, de tempos em tempos surtos epidêmicos são provocados por vetores como o mosquito *Aedes aegypti*, principal responsável pela transmissão de enfermidades como a dengue; febre amarela (JENTES *et al.*, 2011); febre *chikungunya* (CHAVES *et al.*, 2012) e o zika vírus (CAMPOS *et al.*, 2015). E, à medida que ocorre o crescimento urbano, a infestação larvária desse inseto tende a aumentar (ALMEIDA *et al.*, 2009).

O *Aedes aegypti* é descrito como menor que um mosquito comum, é preto e com pequenas manchas brancas, suas asas são translúcidas e o ruído que produz não chega a ser notado pelo ouvido humano. O

macho alimenta-se exclusivamente de frutas, já a fêmea precisa de sangue para o amadurecimento dos ovos, que são depositados nas paredes internas dos objetos, em locais úmidos e com água parada. No momento da postura, são brancos, mas em pouco tempo tornam-se pretos e brilhantes. Mesmo que a água onde estão depositados seque, os ovos não morrem, e, ao primeiro contato com a umidade há a eclosão (BRAZ *et al.*, 2013).

O reconhecimento de áreas com maior propensão à infestação larvária pode ser mais eficiente, quando a intenção é chegar aos locais prioritários para ações de combate aos problemas na saúde coletiva (MORENO; BARATA, 2012). Nesse zoneamento a contextualização dos distúrbios epidêmicos, associando-os às características do espaço geográfico aos quais estão inseridos, é fundamental para o entendimento com maior abrangência dos processos espaciais dinâmicos dessas anomalias (SAWYER *et al.*, 2002).

Dentro da premissa levantada, “zoneamento” seria identificar e delimitar unidades geográficas em certo espaço físico, conforme suas fragilidades, em saúde no caso, as quais podem ser intensificadas a partir dos elementos que compõem esse meio. Pode-se compreendê-lo ainda, como o produto das análises de processos dinâmicos somados à regionalização dos atributos relevantes, chegando-se a integração dessas análises (SILVA; SANTOS, 2004; HAESBAERT, 2014). Nos trabalhos de zoneamento é salientada a importância para a seleção de características ambientais mapeáveis, juntamente com medidas quantitativas que agrupem ou expressem as múltiplas interações desses espaços (MAGNUSSON, 1999; PABLO, 2000). A finalidade desse método seria a apresentação agrupada das unidades, permitindo o estudo integrado e o desenvolvimento de atividades para prevenir e remediar as anomalias em foco.

Corroborando com a abordagem epidemiológica, o objetivo deste trabalho é gerar um zoneamento das áreas com maior predisposição para infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti*, através do Índice Breteau (MS, 2018), nos anos 2015, 2016 e 2017 na cidade Montes Claros-MG. A partir dessa região funcional, testar a associação entre a ocorrência desse vetor de enfermidades com a temperatura de superfície estimada em três épocas. Os resultados poderão contribuir com a discussão dos dilemas que acometem as populações afetadas, na perspectiva da geografia da saúde social e qualidade urbana.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Localizada ao Norte do estado de Minas Gerais, porção centro-leste do município, a cidade de Montes Claros é composta atualmente por área equivalente a 92.000 km² (SEPLAN, 2009). A altitude média é de 660 metros, sobretudo na região central da cidade; os locais de maior elevação (900m) estão situados na direção sul (sudeste) e os de menor elevação (600m) posicionam-se ao norte (noroeste). O terreno, em geral, é pouco abrupto (declividade média em torno de 2,35°), as porções com maiores desníveis estão a oeste e sul da área urbana (INPE, 2018). As áreas com maior cobertura por vegetações naturais, ou não urbanizadas, compõem em torno de 19% do terreno e estão situadas nas porções nordeste e sudoeste da cidade (FONSECA; BRAZ, 2010; MOREIRA; FERNANDES; NERY, 2014).

As características edafoclimáticas e fitogeográficas da região montesclarensense são peculiares, tendo em vista que tal espaço se encontra numa área de transição generalizada entre os climas semiúmido e semiárido, com fitofisionomias variando do cerrado a caatinga. Desse modo, especificamente, o clima da região fica entre o Tropical Subúmido Úmido e o Subúmido Seco, com épocas de chuvas concentradas a partir de outubro a março. O período mais seco acontece entre junho e agosto (SOUZA *et al.*, 2018).

A cidade apresenta cento e trinta e seis bairros (136), de acordo com a base cartográfica (Figura 1) fornecida pela Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação (SEPLAN, 2009). A população estimada para o ano de 2017 é de 402.027 pessoas; a densidade demográfica é superior a 101,41 hab/km². A renda média do trabalhador é de 2,2 salários mínimos, correspondente a 26% da população que se encontra ocupada; o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,77 – o décimo oitavo (18º) de Minas Gerais (IBGE, 2017).

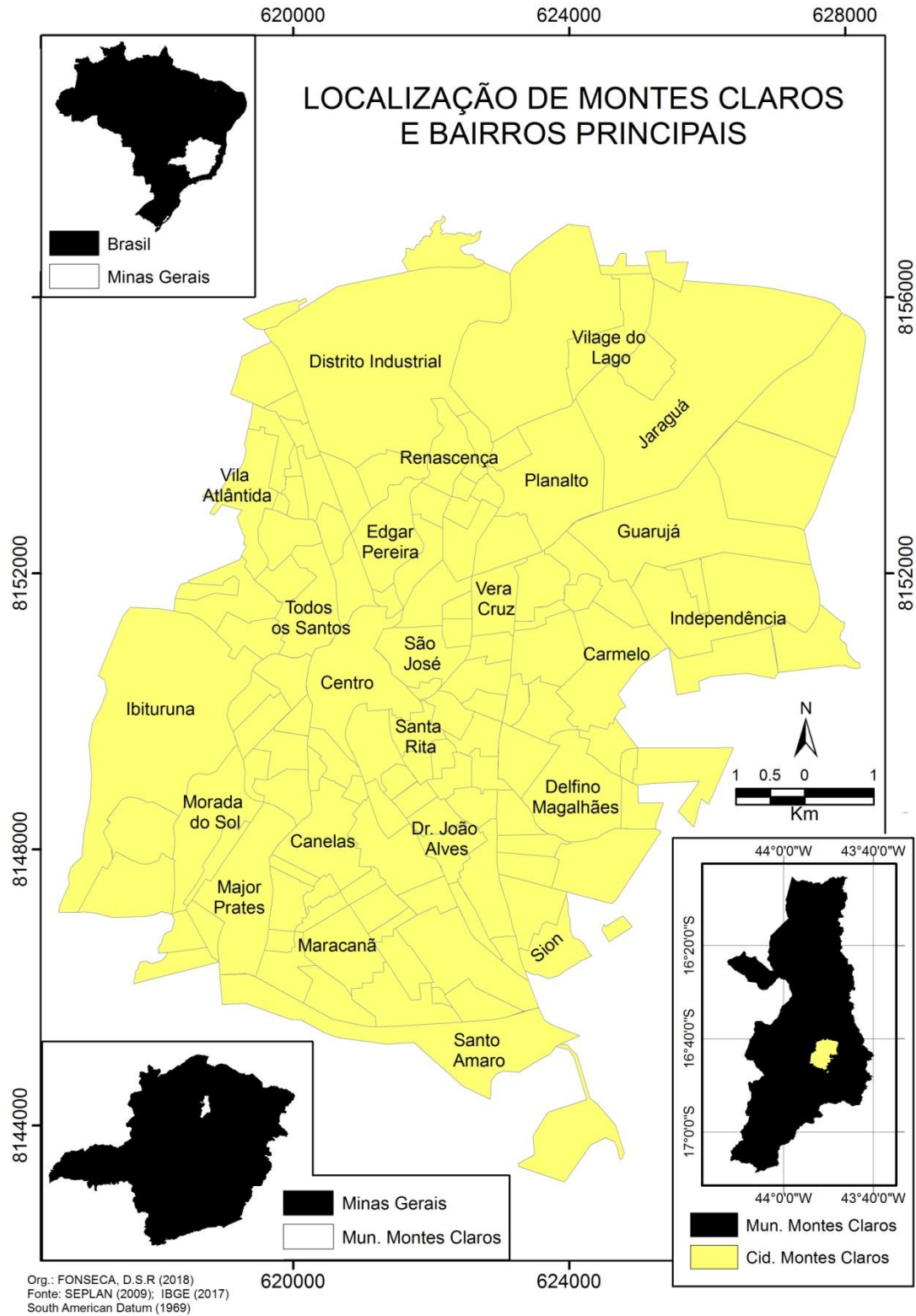


Figura1 - Bairros de Montes Claros e sua localização. Org.: do autor, 2018.

Base de dados

Os dados para realização do trabalho foram adquiridos junto ao Centro de Controle de Zoonoses (CCZ, 2017), os quais se referem ao Índice Breteau dos bairros de Montes Claros-MG, nos anos 2015, 2016 e 2017, sendo esses referentes aos meses de janeiro, março e outubro. Tal índice tem sido usado como referência para os diagnósticos de infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti* e sua mensuração tem sido feita por meio de uma amostra probabilística dos imóveis (20% de cada bairro) da área urbana. O delineamento amostral é feito por conglomerados, levando em consideração o quarteirão como unidade primária e o imóvel como unidade secundária (MS, 2013). O Índice Breteau leva em conta a relação entre o número de recipientes positivos e o número de imóveis pesquisados, como mostra a seguinte equação:

$$IB = \frac{\text{recipientes positivos}}{\text{imóveis pesquisados}} * 100$$

A base cartográfica, em formato vetorial com o perímetro dos bairros de Montes Claros, foi adquirida junto à Secretaria de Planejamento (SEPLAN, 2009). Imagens do satélite Landsat-8 foram baixadas do *United States Geological Survey* (USGS, 2017), órbita-ponto 218-072. Estas foram obtidas tendo como referência os seguintes dias: 07/10/2017; 20/10/2016 e 02/10/2015. Tais imagens cobrem área equivalente a 180 km². A escolha das datas teve como critério os meses de coleta de dados realizada pelo CCZ (2017) e a menor ocorrência de nuvens nas cenas dos meses de outubro. Em outras datas, para os anos em perspectiva, a intensa cobertura por nuvens presente nas imagens dificultaria o prosseguimento deste estudo.

Procedimentos operacionais

A primeira etapa do trabalho consistiu na organização dos dados cedidos pelo CCZ (2017), disponíveis para os meses de janeiro, março e outubro dos anos 2015, 2016 e 2017. Esses arquivos, originalmente em formato de texto, precisavam ser transcritos para planilha digital de edição numérica com finalidade de realização das análises espaciais e estatísticas. Em seguida, devido à incompatibilidade entre o material cartográfico adquirido junto à SEPLAN (2009) contendo 136 bairros, e os dados do Centro de Controle de Zoonoses com 186 divisões intraurbanas, este último conjunto foi padronizado conforme a primeira base de dados. Nessa etapa foram feitas consultas ao CCZ (2017) para a localização das correspondentes áreas.

A base cartográfica em formato DXF foi convertida para o formato *shapefile*, por meio do aplicativo computacional ArcGIS, versão 10.2, e cada perímetro dos bairros foi alterado para polígono, em seguida atribuindo a esse arquivo os valores relativos ao Índice Breteau. Geraram-se mapas temáticos com classes editadas pelo recurso do *software* – *Natural Breaks*, para geração dos mapas com os índices de infestação larvária dos anos, tematicamente por bairros. O uso do *Natural Breaks* se deveu a melhor capacidade de representação dos fenômenos presentes (Figuras 2, 3 e 4) em relação aos outros métodos de representação temática, o qual foi decidido por tentativa e erro, conforme a interpretação do usuário.

Utilizando a extensão *Spatial Statistic Tools*, foram realizados os mapeamentos dos *clusters* por ano (2015, 2016 e 2017), com uso do Índice de Moran, o qual foi capaz de medir a intensidade da autocorrelação espacial considerando uma dada área e seus vizinhos adjacentes (CAMPOS; MACEDO, 2014). Pelo método, avaliou-se a distribuição espacial e identificaram-se padrões da dependência, medindo-se o quanto o valor observado no atributo foi dependente em relação aos valores dessa mesma variável nas localizações vizinhas, no caso, o índice de infestação larvária local do *A. aegypti* (FONSECA; VASCONCELOS, 2011). Com esse propósito, empregou-se o raio com distância fixa em 5.000 metros. A partir da definição das áreas com maior e menor interdependência espacial na ocorrência do mosquito *Aedes*, tal como poderá ser visto na Figura 5 (ALMEIDA *et al.*, 2009). Sucessivamente providenciou-se a reclassificação dos materiais cartográficos (extensão contida no *Spatial Analyst Tools* - *reclassify*), impondo-lhes pesos conforme as camadas das legendas hierárquicas, sendo eles: *high-high* (peso 100); *high-low* (peso 80); *low-high* (peso 40); e *low-low* (peso 20).

Em seguida a tais etapas, foi extraída a média, álgebra de mapas (por meio da extensão *raster calculator*), conforme o valor atribuído anteriormente aos *pixels*. O resultado obtido foi o zoneamento da cidade a partir da interação por vizinhança dos bairros, tal como poderá ser visualizado na Figura 6, naqueles que foram recorrentes ao longo do período analisado. Este último modelo é resumido através da álgebra de mapas estruturada conforme orienta Anselin (1999):

$$A_{ij} = \sum_{K=1}^n (P_k * N_k)$$

Onde:

A_{ij} = É a posição do *pixel* na respectiva camada para análise da matriz;

n = quantidade de camadas e variáveis combinadas;

P_k = peso atribuído para a camada da variável “k” no conjunto;

N_k = valores impostos pelo operador conforme o nível de importância dos componentes para as legendas (variável “k”) e com a hierarquia dos valores representados no material cartográfico final.

