



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



sid.inpe.br/mtc-m21d/2021/12.09.20.15-TDI

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA LEPTOSPIROSE:
FATORES AMBIENTAIS E SOCIODEMOGRÁFICOS EM
DOIS MUNICÍPIOS DO BAIXO TOCANTINS NO PARÁ,
BRASIL**

Raíssa Caroline dos Santos Teixeira

Dissertação de Mestrado do
Curso de Pós-Graduação em
Sensoriamento Remoto, orientada
pelos Drs. Milton Kampel, e
Ricardo José de Paula Souza e
Guimarães, aprovada em 17 de
dezembro de 2021.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/45U95P2>>

INPE
São José dos Campos
2021

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Coordenação de Ensino, Pesquisa e Extensão (COEPE)
Divisão de Biblioteca (DIBIB)
CEP 12.227-010
São José dos Campos - SP - Brasil
Tel.:(012) 3208-6923/7348
E-mail: pubtc@inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE - CEPPII (PORTARIA Nº 176/2018/SEI-INPE):

Presidente:

Dra. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Coordenação-Geral de Ciências da Terra (CGCT)

Membros:

Dra. Ieda Del Arco Sanches - Conselho de Pós-Graduação (CPG)
Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação-Geral de Engenharia, Tecnologia e Ciência Espaciais (CGCE)
Dr. Rafael Duarte Coelho dos Santos - Coordenação-Geral de Infraestrutura e Pesquisas Aplicadas (CGIP)
Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon
Clayton Martins Pereira - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)
André Luis Dias Fernandes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Ivone Martins - Divisão de Biblioteca (DIBIB)
André Luis Dias Fernandes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



sid.inpe.br/mtc-m21d/2021/12.09.20.15-TDI

**ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA LEPTOSPIROSE:
FATORES AMBIENTAIS E SOCIODEMOGRÁFICOS EM
DOIS MUNICÍPIOS DO BAIXO TOCANTINS NO PARÁ,
BRASIL**

Raíssa Caroline dos Santos Teixeira

Dissertação de Mestrado do
Curso de Pós-Graduação em
Sensoriamento Remoto, orientada
pelos Drs. Milton Kampel, e
Ricardo José de Paula Souza e
Guimarães, aprovada em 17 de
dezembro de 2021.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/45U95P2>>

INPE
São José dos Campos
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Teixeira, Raíssa Caroline dos Santos.

T235a Análise espaço-temporal da leptospirose: fatores ambientais e sociodemográficos em dois municípios do baixo Tocantins no Pará, Brasil / Raíssa Caroline dos Santos Teixeira. – São José dos Campos : INPE, 2021.

xxii + 88 p. ; (sid.inpe.br/mtc-m21d/2021/12.09.20.15-TDI)

Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2021.

Orientadores : Drs. Milton Kampel, e Ricardo José de Paula Souza e Guimarães.

1. Saúde pública. 2. Epidemiologia espacial. 3. Leptospirose. 4. Geoprocessamento. 5. Sensoriamento Remoto. I.Título.

CDU 528.8:616.99(811.5)



Esta obra foi licenciada sob uma Licença [Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/).

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

Serviço de Pós-Graduação - SEPGR

**DEFESA FINAL DE DISSERTAÇÃO DE RAÍSSA CAROLINE DOS SANTOS TEIXEIRA
BANCA Nº 320/2021, REG 97823/2019**

No dia 17 de dezembro de 2021, às 14h00min, por teleconferência, o(a) aluno(a) mencionado(a) acima defendeu seu trabalho final (apresentação oral seguida de arguição) perante uma Banca Examinadora, cujos membros estão listados abaixo. O(A) aluno(a) foi APROVADO(A) pela Banca Examinadora, por unanimidade, em cumprimento ao requisito exigido para obtenção do Título de Mestra em Sensoriamento Remoto. O trabalho precisa da incorporação das correções sugeridas pela Banca e revisão final pelo(s) orientador (es).

Título: "Análise espaço-temporal da Lepstospirose: fatores ambientais e sociodemográficos em dois municípios do Baixo Tocantins no Pará, Brasil"

Membros da Banca:

Dra. Silvana Amaral Kampel - Presidente - INPE

Dr. Milton Kampel - Orientador - INPE

Dr. Ricardo José de Paula Souza e Guimarães - Orientador IEC/LabGeo

Dr. Antonio Miguel Vieira Monteiro - Membro Interno - INPE

Dra. Helen da Costa Gurgel - Membro Externo - UnB/GEA

Dr. Philipe Riskalla Leal - Membro Externo - ONWARD Network/GCRF-UKRI



Documento assinado eletronicamente por **Milton Kampel, Pesquisador**, em 20/12/2021, às 12:41 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Philipe Riskalla Leal (E), Usuário Externo**, em 20/12/2021, às 13:50 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Helen da costa gurgel (E), Usuário Externo**, em 20/12/2021, às 14:45 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Silvana Amaral Kampel, Pesquisadora**, em 20/12/2021, às 18:01 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Antonio Miguel Vieira Monteiro, Pesquisador**, em 21/12/2021, às 16:12 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **RICARDO JOSÉ DE PAULA SOUZA E GUIMARÃES (E)**, **Usuário Externo**, em 28/12/2021, às 09:19 (horário oficial de Brasília), com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <http://sei.mctic.gov.br/verifica.html>, informando o código verificador **8771814** e o código CRC **42BDB680**.

Referência: Processo nº 01340.008735/2021-26

SEI nº 8771814

*“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo.
Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas
admiráveis”.*

José de Alencar

A todos os pesquisadores e pós-graduandos que, mesmo com tantas barreiras e falta de incentivos, continuam acreditando na ciência e no poder transformador da educação e do conhecimento científico.

E a todos que sofreram com a pandemia de COVID-19, seja com perdas de pessoas queridas, seja com a doença em si ou com todas as consequências que esta situação nos trouxe. Em especial, solidarizo-me com todos aqueles que sofreram e sofrem com a atual crise de saúde mental. Isso vai passar.

AGRADECIMENTOS

Nessa trajetória até aqui, carrego um sentimento imenso de gratidão a tantas pessoas, momentos e oportunidades. Agradeço à minha família, em especial meus pais Silvio e Luciana, e meus irmãos Renan e Rebeca por todo o amor, suporte, apoio e incentivo em todos os momentos da minha vida. Ao meu companheiro, Tiago, por todo amor, parceria e compreensão que teve ao chegar em um momento tão delicado e apreensivo na minha vida. Obrigada por abraçar comigo a minha pesquisa e me incentivar em todos os momentos. Vocês me ajudaram a ser forte e acreditaram sempre no meu potencial, que muitas vezes nem eu mesma enxergava. Agradeço a Deus e às forças desse universo que me fortalecem na minha fé, sendo fonte de esperança e força em tantos momentos.

Minha eterna gratidão a todos os professores e orientadores que tive ao longo da minha vida escolar e acadêmica. Agradeço especialmente aos meus orientadores no mestrado, Milton e Ricardo, por todo o apoio, incentivo e compreensão ao longo desse caminho. Obrigada por acreditarem em mim. A todos os professores e pesquisadores do INPE que tive o privilégio de compartilhar a sala de aula e sempre foram fontes de inspiração, e a todos os servidores, alunos e terceirizados. Cada um contribuiu de alguma forma para não apenas a minha formação, mas a de todos os que passam por esse Instituto. Joseense que sou, sinto muito orgulho e gratidão a todos que construíram e seguem construindo essa história gigante do INPE na região, que agora felizmente também faz parte da minha trajetória.

Um agradecimento especial à toda a turma PG-SER 2019, à ABPG, a todos do MOceanS e outros tantos colegas que tive o privilégio de conhecer e ser presenteada com amizades tão incríveis. Agradeço por todo o apoio, auxílio nos estudos e nas pesquisas, conversas, aulas, incentivo, muitos cafés construtivos e terapias em grupo. Sem vocês tudo seria muito mais difícil. Obrigada por serem maravilhosos assim! E como sempre soube que ninguém consegue ir longe sozinho, agradeço a todos aqueles que contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, especialmente ao Philippe por toda disponibilidade em ajudar com os processos, códigos de programação e tantas dúvidas que surgiam. Obrigada por toda a compreensão e incentivo para que eu conseguisse chegar até aqui. Aos familiares e amigos que me acompanharam vivendo esse ciclo super importante e transformador da minha vida, e também àquelas pessoas que passaram e deixaram sua marca de alguma forma na minha trajetória. Agradeço o apoio, parceria e compreensão nos momentos em que não pude me fazer tão presente.

Por fim, gostaria de expressar minha eterna gratidão ao INPE, em especial à Divisão de Observação da Terra e Geoinformática por proporcionar toda infraestrutura e ótimas oportunidades de aprendizado e compartilhamento de conhecimento. À Secretaria de Estado de Saúde do Pará (SESPA) e ao Instituto Evandro Chagas (IEC) pelo fornecimento dos dados epidemiológicos utilizados neste estudo. Agradeço também às agências de fomento pelo apoio financeiro. Este estudo foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - Código 001;

e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), aos quais agradeço.

RESUMO

As doenças de veiculação hídrica estão presentes em todo o mundo e geralmente no Brasil são associadas a baixas condições socioeconômicas e de saneamento. O uso de dados ambientais detectáveis por sensoriamento remoto aliado a técnicas de geoprocessamento vem crescendo principalmente na área da epidemiologia espacial. A leptospirose é uma doença infecciosa que ainda apresenta desafios para seu controle, uma preocupação de saúde em países em desenvolvimento com infraestrutura sanitária deficiente, baixas condições socioeconômicas e acesso limitado à água limpa. Para melhor compreender os principais fatores associados à transmissão da leptospirose em uma região endêmica, este estudo aplicou técnicas estatísticas e de geoprocessamento em dois municípios do estado do Pará, Brasil - Abaetetuba e Barcarena - de 2007 a 2019. Os dados epidemiológicos foram extraídos do Sistema de Informações de Agravos de Notificação (SINAN). Os dados sociodemográficos e divisões geopolíticas foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados ambientais foram adquiridos por meio do Google Earth Engine e são de três fontes principais: *NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*; *Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA)* e *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)*. As variáveis incluíram escoamento superficial, temperatura do solo e do ar e volume de água do solo, e foram pré-processadas tanto no tempo, em média diária, quanto no domínio espacial, como a média em uma área circular com raio de 10km em torno de cada caso georreferenciado. Um total de 56 casos positivos de leptospirose foram estudados, sendo 51 georreferenciados. A análise descritiva caracterizou o perfil socioepidemiológico dos infectados pela leptospirose e as análises espaciais mostraram o comportamento da doença no espaço. As associações entre a incidência de leptospirose e fatores ambientais e sociodemográficos foram analisadas por meio de um modelo de regressão linear generalizado. Os resultados evidenciaram diferentes tendências anuais dos casos confirmados nos municípios, e um padrão ondulatório interanual com periodicidade aproximada de 4 anos. Os resultados indicaram áreas de risco principalmente nas áreas urbanas e uma autocorrelação espacial positiva com um Índice de Moran de 0,372. A caracterização socioepidemiológica mostrou que homens autodeclarados pardos de 30 a 59 anos foram os mais afetados. O diagnóstico laboratorial (62,50%) e internação (79,25%) confirmaram a alta necessidade de atendimento hospitalar. Locais com sinais de roedores (71%), enchentes (57,14%) e lixo (48,21%) foram os fatores ambientais mais correlacionados à doença. Dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento foram essenciais para identificar áreas de risco. A regressão estatística evidenciou a declividade e o lixo como as variáveis mais relacionadas. Este estudo reforça a importância da integração dos dados de sensoriamento remoto aos estudos epidemiológicos, e dos investimentos em saneamento e infraestrutura para prevenir surtos de doenças, especialmente as de veiculação

hídrica. Estudos como este podem ser utilizados para apoio às tomadas de decisão na área da saúde e na distribuição de recursos.

Palavras-chave: Saúde pública. Epidemiologia espacial. Leptospirose. Geoprocessamento. Sensoriamento Remoto.

SPACE-TEMPORAL ANALYSIS OF LEPTOSPIROSIS: ENVIRONMENTAL AND SOCIO-DEMOGRAPHIC FACTORS IN TWO MUNICIPALITIES OF BAIXO TOCANTINS IN PARÁ, BRAZIL

ABSTRACT

Waterborne diseases are present all over the world and are generally associated in Brazil with poor socioeconomic and sanitation conditions. The use of environmental remote sensing data combined with geoprocessing techniques has been growing especially in the spatial epidemiology. Leptospirosis is an infectious disease that still poses big challenges to its control; a health concern mainly in developing countries with deficient sanitary infrastructure, critical socioeconomic conditions and limited clear water accessibility. In an effort to better understand the main factors associated with leptospirosis transmission in an endemic region, this study applied statistical and geoprocessing techniques in two municipalities of Pará state, Brazil - Abaetetuba and Barcarena – from 2007 to 2019. The epidemiological data were acquired from the Information System for Notifiable Diseases (SINAN). The sociodemographic and geopolitical divisions datasets were obtained from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). The environmental data were acquired by means of Google Earth Engine and derived from three main sources: NASA Shuttle Radar Topography Mission (SRTM); Japan Aerospace Exploration Agency's (JAXA), and European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). Variables included surface runoff, soil temperature, air temperature and soil water volume. They were pre-processed both in time - daily averaged, and in spatial domain - 10km buffer radius averaged around each georeferenced case. A total of 56 leptospirosis cases were positively evaluated and 51 were georeferenced. Descriptive analysis characterized the socio-epidemiological profile of those infected with leptospirosis and spatial analyzes showed the behavior of the disease on the space. The associations between leptospirosis incidence and environmental and sociodemographic factors were analyzed via a generalized linear regression model. Results evidenced different annual trends of positive notifications for each municipality, and an inter-annual sigmoidal pattern with a periodicity of approximately 4 years, with greater values in the first semester. Results indicated hotspots primarily in urban areas, and a positive spatial autocorrelation with a Moran's Index of 0.372. The socio-epidemiological characterization evidenced that self-declared brown men aging 30 to 59 were most affected. Laboratory diagnosis (62.50%) and hospitalization (79.25%) confirmed the high demand for hospital care. Locations with signs of rodents (71%), flooding (57.14%) and garbage (48.21%) were the most related environmental factors to the disease transmission. Remote sensing data and geoprocessing techniques were essential to identify leptospirosis hotspots. The statistical regression evidenced the surface gradient (slope) and garbage as the most correlated variables. This study reinforces the importance of integrating remote sensing data into

epidemiological studies and the investment in sanitation and infrastructure in order to promote proper healthcare conditions and prevention towards diseases outbreaks in general. Studies like this can be used to support decision-making in the health area and in the resource's distribution.

Keywords: Public health. Spatial epidemiology. Leptospirosis. Geoprocessing. Remote sensing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Representação do ciclo de transmissão da leptospirose.	7
Figura 2.2: Casos confirmados e incidência de leptospirose por macrorregião de notificação no Brasil.	9
Figura 3.1: Mapa de localização da área de estudo.	17
Figura 3.2: Fluxograma de atividades.	20
Figura 3.3: Descrição das fontes dos dados epidemiológicos, sociodemográficos e ambientais utilizados neste estudo.	21
Figura 4.1: Número de casos confirmados de leptospirose por ano e município.	29
Figura 4.2: Total de casos confirmados de leptospirose por mês e município.	30
Figura 4.3: Gráfico do acumulado total de casos confirmados de leptospirose por mês e ano de notificação.	31
Figura 4.4: Gráfico comparativo da incidência de leptospirose na área de estudo em relação à Região Norte do Brasil.	32
Figura 4.5: Frequência relativa dos sinais e sintomas apresentados pelos pacientes acometidos pela leptospirose.	37
Figura 4.6: Mapa coroplético do indicador de acesso à rede pública de água para os setores urbanos do município de Abaetetuba.	39
Figura 4.7: Mapa coroplético do indicador de acesso à rede pública de água para os setores urbanos do município de Barcarena.	39
Figura 4.8: Mapa coroplético do indicador de acesso à rede pública de esgoto para os setores urbanos do município de Abaetetuba.	40
Figura 4.9: Mapa coroplético do indicador de acesso à rede pública de esgoto para os setores urbanos do município de Barcarena.	41
Figura 4.10: Mapa coroplético do índice de pobreza monetária para os setores urbanos do município de Abaetetuba.	42
Figura 4.11: Mapa coroplético do índice de pobreza para os setores urbanos do município de Barcarena.	43

Figura 4.12: Mapa de pontos da distribuição espacial dos casos confirmados de leptospirose na área de estudo.	44
Figura 4.13: Mapa coroplético da incidência acumulada de leptospirose na área de estudo.....	45
Figura 4.14: Diagrama de espalhamento de Moran - <i>Box map</i>	46
Figura 4.15: Mapa coroplético do Indicador de Associação Espacial Local.	46
Figura 4.16: Mapa de calor com estimativa de densidade Kernel.	47
Figura 5.1: Imagens de locais com casos registrados de leptospirose.	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Informações de área, população, IDHM e quantidade de setores censitários dos municípios que fazem parte da área de estudo.....	19
Tabela 3.2: Características gerais das variáveis de sensoriamento remoto utilizadas.	25
Tabela 4.1: Resultado esquematizado da depuração dos dados epidemiológicos.	28
Tabela 4.2: Perfil socioepidemiológico dos pacientes infectados pela leptospirose.....	33
Tabela 4.3: Distribuição quantitativa dos sinais e sintomas presentes na ficha de investigação da leptospirose.	36
Tabela 4.4: Descrição quantitativa das situações de risco ocorridas nos 30 dias que antecederam os primeiros sintomas.....	38
Tabela 4.5: Relação das variáveis explicativas do modelo GLM selecionadas a partir da abordagem de varredura (<i>gridsearch</i>).....	48
Tabela B.1: Lista Nacional de Notificação Compulsória.....	83