Ainda nos procedimentos para aquisição dos materiais necessários, foram manipuladas as cenas do satélite Landsat-8, nas bandas 11 e 10 (termal); e 5 e 4 (infravermelho próximo e vermelho), por meio do *raster calculator* (ArcGIS), conforme orientação do serviço geológico dos Estados Unidos (USGS, 2018). Esta etapa foi indispensável tendo como finalidade o teste, posteriormente, da associação entre infestação larvária e o comportamento da temperatura de superfície (TS), tal como visto em Souza; Silva (2005). Inicialmente, converteu-se o valor do número digital para valores de radiância, com uso dos metadados baixados com as imagens, observando a fórmula:

$$L\lambda = MLQ_{cal} + AL$$

Onde:

$L\lambda$ = Radiância espectral do topo da atmosfera (Watts/(m² * srad * μ m));

ML = banda específica, multiplicada pelo fator de reescalonamento, contido nos metadados (RADIANCE_MULT_BAND_x, onde x é o número correspondente à banda);

AL = banda específica, adicionada com o fator de reescalonamento contido nos metadados (RADIANCE_ADD_BAND_x, onde x é o número correspondente à banda);

Q_{cal} = valores calibrados relativos ao pixel (DN) do produto padrão.

Em seguida, fez-se a conversão para temperatura de topo da atmosfera (Kelvin), a qual é obtida por meio da equação:

$$T = \frac{K_2}{\ln \frac{K_1}{L\lambda + 1}}$$

Onde:

T = Temperatura do topo da atmosfera (K);

$L\lambda$ = radiância espectral (Watts/(m² * srad * μ m));

$K1$ = banda termal específica pela constante, a partir dos metadados ($K1_CONSTANT_BAND_x$, onde x é o valor da respectiva banda);

$K2$ = banda termal específica pela constante, a partir dos metadados ($K2_CONSTANT_BAND_x$, onde x é o valor da respectiva banda).

E, posteriormente, foi gerada a temperatura da superfície estimada (TS), em graus Celsius, por meio da aplicação da equação:

$$\frac{TS}{1 + w * \left(\frac{TS}{p}\right) * \ln(e)}$$

Onde:

TS = Temperatura a partir do satélite;

w = comprimento de onda da radiação emitida ($11.5 \mu m$);

$p = h * c/s$ ($1.438 * 10^{-2} m K$);

h = constante de Planck ($6.626 * 10^{-34} Js$);

c = velocidade da luz ($2.998 * 10^8 m/s$);

$p = 14380$;

$e = (0.004 P_v + 0.986)$;

em que:

P_v = proporção de vegetação $(NDVI - NDVI_{min} / NDVI_{max} - NDVI_{min})^2$.

As operações retro-explicadas para obtenção da TS foram feitas com as bandas 10 e 11 do satélite Landsat-8, as quais demonstraram valores de temperaturas ligeiramente diferentes para o mesmo local, devido à resposta específica de cada um dos sensores do satélite Landsat. Seguidamente, para ajuste, foi realizado o cálculo da média (por *pixel*) entre essas camadas de cada ano, por meio do *Cell Statistics*, ferramenta do ArcGIS. É necessário salientar que as temperaturas de superfície estimadas condizem com o horário da geração das cenas, que ocorre aproximadamente às 10h e 30min. As temperaturas estimadas nas respectivas datas na latitude $-16^{\circ}.68' S$; e longitude: $-43^{\circ}.83' W$ – foram certificadas com os dados de temperatura da série histórica da estação: 83437 de Montes Claros-MG (INMET, 2018), as quais puderam ser consideradas similares. Os materiais gerados foram recortados a fim de se obter as zonas de calor com as temperaturas mínimas, máximas, médias e os desvios-padrão, condizentes aos determinados bairros da cidade de Montes Claros.

A partir da disposição dos dados gerados, estes foram salvos em tabela digital para realização dos testes estatísticos, no *software* Bioestat, versão 5.0 (AYRES, 2007), pelo qual, com todos os bairros, foi feita a análise descritiva e o teste de hipóteses - Anova seguida pelo teste de Tukey. Posteriormente, nas áreas com autocorrelação espacial, foram cruzadas as variáveis, a princípio pelo método Stepwise progressivo, o qual providenciou a eliminação dos fatores que enfraqueceram o poder explicativo do coeficiente de determinação (R^2). Em seguida, houve o exame da regressão linear múltipla. Este método regressivo é indicado quando a análise exige modelos com maior complexidade em relação ao desempenho associativo com apenas duas variáveis (AYRES, 2007; BRACAENSE; GUIMARÃES, 2008; ALMEIDA *et al.*, 2009; MARTINS, 2010).

III.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados referentes ao Índice Breteau sobre a infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti* nos bairros da cidade Montes Claros, anos: 2017, 2016 e 2015, apresentaram as correspondentes médias: 5,4, 4,5 e 4,3% - sendo o ano 2017 e o 2015 significativamente diferentes ($p < 0.05$), e a relação entre os demais consideradas iguais, conforme o teste de hipóteses e diferença de médias empregado. Os valores apresentaram elevada variabilidade, aqueles com maior dispersão são os do ano 2015, coeficiente de variação igual a 98,4%; e os de menor dispersão são os do ano 2016, coeficiente de variação igual a 65,1%; tal como pode ser verificado na Tabela 1.

Tabela 1 - Estatística descritiva dos dados referentes aos Índices Breteaus dos anos 2017, 2016 e 2015, sobre infestação larvária pelo mosquito *Aedes aegypti* na cidade Montes Claros-MG.

	2017	2016	2015
Amostra	136	136	136
Valor mínimo	0	0	0
Valor máximo	18.5	15.5	29.5
Mediana	4.9	4.2	3.3
1º quartil	3.0	2.7	1.7
3º quartil	7.1	6.0	6.4
Média	5.4	4.5	4.3
Desvio-padrão	3.7	2.9	4.2
Coef. Var. (%)	68.6	65.1	98.4

Fonte: dados do CCZ (2017). Org.: do autor, 2018.

A elevada dispersão nos dados referentes ao ano 2015 pode ser notada ao ser observada a Figura 2, na qual a representação espacial do Índice Breteau encontra-se acima de 12,8% em pontos distintos da cidade,

nos bairros: Sion, região leste, e São Luiz, região central. Outros locais com valores superiores a 7,1% estão dispostos heterogeneamente, tal como o Village do Lago, região norte; Vila Anália Lopes, região leste; e Melo, posicionado na região central.

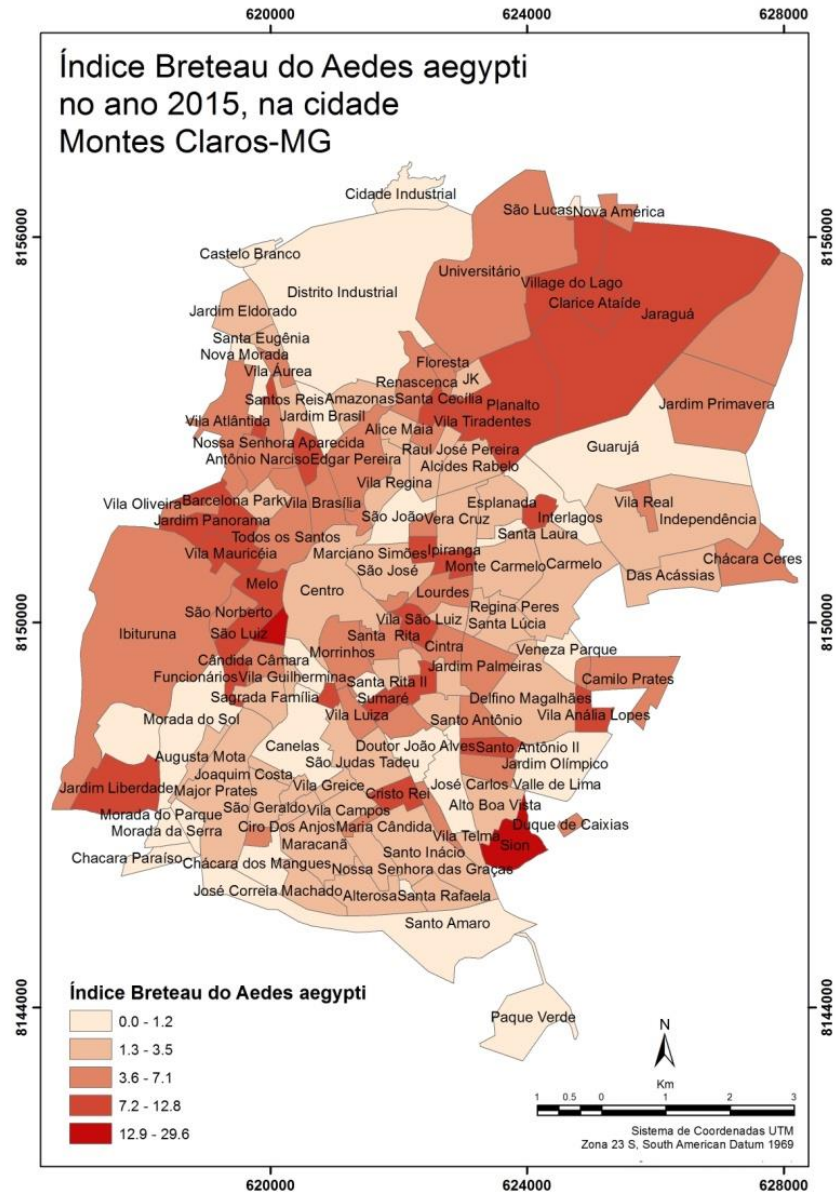


Figura 2 - Distribuição espacial do Índice Breteau do *Aedes aegypti* (%) nos bairros da cidade Montes Claros, no ano 2015. Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017). Org.: do autor, 2018.

O ano 2016 apresentou valores acima de 9,1% em locais como: Nova América, região norte; Monte Carmelo, região leste; e o bairro Nossa Senhora das Graças, região sul. Valores acima de 6,1% são vistos, por exemplo, no bairro Village do Lago; Vila Anália Lopes; e no Ibituruna, região oeste. Diferentemente do ano

2015, o ano 2016 apresentou maior quantidade de bairros agrupados na classe em tons de vermelho intenso, os quais foram aqueles de maior infestação larvária, tal como pode ser observado na Figura 3.

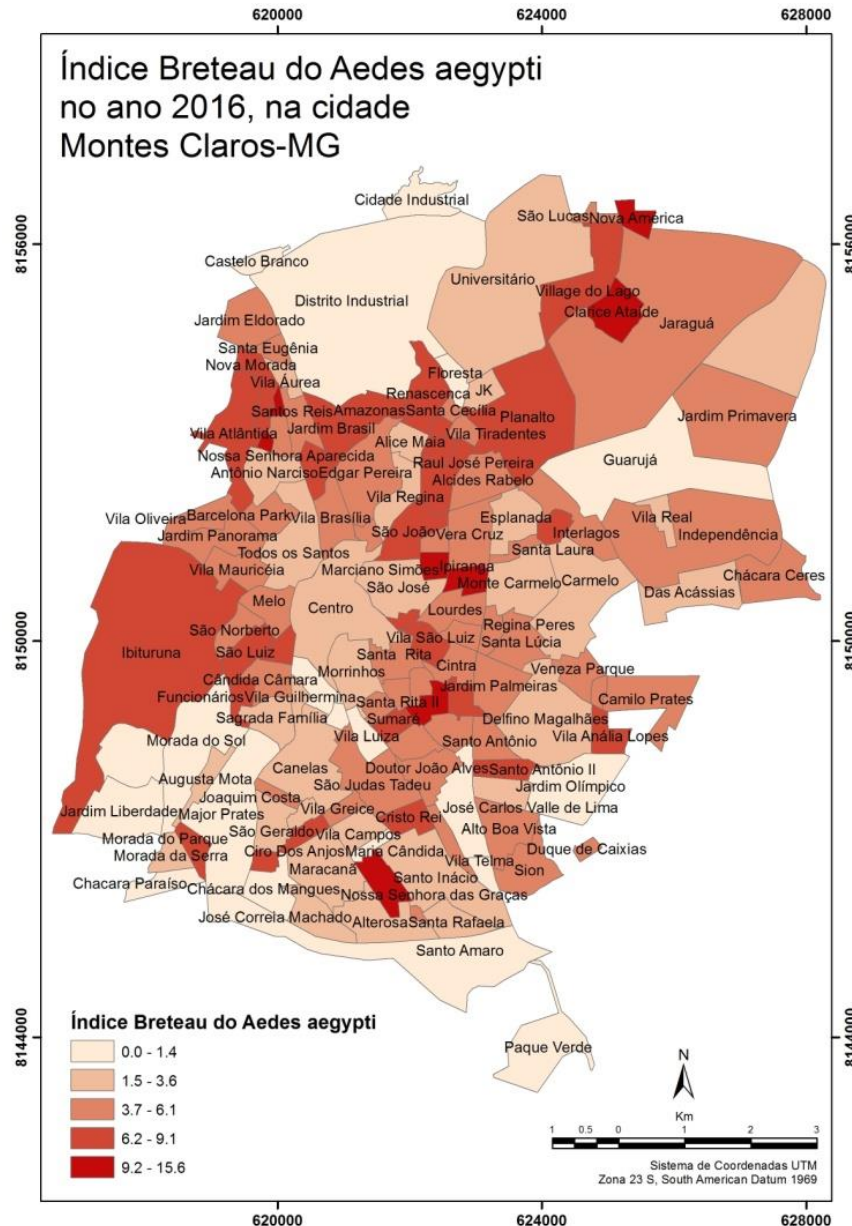


Figura 3 - Distribuição espacial do Índice Breteau do *Aedes aegypti* (%) nos bairros da cidade Montes Claros, no ano 2016. Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017). Org.: do autor, 2018.

Em 2017 são notadas áreas com valores superiores a 11,7% do índice de infestação larvária em bairros como: Clarice Ataíde, região norte; Santa Rita II e Sumaré, na região leste da cidade. Áreas com o índice superior a 7,1% estiveram nos seguintes locais: Floresta, região norte; Independência, região leste; Sion e no

Ibituruna. A partir da interpretação dos materiais cartográficos dos três anos em análise, Figura 4 a seguir, pode ser verificada a tendência dos valores mais elevados do Índice Breteau na porção central da cidade, no entanto, essa distribuição é altamente dispersa.

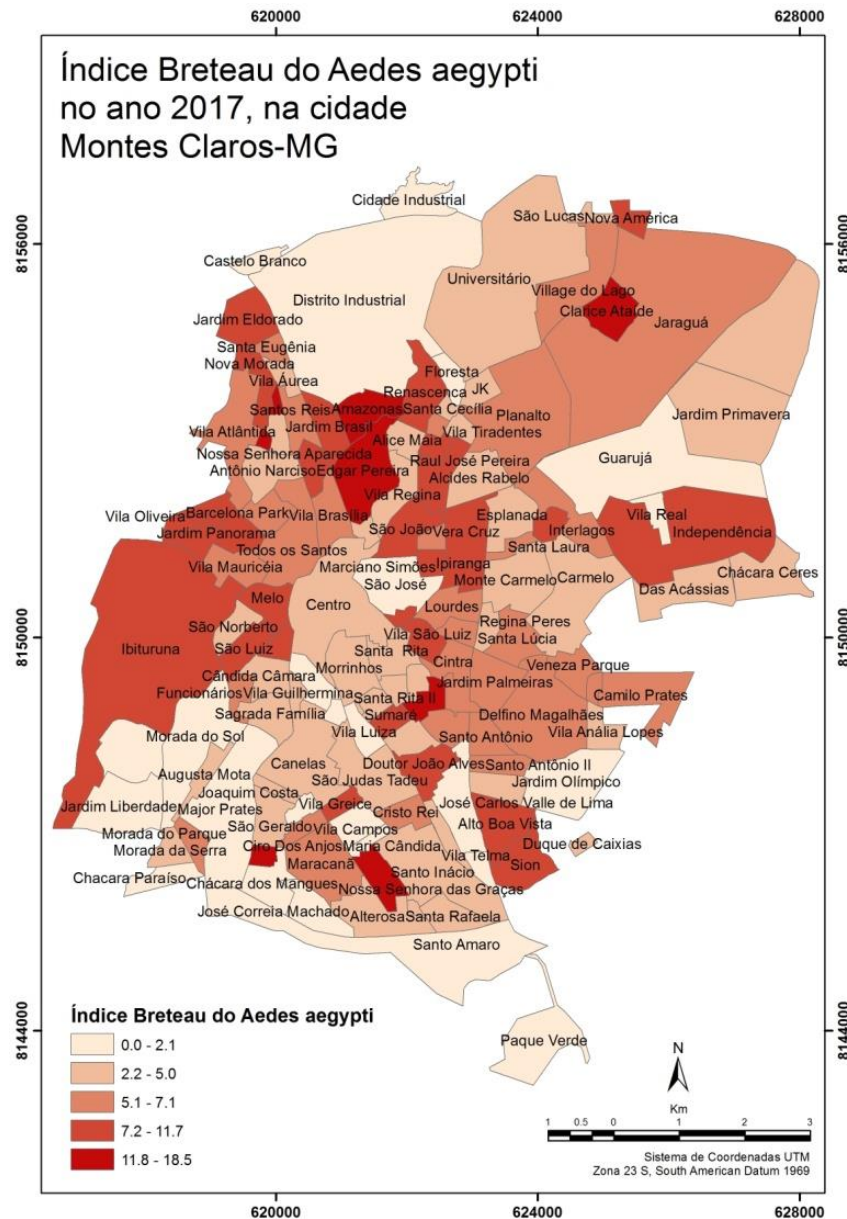


Figura 4 - Distribuição espacial do Índice Breteau do *Aedes aegypti* (%) nos bairros da cidade Montes Claros, no ano 2017. Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017). Org.: do autor, 2018.

Quanto à heterogeneidade espacial, vista nas Figuras 2, 3 e 4, estas podem ter sua compreensão expandida através da identificação dos agrupamentos de aglomerados espacialmente autocorrelacionados, ao

ser aplicado o Índice de Moran como critério técnico-científico (ANSELIN, 2005). A Figura 5 apresenta a utilização desse recurso ao longo dos anos 2015 a 2017 na cidade Montes Claros, onde é verificada a maior concentração das áreas com *clusters* na classe “*High-High*”, sobretudo em torno dos bairros: Ipiranga, Marciano Simões e Edgar Pereira. Estes bairros encontram-se acompanhados de locais com altas taxas de infestação pelo *Aedes aegypti*. Lugares com discrepância às maiores taxas, mas adjacentes a esses *clusters*, são vistos na classe “*Righ-Low Outlier*”. Os *clusters* das áreas com muito baixa taxa (classe *Low-Low*) estão, em geral, ao sul do perímetro urbano, tratando-se daqueles em torno dos bairros: Santo Amaro e Chácaras Paraíso. Estes apresentam, nas adjacências, outros bairros classificados como de muito baixa incidência larvária. Lugares com discrepância às menores taxas, mas adjacentes a esses *clusters*, são vistos na classe “*Low-Righ Outlier*”. Áreas em que não houve autocorrelação espacial (não significativas) podem ser observadas no triênio analisado. O Índice Global de Moran ficou superior a 0,70 nos três anos mostrados, indicando alta correlação espacial por vizinhança (CAMPOS; MACEDO, 2014).

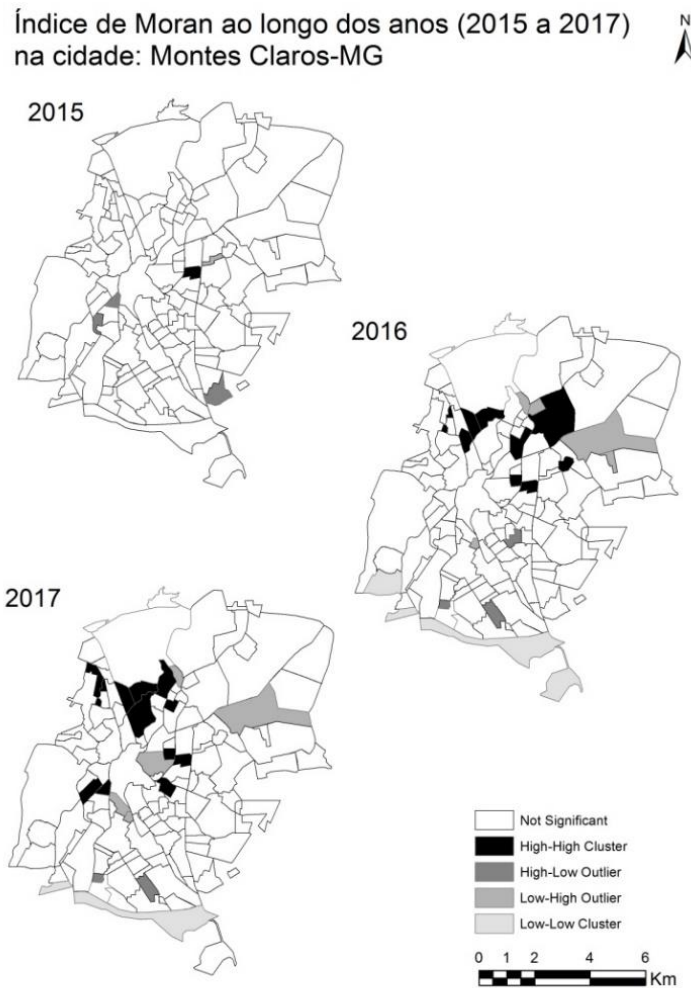


Figura 5 - Mapa de *clusters*, pelo Índice de Moran, onde ocorre os aglomerados espacialmente autocorrelacionados pelo Índice Breteau do *Aedes aegypti*, na cidade Montes Claros-MG nos anos 2015, 2016 e 2017. Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017). Org.: do autor, 2018.

Em busca do zoneamento das áreas críticas, sob a maior infestação larvária do mosquito *Aedes aegypti* nos três anos analisados, providenciou-se a álgebra entre mapas (ANSELIN, 1999). Por meio da Figura 6 a seguir, são observados os agrupamentos, de forma hierárquica, dos locais com muito alta (em vermelho-intenso) infestação e autocorrelação espacial, bairro Ipiranga; sucedido daqueles com alta ocorrência de larvas (em vermelho), bairro Bela Paisagem, Bela Vista, Amazonas, Edgar Pereira, Marciano Simões, Chiquinho Guimarães e Nossa Senhora das Graças. Com baixa ocorrência larvária (em amarelo) estão os bairros: Floresta, Renascença, Planalto, Guarujá, Santa Laura, Vila São Luiz, São Luiz e o Santa Rita II; e os de muito baixa autocorrelação espacial (amarelo-pastel), nas adjacências do bairro Santo Amaro. Essa região do sítio urbano,

a seguir, seria aquela que tem influenciado a infestação larvária do *A. aegypti* para os demais espaços da cidade.

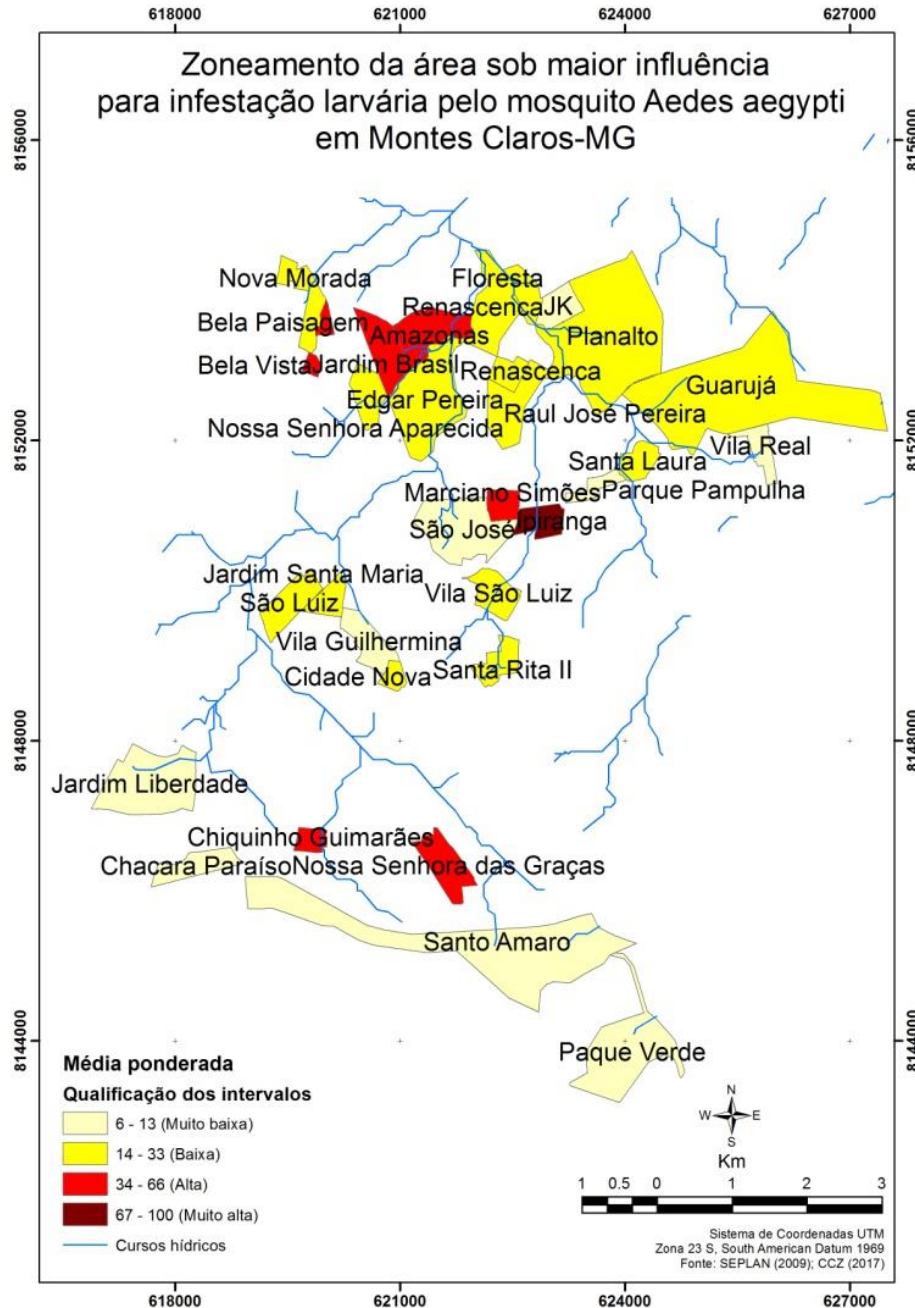


Figura 6 - Zoneamento da cidade de Montes Claros, sob a perspectiva da maior infestação pelo mosquito *Aedes aegypti*. Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017). Org.: do autor, 2018.

Os limites dos bairros da cidade são controversos e geram conflitos inclusive entre os órgãos integrantes da prefeitura municipal, tais como o Centro de Controle de Zoonoses e a Secretaria de Planejamento Urbano. Tal delimitação, a qual na maior parte dos casos, não tem como prerrogativa os acidentes geográficos desse espaço habitado, dificulta as análises pontuais em maior escala. Sem rigor com o ambiente natural, essas demarcações não apresentariam correspondência com o movimento realizado pelo mosquito em estudo. Em busca da melhor análise, foram tomados os locais autocorrelacionados, mostrados na Figura 6, como área de pesquisa, tendo em vista que, pelo método, identificaram-se as zonas mais propensas à ocorrência do inseto *Aedes*. A partir de tal modelo, restringiu-se o universo amostral de cento e trinta e seis (136) bairros para trinta e um (31).

Outro fator verificado foi referente à temperatura de superfície¹ desses bairros, providenciada por meio de imagens Landsat-8, dos anos 2015, 2016 e 2017, em seus respectivos meses de outubro. A análise da Figura 7, a qual representa as médias obtidas nesses três anos, permite verificar a existência de certo padrão em relação às temperaturas nas épocas representadas. Dessa forma, obtiveram-se as áreas da cidade com médias amenas e aqueles locais com picos de temperatura elevadas. Genericamente, a temperatura média registrada foi de 32,2°C. As áreas que se apresentaram mais quentes, dentre alguns exemplos em vermelho intenso, estão situadas entorno do Jardim Olímpico (34,4°C - região Leste); Planalto (33,3°C – região Norte); e Santo Amaro (33°C – região Sul). Quanto às zonas com temperaturas mais amenas, em tons de azul, estão posicionadas, sobretudo, no sudoeste, norte e nordeste de Montes Claros, como é o caso dos bairros: Morada da Serra (27,6°C); Distrito Industrial (28,6°C); e o Interlagos (29,8°C).