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

BDLG	Banco de Dados Local Geográfico
C3S	Copernicus Climate Change Service
CC	Casos confirmados
CN	Casos notificados
DATASUS	Departamento de Informática do SUS
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts
EDK	Estimativa de Densidade Kernel
ERA5	ECMWF Reanalysis 5th Generation
ESDA	Exploratory Spatial Data Analysis
EVI	Enhanced Vegetation Index
GEE	Google Earth Engine
IARPA	Indicador de acesso à rede pública de água
IARPE	Indicador de acesso à rede pública de esgoto
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency
LISA	Local Indicators of Spatial Association
MODIS	Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
SC	Setor Censitário

SES	Secretaria de Estado da Saúde do Pará
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SINAN	Sistema de Informação de Agravos de Notificação
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SUS	Sistema Único de Saúde
USGS	U.S. Geological Survey
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Objetivo geral.....	4
1.2	Objetivos específicos.....	4
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
2.1	Doenças de veiculação hídrica.....	5
2.2	A leptospirose.....	6
2.3	Epidemiologia espacial.....	10
2.4	Mapeamento da distribuição espacial de doenças.....	11
2.4.1	Georreferenciamento de casos de doenças.....	12
2.4.2	Análises espaciais de pontos e áreas.....	13
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1	Área de estudo.....	17
3.2	Fluxograma de atividades.....	19
3.3	Obtenção e tratamento dos dados utilizados: epidemiológicos, sociodemográficos e ambientais.....	20
3.3.1	Dados epidemiológicos.....	21
3.3.2	Dados sociodemográficos.....	23
3.3.3	Dados ambientais.....	24
3.4	Análises estatísticas.....	26
3.4.1	Perfil socioepidemiológico dos infectados pela leptospirose.....	26
3.4.2	Análise de regressão.....	26
3.5	Análises espaciais.....	26
4	RESULTADOS.....	28
4.1	Limpeza do banco de dados epidemiológicos.....	28
4.2	Perfil socioepidemiológico.....	32
4.2.1	Indicadores sociais.....	38
4.3	Análises espaciais.....	43
4.4	Análise estatística.....	47
5	DISCUSSÃO.....	49

5.1 Banco de dados.....	49
5.2 Epidemiologia dos casos confirmados de leptospirose	51
5.3 Epidemiologia espacial	55
5.4 Dados sociodemográficos e ambientais detectáveis por sensoriamento remoto no estudo da leptospirose	56
6 CONCLUSÃO	61
7 COMITÊ DE ÉTICA	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXO A	81
ANEXO B	83

1 INTRODUÇÃO

O entendimento da forma pela qual as doenças de veiculação hídrica afetam a população humana nas diferentes regiões geográficas é de suma importância para a saúde e o bem-estar social. Essas doenças são responsáveis por uma alta morbimortalidade em todo o mundo (GRIFFITHS, 2008; COSTA et al., 2015), consequência direta do consumo de água não-potável e/ou imprópria e também da falta de saneamento e armazenamento adequados (HUNTER et al., 2001; WHO, 2018).

A transmissão da maioria das doenças de veiculação hídrica para o ser humano está associada à ingestão, inalação ou contato com água contaminada ou alimentos contaminados (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2018a). As principais formas de transmissão envolvem: (i) ingestão de água contaminada - como a cólera, a febre tifoide, a hepatite A e as doenças diarreicas agudas; (ii) contato com a pele e/ou mucosas - como a esquistossomose, a leptospirose e as verminoses; (iii) falta de água ou de rede adequada para esgoto e dejetos ou práticas precárias de higiene - como o tracoma, as helmintíases, entre outras; (iv) vetores que se desenvolvem na água - como a dengue, a febre amarela, a filariose, a malária, e alguns tipos de encefalite (SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DE SÃO PAULO – SES/SP, 2009).

As doenças de veiculação hídrica são especialmente importantes em países em desenvolvimento, em que há uma maior carência ao acesso à água potável (SWEILEH et al., 2016). Considerando a leptospirose como uma doença multifatorial e complexa, a literatura científica já aponta para diversos fatores relacionados à sua transmissão, tais como a quantidade de pessoas vivendo em assentamentos precários (também chamados de aglomerados subnormais pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, no Brasil), áreas sujeitas a inundações, atividades recreativas em água imprópria, contato com animais roedores, e, em especial a deficiência dos serviços de esgotamento sanitário e tratamento dos corpos hídricos (VASCONCELOS et al., 2012; GRACIE et al., 2014; MWACHUI et al., 2015; ROSA et al., 2015; GONÇALVES et al., 2016; LÓPEZ-DOVAL et al., 2017).

Em um estudo mais recente no estado do Pará (Brasil), observou-se que populações humanas sob condições sanitárias precárias, em especial quando sujeitas a um crescimento urbano desestruturado, são mais susceptíveis a doenças infecto-parasitárias (LIMA et al., 2018). Nesse contexto, entende-se que todo e qualquer levantamento epidemiológico precisa englobar não apenas aspectos relacionados ao perfil sociodemográfico, mas também questões como as condições ambientais e sanitárias das populações acometidas. Assim, é possível atingir um melhor entendimento dos principais fatores associados à transmissão dessas doenças e desenvolver melhores estratégias para o respectivo controle (PALMEIRA, 2000; BARCELLOS; SABROZA, 2001; LUIZ; COHN, 2006; DELLA ROSSA et al., 2016; GOARANT, 2016; FIACCADORI, 2020).

Com base nas condições ambientais e sanitárias, o saneamento básico deve ser visto como um investimento fundamental para a proteção da saúde do cidadão e do meio ambiente. Popularmente, esse é conhecido como “tratamento de água e esgoto”; entretanto, o saneamento é composto por diferentes serviços. A Lei nº 11.445/07 de 05/01/2007, define saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007). Estudos recentes correlacionaram a falta ou a precariedade do saneamento com a ocorrência de doenças de veiculação hídrica (UHR; SCHMECHEL; UHR, 2016; SIQUEIRA et al., 2017; LIMA et al., 2018). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), apesar da reconhecida importância e do esforço de vários países, ainda se faz necessário aumentar os investimentos que ainda têm se mostrado insuficientes nesta área, em especial nos países em desenvolvimento, tais como o Brasil (WHO, 2019).

Além dos fatores sociodemográficos e ambientais, a transmissão de doenças de veiculação hídrica também pode estar relacionada a eventos climáticos (CONFALONIERI; MARINHO, 2007). Como exemplo de caso, os eventos climáticos extremos podem influenciar diretamente no risco de transmissão da leptospirose (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017), visto que com grandes quantidades de chuvas, ocorrem alagamentos em que pessoas ficam expostas

ao contato com água e mesmo lama contaminadas. Além disso, uma baixa pluviosidade também pode incentivar o armazenamento inadequado de água pela população, onde animais contaminados podem urinar ou utilizar para consumo.

A saúde pública e o ambiente estão intimamente relacionados, e são influenciados pelos padrões de uso e ocupação do solo (SOUZA; ANDRADE, 2014; TAVARES; MARQUES; LANA, 2015). Para determinar locais de risco e identificar áreas de maior vulnerabilidade, o uso de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto (SR) se apresentam como ferramentas de suma importância, auxiliando na análise da distribuição espaço-temporal de diferentes doenças, além de servir de apoio às políticas públicas de saúde (CARIDADE; DOS SANTOS, 2007; DE ALMEIDA; MEDRONHO; VALENCIA, 2009; BARBOSA et al., 2017; ALMEIDA; CASTRO, 2018; AVANZI et al., 2018). Estas tecnologias constituem ferramentas úteis para identificar características ambientais e delimitar os fatores e as áreas de risco epidemiológico (BECK; LOBITZ; WOOD, 2000; CORREIA et al., 2004; VASCONCELOS; NOVO; DONALISIO, 2006; GUIMARÃES et al., 2010; RAITHY et al., 2013).

As regiões Norte e Nordeste do Brasil são as mais críticas quando se tratam de doenças de veiculação hídrica (AGUIAR et al., 2020; BRASIL; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2021). Por sua vez, o estado do Pará apresenta uma situação ainda mais precária (DUTRA et al., 2018). Somente em 2013, o estado apresentou a maior proporção de internações (8,68%) por doenças relacionadas à água, em relação ao total de internações para o Brasil nos estados das regiões Norte e Nordeste - valor quase três vezes superior à média nacional (3,20%) do mesmo ano (PAIVA; SOUZA, 2018).

Com base no levantamento do Ranking de Competitividade dos municípios (CENTRO DE LIDERANÇA PÚBLICA (CLP), 2020), o qual realiza uma classificação dos municípios brasileiros com mais de 80 mil habitantes, entre os 405 municípios incluídos, 38 são da Região Norte, sendo que desses, 30 estão nas últimas 135 colocações do ranking geral (79%). Na dimensão sociedade do

ranking, são considerados na análise os dados de: saúde, educação, segurança, saneamento e ambiente; e, com base nesse levantamento, a grande maioria dos municípios paraenses se encontram em condições extremamente precárias, ou seja, apresentam índices escassos no que se refere a fatores para a qualidade de vida da população.

No intuito de auxiliar no levantamento socioepidemiológico da leptospirose, este estudo se propôs a estudar os casos confirmados da doença em dois municípios paraenses: Abaetetuba e Barcarena. Os resultados aqui obtidos poderão servir de apoio à tomada de decisão e de estratégias de controle, tratamento e monitoramento compatíveis com a realidade da leptospirose na área de estudo. Para este fim, foram definidos um objetivo geral e três específicos, apresentados a seguir.

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo foi analisar a distribuição espaço-temporal da leptospirose nos municípios de Abaetetuba e Barcarena, Pará, Região Norte do Brasil no período de 2007 a 2019, buscando identificar padrões de ocorrência da doença, relacionando-os aos dados epidemiológicos, sociodemográficos e de sensoriamento remoto por meio de técnicas de geoprocessamento e estatística.

1.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Mapear o perfil socioepidemiológico dos casos confirmados para leptospirose na área e no período de estudo;
- b) Analisar a distribuição espaço-temporal da leptospirose a fim de mapear eventuais áreas de risco de transmissão da doença;
- c) Avaliar os principais fatores ambientais de risco detectáveis por sensoriamento remoto e fatores sociodemográficos de risco na área de estudo associados à transmissão da leptospirose no período considerado.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Doenças de veiculação hídrica

A Portaria nº 104, de 25 de janeiro de 2011 (BRASIL, 2011) define “doença” e “agravo” como

Doença: uma enfermidade ou estado clínico, independentemente de origem ou fonte, que represente ou possa representar um dano significativo para os seres humanos.
Agravo: qualquer dano à integridade física, mental e social dos indivíduos provocado por circunstâncias nocivas, como acidentes, intoxicações, abuso de drogas, e lesões auto ou heteroinfligidas.

Doenças de veiculação hídrica são causadas por microrganismos, toxinas naturais, produtos químicos, agrotóxicos e até mesmo metais pesados disseminados ou transmitidos por meio da água (SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DE SÃO PAULO – SES/SP, 2009). Algumas dessas doenças são de notificação compulsória no Brasil (ANEXO II), e seus casos são registrados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN).

O SINAN tem como objetivo coletar, transmitir e disseminar dados gerados pelo Sistema de Vigilância Epidemiológica, assim como dar suporte ao processo de investigação das informações advindas das notificações compulsórias (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007a). Portanto, todos os casos relativos a essas doenças compulsórias devem ser informados pelas unidades de saúde. A notificação é realizada por meio do preenchimento de uma ficha padrão, respeitando sua devida periodicidade. Como nem todas as doenças de veiculação hídrica possuem notificação compulsória, os estudos epidemiológicos ficam limitados aos casos notificados no SINAN, o que possivelmente pode acarretar em viés, ou mesmo em problemas relacionados à subestimação dos casos confirmados e áreas de risco (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2015; ROMERO et al., 2016).

2.2 A leptospirose

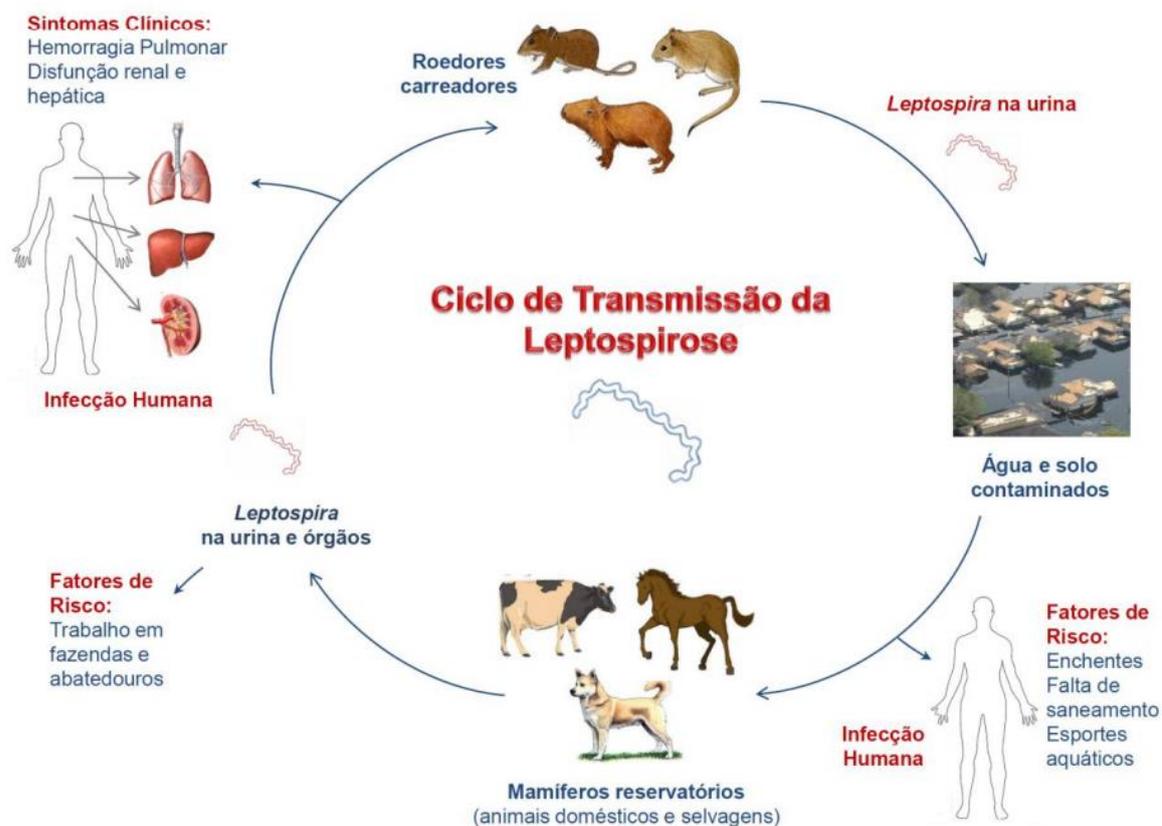
A leptospirose é uma doença infecciosa febril de início abrupto que tem como agente etiológico a bactéria do gênero *Leptospira*, do qual se conhecem 14 espécies patogênicas e mais de 200 sorotipos (sorovares) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019). No Brasil, os sorovares Icterohaemorrhagiae e Copenhageni estão relacionados aos casos mais graves. Essa doença apresenta distribuição global, com maior incidência em regiões com menores condições sanitárias e de abastecimento hídrico; sua manifestação é variável, dependente de diversos fatores relacionados à condição de saúde do indivíduo infectado, variando desde um quadro assintomático até o óbito (LIMA et al., 2012; GUIMARÃES et al., 2014; FERREIRA et al., 2021b).

A leptospirose é considerada uma zoonose de importância social e econômica por apresentar elevada incidência em determinadas áreas, gerar custos hospitalares e sociais altos (e.g., por perda de dias de trabalho), além de apresentar uma alta letalidade de até 40% (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2009). Sua ocorrência nos países em desenvolvimento está relacionada à intensa e rápida urbanização com infraestrutura desordenada, resultando em problemas de saneamento, especialmente em áreas vulneráveis como os assentamentos precários, localizados próximos a rios ou canais e que são mais propensos a inundações periódicas (GRACIE et al., 2014; GONÇALVES et al., 2016; FERREIRA et al., 2021b).

Além disso, outro fator importante para o entendimento da leptospirose e sua disseminação no meio é a presença de roedores e outros animais que podem servir de reservatórios naturais, principalmente os ratos (no meio urbano), cães e gado (no meio rural) (BARCELLOS et al., 2003). Por meio da urina destes reservatórios naturais, as bactérias contaminam o meio (corpos d'água, solo etc.), tornando-se disponíveis para o contágio humano (i.e., fechamento do ciclo). As leptospirosas penetram a pele ou mucosas do hospedeiro, e se disseminam pelo sangue, atingindo órgãos vitais como o fígado, rins e ou mesmo o pulmão, resultando em manifestações clínicas mais graves como hepatite, nefrite e hemorragia pulmonar, respectivamente (FRAGA, 2014). Uma

representação gráfica do ciclo epidemiológico da leptospirose é apresentada na Figura 2.1.