¹ As temperaturas de superfície visualizadas através das ilhas de calor nos mapas deste estudo são referentes ao calor latente no solo, em graus Celsius, no momento da obtenção da imagem pelo satélite trabalhado. Diferenças entre a temperatura do ar e a do solo são esperadas em situações normais (COELHO; CORREA, 2013).

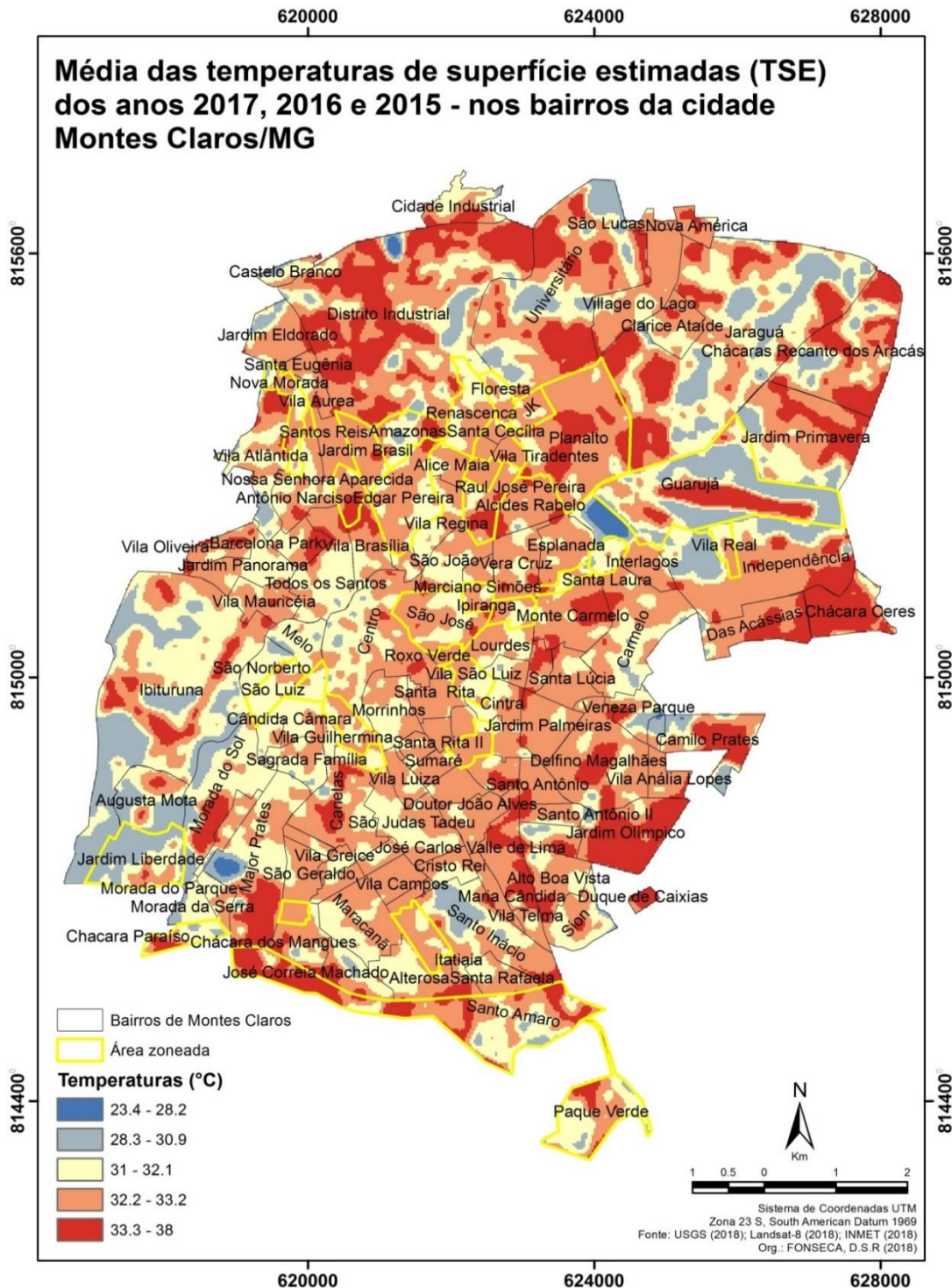


Figura 7 – Média das temperaturas de superfície estimadas (°C), dos anos 2015, 2016 e 2017 – nos respectivos meses de outubro, na cidade Montes Claros e nas áreas de maior predisposição para infestação larvária pelo *Aedes aegypti*. Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017); USGS (2018). Org.: do autor, 2018.

Especificamente a partir da delimitação das zonas críticas, nas quais tem havido maior infestação e interação do mosquito para outros lugares, os locais “frios” e aqueles com maior temperatura se mantiveram entre os anos 2015 a 2017, sobretudo nos bairros: Ibituruna, Morada do Sol, Santo Inácio e Jaraguá (consulte a Figura 6, se necessário). Pequenas variações são notadas, possivelmente, em decorrência do efeito das nuvens no momento do sensoriamento das imagens; pela variação da umidade relativa do ar ao longo das épocas em análise, e, ainda, pode ser alterada a temperatura devido ao comportamento radiativo e de refletância dos materiais usados nas áreas edificadas (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003; CASTRO *et al.*, 2010). As temperaturas de superfície estimadas ficaram entre 28,4 e 38,8°C em 2015; entre 25,2 e 33,6°C em 2016; e entre 29,1 e 37,8°C em 2017, tal como pode ser visualizado na Figura 8.

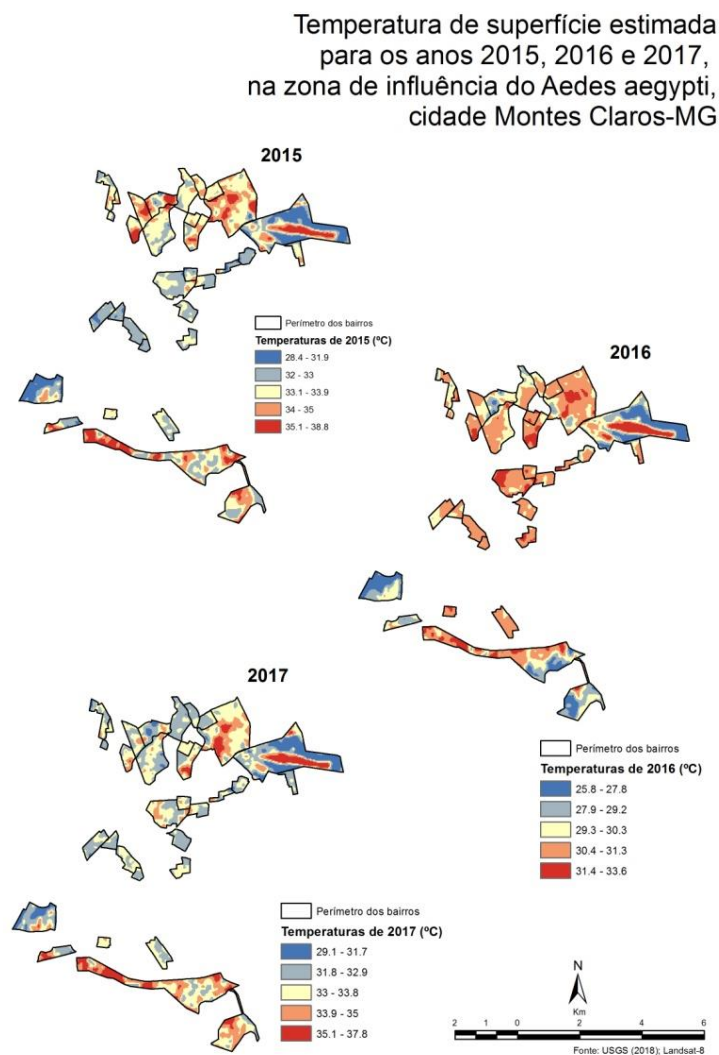


Figura 8 - Temperaturas de superfície (°C) dos anos 2015, 2016 e 2017 – nos meses de outubro, nas áreas de maior predisposição para infestação larvária pelo *Aedes aegypti*. Fonte: SEPLAN (2009); CCZ (2017); USGS (2018). Org.: do autor, 2018.

Após a geração dos dados referentes às temperaturas de superfície, foram selecionadas, pelo método Stepwise progressivo, as variáveis preditivas com maior potencial associativo com a dependente - o Índice Breteau de 2017. Aquelas que apresentaram as maiores variações (49 e 31%) sobre o índice de determinação entre as variáveis hipoteticamente previsoras foram: o Índice Breteau de 2016 ($p < 0,001$) e a temperatura de superfície ($p < 0,04$). Estes se apresentaram como os elementos de maior peso explicativo entre o conjunto de dados para a infestação larvária ocorrida no ano de 2017. A regressão linear múltipla teve como resposta o alto poder explicativo ($p < 0,01$ e $R^2 = 0,814$) do modelo, tal como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Modelo de regressão linear múltipla usado para predição da variável dependente, o Índice Breteau do *Aedes aegypti* do ano 2017, com as variáveis independentes: Índice Breteau do *Aedes aegypti* dos anos 2016 e 2015; área edificada (m^2); altitude máxima e declividade média; temperatura de superfície dos anos 2017, 2016 e 2015.

	R	R ²	R ² ajustado	P valor	
	0.902	0.814	0.776	0.0001	
Variável dependente	Coeficiente		t	p	
Índice Breteau 2017	Interseção		12.296	0.8007	0.428
	Variáveis independentes				
	Breteau 2016		1.087	11.502	0.0001
	Temp. sup. 2017		0.809	2.161	0.036

Fonte: dados do CCZ (2017); USGS (2018). Org.: do autor, 2018.

A interação dos fatores mostrados na Tabela 2 evidencia que é preciso observar a alteração do microclima local no processo de urbanização e impermeabilização do solo, mitigando a ocorrência das ilhas de calor, as quais refletem na temperatura de superfície local. Nesse viés, os resultados demonstram a relação entre tempo e características do espaço habitado para as maiores taxas do *A. aegypti*, tendo em vista que a infestação larvária verificada no ano de 2016 corroborou para os índices similares do ano 2017, sobretudo nas regiões de Montes Claros com as maiores temperaturas, vistas na área da cidade delimitada neste estudo. Essa resposta tardia do Índice Breteau e sua influência futura nos processos de saúde-adoecimento são esperadas e foi discutido por TEIXEIRA; CRUZ, 2011; BOWMAN *et al.*, 2014.

Variáveis climáticas são absolutamente necessárias nos trabalhos geográficos que procuram a interação holística dos fatos. E tais análises devem convergir para a síntese de tendência universal (HISSA,

2002). Os surtos epidêmicos causados pelo inseto em discussão, por exemplo, têm relações mais intrínsecas aos ambientes trabalhados nas grandes escalas geográficas, e associações em escalas reduzidas costumam ser demasiadamente complexas (FONSECA; GARCIA, 2017).

Nessa perspectiva, tal como argumentado por Monteiro (1992), o homem hodierno para não conviver no caos das cidades, precisa remodelar-se, redescobrir o novo naquilo que ficou “antigo”, diante do ainda atual crescimento demográfico e da tendência à expansão urbana quase desordenada. Ao observar isso, nas cidades deve haver um planejamento racional do uso dos materiais nas edificações, pois vários deles (vidro, concreto e metal) contribuem para o aparecimento das ilhas de calor, porque modificam os parâmetros naturais do ambiente, como, por exemplo, o albedo, tendo em vista que a superfície do solo passa a reter menor quantidade de energia, aumentando a refletância. Sabe-se que, quanto maior é o volume de energia armazenada, maior é o equilíbrio térmico, notado especialmente nas paisagens menos alteradas (MONTEIRO; MENDONÇA, 2003).

A infestação larvária pelo mosquito *Aedes* está condicionada a fatores hidroclimáticos, sendo este inseto pouco resistente a temperaturas inferiores a 5°C, mas muito propício às regiões e épocas com médias em torno dos 26°C, tal como o sítio urbano em exame, sobretudo na primavera-verão, época com a pluviosidade e temperaturas altas (OLIVEIRA, 2004; AJUZ; VESTENA, 2014; ALMEIDA; CASTRO, 2018). Essas repercussões do clima sobre a saúde física e psicossocial da população demandam novamente atenção, porque tem se observado a reincidência de epidemias (SALES *et al.*, 2018). Além das condições climáticas contribuírem nesse viés, o saneamento básico, com a coleta adequada do lixo, influi demasiadamente (RIZZI *et al.*, 2017). Portanto, o presente problema não está ligado apenas à higienização dos espaços internos das residências, tal como é propagado pela mídia, mas também, ao planejamento organizacional das cidades e ao comprometimento dos gestores públicos com a limpeza e organização urbana.

Em Montes Claros há a predominância da alta densidade construtiva associada à renda baixa da população, a qual ocupa cerca de 70% desse território, espalhada de forma predominantemente heterogênea. Aqueles com renda alta estão situados na direção centro-oeste do perímetro urbano (FONSECA; BRAZ, 2010; LEITE; BRITO, 2011). Tais premissas indicam, conforme os resultados deste trabalho para os anos estudados, não haver relação direta entre a densidade construtiva e a maior proliferação do vetor *Aedes aegypti*, tendo em vista a carência de áreas verdes (de maior permeabilidade pela água) e a infraestrutura precária quase generalizada na cidade (IBGE, 2017; BORTOLO *et al.*, 2018).