Figura 2.1: Representação do ciclo de transmissão da leptospirose.



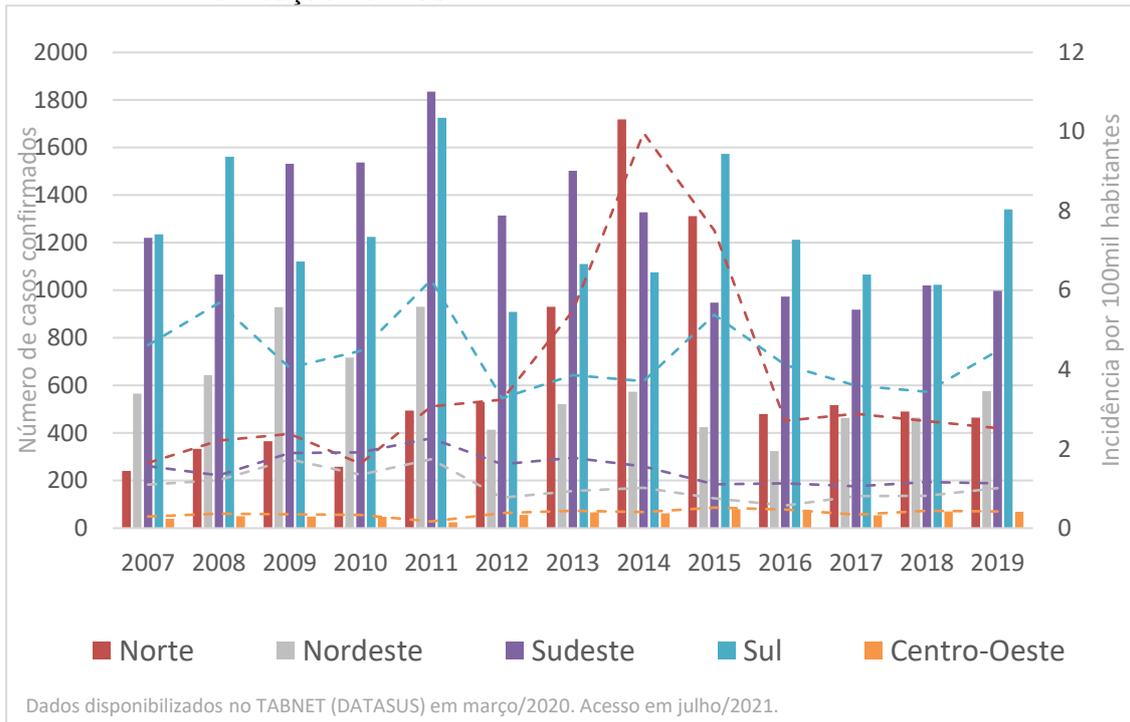
Fonte: Adaptado de Fraga (2014).

No Brasil, a leptospirose ocorre em todos os estados, e a maior incidência da doença ocorre nas Regiões Norte e Sul do país. A incidência é um cálculo fundamental na epidemiologia espacial porque, além do número de casos em uma determinada área de estudo, leva em consideração o tamanho populacional em consideração. Isso permite identificar áreas com maior risco da doença proporcionalmente à população residente, evitando considerar apenas o número de casos, o que resultaria em um risco proporcional ao tamanho ou aglomerado populacional em questão. Esta situação pode ser visualizada na Figura 2.2, que mostra os casos de leptospirose confirmados e notificados pelo SINAN, disponibilizados na plataforma TABNET do Departamento de Informática do

Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS¹), para o período de 2007 a 2019. Tal como pode ser observado a partir da Figura 2.2, a incidência da doença nem sempre acompanha o alto número de casos, ou seja, linhas tracejadas abaixo dos valores das barras. A Região Sudeste, por exemplo, apresenta uma quantidade grande de casos confirmados entre 2007 e 2019. Porém, devido ao fato de conter grande parte da população brasileira, apresenta incidência mediana quando comparada às outras regiões. A Região Sul apresenta um “efeito serrrote” nos dados, com variação ao longo dos anos. Já a Região Norte mostra a incidência acompanhando o número de casos, com um pico no ano de 2014. Mesmo com incidência aparentemente constante nos últimos quatro anos apresentados (2016-2019), os valores ainda estão mais altos do que eram entre 2007 e 2010 na Região Norte. Assim sendo, as regiões Norte e Sul apresentam uma heterogeneidade na incidência e mostram-se como importantes áreas de estudo para a leptospirose. Devido à disponibilidade de dados a nível intramunicipal, uma área da Região Norte foi escolhida para estudo neste trabalho.

¹ <https://datasus.saude.gov.br/>

Figura 2.2: Casos confirmados e incidência de leptospirose por macrorregião de notificação no Brasil.



As barras representam o número de casos confirmados de leptospirose em cada região de acordo com sua cor, e as linhas tracejadas representam a incidência por 100 mil habitantes.

Fonte: Produção da autora.

No Brasil, a leptospirose é uma doença endêmica que pode tornar-se epidêmica em períodos chuvosos, principalmente em grandes regiões metropolitanas, o que remete a questões (fatores de risco) relacionadas à sua transmissão. Além dos períodos chuvosos, os surtos epidemiológicos de leptospirose são principalmente associados às aglomerações populacionais de baixa renda, saneamento inadequado, além de fatores biológicos relacionados aos reservatórios naturais da bactéria (e.g., infestação de roedores) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020). Há estudos que demonstram a associação da leptospirose com o período chuvoso (GUIMARÃES et al., 2014; LARA et al., 2019), assim como, a associação a atividades recreativas e de lazer que levam ao contato das pessoas com água contaminada (MWACHUI et al., 2015) ou até mesmo nas atividades laborais (MENY et al., 2019).

2.3 Epidemiologia espacial

Epidemiologia, entre tantas definições que existem para diversas áreas desse amplo campo de estudo pode ser definida como:

“análise quantitativa das circunstâncias em que os processos de doença, incluindo os traumas, ocorrem em grupos populacionais, os fatores que afetam sua incidência, distribuição e a resposta do hospedeiro, e o uso desse conhecimento na prevenção e controle” (EVANS, 1979; FRÉROT et al., 2018).

A epidemiologia espacial é a descrição e análise das variações geográficas de uma doença em relação aos fatores de risco demográficos, ambientais, comportamentais, socioeconômicos, genéticos e infecciosos, que possibilita analisar a distribuição geográfica de uma doença, estudar correlações, agrupamentos e padrões espaciais, contando principalmente com o avanço dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (ELLIOTT; WARTENBERG, 2004a; NUNES, 2013) para construção de mapas análise de bancos de dados espaciais. Na epidemiologia moderna e de planejamento, monitoramento e vigilância, os estudos passaram a utilizar os SIG para buscar um maior entendimento dos dados por meio da análise e visualização (MARQUES et al., 2017).

O uso do SR, como forma de fornecer dados de observação da Terra, e as técnicas de geoprocessamento vêm aumentando ao longo dos últimos anos na área da saúde pública, especialmente no ramo da epidemiologia espacial (CORREIA et al., 2004a, 2007; KIRBY; DELMELLE; EBERTH, 2017). O uso de dados de observação da Terra e do geoprocessamento em estudos de saúde têm auxiliado no desenvolvimento de novos sistemas de vigilância e alerta de saúde, e no entendimento sobre os mecanismos de transmissão de diversas doenças (VIANA et al., 2017).

O uso do geoprocessamento e de ferramentas estatísticas na área de saúde têm sido facilitados pelo acesso a bases de dados epidemiológicos, possibilitando a produção de mapas temáticos que contribuem para a formulação de hipóteses a respeito da distribuição espacial das doenças e sua relação com as variáveis socioeconômicas (ROJAS; BARCELLOS; PEITER, 1999).

Na área da saúde, dentre algumas aplicações do geoprocessamento, destacam-se os estudos sobre vigilância epidemiológica que permitem determinar padrões da situação de saúde, risco de doenças além da possibilidade de programar atividades relacionadas ao planejamento e otimização de recursos para prevenção e controle (BECK; LOBITZ; WOOD, 2000; GUIMARÃES et al., 2010, 2012). O uso de técnicas de geoprocessamento permite uma análise complexa de grande quantidade de informações com capacidade de apresentação dos resultados na forma de mapas gráficos, assim as tecnologias de SIG apresentam também oportunidades para adaptação de estudos tradicionais ao contexto espacial (ELLIOTT; WARTENBERG, 2004b; GUIMARÃES et al., 2006). Além disso, este tipo de abordagem pode ser utilizada como uma ferramenta para determinar as melhores estratégias na saúde pública e guiar os trabalhos de campo (GUIMARÃES et al., 2012; VIANA et al., 2017).

2.4 Mapeamento da distribuição espacial de doenças

O mapeamento geográfico de doenças infecciosas é uma importante ferramenta que pode ajudar a detectar e caracterizar surtos epidemiológicos (ROJAS; BARCELLOS; PEITER, 1999; CORREIA et al., 2004b; SOETENS; HAHNÉ; WALLINGA, 2017). O geoprocessamento é constituído por um conjunto de técnicas de coleta, tratamento, manipulação e apresentação de dados espaciais e contribui para a implementação de análise sistemática, processual e contínua de ocorrência de doenças e de riscos à saúde (GONÇALVES et al., 2016).

Os mapas são meios simples de apresentar dados e podem ser usados para descrever padrões, identificar discrepâncias e comunicar descobertas, além de permitirem plotar casos de doenças usando suas localizações de pontos ou agregados em áreas administrativas e exibidos como taxas (ROJAS; BARCELLOS; PEITER, 1999; SKABA et al., 2004; SKABA, 2009; SMITH et al., 2015). Os dois tipos de mapas temáticos que são usados com mais frequência para dados espaciais de surtos de doenças são o mapa de pontos e o mapa coroplético de incidência (CÂMARA et al., [s.d.]; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007b; NARDI et al., 2013; SMITH et al., 2015).

Nos mapas de pontos, cada evento é representado por um ponto posicionado no seu lugar de ocorrência sendo úteis para mostrar padrões de concentração ou dispersão de um evento num dado território (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007a). Isto pode auxiliar a verificar a distribuição dos casos georreferenciados de cada doença de veiculação hídrica estudada, ou o conjunto delas, o que permite comparar as regiões em que cada uma ocorre com mais intensidade. Um mapa de pontos muito conhecido e provavelmente o mais citado na literatura é o apresentado por John Snow, onde foram mostrados em um mapa os pontos com os óbitos por cólera e a localização de bombas de água na cidade de Londres (SNOW, 1855). John Snow também representa um clássico para referências teóricas, pois além deste trabalho sobre cólera há mais de 170 anos, também abordou no livro “Sobre a maneira de transmissão do Cólera” as relações entre a doença, as vias de contaminação e fatores de risco (ROJAS; GURGEL; BELLE, 2019).

O uso de mapas tem se mostrado como uma forma interessante de representação da ocorrência das doenças em estudos epidemiológicos por passar uma visão imediata e direta da distribuição de um evento no espaço, além de possibilitar a verificação de eventuais associações espaciais entre eventos de saúde e aspectos naturais e antrópicos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2007a).

2.4.1 Georreferenciamento de casos de doenças

Para poder estudar os padrões espaciais de qualquer doença ou evento de saúde, é necessário saber onde especificamente ela ocorre, e escolher uma escala de estudo. As escolhas devem levar em consideração os objetivos do estudo. Assim, um fator importante para se avaliar um sistema de geocodificação ou georreferenciamento e fazer a escolha de qual utilizar é a qualidade do processo, pela eficiência, eficácia ou precisão, ou pelo resultado (SKABA, 2009).

O georreferenciamento é o processo pelo qual informações sobre a localidade de um evento de saúde são convertidas em representações geográficas; uma ação de associação do dado a uma representação cartográfica, seja na forma de ponto, linha ou área (BARCELLOS et al., 2008). O resultado desse processo é a criação de elementos gráficos que podem ser usados para a análise espacial,

seja por uma associação a um par de coordenadas geográficas, gerando um ponto que represente o evento, ou mesmo por uma associação a unidades espaciais como municípios, bairros ou setores censitários (SILVEIRA; OLIVEIRA; JUNGER, 2017).

Existem diferentes formas de realizar o georreferenciamento, desde os manuais como por exemplo aparelhos com Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS), até as que envolvem as melhores tecnologias no campo das ferramentas espaciais com georreferenciamento automático. Quando apenas o endereçamento é disponibilizado, o estudo desses eventos pode ser feito utilizando ferramentas como sítios na Internet de georreferenciamento automático somados ao uso de busca manual em mapas, como na base de dados disponibilizada gratuitamente pelo Google Maps. No uso da ferramenta Google Maps, útil para vigilância epidemiológica, quanto maior o detalhamento do endereço, menores serão as perdas; atualmente, pode ser realizado diretamente de um smartphone para realização do georreferenciamento por exemplo. Assim, através do georreferenciamento dos dados das doenças, torna-se possível fazer correlações com os fatores que podem estar interligados para buscar definir áreas prioritárias e planejamento de ações como realizado por Paiva e Souza (2018).

2.4.2 Análises espaciais de pontos e áreas

As análises espaciais podem ser de padrões de pontos ou áreas. A análise espacial de padrões de pontos, objetiva verificar se os eventos observados exibem algum padrão sistemático em uma região de estudo (CAMARGO; FELGUEIRAS, 2015). A estimativa de densidade Kernel (EDK) é uma técnica de geoprocessamento considerada como Efeito de Primeira Ordem útil para orientar os serviços de vigilância. É um método estatístico não paramétrico, de interpolação, que visa identificar uma superfície contínua de densidade em toda a área de estudo, identificando “áreas quentes” (*hotspots*), sem alterar as suas características locais (BAILEY; GATRELL, 1995; GUIMARÃES et al., 2013). A vantagem da utilização dessa técnica é a rápida visualização do comportamento dos padrões de pontos na área de estudo sem que sofra interferência de divisões

político-administrativas, além de fornecer uma visão geral da distribuição dos eventos (CÂMARA; CARVALHO, 2004).

Para a aplicação da EDK, é necessária a definição de dois parâmetros básicos, o raio de influência (r) e a função de estimação k (Kernel) (MS, 2007) pois se baseia na contagem de eventos dentro do raio para estimar a densidade de eventos associada a cada ponto. Essa contagem é ponderada pela distância de cada evento ao ponto de referência (CAMARGO; FELGUEIRAS, 2015) através de uma função de suavização chamada função de Kernel.

Alguns trabalhos utilizaram a EDK para possibilitar a identificação de áreas com concentração de casos de doenças ou aglomerados, além da visualização e determinação de áreas de risco que podem direcionar a tomada de decisão e ações de saúde (RESENDES, 2010; HINO et al., 2011; NARDI et al., 2013; RAITHY et al., 2013; LARA et al., 2019).

Entre os métodos de análise espacial de áreas, está a análise de autocorrelação espacial, uma técnica que compõe o método da *Exploratory Spatial Data Analysis* (ESDA) que segundo Anselin (1995), busca descrever e visualizar distribuições espaciais, identificar situações atípicas, descobrir padrões de associação espacial, aglomerados (*clusters*) e sugerir regimes espaciais ou formas de heterogeneidade espacial. Essa técnica se utiliza de indicadores para avaliar o grau de agrupamento, aleatoriedade ou fragmentação de um padrão espacial de um conjunto de dados (WUBULI et al., 2015). Alguns destes indicadores são o Moran Global como Indicador Global de Autocorrelação, e o Moran Local como Indicador Local de Associação Espacial (*Local Indicators of Spatial Association*) - LISA, onde, respectivamente, indicam o grau geral de autocorrelação, a localização e os tipos de aglomerados. A partir da determinação da localização e significância estatística, um mapa coroplético é gerado, onde é possível visualizar os resultados, conhecido como mapa LISA (ANSELIN, 2003).

Estudos recentes sobre diferentes doenças pelo mundo utilizaram o Índice de Moran Global e Local para avaliar a autocorrelação dos dados, encontrando resultados positivos de autocorrelação espacial (WUBULI et al., 2015;

GONÇALVES et al., 2016; DAW et al., 2018; ZHU et al., 2018), assim como autocorrelação negativa em determinados períodos (DOGRU et al., 2017). Esses resultados permitem direcionar novos estudos e descobertas mais aprofundadas que buscam beneficiar a saúde da população.

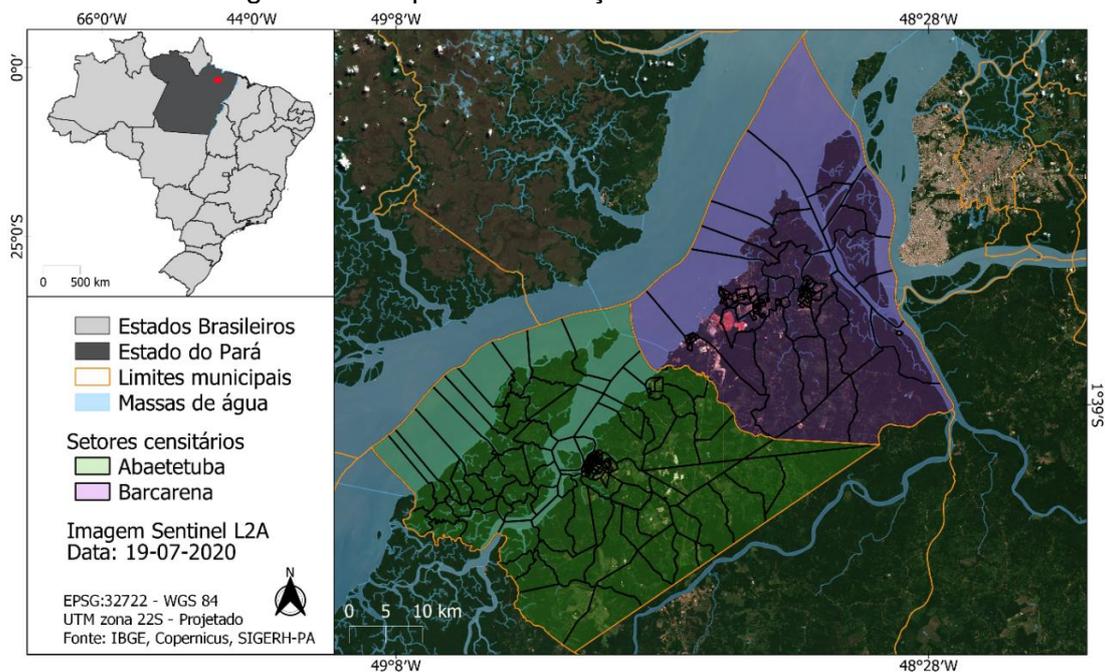
Além da análise de autocorrelação, existe a técnica estatística de varredura espaço-temporal. Esta técnica complementa a análise de autocorrelação, utilizando efetivamente as informações de tempo e espaço (ZHU et al., 2018). É comumente utilizada para testar se um processo pontual é puramente aleatório ou se existe algum tipo de aglomerado (KULLDORFF, 1997). As técnicas de agrupamento espaço-temporal local incluem a estatística de permutação espaço-tempo, que é definida por uma janela cilíndrica com uma área geográfica circular na base (ou elíptica), onde o eixo vertical (ou altura) corresponde ao tempo (KULLDORFF, 1997; KIRBY; DELMELLE; EBERTH, 2017). Esta pode ser usada para uma única análise retrospectiva, usando dados históricos, ou para vigilância prospectiva periódica (KULLDORFF, 2018).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

Dois municípios do estado do Pará (Brasil) foram selecionados como área de estudo deste trabalho: Abaetetuba e Barcarena (Figura 3.1). Esses municípios foram selecionados com base nos seguintes critérios: a) apresentarem casos de leptospirose; b) possuírem mais de 100 mil habitantes; c) não serem os maiores municípios das Mesorregiões Metropolitana de Belém e Nordeste Paraense; d) serem próximos do rio Tocantins; e) apresentarem um patamar de investimento em saneamento básico e tratamento de água inferiores aos patamares nacionais apresentados no Relatório do Ranking do Saneamento 2020 (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2020).

Figura 3.1: Mapa de localização da área de estudo.



O mapa apresenta as diferentes escalas: nacional, estadual e municipal. Em cinza claro os estados brasileiros e em cinza escuro o estado do Pará. O pequeno destaque em vermelho indica a localização dos municípios de Abaetetuba e Barcarena, com seus setores censitários destacados em verde e lilás, respectivamente.

Fonte: Produção da autora.

A região onde estão situados os municípios de estudo fica na margem direita da foz do Rio Tocantins, onde se inicia a formação da Baía de Marajó. Abaetetuba, segundo o IBGE (1990), está localizada na Mesorregião do Nordeste Paraense e na Microrregião de Cametá. Barcarena é situada na Mesorregião Metropolitana de Belém, na Microrregião de Belém. Como pode ser observado na Figura 3.1, parte dos municípios se localizam em ilhas e a contextualização da área é importante para o entendimento da importância dos recursos hídricos localmente. A Amazônia constitui-se de um rico ambiente com muita floresta e corpos d'água, que oferecem múltiplas funções para a população local. O manejo sustentável das áreas de várzea é relevante para proteger esse ecossistema e garantir o uso dos recursos naturais para a população que cresce na região (SCHÖNGART, 2008). A dinâmica espaço-temporal do ecossistema amazônico permite a manutenção das comunidades ribeirinhas locais através da produtividade pesqueira, transporte hidroviário e solos férteis, o que explica a maior concentração de pessoas na colonização de locais às margens de rios na região (FRAXE; PEREIRA; WITKOSKI, 2007).

De acordo com dados do IBGE Cidades (IBGE, 2010), ambos os municípios possuíam o índice de esgotamento sanitário adequado² menor do que 30%, o que pode causar um risco mais elevado para a transmissão de doenças de veiculação hídrica. Seus mananciais de água são em sua maioria superficiais, tornando a área mais suscetível à contaminação por diferentes fontes, como esgoto, fossas sépticas residenciais e lixiviação (VASCONCELOS et al., 2016). Conseqüentemente, essas características contribuem para surtos de doenças de veiculação hídrica. No ranking de competitividade dos municípios, dentre os 405 inclusos, Abaetetuba e Barcarena ocupam as 379^a e 389^a posições, respectivamente, no pilar saneamento e meio ambiente (CLP, 2020).

² índice de esgotamento sanitário adequado = [população total residente nos domicílios particulares permanentes com esgotamento sanitário do tipo rede geral e fossa séptica / População total residente nos domicílios particulares permanentes] x 100.

O município de Abaetetuba tem uma área de 1.610,651 km² com população estimada em 2019 de 157.698 habitantes, densidade demográfica de 87,61 hab/km² e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,628. O município de Barcarena, que faz divisa com Abaetetuba, tem uma área de 1.310,340 km², com população estimada em 2019 de 124.680 habitantes, densidade demográfica de 76,21 hab/km² e IDHM de 0,662 (IBGE, 2011), e suas informações são apresentadas resumidamente na Tabela 3.1. Ambos os municípios apresentam clima tropical sem estação seca (Af), segundo a classificação climática de Köppen (ALVARES et al., 2014).

Tabela 3.1: Informações de área, população, IDHM e quantidade de setores censitários dos municípios que fazem parte da área de estudo.

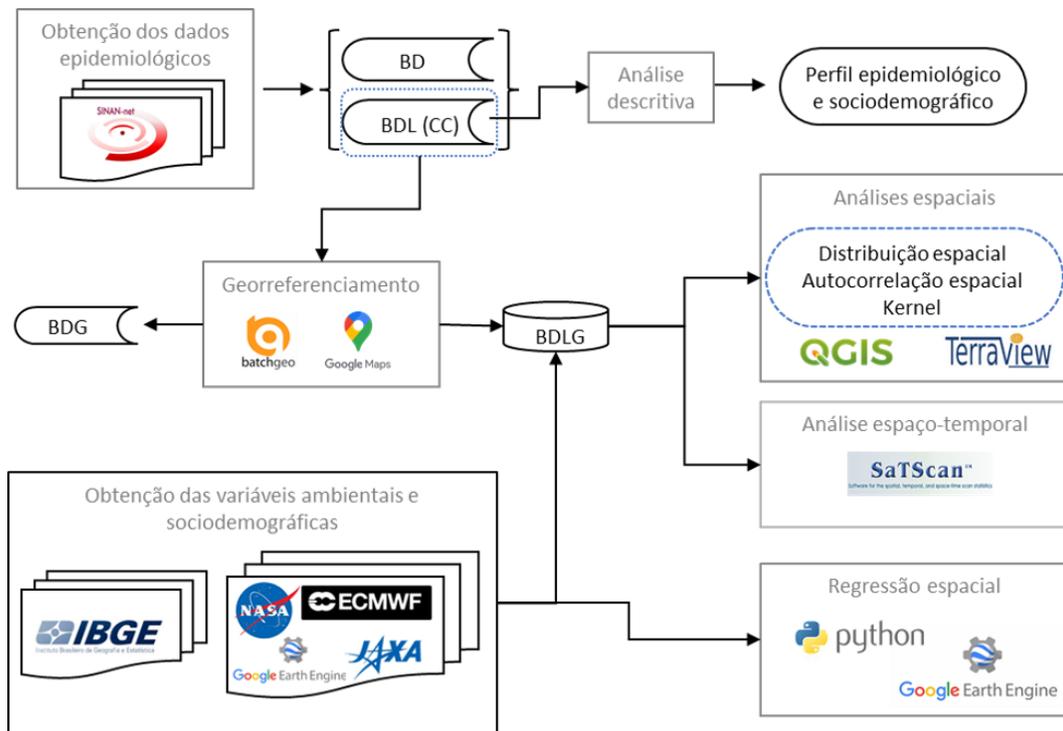
Município	Área total (Km ²)	População estimada (2019)	IDHM	Quantidade de Setores Censitários (2010)
Abaetetuba	1.610,651	157.698	0,628	142
Barcarena	1.310,340	124.680	0,662	104

Fonte: Produção da autora.

3.2 Fluxograma de atividades

O trabalho foi dividido em quatro etapas: a) Obtenção e tratamento dos dados epidemiológicos; b) Análise dos dados epidemiológicos (descritiva e espacial); c) Obtenção dos dados ambientais detectáveis por SR e dos dados sociodemográficos; d) Análise estatística e descritiva das relações entre os casos confirmados de leptospirose e os dados ambientais e sociodemográficos. O fluxograma apresentado ilustra as principais etapas de trabalho (Figura 3.2).

Figura 3.2: Fluxograma de atividades.



BD: Banco de dados.

BDL: Banco de dados da leptospirose.

BDLG: Banco de dados local geográfico.

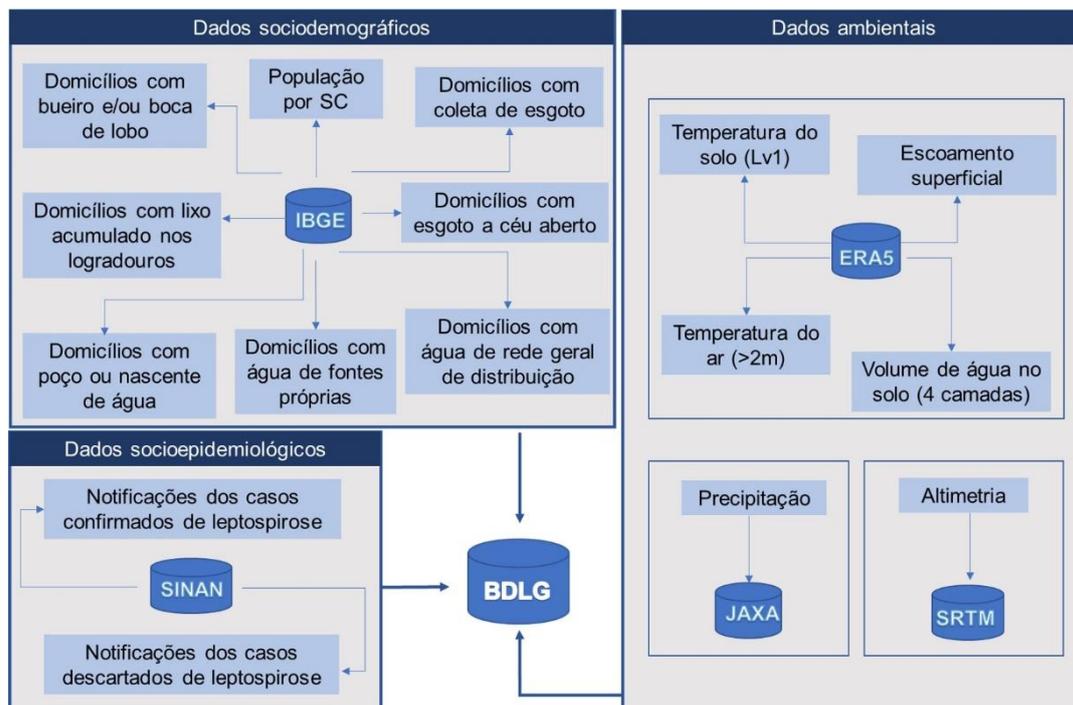
Fonte: Produção da autora.

3.3 Obtenção e tratamento dos dados utilizados: epidemiológicos, sociodemográficos e ambientais

Os dados foram obtidos de diferentes fontes descritas mais adiante, as quais foram estruturadas em três grupos: socioepidemiológicos, sociodemográficos e ambientais. Os dados epidemiológicos que compuseram o banco de dados com todas as notificações (BD) e o banco de dados da leptospirose (BDL) que se refere apenas aos dados dos casos confirmados de leptospirose, foram obtidos do SINAN a nível estadual através da Secretaria Estadual de Saúde do Pará (SESPA) em parceria com o Instituto Evandro Chagas. Os dados sociodemográficos foram obtidos diretamente do site do IBGE, e os dados ambientais foram extraídos através da plataforma do Google Earth Engine, de

suas respectivas fontes. Essas variáveis foram todas georreferenciadas, e, posteriormente, integradas em um banco de dados local geográfico (BDLG). A estrutura do BDLG com as respectivas fontes de dados utilizadas é apresentada na Figura 3.3.

Figura 3.3: Descrição das fontes dos dados socioepidemiológicos, sociodemográficos e ambientais utilizados neste estudo.



ERA5: ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) Reanalysis 5th Generation.

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

JAXA: Japan Aerospace Exploration Agency.

SINAN: Sistema de Informação de Agravos de Notificação.

SRTM: Shuttle Radar Topography Mission.

SC: Setores Censitários.

Fonte: Produção da autora.

3.3.1 Dados socioepidemiológicos

Os dados de notificação de leptospirose do período de janeiro de 2007 a dezembro de 2019 foram obtidos do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) disponibilizados pela Secretaria de Estado da Saúde do Pará (SESPA). Os casos de inclusão no estudo a partir da base de dados foram: casos notificados de leptospirose de residentes na área de estudo que

apresentassem endereço de residência completo na ficha de notificação. Os critérios para exclusão de casos notificados da base de dados no estudo foram as duplicidades e casos sem preenchimentos (em branco). A limpeza da base de dados para filtragem dos registros válidos foi realizada no software Excel. Posteriormente, os casos notificados de leptospirose foram divididos em casos confirmados (CC) e descartados (CD). Toda e qualquer informação pessoal foi descartada para fins de privacidade e anonimato durante a análise.

A incidência foi calculada com base na razão dos CC por setor censitário (*Casos confirmados*_(sc)) pela respectiva população censitária (*População*_(sc)) proveniente do Censo 2010, multiplicado por 10.000 habitantes (3.1). Posteriormente, a *Incidência*_(sc,mês,ano) foi integrada no tempo, culminando na incidência por setor censitário (*Incidência*_(sc)). Para o cálculo da incidência por município, foram utilizadas as projeções de população definidas pelo IGBE.

$$\begin{aligned} \text{Incidência}_{(sc,mês,ano)} \\ = \frac{\text{Casos confirmados}_{(sc,mês,ano)}}{\text{População}_{(sc,mês,ano)}} * 10.000 \end{aligned} \quad (3.1)$$

As variáveis socioepidemiológicas utilizadas da Ficha de Notificação/Investigação (<http://www.portalsinan.saude.gov.br/leptospirose>) foram: Sexo, Idade, Raça/Cor, Escolaridade, Zona de residência, “Situação de Risco Ocorrida nos 30 dias que Antecederam os Primeiros Sintomas”, “Sinais e Sintomas”, “Ocorreu Hospitalização” e “Evolução do Caso”.

A Idade foi agrupada por faixa etária com base nos respectivos estatutos: Estatuto da Criança e do Adolescente (BRASIL, 1990), Estatuto da Juventude (BRASIL, 2013) e o Estatuto do Idoso (BRASIL, 2003). Deste modo, as idades dos casos confirmados foram classificadas da seguinte forma: a) crianças (0 a 11 anos); b) adolescentes (12 a 18 anos); c) jovens (19 a 29 anos); d) adultos (30 a 59 anos); e) idosos (≥ 60 anos).

Os respectivos endereços de residência dos CC e dos CD foram geocodificados por meio do *Batchgeo* (<https://pt.batchgeo.com/>). Nos endereços em que não foram obtidas as respectivas coordenadas, optou-se por pesquisar individualmente no sítio do Google Maps / Street View

(<https://www.google.com.br/maps>). Posteriormente, os CC e CD foram agregados por setor censitário (SC), mês e ano.

3.3.2 Dados sociodemográficos

Os dados sociodemográficos foram adquiridos do Censo de 2010 do IBGE. As variáveis sociodemográficas utilizadas foram retiradas dos dados do entorno de cada SC, sendo elas: a) População por SC; b) Domicílios com bueiro e/ou boca de lobo; c) Domicílios com lixo acumulado nos logradouros; d) Domicílios com poço ou nascente de água; e) Domicílios com coleta de esgoto; f) Domicílios com água de rede geral de distribuição; g) Domicílios com água de fontes próprias; h) Domicílios com esgoto a céu aberto. Os limites geográficos do estado do Pará, municípios e SC foram adquiridos do IBGE³. A partir dos dados sociodemográficos, foram calculados indicadores para cada uma das áreas urbanas analisadas, sendo eles: a) acesso à rede de água; b) acesso à rede de esgoto; e c) índice de pobreza. A partir destes indicadores, foram gerados mapas de distribuição espacial, possibilitando posteriormente uma comparação visual da situação socioeconômica, principalmente, sanitária dos municípios analisados.