O descaso com os ambientes públicos tornou-se “normal” atualmente por conta do modelo de desenvolvimento em vigor, em que o espaço foi transformado numa mercadoria, sujeita à especulação. Em consequência, esses lugares têm apresentado violentas metamorfoses, onde os projetos impõem, por exemplo, um padrão estético homogêneo, predominando o concreto e o vidro para criar a imagem de “moderno” sobre os edificadados que alteram a paisagem (CARLOS, 2018). E o Estado, que deveria intervir nesse planejamento em favor do bem estar da população, atua no poder local junto ao capital financeiro especulativo (SAMPAIO, 2018). Por que os planos diretores das cidades, com seus urbanistas, não têm atendido às demandas sociais, apesar de toda sua pretensão e conhecimento técnico?

Essa contradição aludida é fundamentada na ausência e insuficiência de controle. A ciência moderna se pauta no controle, por meio do método, pelos limites do espaço, pelo rigor. Nesse sentido, os interesses financeiros devem ser contrapostos pelo pensamento sistematizado (HISSA, 2002). Os cidadãos, conscientes da necessidade de se promover a segurança da saúde coletiva, precisam levar em consideração a não existência, atualmente, de um medicamento eficiente para imunização da população contra as doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti*. Sendo assim, a melhor estratégia para o combate ao vetor de enfermidades é conhecendo o espaço no qual ele melhor se adapta. Isto se promove por meio da pesquisa relacionada a condicionantes distintas, envolvendo a natureza, a sociedade e mediadas pelo trabalho que foi exercido nos ambientes estudados (SANTOS, 1998).

Quanto aos materiais utilizados para realização deste estudo, apesar de muito utilizado em pesquisas entomológicas, o Índice Breteau, para avaliação do nível de infestação larvária, deve ser usado com ponderação devido ao seu caráter amostral para geração dos dados, os quais têm direta relação com as épocas das auditorias no campo pesquisado e a pluviosidade ocorrente no período (BOWMAN *et al.*, 2014). Essa relação entre chuva e maior propagação larvária do mosquito *Aedes* não está estritamente condicionada ao maior número de adoecidos por região geográfica (TEIXEIRA; CRUZ, 2011). Na verdade, existe a carência de maiores estudos relacionados à quantificação dos mosquitos e o grau de transmissibilidade das doenças por ele propagadas. O mais recomendado é a não generalização dos parâmetros, os quais devem estar adequados às peculiaridades contidas nas escalas mais detalhadas dos ambientes. Por esse motivo o zoneamento da cidade, conforme as maiores taxas do Índice Breteau, foi produtiva para realização deste estudo.

IV. CONCLUSÕES

A geração do zoneamento da cidade, o qual delimitou os lugares com maior infestação larvária ao longo do período trabalhado, mostrou-se eficiente dentro da metodologia utilizada, tendo em vista que apontou o bairro Ipiranga, sucedido pelos: Bela Paisagem, Bela Vista, Amazonas, Edgar Pereira, Marciano Simões, Chiquinho Guimarães e Nossa Senhora das Graças; como aqueles onde tem havido maior interação espacial para a disseminação do mosquito *Aedes aegypti* na cidade Montes Claros.

Ao manipular os dados fornecidos pelo Centro de Controle de Zoonoses com a base cartográfica da Secretaria de Planejamento e Coordenação, sendo estas, secretarias da prefeitura municipal da cidade de Montes Claros, é notado que ainda há certa desorganização fatídica na comunicação entre os setores do serviço público. Essa realidade dificulta o acesso e o manuseio de dados, podendo gerar eventuais erros topológicos. Essa realidade é preocupante devido ao fato da robustez dos dados serem imprescindíveis para maior facilidade na geração de informações mais corretas e interessantes à coletividade, tais como a localização precisa dos locais mais infestados pelo vetor de doenças investigado.

A partir da área identificada e delimitada, verificou-se em meio aos seus respectivos bairros, que a correspondência entre a infestação larvária do ano 2016 ($p < 0,01$) foi a que mais influenciou naquela apresentada no ano de 2017; sobretudo nas áreas com as temperaturas de superfície mais elevadas ($p < 0,04$). Nesse modelo, a regressão linear múltipla apresentou alto poder explicativo ($p < 0,01$ e $R^2 = 0,814$). Esses resultados demonstram a relação associativa entre tempo e características do espaço habitado para as maiores taxas do *A. aegypti*, e evidenciam que é preciso observar a alteração do microclima local no processo de urbanização e impermeabilização do solo, mitigando a ocorrência das ilhas de calor.

Portanto, além do combate aos utensílios acumuladores de água parada presentes nas casas, nos lotes vagos e no comércio, é preciso um planejamento urbano no qual seja mitigada a geração das “ilhas de calor”, as quais aumentam a temperatura local interagindo na proliferação do vetor estudado, responsável pela disseminação de várias epidemias, nas pequenas e nas grandes escalas de trabalho, tal como a deste estudo.

Mesmo sabendo que a temperatura é um determinante para infestação larvária pelo *Aedes aegypti*, é necessário critério com a análise das informações, tendo em vista o caráter multifatorial para a presença desse mosquito. A incorporação de um amplo sistema geográfico de banco de dados (SGBD) e a manutenção de profissionais capacitados para trabalhar unindo dados de saúde (epidemiológicos) e a espacialização

destes, conforme sua significância estatística, certamente traria evoluções acachapantes no controle e mitigação das ameaças à saúde social.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio e financiamento desta pesquisa, por meio da concessão da bolsa de doutorado. Gratidão prolongada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, do Instituto de Geociências (IGC), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

V.REFERÊNCIAS

- AJUZ, L.C.; VESTENA, L. Influência da pluviosidade e temperatura ambiente na longevidade e fecundidade dos *Aedes aegypti* e *Albopictus* na cidade de Guarapuava-PR e possibilidade de superinfestação. **Revista Hygeia**, Uberlândia, n. 10, v. 18, p. 1-18, 2014.
- ALMEIDA, A.S; MEDRONHO, R.A.; VALÊNCIA, L.I.O. Análise espacial da dengue e o contexto socioeconômico no município do Rio de Janeiro, RJ. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 43, n. 4, p. 666-673, 2009.
- ALMEIDA, R. B.; CASTRO, M.B. Espacialização da dengue: indicadores socioespaciais e aspectos climáticos no processo saúde-doença. **Revista Ra'e Ga**, Curitiba, v. 45, p. 200-213, 2018.
- ALMEIDA, C, A. P.; SILVA, R. M. Análise da ocorrência dos casos de dengue e sua relação com as condições socioambientais em espaços urbanos: os casos de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux, no Estado da Paraíba – Brasil. **Revista Hygeia**, Uberlândia, v. 14, n. 27, p. 56-79, 2018.
- ANSELIN, L. **Exploring Spatial Data with GeoDaTM: A Workbook**. University of Illinois: Urbana, 2005.
- ANSELIN, L. Interactive techniques and exploratory spatial data analysis. In.: LONGLEY, P; GOODCHILD, M; MAGUIRE, D.; RHIND, D. (eds.). **Geographical Information Systems: principles, techniques, management and applications**. New York: John Wiley & Sons, 1999. Cap. 17, p. 456-266.
- AYRES, M. **BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências Bio-Médicas**. Belem: UFPA, 2007.
- BORTOLO, C.A; RODRIGUES, H.L.A.; BORGES, M.G. Identificação de áreas verdes urbanas a partir de imagens de satélite WORLDVIEW-II: o caso das praças na cidade de Montes Claros – MG. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 32, p. 1-20, 2018.
- BOWMAN, L.R; RUNGE-RANZINGER, S.; MCCALL, P. J. Assessing the relationship between vector indices and dengue transmission: a systematic review of the evidence. **PLOS Neglected Tropical Diseases**, San Francisco, v. 8, n. 5, p. 1-11, 2014.
- BRACARENSE, P.A.; GUIMARÃES, U.V. **Métodos Quantitativos Aplicados a Negócios**. Curitiba: IESDE Brasil S.A, 2008.

BRAZ, C. K. R.; FONSECA, D. S. R.; AMARAL, V.B.; MIRANDA, W. A. Teste da correlação entre hipsometria e índices de ocorrência do mosquito *Aedes aegypti* na cidade de Montes Claros-MG com dados dos anos 2009 e 2010. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 47, p. 199-207, 2013.

CÂMARA, F.P; THEÓPHILO, R.L.G; SANTOS, G. T; PEREIRA, S.R.F.G; CÂMARA, D. C. P. MATOS, R.R.C. Estudo retrospectivo (histórico) da dengue no Brasil: características regionais e dinâmicas. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 40, n. 2, p. 192-196, 2007.

CAMPOS, G. S; BANDEIRA, A. C.; SARDI, S. I. Zika virus outbreak, Bahia, Brazil. **Emerging Infectious Diseases**, Atlanta, v. 21 n. 10, p. 1885–1886, 2015.

CAMPOS, M. B.; MACEDO, D. R. Agrupamentos de emigração internacional no Brasil: o papel das redes sociais na formação dos espaços de emigração. **Geografia**, Londrina, v. 39, n. 2, p. 257-272, 2014.

CARLOS, A. F. A. A reprodução do espaço urbano como momento da acumulação capitalista. In: CARLOS, A. F. A (Org). **Crise urbana**. São Paulo: Editora Contexto, 2018. Cap. 2, p. 25-35.

CARVALHO, J. R. P; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. Interpoladores geoestatísticos na análise da distribuição espacial da precipitação anual e de sua relação com altitude. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 47, n. 9, p. 1235-1242, 2012.

CASTRO, F. S; PEZZOPANE, J. E. M; CECILIO, R. A; PEZZOPANE, J. R. M; XAVIER, A. C. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 8, p. 871–880, 2010.

CCZ, CENTRO DE CONTROLE DE ZOONOSES. Prefeitura Municipal de Montes Claros. Divisão de epidemiologia. **Guia prático do LIRAa (2015-2017)**. Montes Claros, 2017.

CHAVES, T. S. S; PELLINI, A. C. G; MASCHERETTI, M; JAHNEL, M. T; RIBEIRO, A. F; RODRIGUES, S. G; VASCONCELOS, P. F. C.; BOULOS, M. Travelers as sentinels for Chikungunya Fever, Brazil. **Emerging Infectious Diseases**, Atlanta, v. 18, n. 3, p. 529-530, 2012.

COELHO, A.L.N.; W.S.C, CORREA. Temperatura de superfície Celsius do sensor TIRS/LANDSAT-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.7, n.1, p. 31-45, 2013.

FONSECA, D.S.R.; BRAZ, C.K.R. Investigação epidemiológica da distribuição geográfica do *Aedes aegypti* na cidade de Montes Claros com uso de geotecnologia. **Revista Brasileira de Cartografia**, Monte Carmelo, v. 62, n. 03, p. 489-503, 2010.

[FONSECA, D. S. R.](#); GARCIA, R. A. Análise exploratória entre: infectados por dengue e dados socioeconômicos, relativos a 2010, dos municípios da Região Sudeste do Brasil. **Cadernos do Leste**, Belo Horizonte, v. 17, p. 59-74, 2017.

FONSECA, F.R.; VASCONCELOS, C.H. Análise espacial das doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado no Brasil. **Caderno de Saúde Coletiva**, v. 19, n. 4, p. 448-453, 2011.

HAESBAERT, R. **Regional-global: dilemas da região e regionalização na Geografia contemporânea**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

HISSA, C. E. V. **A mobilidade das fronteiras: inserções da geografia na crise da modernidade**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades** (2017). Disponível em:

<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/montes-claros/panorama>>. Acesso: Dez. 2017.

INMET, INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: Mai. 2018.

INPE, INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Modelo TOPODATA** (2008). Disponível em: <<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>>. Acesso: Mar. de 2018.

JENTES, E. S.; POUMEROL, G.; GERSHMAN, M. D.; HILL, D. R.; LEMARCHAND, J.; LEWIS, R. F.; STAPLES, J. E.; TOMORI, O.; SMITH, A. W.; MONATH, T. P. The revised global yellow fever risk map and recommendations for vaccination, 2010: consensus of the Informal WHO Working Group on Geographic Risk for Yellow Fever. **The Lancet**, London v. 11, p. 622-632, 2011.

LANA, R.M; MORAIS, M. M; LIMA, T. F. M; CARNEIRO, T. G. S; STOLERMAN, L. M; SANTOS, J. P. C; CORTÊS, J. C; EIRAS, A. E.; CODEÇO, C. T. Assessment of a trap based *Aedes aegypti* surveillance program using mathematical modeling. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 13, n. 1, p. 1-16, 2018.

LEITE, M.E.; BRITO, J.X. S. Sensoriamento remoto aplicado ao mapeamento do uso do solo urbano e de assentamentos ilegais em Montes Claros-MG. **Geosul**, Florianópolis, v. 26, n. 52, p 99-128, 2011.

MAGNUSSON, W. E. Estatística, delineamento e projetos integrados: a falta de coerência no ensino e na prática. **Brazilian Journal of Ecology**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 37-40, 1999.

MARTINS, G. A. **Estatística geral e aplicada**. São Paulo: Atlas, 2010.

MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto: 2003.

[MONTEIRO, C. A. F.](#) A interação homem-natureza no futuro da cidade. **Geosul**, Florianópolis, n. 14, p. 07-48, 1992.

MORENO, E. S.; BARATA, R. C. B. Methodology for definition of yellow fever priority areas, based on environmental variables and multiple correspondence analyses. **PLoS Biology**, San Francisco, v. 6, n. 7, p. 1-7, 2012.

MS, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. **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://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_liraa_2013.pdf>. Acesso: Jan. 2018.

NEVES, D. P. **Parasitologia humana**. São Paulo: Atheneu, 2005.

OLIVEIRA, M.M.F. A dengue em Curitiba/PR: uma abordagem climatológica do episódio de março/abril – 2002. **Revista RA'EGA**, Curitiba, n. 8, p. 45-54, 2004.

PABLO, C. T. L. Cartografia ecológica: conceptos e procedimientos para la representación espacial de ecosistemas. Boletín da **Real Sociedad Española de la Historia Natural Sección Geológica**, Madrid, v. 96, n. 1/2, p. 57-68, 2000.

RATMANOV, P.; MEDIANNIKOV, O.; RAOULT, D. Vector borne diseases in West Africa: geographic distribution and geospatial characteristics. **Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene**, London,

v. 107, p. 273-284, 2013.