Utilizando os dados disponíveis na tabela “Domicilio01_UF” proveniente do Censo Demográfico 2010, o indicador de acesso à rede de água foi calculado a partir da razão entre domicílios com abastecimento de água da rede geral (código da variável: V012) pelo número de domicílios particulares permanentes (DPP - código da variável: V002). O indicador de acesso à rede de esgoto foi calculado usando o número de domicílios com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial (código da variável: V017) dividido pelo DPP. O índice de pobreza monetária foi calculado baseando-se na concepção de que a pobreza monetária relaciona-se com a insuficiência de rendimentos das famílias para prover seu bem estar (BRASIL; IBGE, 2021), e o cálculo teve como referência a linha de até

³ <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>

1/2 salário mínimo per capita como linha de pobreza utilizada no Cadastro Único do Governo Federal (BRASIL; IBGE, 2021). O cálculo foi feito a partir dos dados da tabela "Domicílio:Renda_UF", com a soma das variáveis representantes dos domicílios com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de "até 1/8", "1/8 a 1/4", e "mais de 1/4 a 1/2" salário mínimo (códigos das variáveis: V005, V006 e V007, respectivamente), dividida pelo total de DPP (V002).

3.3.3 Dados ambientais

O Google Earth Engine (GEE) é uma plataforma baseada em nuvem e permite o acesso a recursos de computação de alto desempenho de forma mais fácil e padronizada, permitindo acesso rápido ao processamento de grandes conjuntos de dados geoespaciais (GORELICK et al., 2017). O GEE foi utilizado para acessar, processar e adquirir as variáveis ambientais estimadas por SR e aplicadas neste estudo.

Seis conjuntos de dados ambientais foram utilizados no estudo: a) os dados de declividade e elevação gerados pelo *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) da NASA; b) a precipitação disponibilizada pelo Centro de Pesquisa de Observação da Terra da *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA); c) as variáveis de superfície obtidas da reanálise *ERA5-Land hourly data* (*Climate Data Store*). Estas últimas variáveis englobaram os dados de escoamento superficial, temperatura do solo, temperatura do ar e quatro camadas de volume de água do solo. As camadas variam de: 0 a 7 cm (camada 1), de 7 a 28 cm (camada 2), de 28 a 100 cm (camada 3) e de 100 a 289 cm (camada 4). Os dados do ERA-5 são produzidos pelo *Copernicus Climate Change Service* (C3S) do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF). Um resumo das variáveis ambientais utilizadas é apresentado na Tabela 3.2 incluindo uma breve descrição dos conjuntos de dados, suas respectivas resoluções e funções de agregação aplicadas.

Tabela 3.2: Características gerais das variáveis de sensoriamento remoto utilizadas.

Dado	Fonte	Resolução espacial	Agregação espacial	Resolução temporal
Precipitação	JAXA	0,1° x 0,1° (~11 km)	Média/Setor Censitário (SC)	Horária
Escoamento superficial				
Volume de água no solo	ERA-5	31 km	Média/SC	Horária
Temperatura do ar				
Temperatura do solo				
Altimetria	SRTM	0,03 km	Média/SC	N/A*

*O período de aquisição do dado compreendeu o período de 11 a 22 de fevereiro de 2000 (NASA, 2000).

Fonte: Produção da autora.

As variáveis ambientais foram agregadas pela média dos valores diários a partir da resolução temporal disponível (função de agregação espacial). A média foi calculada a partir dos valores detectados dentro de uma circunferência medida a partir do ponto representante de cada CC, com um raio de 10 km. Esta função de agregação temporal incluiu todas as imagens entre 30 e 15 dias antes de cada data de notificação registrada, um intervalo temporal que foi selecionado considerando o período médio de incubação da leptospirose (PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION - WHO, 2017).

3.4 Análises estatísticas

3.4.1 Perfil socioepidemiológico dos infectados pela leptospirose

O perfil socioepidemiológico foi obtido a partir da análise das variáveis socioepidemiológicas do BDLG. Por meio desta análise, foram identificadas as principais características socioepidemiológicas dos pacientes com leptospirose (CC).

3.4.2 Análise de regressão

A técnica do Modelo Linear Generalizado (GLM) foi aplicada para avaliar as associações entre os casos e as variáveis sociodemográficas e ambientais detectáveis por SR. Esse tipo de modelo é considerado uma extensão dos modelos lineares e podem ser usados em situações em que a variância não é constante e os erros não seguem distribuição normal (NELDER; WEDDERBURN, 1972). A distribuição binomial (Bernoulli) foi aplicada como função de ligação no GLM considerando os dados de presença e ausência de leptospirose nos SC como binários (KULLDORFF, 1997; DE SOUZA et al., 2015). Uma vez que existe um conjunto de combinações das variáveis explicativas que podem ser aplicáveis para o GLM, uma abordagem *step-wise* do tipo *gridsearch* foi aplicada utilizando a linguagem Python (versão 3.9), por meio do pacote estatístico *statsmodels*. Esta abordagem permitiu realizar uma varredura sobre as diferentes covariáveis de interesse para a análise. A partir desta varredura, o melhor modelo foi selecionado com base no critério de Akaike – AIC (3.2), isto é, aquele com menor AIC.

$$AIC = -2/N * Llh + 2 * k/N \quad (3.2)$$

onde N é o número de exemplos no conjunto de dados de treinamento, Llh é o logaritmo da função de verossimilhança do modelo no conjunto de dados e k é o número de parâmetros no modelo.

3.5 Análises espaciais

As análises espaciais realizadas foram: mapa coroplético, Moran Global, LISA, EDK e varredura espaço-temporal. O mapa coroplético foi obtido a partir da

($\text{Incidência}_{(sc)}$), com a distribuição dos valores por gradiente, utilizando o parâmetro de intervalos iguais no software QGIS (versão 3.16.5).

A autocorreção espacial da $\text{Incidência}_{(sc)}$ foi analisada por meio dos índices de Moran Global e LISA com uma vizinhança definida por uma matriz W do tipo Rainha (*Queen*) utilizando o software GeoDa (versão 1.18).

A EDK é uma técnica não paramétrica comumente utilizada na identificação de áreas de risco por meio de *clusters* de maior (*hot-spots*) e menor (*cold-spots*) incidência (DE OLIVEIRA et al., 2020). Para este estudo, essa análise da $\text{Incidência}_{(sc)}$ foi realizada por meio do software TerraView (versão 5.6.1). O mapa de calor foi gerado através de função quártica de densidade com raio adaptativo.

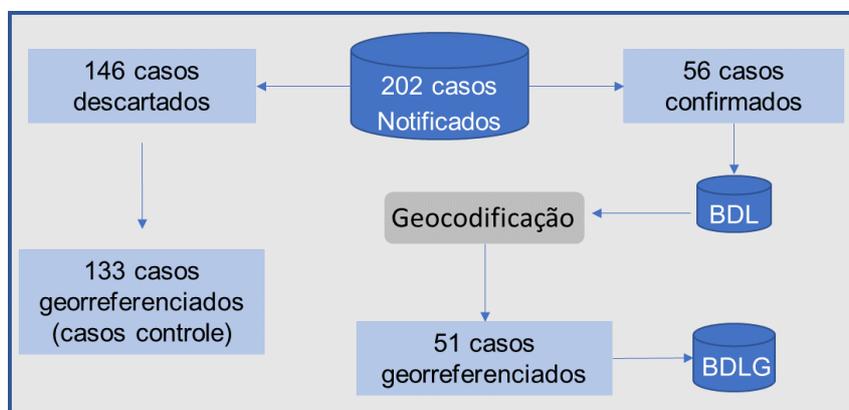
A varredura espaço-temporal da $\text{Incidência}_{(sc,mês,ano)}$ foi realizada por meio do Software SaTScan (versão 9.6), utilizando o modelo espacial de Bernoulli para identificação dos aglomerados espaciais, temporais e espaço-temporais. Essa estatística proposta por Kulldorff (1997) é sugerida para casos em que a unidade de medida no estudo corresponde a um indivíduo, por exemplo, que possa estar em dois estados apenas, como com ou sem uma determinada doença, ou ser de alguma espécie ou não. Assim, foi utilizada para o estudo o fato de o local ter ou não ter a leptospirose, pois indivíduos em um desses estados são definidos como pontos, e a probabilidade para qualquer indivíduo é independente de todos os outros (KULLDORFF, 1997). O modelo de Bernoulli, além do dado de tempo (ano), precisa de um conjunto de casos e controles fornecidas ao SaTScan (KULLDORFF, 2018) usando um arquivo de casos, controles e coordenadas, que podem ser agregados por unidades espaciais como no caso deste presente estudo em que se utilizam os casos notificados (confirmados e descartados) agregados por SC. O objetivo de usar esta ferramenta foi identificar se a doença em estudo está distribuída aleatoriamente ou formando *clusters* no espaço.

4 RESULTADOS

4.1 Refinamento do banco de dados epidemiológicos

A partir do banco de dados do SINAN, com base no período entre 2007 e 2019, dos 202 casos notificados de leptospirose na área de estudo, 72,2% foram classificados como descartados (i.e., não confirmados), e 56 foram confirmados (CC). Destes, 91% (51 casos) foram efetivamente georreferenciados, pois 5 casos apresentavam endereços que não puderam ser encontrados.

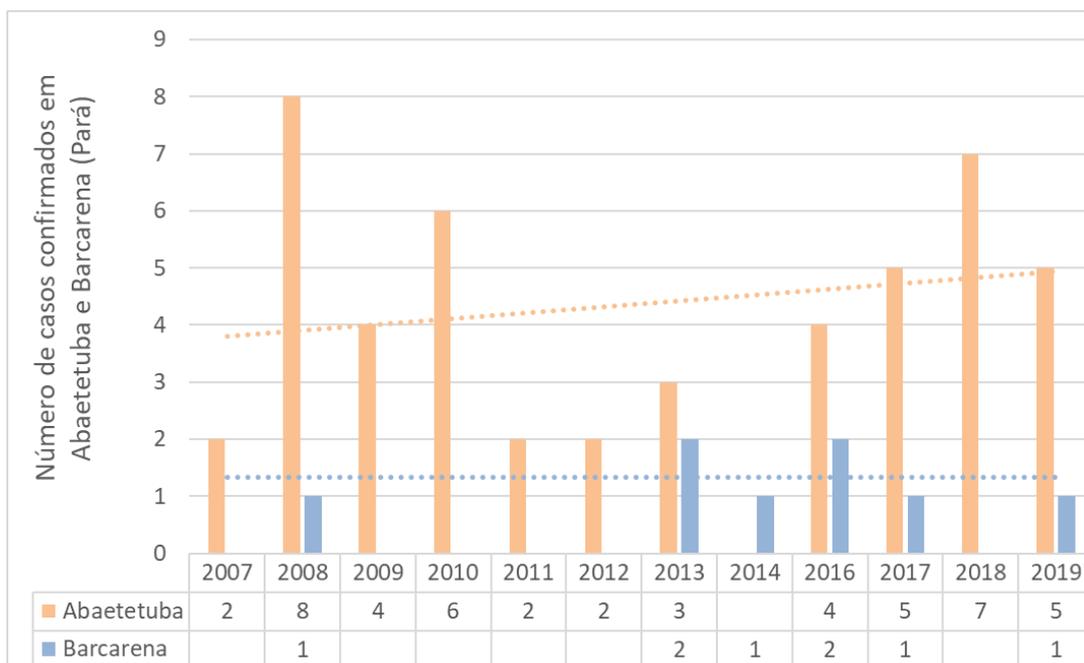
Tabela 4.1: Resultado esquematizado da depuração dos dados epidemiológicos.



Fonte: Produção da autora.

Durante o período analisado, observou-se uma variação na quantidade de casos confirmados (Figura 4.1). Houve dois picos (em 2008 e 2018) no município de Barcarena, uma queda brusca entre 2014 e 2015, seguida de um aumento nos anos seguintes em 2016, 2017 e 2019.

Figura 4.1: Número de casos confirmados de leptospirose por ano e município.

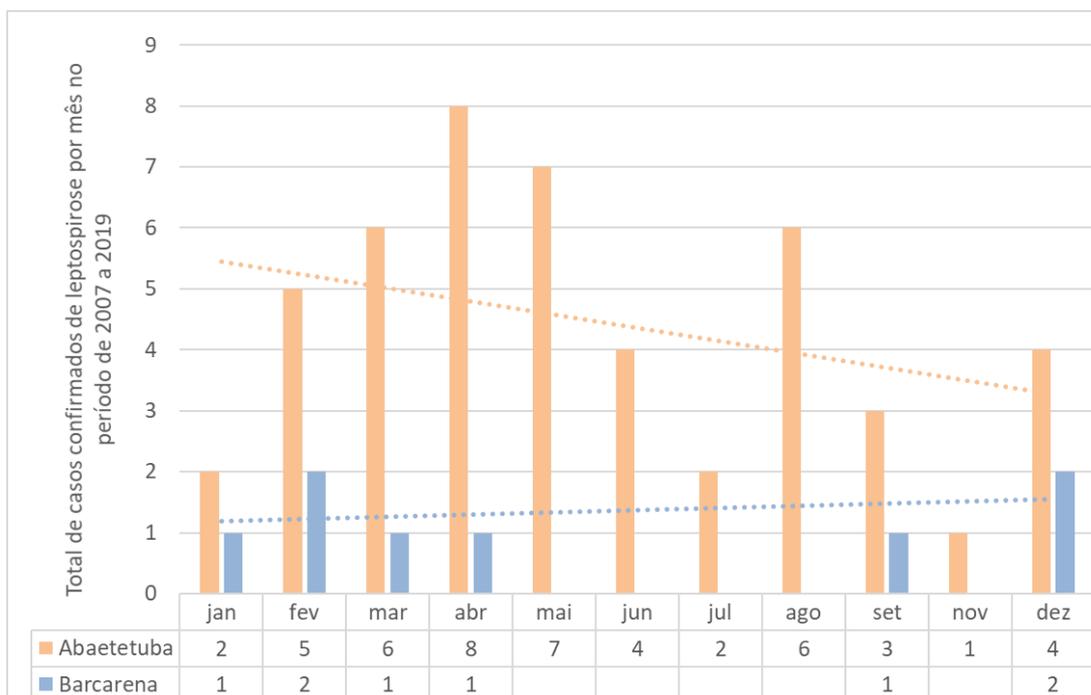


Em laranja o total de casos confirmados por ano em Abaetetuba e em azul o total de casos confirmados por ano em Barcarena. A linha pontilhada representa a tendência linear no número de casos em cada município, com base nos números apresentados em todo o escopo temporal.

Fonte: Produção da autora.

Analisando a soma dos casos ao longo dos meses (Figura 4.2), o período de fevereiro a maio se destaca pelo maior número de casos de leptospirose, com novo aumento a partir de dezembro na maioria dos anos estudados. Com respeito à sazonalidade, observou-se que há uma variação sazonal, com uma maior incidência nos meses do primeiro semestre (janeiro a junho), com destaque especial para o município de Abaetetuba (maiores valores).

Figura 4.2: Total de casos confirmados de leptospirose por mês e município.

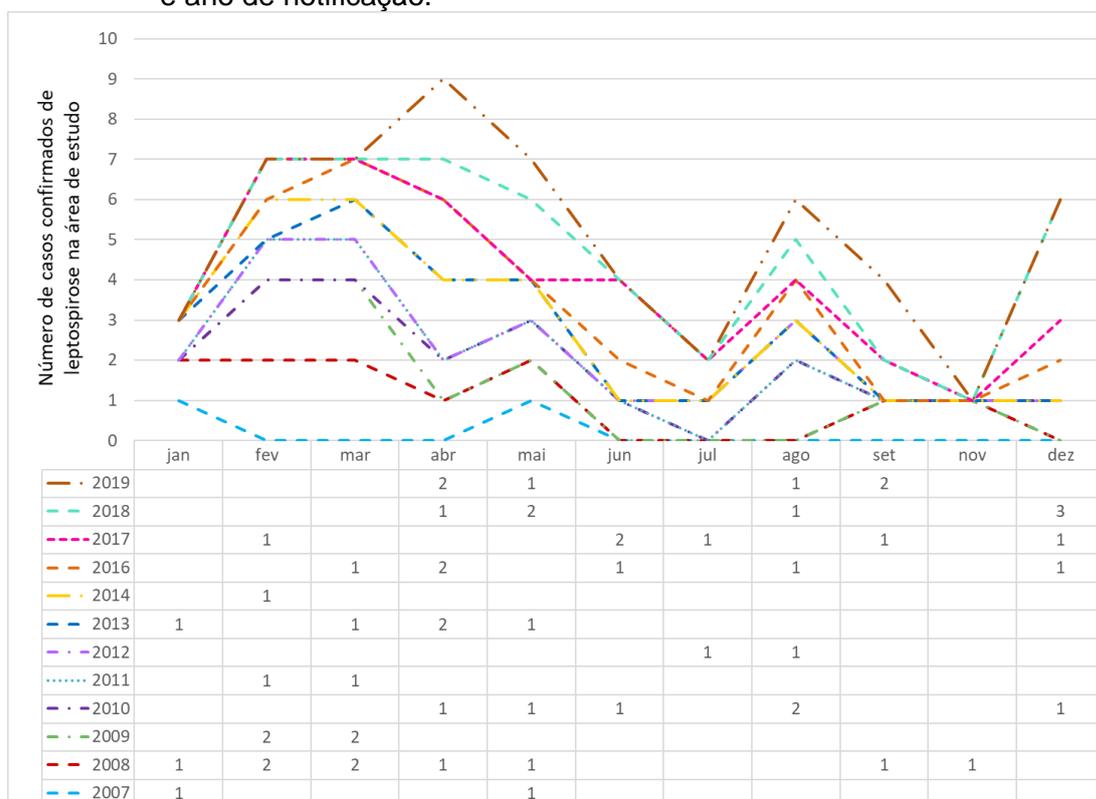


Em laranja a soma de casos confirmados em cada mês ao longo dos 13 anos de estudo em Abaetetuba, e em azul a soma de casos confirmados por mês em Barcarena. A linha pontilhada representa a tendência linear anual no número de casos em cada município, com base na somatória em todo o período de estudo.