RIZZI, C. B; RIZZI, R. L; PRAMIU, P. V; HOFFMANN, E.; CODEÇO, C. T. Considerações sobre a dengue e variáveis de importância à infestação por *Aedes aegypti*. **Revista Hygeia**, Uberlândia, v. 13, n. 24, p. 24-40, 2017.

SALES, D. M; ASSIS, W. L.; FONSECA, B. M. Clima urbano e saúde: elementos climáticos e doenças respiratórias observadas no município de Belo Horizonte (MG) entre 2013 e 2014. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, n. 14, p. 271-289, 2018.

SAMPAIO, R. A. A violência do processo de urbanização. In: CARLOS, A. F. A (Org). **Crise urbana**. São Paulo: Editora Contexto, 2018, Cap. 4, p. 55-84.

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1998.

SAWYER, D. O.; LEITE, I. C.; ALEXANDRINO, R. Perfis de utilização de serviços de saúde no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 4, p. 757-776, 2002.

SEPLAN, SECRETARIA MUNICIPAL DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO. **Mapa Perímetro Bairros** (2009). Disponível em: < <http://www.montesclaros.mg.gov.br/infraestrutura/mapas.htm>>. Acesso: Mar. 2018.

SILVA, J. S. V.; SANTOS, R.F. Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília-DF, v. 21, n. 2, p.221-263, 2004.

SOUZA, J.D; SILVA, B.B. Correção atmosférica para temperatura de superfície obtida com imagem TM: Landsat 5. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 23, n. 4, p. 349-358, 2005.

SOUZA, D. O; OLIVEIRA, F. G; CASTRO, I. L. S; SOARES, J. B. de S; REIS, M. M.; FIGUEIREDO, F. P. Frequência de ocorrência de precipitação pluviométrica em Montes Claros-MG. **Revista Agrarian**, Dourados, v.11, n.42, p.337-342, 2018.

TEIXEIRA, T.R.A; CRUZ, O.G. Spatial modeling of dengue and socio-environmental indicators in the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 3, p. 591-602, 2011.

USGS, UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **EarthExplorer**. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso: Dez. 2017.

USGS, UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Using the USGS Landsat Level-1 Data Product**. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>>. Acesso: Abr. 2018.

ANÁLISE EXPLORATÓRIA ENTRE: INFECTADOS POR DENGUE E DADOS SOCIOECONÔMICOS, RELATIVOS A 2010, DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL

Diego de Sousa Ribeiro Fonseca
Ricardo Alexandrino Garcia

Resumo

O objetivo deste trabalho foi realizar a análise exploratória de dados referentes às taxas registradas de acometidos pela dengue nos municípios dos Estados da região Sudeste do Brasil, correlacionando-os com as seguintes variáveis: índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM), percentual de população urbana, renda per capita, esperança de vida ao nascer e população economicamente ativa (PEA) maior que 18 anos. A metodologia empregada consistiu na análise descritiva dos dados; análise de componentes principais; análise da correlação de Pearson e emprego do teste de semelhança por vizinhança baseado no Índice de Moran. Os resultados mostraram alta dispersão nos dados, tendo como modelo preditivo com maior poder explicativo a relação entre a dengue e o IDHM nos Estados. Houve correlação entre dengue e IDHM nas seguintes unidades federais: Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Entre dengue e percentual de população urbana: em Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo. Entre dengue e renda per capita: em Minas e no Rio. Entre dengue e esperança de vida ao nascer: em Minas e São Paulo. Associação entre dengue e população economicamente ativa: no Estado de Minas Gerais. A heterogeneidade dos valores foi verificada por meio da análise espacial com o Índice de Moran, o qual foi significativo ($p < 0.01$), mas moderadamente explicativo (0,50). A conclusão a que se chega é, quanto maior o nível de desenvolvimento, maior tem sido a possibilidade da ocorrência de dengue e, menor é a capacidade de tais sociedades em conter tal distúrbio da saúde coletiva.

Palavras-chave: infectados por dengue, variáveis socioeconômicas, análise de componentes principais, análise de correlação e Índice de Moran.

1- INTRODUÇÃO

A dengue é uma doença transmitida pelo inseto *Aedes aegypti*, o qual é descrito como menor que um mosquito comum, é preto e com pequenas manchas brancas, suas asas são translúcidas e o ruído que produz não chega a ser notado pelo ouvido humano. O macho alimenta-se exclusivamente de frutas, já a fêmea precisa de sangue para o amadurecimento dos ovos, que são depositados nas paredes internas dos objetos, em locais úmidos e com água parada. No momento da postura são brancos, mas em pouco tempo tornam-se pretos e brilhantes. Mesmo que a água onde estão depositados seque, os ovos não morrem, e, ao primeiro contato com a umidade há a eclosão (BRAZ et al., 2013).

O entendimento do padrão de incidência da dengue é importante porque conforme a Organização Mundial da Saúde (OMS), entre 50 a 100 milhões de pessoas se infectam por dengue anualmente em mais de 100 países, de todos os continentes, exceto o europeu. Desse total, cerca de 550 mil doentes necessitam de hospitalização e 20 mil falecem (FONSECA; BRAZ, 2010; BRAZ et al., 2013). Para essa doença não há tratamento específico, existe apenas o controle dos sintomas e o trabalho dos agentes de saúde consiste na prevenção (JENTES et al., 2011).

Regis et al. (2009) discutiram que a epidemia de dengue recorrente em países como o Brasil é pautada em fatores climáticos e histórico culturais, sendo esses os responsáveis pelo seu alastramento e difícil controle. Os autores salientaram que apesar dos esforços governamentais em controlar a epidemia, não tem havido decréscimo nos índices de infestação do país, e que novas ferramentas de vigilância e análise a essa ameaça devem ser providenciadas (PIETRI; GARCÍA, 2008; PESSANHA et al., 2009; BRAZ et al., 2013).

O objetivo deste trabalho é realizar uma análise exploratória de dados, buscando evidências espaciais da ocorrência de enfermos notificados com a dengue, no ano de 2010, empregando-se a correlação das taxas de ocorrência da dengue nos Estados da região Sudeste do Brasil, com as seguintes variáveis: índice de desenvolvimento humano municipal, percentual de população urbana, renda per capita, esperança de vida ao nascer e população economicamente ativa (PEA) maior que 18 anos. O uso das tais variáveis socioeconômicas permite esclarecer se os dados que apontam para o nível de desenvolvimento das sociedades estariam intrínsecos à capacidade dessas mesmas sociedades em prevenir problemas de ordem coletiva, tais como a incidência de epidemias como a dengue.

Por meio dos resultados espera-se compreender melhor o padrão de distribuição espacial da dengue a partir da associação com variáveis socioeconômicas, e, dessa forma, apontar zonas

críticas e propícias à maior disseminação dessa epidemia que se tornou ameaça à saúde da sociedade contemporânea.

2- MATERIAIS E MÉTODOS

2.1- Área de estudo

A região Sudeste do Brasil (Figura 1) é aquela onde há a maior população total do país, o equivalente a 80.364.410 habitantes, valor que representa 42,1% da população absoluta. A taxa de fecundidade é de 1,70 filhos por mulher, sendo esta, a menor taxa entre as grandes regiões brasileiras. Possui a 2ª menor taxa de mortalidade infantil, equivalente a 13,1‰. Apresenta o maior percentual de população com nível superior completo (10%), e, trata-se da população, com mais de 10 anos de idade, com o segundo maior rendimento salarial médio, equivalente a 1.575 reais (IBGE, 2010). É a região brasileira com o 2º maior índice de desenvolvimento humano (IDH), igual a 0,824 (FJP, 2013).



Figura 1. Localização da região Sudeste do Brasil e áreas vizinhas.

2.2- Procedimentos operacionais

Para realização do trabalho foram utilizadas informações sobre a taxa de incidência de enfermos por dengue, referentes aos municípios das unidades federativas da região Sudeste do Brasil: Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo. Tais taxas foram originadas do Ministério da Saúde (MS, 2010). O cruzamento da taxa de incidência por dengue foi realizado com as seguintes variáveis: índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM), adquirido junto a Fundação João Pinheiro (2013); porcentagem da população urbana, renda per capita, esperança de vida ao nascer, e população economicamente ativa maior de 18 anos (IBGE, 2010). O universo de análise correspondeu ao número de municípios por Estado, tendo Minas Gerais: 853; Espírito Santo: 78; Rio de Janeiro: 92; São Paulo: 645 escores.

Para análise quantitativa, foram usados os aplicativos computacionais estatísticos: o Bioestat, versão 5.3 (AYRES, 2007), e o Stata, versão 12 (Stata Corporation, College Station, Estados Unidos). Por meio do software Stata realizou-se a estatística descritiva, com a finalidade de obtenção dos valores referentes à média e ao coeficiente de variação, para a verificação da dispersão dos dados. Também foi realizado o teste de hipóteses (ANOVA) juntamente com o teste de Tukey, a fim de verificar se ocorrem diferenças significativas entre as séries numéricas e quais as médias são diferentes. Além desses testes mencionados, foi feita a correlação de Pearson, para avaliar o grau de associação das variáveis, sendo esse obviamente, um ensaio aleatório, não determinístico (MARTINS, 2010).

Com o manuseio do Bioestat realizou-se a análise de componentes principais, com objetivo de realizar a exploração dos dados e, portando, dos seus níveis de significância relativa com as variáveis preditivas, tendo em vista a quantidade de escores que as mesmas dispuseram para realização deste trabalho.

Para construção dos mapas foi usado o aplicativo computacional ArcGIS, versão 10.1, pelo qual foi processada também a análise de similaridade por vizinhança, através do Índice de Moran, onde foi usada a “banda fixa” em 15.000 metros como modelo de concepção espacial dos clusters. Os arquivos em formato shapefile, relativos à espacialização dos municípios, foram adquiridos junto ao IBGE (2015).

O Índice de Moran é um teste cuja hipótese de nulidade é a independência espacial. Neste último caso, seu valor seria zero. Valores positivos (entre 0 e +1) indicam para correlação direta, e negativos (entre 0 e -1) correlação inversa (CAMPOS; MACEDO, 2014). Essa aplicação serve então para averiguar se uma amostra ou população possui auto-correlação espacial em relação a uma variável específica (ANSELIN, 1995).

A quantidade e os intervalos de classes dos mapas foram calculados conforme o modelo de Sturges, aplicado conforme o universo amostral para cada unidade da federação, tal como é visto em Martins (2010), com a fórmula:

$$h \cong R \div K$$

Onde:

$$R = \text{maior medida} - \text{menor medida}; K \\ = 1 + 3,33 (\log n).$$

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao observar a Figura 2 é visualizado que os municípios mineiros onde houve maior incidência de infectados por dengue foram, em geral, aqueles da porção centro-norte e alguns municípios discrepantes do centro-sul do Estado, seguido daqueles da parte localizada à leste dessa unidade federativa, com alta heterogeneidade nos valores, sendo portanto, difícil uma identificação espacial homogênea. Os Estados de São Paulo e Espírito Santo tiveram predominância de municípios com taxas elevadas na porção norte, e, no caso de São Paulo, também na região sul. No Estado do Rio de Janeiro houve predomínio de infectados nas cidades pertencentes aos municípios que margeiam a orla marítima, de norte a sul, nessa unidade federativa.

As áreas com as menores taxas estão localizadas, sobretudo, na região centro-sul do Estado de Minas Gerais; centro do Estado do Espírito Santo; centro-sul do Estado do Rio de Janeiro; e do centro até o início da porção sul do Estado de São Paulo. Tal como as informações aparecem na Figura 2, aparentemente há um padrão espacial de infectados pela dengue nos respectivos municípios.

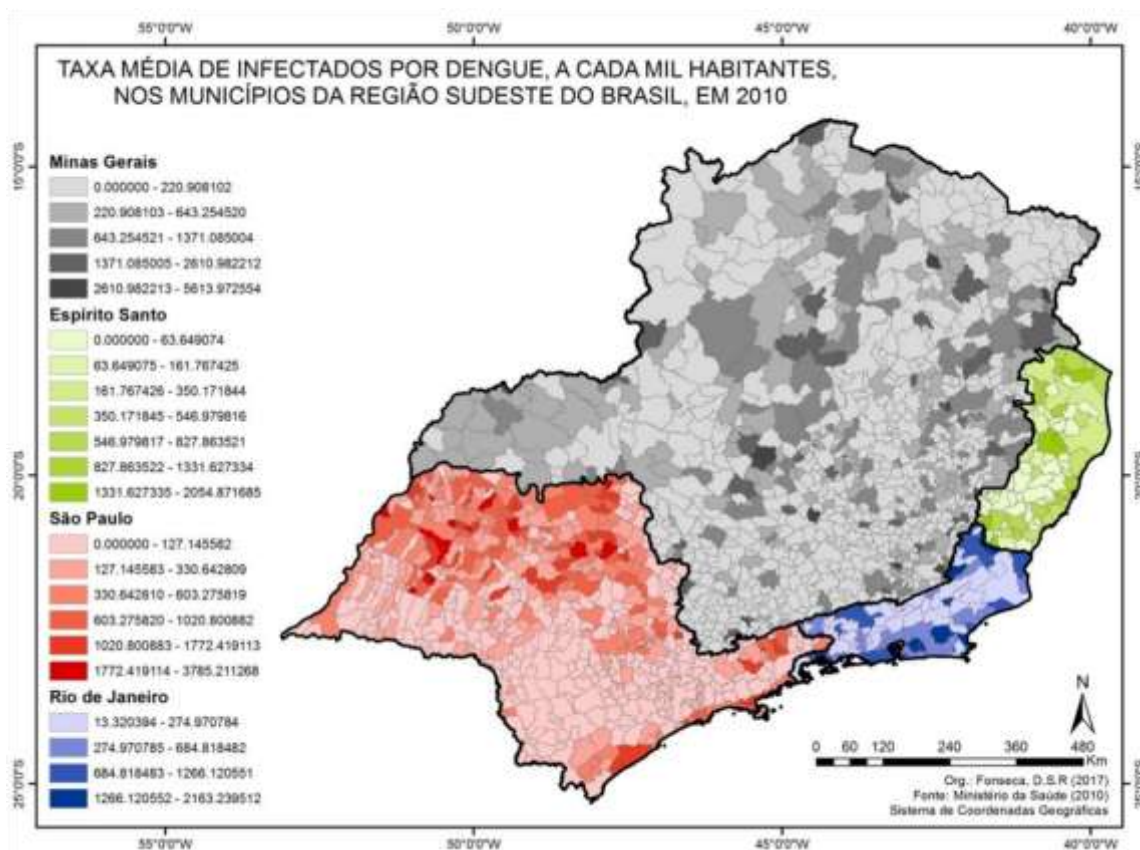


Figura 2. Taxa de infectados por dengue (2010) nos municípios dos Estados da região Sudeste do Brasil.