Fonte: Produção da autora.

Quando analisado sob um viés anual acumulado dos dois municípios Abaetetuba e Barcarena (Figura 4.3), observou-se que a maioria dos casos de leptospirose se concentrou no primeiro semestre de cada ano analisado.

Figura 4.3: Gráfico do acumulado total de casos confirmados de leptospirose por mês e ano de notificação.

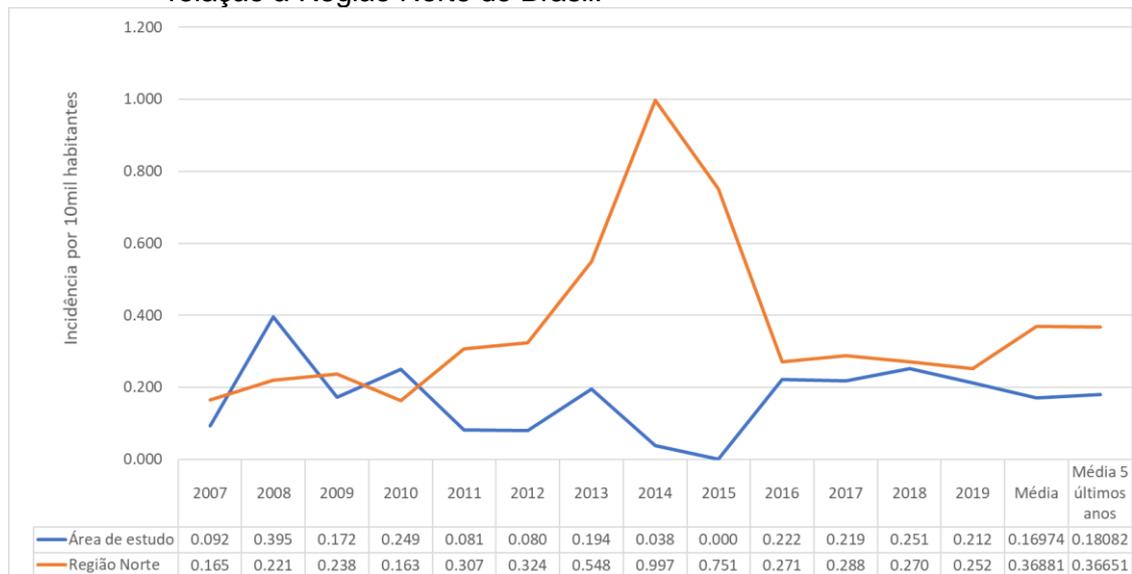


A somatória apresentada representa o total de casos confirmados nos dois municípios da área de estudo em conjunto.

Fonte: Produção da autora.

De forma geral, a incidência da área de estudo (Abaetetuba e Barcarena) foi inferior àquela observada na Região Norte do País (Figura 4.4), com exceção de dois anos: 2008 e 2010. Especificamente durante o período entre 2011 e 2016, esta diferença foi mais evidente, com taxas superiores (Região Norte do País) a 5 vezes àquelas observadas na área de estudo. Nos anos seguintes a 2016, as taxas se mantiveram similares entre si e com a tendência de manterem-se constantes.

Figura 4.4: Gráfico comparativo da incidência de leptospirose na área de estudo em relação à Região Norte do Brasil.



Fonte: Produção da autora.

4.2 Perfil socioepidemiológico

Em relação à caracterização socioepidemiológica dos pacientes com leptospirose, algumas considerações podem ser destacadas sobre o perfil dos pacientes (Tabela 4.2), apesar de falhas encontradas na base de dados como os campos em branco.

Tabela 4.2: Perfil socioepidemiológico dos pacientes infectados pela leptospirose.

Variável Sociodemográfica	Frequência absoluta	
Faixa Etária (n=56)	Crianças (0 - 12 anos)	6
	Adolescentes (13 - 18)	3
	Jovens (19 - 29)	12
	Adultos (30 - 59)	30
	Idosos (60+)	5
Sexo (n=56)	Feminino	4
	Masculino	52
Raça/Cor (n=55)	Branca	7
	Preta	2
	Parda	42
	Ignorada	4
Zona de Residência (n=52)	Urbana	46
	Rural	6
Critério de confirmação (n=56)	Clínico Laboratorial	35
	Clínico epidemiológico	21
Evolução do caso (n=52)	Cura	25
	Óbito por leptospirose	5
	Óbito por outras causas	1
	Ignorado	21

(continua)

Tabela 4.2 – Conclusão.

Escolaridade (n=48)	Analfabeto	2
	EF incompleto	15
	EF completo	9
	Ensino médio incompleto	4
	Ensino médio completo	5
	Educação superior incompleta	1
	Educação superior completa	1
	Ignorado	10
	Não se aplica	1
	Ocorreu hospitalização (n=53)	Sim
Não		9
Ignorado		2

Fonte: Produção da autora.

Com base no perfil socioepidemiológico dos CC de leptospirose, observou-se que a população predominantemente atingida é masculina (52, e 4 casos do sexo feminino). O nível de escolaridade mais frequente foi o ensino fundamental (EF) incompleto, com 15 casos. Porém, 10 do total de casos confirmados constavam como ignorado para o campo escolaridade. A frequência de pacientes com ensino fundamental completo foi igual a soma do ensino médio (EM) completo e incompleto (9 casos).

Referente aos sinais e sintomas da leptospirose, cinco deles se destacam dentre todos os sintomas possíveis declarados (Tabela 4.3). A febre foi o principal sintoma manifestado pela maioria dos pacientes com 51 casos, seguido de mialgia, icterícia e dor na panturrilha, com 43, 42 e 40 casos respectivamente.

Meningismo, hemorragia pulmonar e alterações cardíacas foram os sintomas menos apresentados pelos pacientes, com apenas 1, 3 e 9 casos respectivamente.

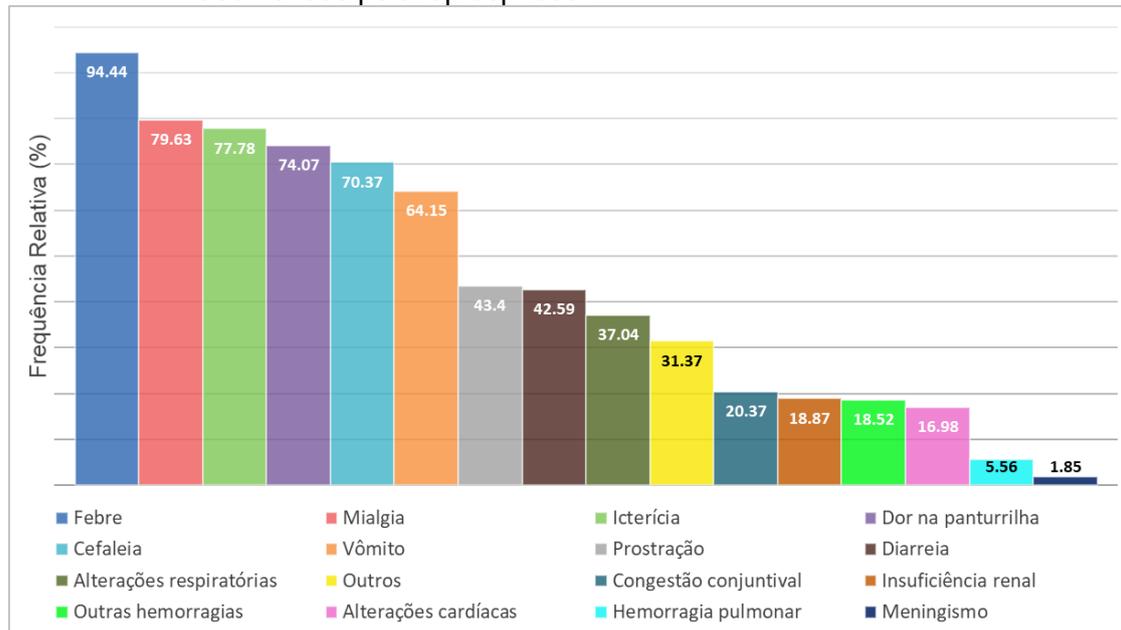
Um grande número de casos foi confirmado por exame laboratorial (35), o que mostra a importância do diagnóstico correto para um tratamento mais eficiente. O alto número de internações dos pacientes (42) confirma a alta necessidade de atendimento hospitalar aos pacientes com leptospirose, o que acarreta altos custos hospitalares. Quanto aos sintomas da doença, cinco se destacaram: a febre foi o principal sintoma observado, seguida de mialgia, icterícia, dor na panturrilha e cefaleia (Tabela 4.3); o meningismo e a hemorragia pulmonar foram os sintomas menos frequentes, com menos de 10% dos casos (Figura 4.5).

Tabela 4.3: Distribuição quantitativa dos sinais e sintomas presentes na ficha de investigação da leptospirose.

Sinais e sintomas	Sim	Não	Ignorado
Febre (n=54)	51	2	1
Mialgia (n=54)	43	10	1
Icterícia (n=54)	42	11	1
Dor na panturrilha (n=54)	40	10	4
Cefaleia (n=54)	38	14	2
Vômito (n=53)	34	17	2
Prostração (n=53)	23	27	3
Diarreia (n=54)	23	29	2
Alterações respiratórias (n=54)	20	32	2
Outros (n=51)	16	34	1
Congestão conjuntival (n=54)	11	41	2
Insuficiência renal (n=53)	10	36	7
Outras hemorragias (n=54)	10	41	3
Alterações cardíacas (n=53)	9	40	4
Hemorragia pulmonar (n=54)	3	47	4
Meningismo (n=54)	1	50	3

Fonte: Produção da autora.

Figura 4.5: Frequência relativa dos sinais e sintomas apresentados pelos pacientes acometidos pela leptospirose.



Fonte: Produção da autora.

Dos fatores ambientais mais relevantes identificados, mais de 30 pacientes declararam ter observado roedores nos arredores do local de residência dentro dos 30 dias antecedentes aos sintomas e água ou lama de enchente (Tabela 4.4). Além disso, a presença de lixo ou entulho, e a existência de terreno baldio nos arredores também foram fatores ambientais identificados por mais de 20 pessoas infectadas, 24 e 27 respectivamente.

Tabela 4.4: Descrição quantitativa das situações de risco ocorridas nos 30 dias que antecederam os primeiros sintomas.

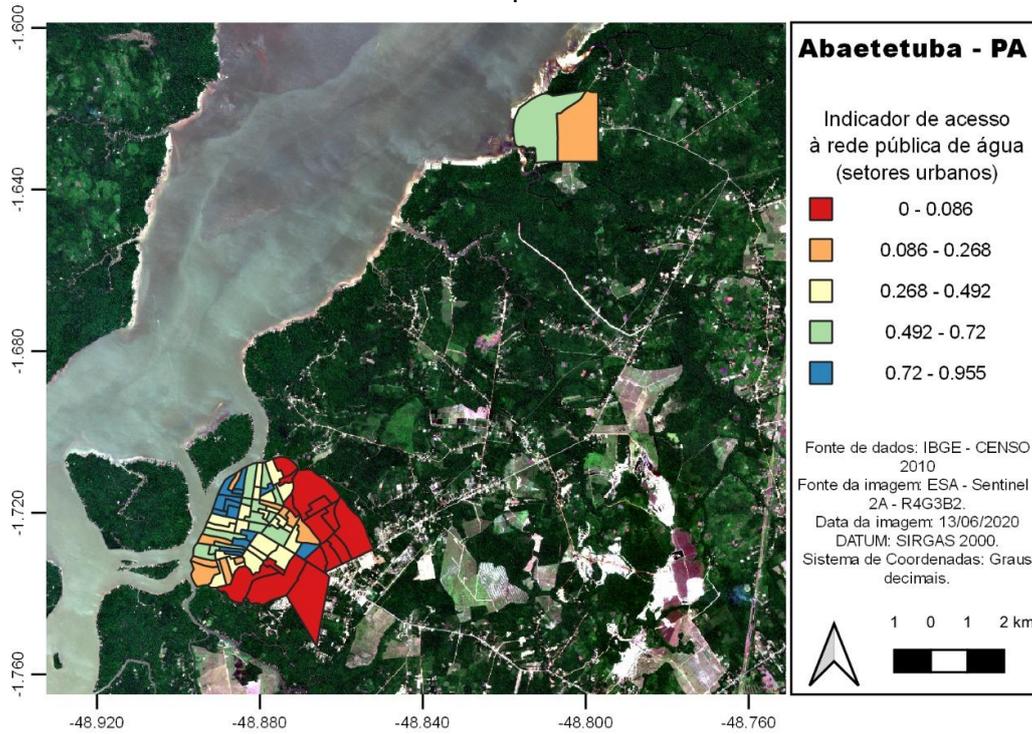
Situações de risco	Sim	Não	Ignorado
Local com sinais de roedores (n=53)	38	7	8
Água ou lama de enchente (n=54)	32	16	6
Lixo/Entulho (n=54)	27	19	8
Terreno baldio (n=52)	24	22	6
Roedores diretamente (n=53)	18	27	8
Criação de animais (n=53)	17	29	7
Rio, córrego, lagoa ou represa (n=52)	16	29	7
Caixa d'água (n=52)	11	33	8
Fossa, caixa de gordura ou esgoto (n=52)	11	34	7
Plantio/colheita (lavoura) (n=52)	4	40	8
Outras (n=49)	3	38	8
Armazenamento de grãos/alimentos (n=52)	1	43	8

Fonte: Produção da autora.

4.2.1 Indicadores sociais

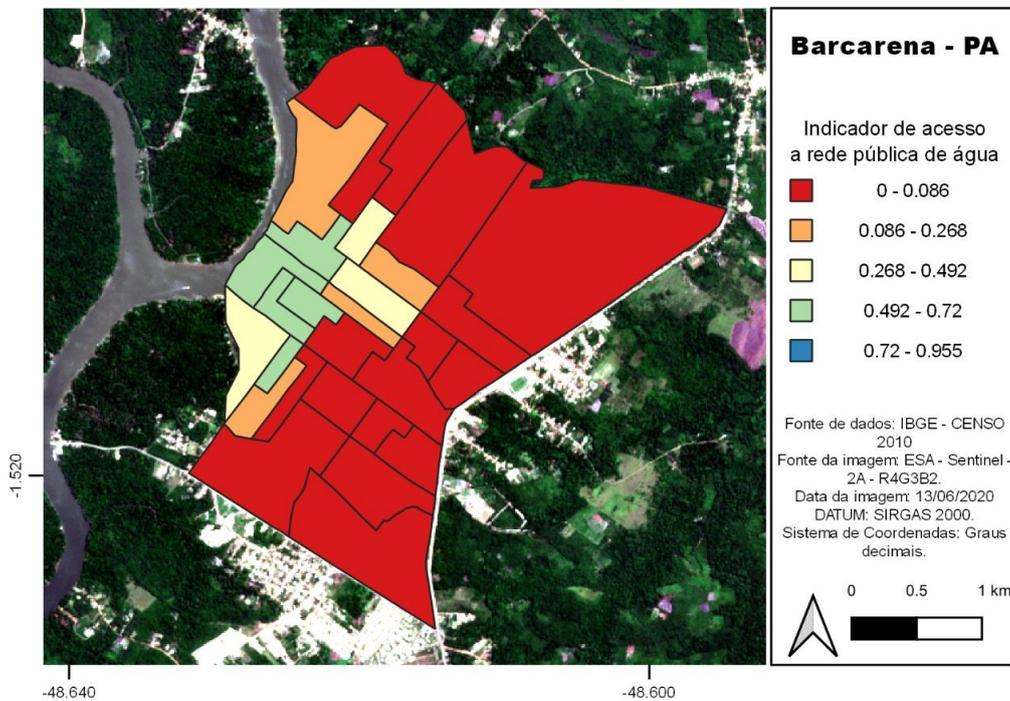
O indicador de acesso à rede pública de água (IARPA) se mostrou heterogêneo para os setores censitários da área de estudo (Figura 4.6). Em Abaetetuba, dos seus 74 setores censitários localizados em área urbana, apenas 15 apresentaram IARPA entre 0 e 0,086. Já em Barcarena, dos 34 setores censitários na principal área urbana (Figura 4.7), nenhum apresentou um IARPA maior do que 0,72, sendo que mais da metade apresentou valores inferiores a 0,086 -reforçando a deficiência no acesso à rede pública de água no município, fazendo com que muitas vezes, os moradores optem por outras formas de armazenamento de água.

Figura 4.6: Mapa coroplético do indicador de acesso à rede pública de água para os setores urbanos do município de Abaetetuba.



Fonte: Produção da autora.

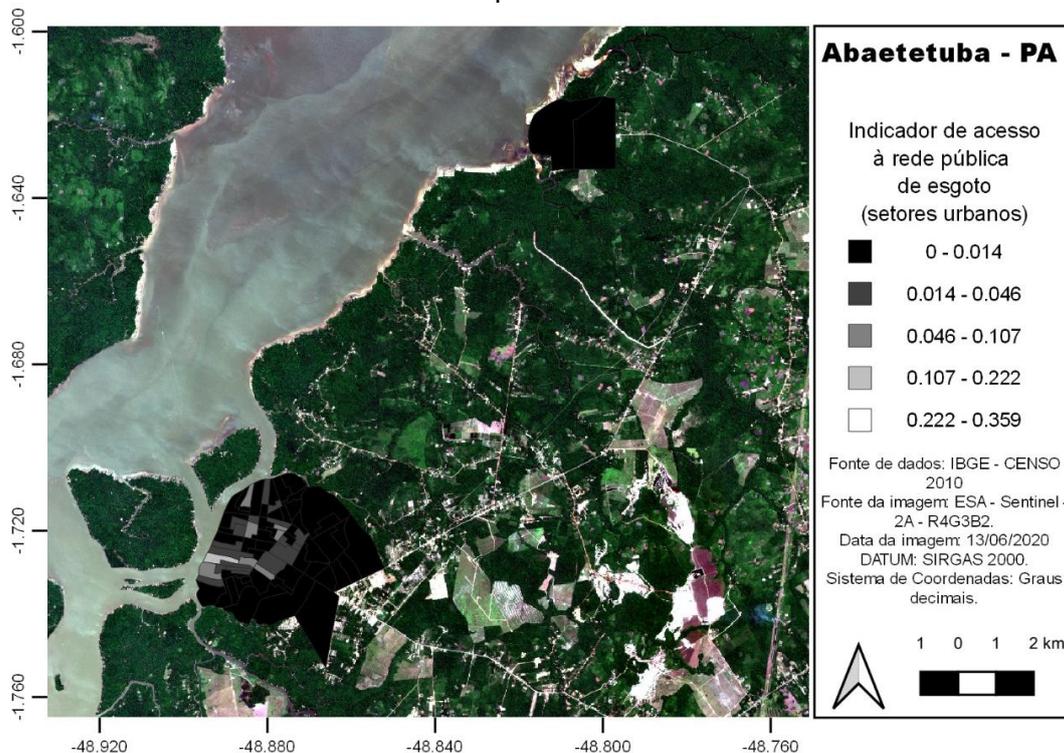
Figura 4.7: Mapa coroplético do indicador de acesso à rede pública de água para os setores urbanos do município de Barcarena.



Fonte: Produção da autora.

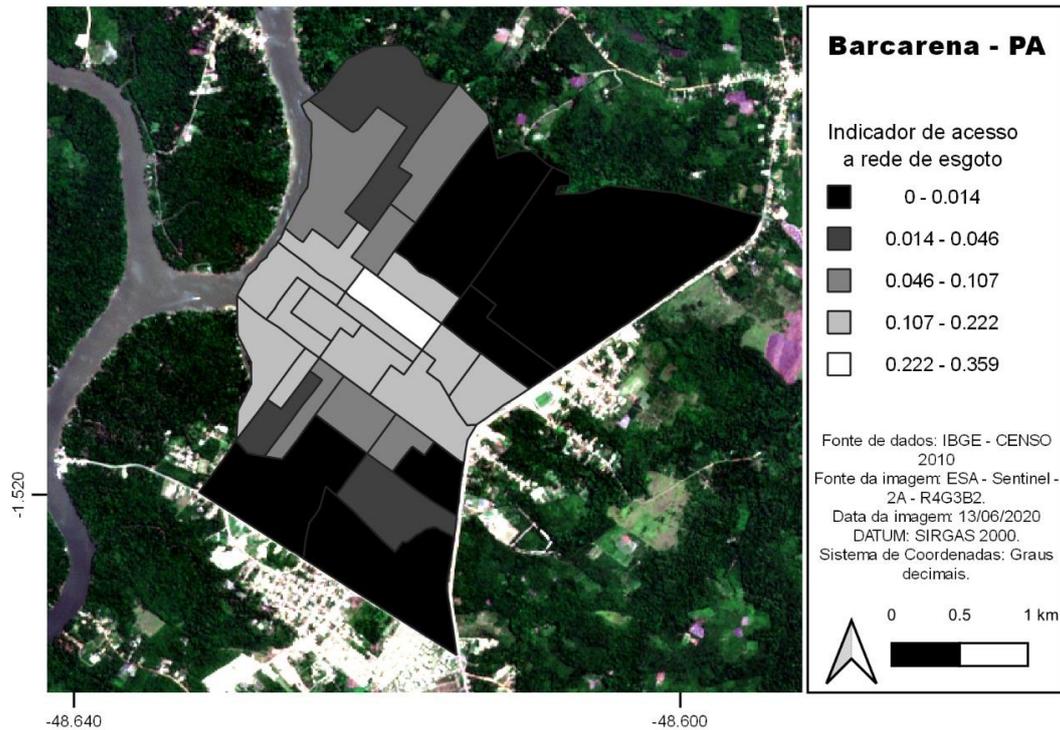
Com base no indicador de acesso à rede pública de esgoto (IARPE), ao contrário da relação ao IARPA, Abaetetuba apresentou um desempenho abaixo de Barcarena. A maioria dos SC de Abaetetuba apresentou IARPE menor do que 10% (Figura 4.8), o que sinaliza a necessidade de maiores investimentos no setor, considerando que muito provavelmente, grande parte do esgoto domiciliar acaba escoando nos rios e corpos d'água da região. Barcarena por sua vez apresentou um menor número de SC com IARPE próximos a zero (Figura 4.9). Cerca de 21 SC foram classificados com o indicador de esgoto entre 0,046 e 0,359, sendo que apenas Barcarena teve setores censitários com indicador igual ou superior a 0,222.

Figura 4.8: Mapa coroplético do indicador de acesso à rede pública de esgoto para os setores urbanos do município de Abaetetuba.



Fonte: Produção da autora.

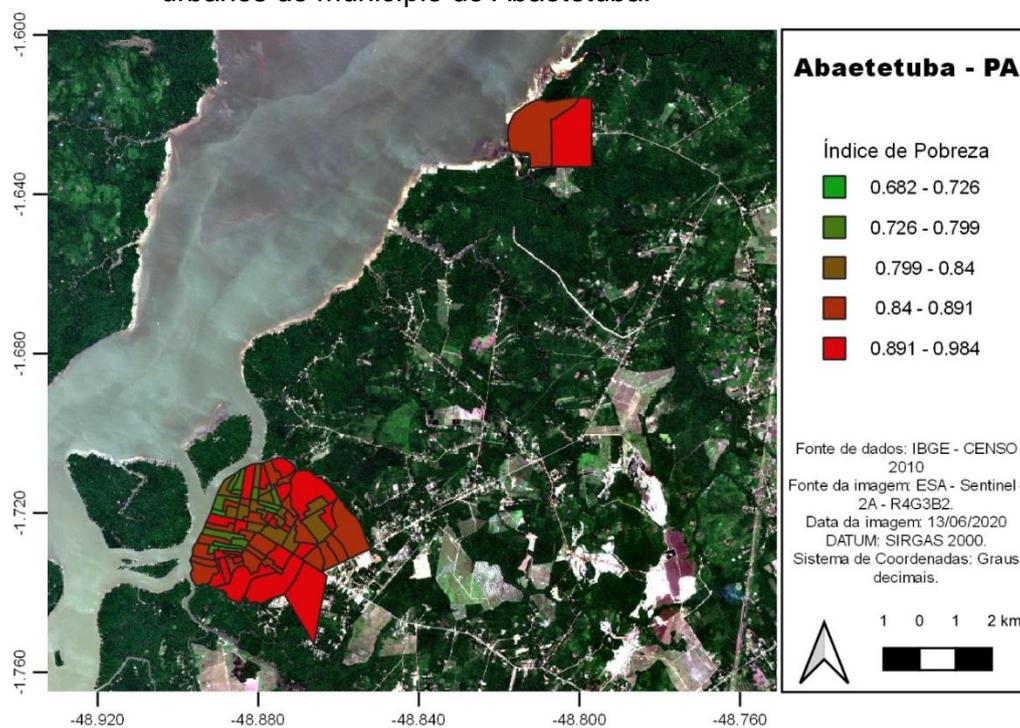
Figura 4.9: Mapa coroplético do indicador de acesso à rede pública de esgoto para os setores urbanos do município de Barcarena.



Fonte: Produção da autora.

Como base no índice de pobreza monetária, o grau de pobreza monetária foi heterogêneo entre os setores censitários analisados. Abaetetuba apresentou 28 dos 74 SC com índice de pobreza acima de 80% (Figura 4.10), o que indica quase 40% desses setores com índice de pobreza médio a alto na classificação por quartil. Apenas três setores censitários obtiveram valor do índice até 0,726, que representa o melhor cenário. Em Barcarena, apenas dois setores censitários se classificaram dentro da classe com o melhor cenário de pobreza, e apenas um deles no principal fragmento de área urbana (Figura 4.11). Dos 28 SC, 16 deles apresentaram índices maiores do que 0,84, e 18 do total de SC em área urbana de Barcarena, o que representa um cenário preocupante para o bem estar da população, assim como para a saúde.

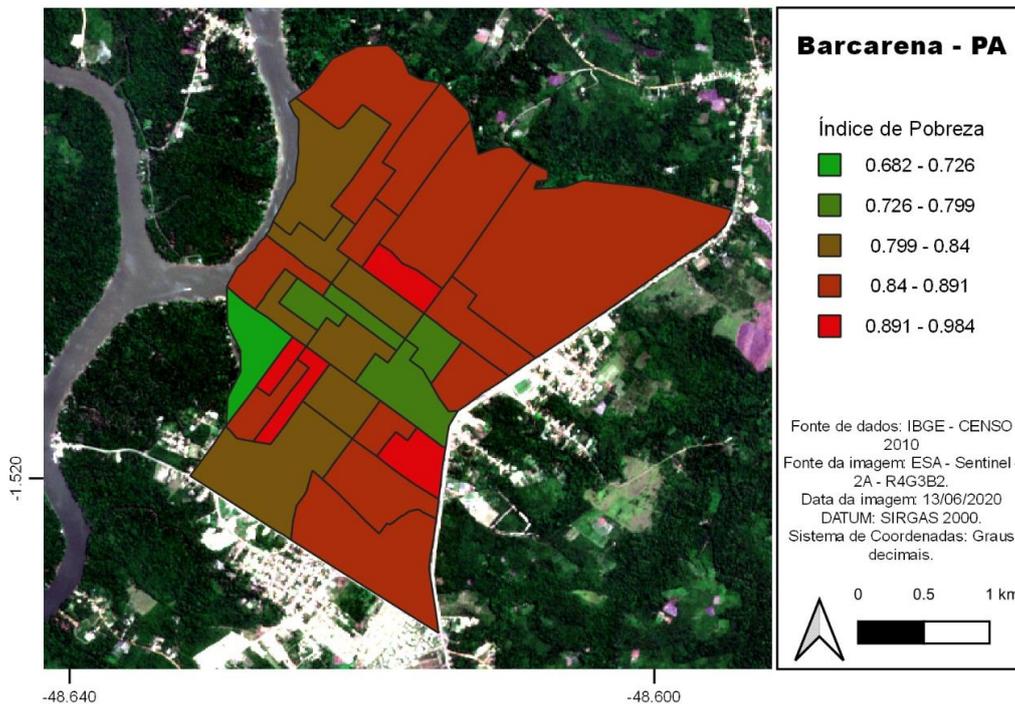
Figura 4.10: Mapa coroplético do índice de pobreza monetária para os setores urbanos do município de Abaetetuba.



Legenda: quanto maior o valor, maior a pobreza monetária.

Fonte: Produção da autora.

Figura 4.11: Mapa coroplético do índice de pobreza para os setores urbanos do município de Barcarena.



Legenda: quanto maior o valor, maior a pobreza.

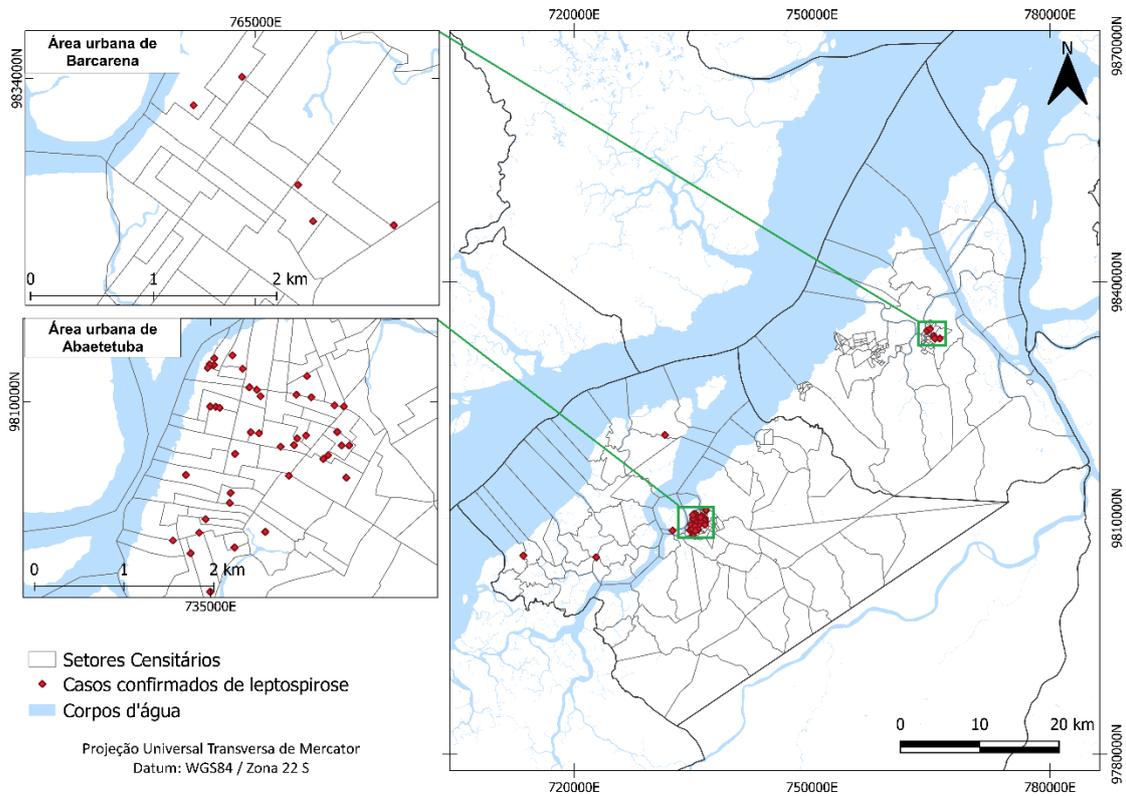
Fonte: Produção da autora.

4.3 Análises espaciais

Nas análises espaciais, buscou-se identificar padrões através das técnicas de geoprocessamento. O mapa de pontos e o mapa coroplético de incidência apresentam inicialmente a distribuição espacial dos dados na área de estudo. Em seguida os Índices Global e Local de Moran mostram onde existem aglomerados e qual a relação de autocorrelação dos dados, e após, o escaneamento espaço-temporal mostra se o(s) aglomerado é significativo.

O mapa de pontos apresenta a distribuição espacial dos casos confirmados de leptospirose na área de estudo (Figura 4.12), onde os pontos em vermelho representam as localidades dos eventos, sendo estes correspondentes ao endereço de residência dos infectados pela leptospirose. Devido à concentração de casos de residentes em área urbana, é possível observar setores censitários (que são pequenos em áreas mais densamente populosas) com concentrações de casos.