O teste de hipóteses empregado mostra diferenças significativas ($p < 0,01$), entre as médias de infectados por dengue em algumas das unidades federativas do Sudeste do Brasil, tal como pode ser visto na Tabela 1. Os valores evidenciam que o número de pessoas infectadas por dengue nos Estados não tem relação direta com o tamanho da unidade federativa, tendo em vista que o Estado de Minas Gerais, aquele com maior número de municípios, apresentou a menor incidência de dengue. E, de forma similar, o Rio de Janeiro, um dos estados com menor número de municípios, apresentou a maior incidência. Os respectivos coeficientes de variação mostram alta dispersão dos valores (MARTINS, 2010). Contudo, as taxas de infestação ocorrem de forma mais homogênea nos municípios do Rio de Janeiro, quando comparadas ao Estado de Minas, onde há maior heterogeneidade.

Tabela 1

Incidência Média de infectados por dengue e seus respectivos coeficientes de variação, por unidades Federativas da região Sudeste do Brasil, 2010.

Unidade Federativa	Incidência Média da Dengue	Coefficiente de Variação (%)
Rio de Janeiro	280.198 a	98,69
São Paulo	204.087 ab	120,16
Espírito Santo	183.949 b	125,58
Minas Gerais	159.386 b	144,03

Fonte: Ministério da Saúde (2010).

Nota: as médias seguidas por letras idênticas não diferem entre si pelo teste de *Tukey* a 1% de significância.

Barbosa; Lourenço (2010), em pesquisa realizada no município de Tupã, Estado de São Paulo, também mostraram existir um padrão heterogêneo na distribuição de enfermos por dengue em seu local de pesquisa. Tais autores acharam ainda uma correlação significativa entre a intensidade de ocorrência larvária (*Aedes aegypti*) e casos de dengue. Essas informações indicam existir fatores muito intrínsecos a cada local para ocorrência de zonas críticas de propagação da doença, o que torna a análise dos fatores envolvidos, sendo eles biológicos ou socioambientais, demasiadamente complexos.

Conforme as informações disponíveis para realização deste trabalho, em Minas Gerais os municípios que apresentaram as maiores taxas de incidência da dengue no período analisado foram: Passos (5.614); Rio Novo (4.703); e Martins Soares (4.703). Cento e vinte e cinco (125) municípios, num universo de 853, apresentaram incidência igual à zero. Os municípios mineiros com as maiores taxas de dengue, valores discrepantes, estão inseridos na região centro-sul do Estado, sendo essa, a de maior ocorrência de precipitação (VIOLA et al., 2010).

Entre os capixabas, os municípios que apresentaram as taxas mais elevadas de dengue foram: Colatina (2.055); Pinheiros (1.845); e Marilândia (1.723). Os três com menor incidência, entre os 78, foram: Divino de São Lourenço (0,0); Brejetuba (8,4); e Irupi (8,4). Os locais com maior incidência de dengue, tais como: Colatina e Marilândia, localizados no centro do Estado, e Pinheiros, posicionado ao norte do Estado, estão em regiões de ocorrência dos maiores índices de evapotranspiração e pluviosidade do Espírito Santo (CASTRO et al., 2010).

Dos municípios cariocas, os que apresentaram as taxas de incidência da dengue mais elevadas foram: Cordeiro (2.163); Bom Jesus do Itabapoana (2.154); e Tanguá (2.154). Aqueles com menor incidência, do total de 92, foram: Rio Claro (13,3); Teresópolis (14,7); e Sumidouro (20,0). Nos locais com as maiores taxas de dengue, entre eles: Cordeiro, localizado no centro do Estado, Bom Jesus do Itabapoana, no extremo norte, e Tanguá, ao sul - estão posicionados nas

faixas de isoietas com elevados índices de chuva no Rio de Janeiro, principalmente no verão (SILVA; DERECZYNSKI, 2014).

Os municípios paulistas que apresentaram taxas mais elevadas da dengue foram: Nova Castilho (3.785); Potim (3.178); e Ribeirão Preto (3.149). Trinta e um (31) municípios, num universo de 645, apresentaram incidência igual à zero. Os municípios do Estado de São Paulo que apresentam a maior ocorrência da doença estudada estão distribuídos espacialmente nas isoietas com os mais elevados índices pluviométricos da região paulista (CARVALHO et al., 2012).

A maior incidência da dengue poderia estar obedecendo a um padrão sazonal muito atrelado aos índices pluviométricos do período de análise (SANTOS; MARÇAL JÚNIOR, 2004; VIEIRA; LIMA, 2006). Nesse sentido, nas pesquisas, é imprescindível a manipulação de amostras com maior amplitude de tempo e locais a fim de se promover observações mais concisas a respeito dos surtos e áreas de risco.

A realização da análise de componentes principais como modelo para análise exploratória dos dados mostrou que para o Estado de Minas Gerais, as variáveis: incidência da dengue (54,64%), IDHM (17,93%), e população urbana (13,91%) - representaram 86,49% da variação dos indivíduos testados. Os dados relativos ao Estado do Espírito Santo mostraram que as variáveis: incidência da dengue (57,53%) e IDHM (17,64%) - representam 75,17% da variação dos indivíduos testados. Para o Estado de São Paulo, as variáveis: incidência da dengue (40%), IDHM (21,31%), população urbana (18,06%) e renda per capita (13,84%) - representam 93,23% da variação dos indivíduos testados. E, para o Estado do Rio de Janeiro, as variáveis: incidência da dengue (51,79%), IDHM (17,94%), população urbana (13,10%) - representam 82,83% da variação dos indivíduos testados.

Em busca de aprofundar o entendimento do padrão de distribuição da dengue na região analisada e, dessa forma, apontar as áreas mais propícias à ocorrência de surtos da doença, realizou-se correlações entre taxas de incidência da dengue com as variáveis socioeconômicas do trabalho, tal como se observa na Tabela 2.

Tabela 2

Correlação entre incidência da dengue com as variáveis selecionadas, por unidades federativas, região Sudeste do Brasil, 2010.

Unidade Federativa	IDHM	População urbana	Renda <i>per capita</i>	Esperança de vida ao nascer	PEA > que 18 anos
Rio de Janeiro	0.343	0.081	0.222	0.166	-0.061
	0.000	0.440	0.033	0.113	0.562
São Paulo	0.180	0.189	0.047	0.103	-0.32
	0.000	0.000	0.228	0.009	0.408
Espírito Santo	0.137	0.309	0.022	0.101	0.177
	0.230	0.005	0.844	0.378	0.120
Minas Gerais	0.126	0.244	0.124	0.070	0.179
	0.000	0.000	0.000	0.041	0.000

Fonte: IBGE (2010) e MS (2010).

Nota: Os valores mostrados nas colunas referem-se respectivamente ao coeficiente de correlação de *Pearson* (r) e ao nível de significância (valor p) da correlação.

Para o Estado de Minas Gerais existe associação entre as taxas de infectados por dengue e: IDHM; percentual de população urbana; renda per capita; esperança de vida ao nascer; e população economicamente ativa maior de 18 anos. No entanto, os resultados dos coeficientes de correlação de Parson (r) indicam baixo grau de linearidade positiva. Esse grau é mais elevado (0,24) entre a taxa de incidência de dengue e o grau de urbanização; ou seja, áreas mais urbanizadas estão associadas à maior ocorrência da doença.

No Espírito Santo, houve correlação significativa apenas entre a incidência da dengue e o percentual de população urbana, sendo essa associação linear positiva. Todavia, o coeficiente de correlação (0,31) apresenta grau de associação estatística relativamente baixa entre as variáveis.

No Estado do Rio de Janeiro houve correlação linear positiva entre as variáveis dengue e IDHM; e entre dengue e renda per capita. Mas, nas duas associações, o coeficiente é relativamente baixo.

Em São Paulo o teste de correlação mostra associação entre as taxas da dengue e: IDHM; percentual de população urbana; e esperança de vida ao nascer. Contudo, seguindo a linha dos coeficientes de correlação das outras unidades federativas, também existe pouca associação entre as variáveis.

O uso do IDHM, da renda per capita e da esperança de vida ao nascer nas correlações, pode parecer redundante a princípio. No entanto, conforme os resultados mostrados, quando

houve associação das taxas de incidência de dengue com o IDHM, não necessariamente houve com as outras variáveis anteriormente citadas, as quais estão inseridas no IDHM (FJP, 2013).

Os resultados obtidos mostram ainda uma correlação linear positiva entre a taxa de incidência de dengue e IDHM nos Estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, quando o esperado seria a correlação negativa, porque quanto maior a incidência da dengue, teoricamente, as condições de vida deveriam ser mais precárias.

O índice IDHM é calculado conforme o acesso ao conhecimento, o direito à vida longa e saudável e a um padrão de existência digno da população (LANA et al., 2009; FISHER et al., 2010). Trata-se, portanto, de uma generalização que busca medir o nível de sucesso atingido por uma sociedade no atendimento às necessidades básicas e universais do ser humano. A correlação positiva entre as variáveis talvez se deva ao fato de, em municípios mais desenvolvidos, geralmente há maior densidade demográfica, e a aglomeração da população pode favorecer a proliferação de focos do mosquito transmissor. Essa mesma explicação pode ser aplicada às correlações positivas observadas entre a incidência de dengue e, às variáveis: renda per capita e esperança de vida ao nascer.

Certas pesquisas apontam para a relação entre a maior aglomeração populacional urbana e a maior incidência da dengue e seu vetor (SANTOS; MARÇAL JÚNIOR, 2004; FONSECA; BRAZ, 2010; BRAZ et al., 2013). Dessa forma, a análise de correlação realizada entre as variáveis: população economicamente ativa, população urbana, e a dengue - foram necessárias para verificar a relação entre a ocorrência de grandes centros urbanos, com seus aglomerados populacionais e áreas de maior atividade produtiva -, com a incidência da doença em análise. Nos dados referentes a Minas Gerais, por exemplo, há correlação significativa ($p < 0.01$) entre dengue e população urbana, e entre dengue e população economicamente ativa; o que comprova tal relação apontada pela literatura. Mas, esta última correlação pode ser averiguada apenas em Minas Gerais.

Em conformidade com os resultados da análise de correlação deste trabalho, outras pesquisas esclarecem que a dengue é uma doença predominantemente urbana, padrão que é notado em todo o Sul da América (SAWYER; LEITE, 2002; MORENO; BARATA, 2012), mas, na África, também é verificada de forma significativa no meio silvestre (RATMANOV et al., 2013). Enquanto no entorno das cidades o hospedeiro principal do vírus são as pessoas, as quais contaminam os mosquitos disseminadores dessa epidemia; no meio silvestre os principais hospedeiros são macacos, que são potencialmente a fonte de contaminação para si e para humanos, tendo como intermediário principal o mosquito *Aedes aegypti*. Este vetor, conforme a

literatura (NEVES, 2005), veio do continente africano para o restante das áreas tropicais do planeta, trazido por meio dos navios negreiros com o tráfico de escravos humanos.

Onde há enfermos com dengue há relação associativa com a ocorrência do vetor de transmissão, o mosquito *Aedes aegypti* (BARBOSA; LOURENÇO, 2010). Sendo assim, os locais que apresentam altas taxas de incidência de adoentados por dengue, tais como os mostrados, estão mais sujeitos à ocorrência de outras doenças transmitidas pelo mesmo inseto, entre elas: a febre amarela (JENTES et al., 2011), a febre chikungunya (CHAVES et al., 2012) e o zika vírus (CAMPOS et al., 2015).

O emprego do índice de similaridade por vizinhança para cada Estado apresentou resultados significativos ($p < 0,01$), com Índice Global de Moran igual a 0,502 - conforme é mostrado no Mapa 2. No Estado de Minas Gerais foram observados vinte (20) municípios enquadrados na classe “Muito alta” semelhança por vizinhança; e nove (9) na classe “Alta” semelhança. No Estado de São Paulo foram observados oitenta e quatro (84) municípios enquadrados na classe “Muito alta” semelhança por vizinhança; seis (6) na classe “Alta”; sete (7) na classe

“Baixa”; e noventa e cinco (95) na classe “Muito baixa” semelhança por vizinhança. No Estado do Espírito Santo foram observados três (3) municípios enquadrados na classe “Muito alta” semelhança por vizinhança. No Estado do Rio de Janeiro foram observados dois (2) municípios enquadrados na classe “Muito alta” semelhança por vizinhança. Portanto, as zonas críticas para ocorrência dos surtos de infectados por dengue são aquelas de clusters de cor preta e, em menor grau, as apresentadas de cor vermelha, as quais apresentaram maior interação entre si.

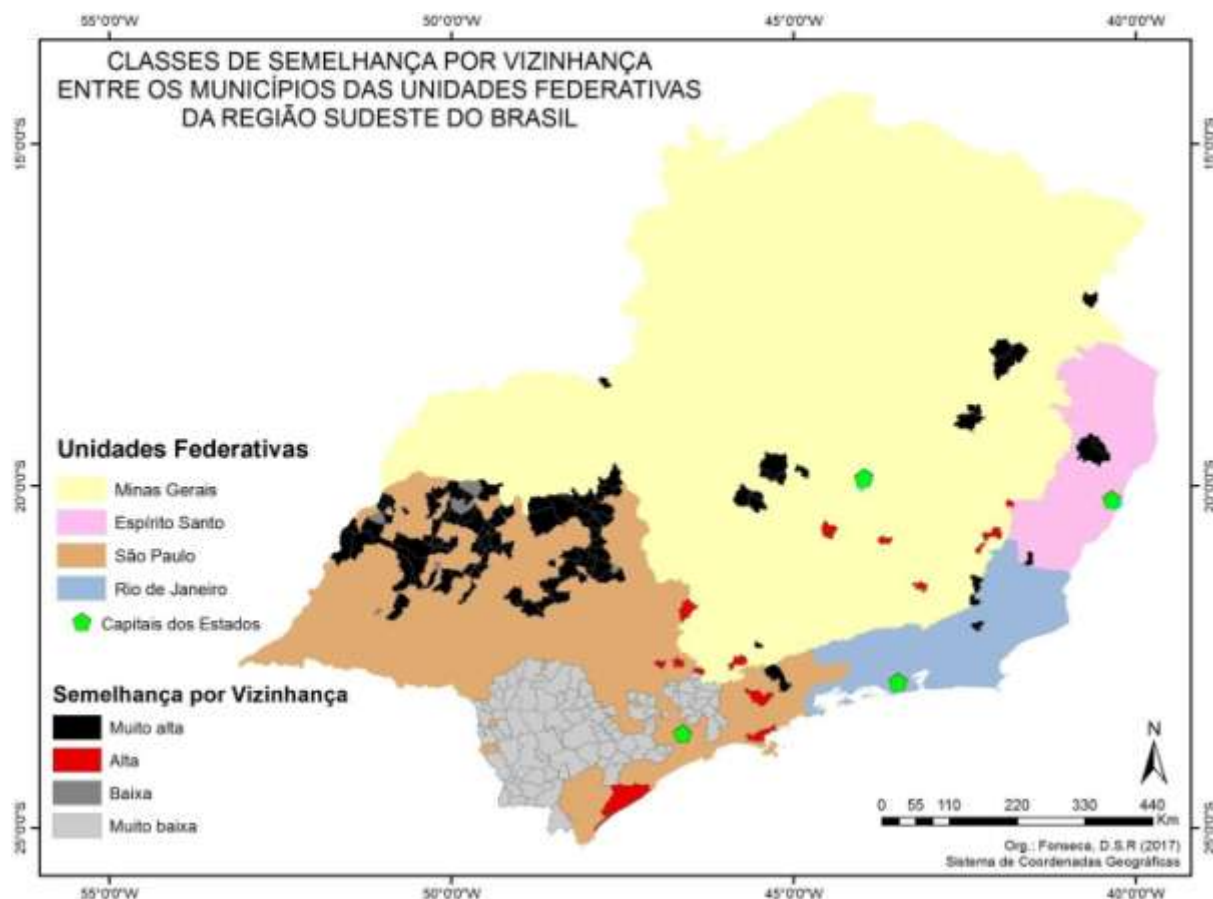


Figura 3. Classes de semelhança por vizinhança, conforme o Índice de Moran, nos municípios com casos notificados de pessoas infectadas por dengue (2010) da região Sudeste do Brasil.

Nos clusters gerados não houve, aparentemente, relação entre a semelhança espacial de infectados por dengue e a proximidade com as capitais dos Estados. Após a geração desses clusters, foi realizada novamente a análise de correlação com todas as variáveis do trabalho, todavia agora, estritamente nos municípios que apresentaram semelhanças por vizinhança nas taxas de infectados por dengue -, os resultados foram muito similares àqueles já observados. As semelhanças espaciais na incidência das taxas de dengue podem estar relacionadas conjuntamente a fatores ambientais, os quais fogem dos objetivos deste trabalho, mas, a partir de tal hipótese, é aberta uma nova possibilidade para pesquisas.

Pode-se afirmar com base nos resultados obtidos que onde se verificou a maior taxa de urbanização associada à ocorrência da dengue (Minas Gerais, São Paulo e Espírito Santo) e essa relação concomitante a renda per capita (Rio de Janeiro e Minas Gerais) - o número de casos de enfermos poderia estar ligado a um processo chamado “deseconomia” (RALFO, 1995), quando os níveis de desenvolvimento atingem um ápice local e, posteriormente, há um processo de aumento da complexidade dos problemas urbanos, com a desconcentração de certas metrópoles e

fluxo de pessoas para cidades secundárias. Estas cidades, em vários casos, não estão capacitadas para o aumento do movimento migratório e, com isso, ocorre maior propagação de doenças (BIRABEN, 1984).

No caso da epidemia em foco neste trabalho, a contaminação de pessoas saudáveis em áreas distintas pode ocorrer com o hospedeiro humano contaminado, o qual passa o vírus para o mosquito ao ser picado, ou ainda, pelo transporte passivo do vetor, o mosquito *Aedes aegypti*, grudado no corpo das pessoas que migram (SANTOS; MARÇAL JÚNIOR, 2004). Tal como foi observado na Figura 3, sobretudo em São Paulo e Minas Gerais, onde há regiões “polinucleadas” (LOBO; MATOS, 2011) de ocorrência da dengue, as taxas dessa doença poderiam funcionar como bioindicadoras para um processo de “espraiamento” (AZZONI, 1986) econômico do fluxo de capital e pessoas?

4- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A unidade federativa do Sudeste que apresentou a maior taxa média de incidência de dengue foi o Rio de Janeiro (média 280.198), seguida por São Paulo (média 204.087). Minas Gerais (média 159.386) foi o Estado com a menor incidência, seguido pelo Espírito Santo (média 183.949).

Houve correlação entre dengue e IDHM nas seguintes unidades federativas: Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. Entre dengue e percentual de população urbana: em Minas Gerais, Espírito Santo e São Paulo. Entre dengue e renda per capita: em Minas e no Rio de Janeiro. Entre dengue e esperança de vida ao nascer: em Minas e São Paulo. A associação entre dengue e população economicamente ativa foi verificada somente no Estado de Minas Gerais.

A análise espacial por semelhança de vizinhança com as taxas de dengue mostrou clusters localizados de forma heterogênea para o Estado de Minas Gerais, no entanto, houve maior homogeneidade em São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, são essas as áreas críticas, com maior prevalência de enfermos. Essa maior dispersão nos dados foi verificada também no coeficiente de variação dessas mesmas taxas para Minas Gerais (144,03%), o que pode estar condicionado a outros fatores passíveis de correlação com a incidência da dengue, tais como aqueles de ordem ambiental, os quais fogem aos objetivos deste trabalho, mas cria possibilidades para novas pesquisas.

Os resultados da análise de componentes principais e das correlações, especialmente referente àquilo que foi verificado entre: incidência da dengue e IDHM, dengue e renda per capita

- mostraram não existir relação direta entre o nível de desenvolvimento das sociedades e a inibição de desordens epidemiológicas coletivas. Tem ocorrido, tal como mostrado, o contrário, quanto maior o nível de desenvolvimento, maior é a possibilidade da ocorrência de dengue e, menor tem sido a capacidade de tais sociedades em conter tal distúrbio da saúde coletiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZZONI, C. Indústria e reversão da polarização no Brasil. *Ensaio Econômico*, São Paulo, IPE/USP, n. 58, 1986.

ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association-LISA. *Geographical Analysis*, v. 27, n.2, p. 93-115, 1995.

AYRES, M. BioEstat. Versão 5.0. Soc. Civ. Mamirauá, MCT – CNPq. Belém: 2007, 290p.

BARBOSA, G. L.; LOURENÇO, R. W. Análise da distribuição espaço-temporal de dengue e da infestação larvária no município de Tupã, Estado de São Paulo. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, v. 43, n. 2, p. 145-151, 2010.

BIRABEN, Jean-Nöel. Epidemias na História da População. In: MARCÍLIO, Maria L. (org.) *População e Sociedade*. Petrópolis: Vozes, 1984, p. 111-131.

BRAZ, C. K. R.; FONSECA, D. S. R.; AMARAL, V.B.; MIRANDA, W. A. Teste da correlação entre hipsometria e índices de ocorrência do mosquito *Aedes aegypti* na cidade de Montes Claros-MG com dados dos anos 2009 e 2010. *Caminhos de Geografia*, v. 14, n. 47, p. 199-207, 2013.

CAMPOS, G. S; BANDEIRA, A. C.; SARDI, S. I. Zika virus outbreak, Bahia, Brazil. *Emerging Infectious Diseases*, v. 21 n. 10, p. 1885–1886, 2015.

CAMPOS, M.B.; MACEDO, D. R. Agrupamentos de emigração internacional no Brasil: o papel das redes sociais na formação dos espaços de emigração. *GEOGRAFIA*, v. 39, n. 2, p. 257-272, 2014.

CARVALHO, L. E. et al. Regressão Linear Geograficamente Ponderada em ambiente SIG. *Transportes*, v. 14, n. 2, p. 18-26, 2006.

CARVALHO, J. R. P; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. Interpoladores geoestatísticos na análise da distribuição espacial da precipitação anual e de sua relação com altitude. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 9, p. 1235-1242, 2012.

CASTRO, F. S; PEZZOPANE, J. E. M; CECILIO, R. A; PEZZOPANE, J. R. M; XAVIER, A. C. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 8, p. 871–880, 2010.

CHAVES, T. S. S; PELLINI, A. C. G; MASCHERETTI, M; JAHNEL, M. T; RIBEIRO, A. F; RODRIGUES, S. G; VASCONCELOS, P. F. C.; BOULOS, M. Travelers as sentinels for Chikungunya Fever, Brazil. *Emerging Infectious Diseases*, v. 18, n. 3, p. 529-530, 2012.

FONSECA, D. S. R.; BRAZ, C. K. R. Investigação epidemiológica da distribuição geográfica do *Aedes aegypti* na cidade de Montes Claros (MG) com uso de geotecnologias. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 62, n. 3, p. 489-503, 2010.

FJP, FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Atlas do Desenvolvimento Humano – 2013. Disponível em: <http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/produtos-e-servicos1/2610-indice-dedesenvolvimento-humano-idh-2>. Acessado em 29 ago. de 2017.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Resultados: censo 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>>. Acessado em 30 ago. de 2017.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Bases e referenciais. Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/basescartograficas/malhas-digitais.html>>. Acessado em 30 ago. de 2017.

IPEA, INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS APLICADAS. Secretaria de Assuntos Estratégicos. IPEAGEO: Bases. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/ipeageo/bases.html>>. Acessado em: 30 ago. de 2017.

JENTES, E. S.; POUMEROL, G.; GERSHMAN, M. D.; HILL, D. R.; LEMARCHAND, J.; LEWIS, R. F.; STAPLES, J. E.; TOMORI, O.; SMITH, A. W.; MONATH, T. P. The revised global yellow fever risk map and recommendations for vaccination, 2010: consensus of the Informal WHO Working Group on Geographic Risk for Yellow Fever. *The Lancet*, v. 11, p. 622-632, 2011.

LANA, F. C. F; DAVI, R. F. L; LANZA, F. M.; AMARAL, E. P. Detecção da hanseníase e Índice de Desenvolvimento Humano dos municípios de Minas Gerais, Brasil. *Revista Eletrônica de Enfermagem*, v. 11, n. 3, p. 539-544, 2009.

LOBO, C.; MATOS, R. Migrações e a dispersão espacial da população nas Regiões de Influência das principais metrópoles brasileiras. *Revista Brasileira de Estudos Populacionais*, v. 28, n. 1, p. 81-101, 2011.

MATOS, R. Questões teóricas acerca dos processos de concentração e desconcentração da população no espaço. *Revista Brasileira de Estudos Populacionais*, v. 12, n. 2, p. 35-58, 1995.

MARTINS, G. A. Estatística geral e aplicada. São Paulo: Atlas, 2010.

MS, MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portal da Saúde. Acesso à Informação. Taxa de incidência de dengue, período 2010-2011. Disponível: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/acesso-a-informacao>>. Acessado em: 30 jan. de 2016.

MORENO, E. S.; BARATA, R. C. B. Methodology for definition of yellow fever priority areas, based on environmental variables and multiple correspondence analyses. *PLoS Biology*, v. 6, n. 7, p. 1-7, 2012.

NEVES, D. P. Parasitologia humana. São Paulo: Atheneu, 2005.

PESSANHA, J. E. M; CAIAFFA, W. T; CÉSAR, C. C.; PROIETTI, F. A. Avaliação do Plano Nacional de Controle da Dengue. *Caderno de Saúde Pública*, v. 25, n. 7, p. 1637-1641, 2009.

PIETRI, D. E.; GARCÍA, S.; RICO, O. Modelos geo-espaciales para la vigilancia local de la salud. *Revista Panamericana de Salud Pública*, v. 23, n. 3, p. 394-402, 2008.

RATMANOV, P.; MEDIANNIKOV, O.; RAOULT, D. Vector borne diseases in West Africa: geographic distribution and geospatial characteristics. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, v. 107, p. 273-284, 2013.

REGIS, L.; SOUZA, W. V.; FURTADO, A. F.; FONSECA, C. D.; SILVEIRA JÚNIOR, J. C.; RIBEIRO JÚNIOR, P. J.; SANTOS, M. A. V. M.; CARVALHO, M. S.; MONTEIRO, A. M. V. An entomological surveillance system based on open spatial information for participative dengue control. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 81, n. 4, p. 655-662, 2009.

SANTOS, A.; MARÇAL JÚNIOR, O. Geografia do dengue em Uberlândia (MG) na epidemia de 1999. *Caminhos de Geografia*, v. 3, n. 11, p. 35-52, 2004.

SAWYER, D. O.; LEITE, I. C.; ALEXANDRINO, R. A. Perfis de utilização de serviços de saúde no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 7, n. 4, p. 757-776, 2002.

SILVA, W. L.; DEREZYNSKI, C. P. Caracterização climatológica e tendências observadas em extremos climáticos no Estado do Rio de Janeiro. *Anuário do Instituto de Geociências: UFRJ*, v. 37, n. 2, p. 123-138, 2014.

VIOLA, M. R; MELLO, C. R; PINTO, D. B. F.; ÁVILA, L. F. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 14, n. 9, p. 970-978, 2010.