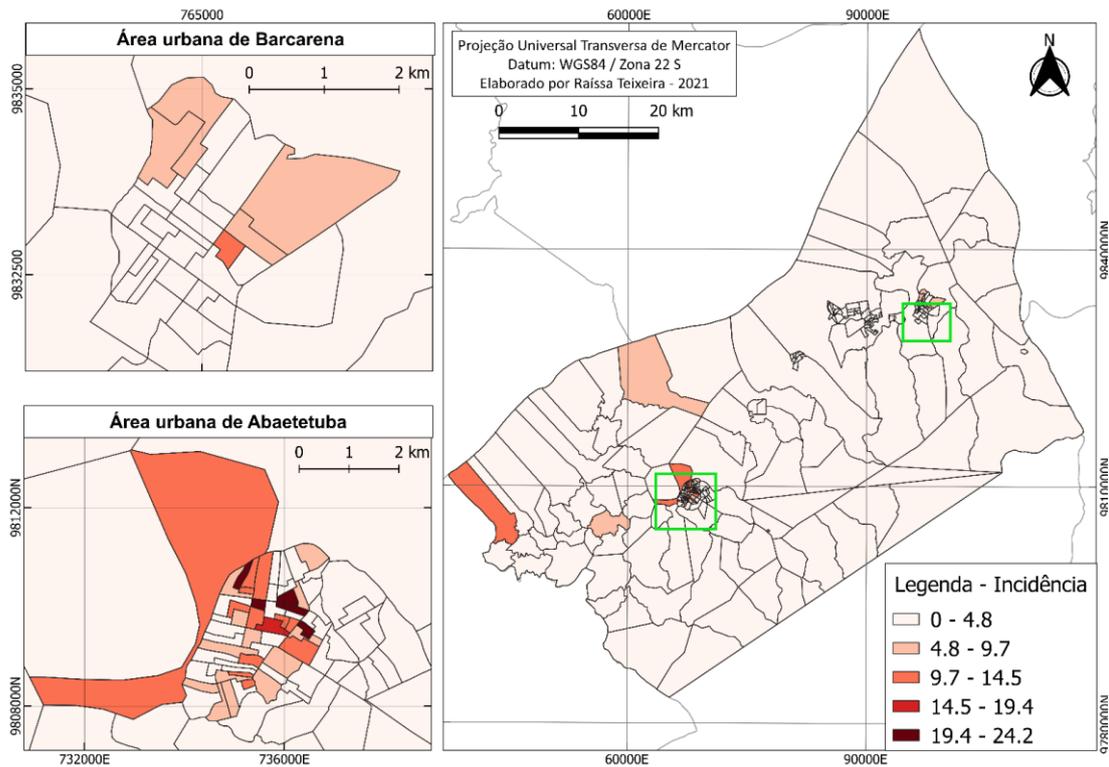
Figura 4.12: Mapa de pontos da distribuição espacial dos casos confirmados de leptospirose na área de estudo.



Fonte: Produção da autora.

Através do mapa de incidência (Figura 4.13), foi possível observar que a leptospirose apresentou um comportamento similar à estimativa de Kernel, com maiores valores dentro da área urbana, mas isso pode ser resultado do pequeno número de casos trabalhado na mesma área, onde na maioria dos setores censitários não existem CC.

Figura 4.13: Mapa coroplético da incidência acumulada de leptospirose na área de estudo.

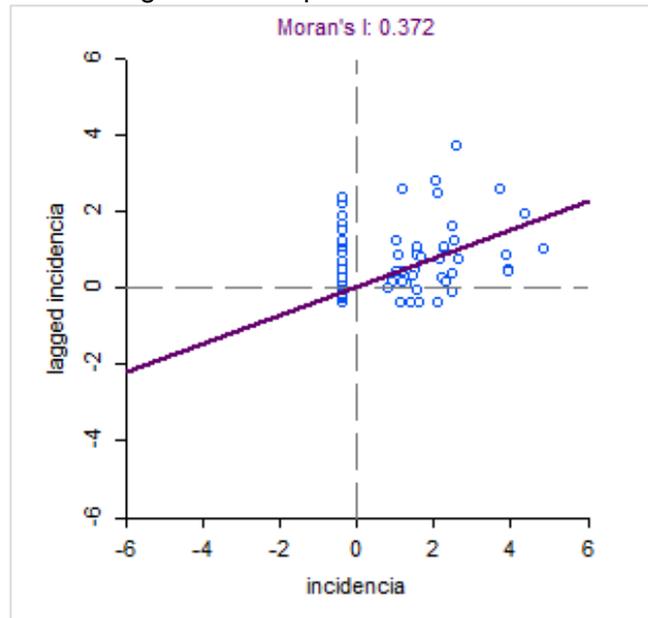


Fonte: Produção da autora.

Com base na análise de autocorrelação espacial da incidência por setor censitário, o Índice de Moran foi de 0,372 (Figura 4.14), o que indica a existência de autocorrelação espacial positiva. Esse valor único mostra que existe uma interdependência espacial entre todos os polígonos da área de estudo, que neste trabalho são os setores censitários.

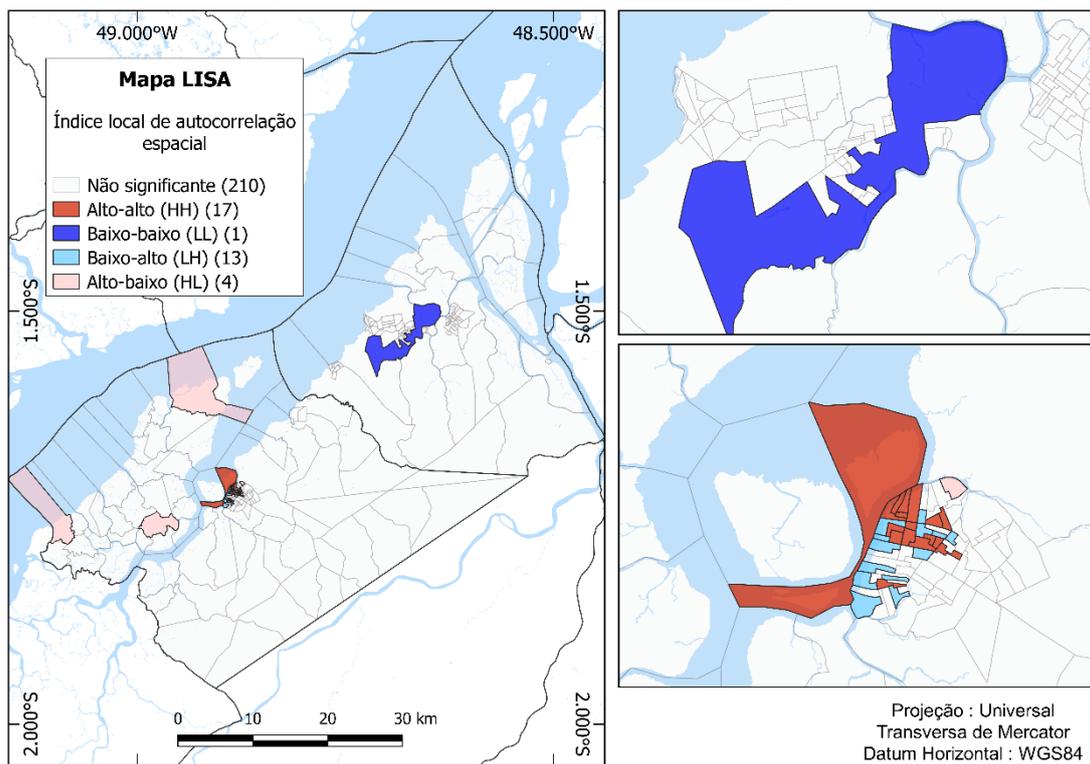
Por sua vez, os mapas LISA (Figura 4.15) demonstram a existência de diferentes relações de dependência espacial para a região de estudo. A relação alta-alta (*high-high*) e alta-baixa (*high-low*) foram observadas apenas em Abaetetuba, concentradas principalmente na área urbana do município. Já a relação baixa-baixa (*low-low*) foi observada em Barcarena. A maior parte do mapa não teve autocorrelação significativa ($p\text{-valor} > \alpha$, com $\alpha = 5\%$); um reflexo do baixo número de casos confirmados georreferenciados.

Figura 4.14: Diagrama de espalhamento de Moran - *Box map*.



Fonte: Produção da autora.

Figura 4.15: Mapa coroplético do Indicador de Associação Espacial Local.

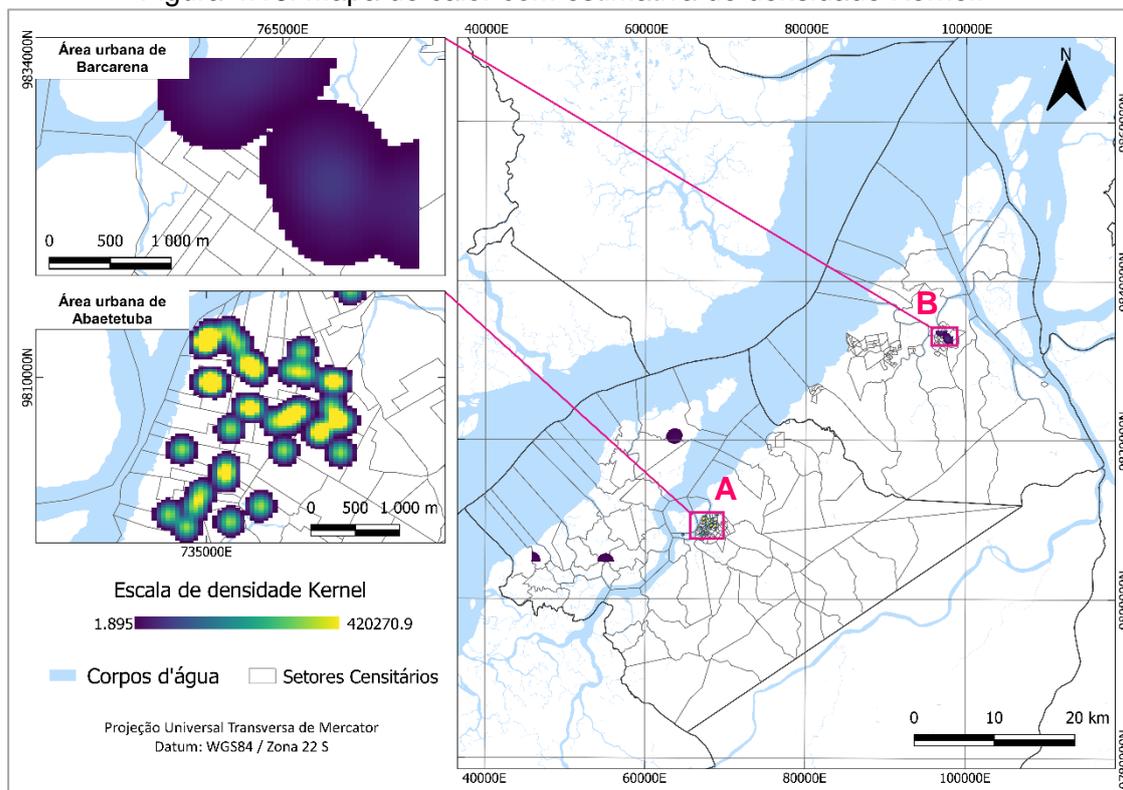


Em vermelho, maior autocorrelação espacial de áreas com maior incidência. Em azul, autocorrelação de áreas com menor incidência.

Fonte: Produção da autora.

O mapa da estimativa de densidade de Kernel - EDK (Figura 4.16) apresentou uma maior concentração da doença nas áreas urbanas dos dois municípios em estudo, onde foram localizadas as áreas de risco mais significativas, conhecidas como *hotspots*. Em Abaetetuba o valor da EDK foi maior, onde está concentrada a maior parte da população, e conseqüentemente das residências e casos de leptospirose. A análise de varredura espaço-temporal não detectou nenhum aglomerado estatisticamente significativo, possivelmente devido ao pequeno número de casos confirmados durante o período e área de estudo.

Figura 4.16: Mapa de calor com estimativa de densidade Kernel.



A e B representam as principais áreas urbanas da área de estudo em Abaetetuba e Barcarena, respectivamente.

Fonte: Produção da autora.

4.4 Análise estatística

A análise de regressão foi realizada objetivando encontrar as variáveis de maior relevância para a transmissão da leptospirose na área de estudo. O resultado estatístico da abordagem de *gridsearch* é apresentado na Tabela 4.5. O melhor

modelo analisado obteve um AIC = -0,455. Do conjunto de 14 parâmetros analisados, escolhidos a partir dos fatores comumente associados a doenças de veiculação hídrica na literatura, a declividade do terreno foi a variável explicativa mais intensamente correlacionada com os casos confirmados de leptospirose. O acúmulo de lixo nos arredores (variável do Censo demográfico) também foi um fator considerado importante para a ocorrência da doença. Contudo, devido ao seu valor-p superior a 5%, este não pôde ser considerado significativo estatisticamente como um fator determinante do modelo.

Tabela 4.5: Relação das variáveis explicativas do modelo GLM selecionadas a partir da abordagem de varredura (*gridsearch*).

Variáveis	Beta	P-Valor
Constante	-1,877	1,255e-08
Domicílio com lixo acumulado nos logradouros	0,070	4,794e-01
Média da área de declive	-2,671	7,399e-04
Inclinação média	2386,212	7,410e-04

Fonte: Produção da autora.

5 DISCUSSÃO

5.1 Banco de dados

A tomada de decisão no estudo da epidemiologia envolve não apenas a doença em si, mas os seres humanos que são afetados por ela. Cada tipo de dado, sua escala de estudo, o nível de detalhamento e os resultados que se buscam obter são diretamente ligados à relação entre a doença, as pessoas, o meio ambiente e as condições em que vivem.

Nas figuras em que são mostradas as tendências temporais do total de casos de leptospirose, foram observados perfis ondulatórios em função da sua ocorrência no tempo. Na Figura 4.1 é possível observar um padrão ondulatório nos casos confirmados, com uma periodicidade de aproximadamente 4 anos entre as “ondas” de casos de leptospirose, que podem ser separados entre 2007 a 2010, 2011 a 2014, e 2016 a 2019, sendo potencialmente um reflexo indireto de fenômenos atmosférico-oceânicos tais como o El Niño Oscilação Sul – ENSO, como abordado em outros estudos (GOARANT, 2016; EHELEPOLA et al., 2021; FERREIRA et al., 2021b). Fevereiro a junho é um período que se destaca na quantidade de casos de leptospirose (Figura 4.2), e pode estar relacionado com a época de cheias ou marés mais altas, que abrangem o período do final do ano até a metade do ano seguinte (LIMA et al., 2012; FERREIRA et al., 2021b), ou até mesmo com as mudanças climáticas, que por sua vez podem acarretar em maior precipitação, que, em locais com condições sanitárias mais precárias, pode tornar-se um problema maior de saúde e infraestrutura (LIMA et al., 2012; VASCONCELOS et al., 2012; GOARANT, 2016; DHEWANTARA et al., 2018) .

O padrão linear de mês a mês ao longo dos anos na área de estudo apresentou uma tendência similar nos diferentes períodos, variando de acordo com a quantidade de casos em cada ano. Outros estudos também encontraram tendências de aumento do número de casos de leptospirose do final do ano até o primeiro semestre (BUZZAR, 2012; GHIZZO FILHO et al., 2016; GONÇALVES et al., 2016). Enquanto a tendência linear temporal do número de casos é estável em Barcarena, em Abaetetuba é crescente (Figura 4.1). Diferenças na tendência do número de casos em áreas vizinhas entre si também foram observadas em

outro estudo em uma região próxima, que mostra um decréscimo da doença nos anos de estudo, porém com bairros vizinhos apresentando tendências de decréscimo a aumento no número de casos (GONÇALVES et al., 2016).

Do total de casos georreferenciados, a localização dos casos foi correspondente ao endereço de residência dos pacientes com leptospirose. Assim, há de se considerar que a infecção pode ter ocorrido em outros ambientes além do domiciliar, como o de trabalho ou lazer, o que limita a criação de hipóteses mais concretas junto ao fato dos dados serem inteiramente dependentes do relato do paciente ou responsável. Nesse sentido, considera-se importante o estudo da leptospirose em crianças de até 5 anos que, ainda no ambiente domiciliar por ainda não frequentarem a escola, pode auxiliar no direcionamento da vigilância para identificação de áreas de transmissão.

Outro ponto que precisa ser considerado é o fato de que as notificações dos casos de doenças no sistema de saúde são passíveis de subnotificação de casos de leptospirose, assim como de outras doenças como já abordado em outros estudos ((CARDIM et al., 2016; ROMERO et al., 2016; DE SOUZA; DO NASCIMENTO, 2017)) especialmente em regiões mais carentes de atenção médica ou distantes de unidades de saúde. Muitas pessoas acabam não buscando atendimento médico e ficam sem obter o correto diagnóstico, principalmente considerando que os sintomas da leptospirose são parecidos com outras doenças, e precisa de tratamento imediato em decorrência de sua alta taxa de letalidade. A perda de dados de notificações pode ser considerada um reflexo da deficiência de padronização na documentação dos casos de leptospirose. Existe uma necessidade de maior atenção e cuidado no preenchimento dos campos nas fichas, principalmente os que são essenciais, mas não obrigatórios. Isso dificulta o estudo epidemiológico das diversas doenças. A falta do preenchimento correto afeta a qualidade das informações e limita o enfrentamento da doença por ações da vigilância epidemiológica (LARA et al., 2019). Para um uso mais eficiente dos recursos informatizados, padronização das notificações e do preenchimento dos dados, ainda se faz necessário uma política de gestão da informação mais padronizada em conjunto com a capacitação dos profissionais de saúde (LAGUARDIA et al., 2004).

Outra questão importante, que pode ser relevante para o entendimento dos ciclos e surtos da doença é o entendimento do funcionamento do sistema de notificação e seus prazos. Foi observado um aumento de notificações em 2018 e 2019, mas, deve-se considerar que também pode ter ocorrido um aumento de notificações devido a melhorias no uso do sistema.

As limitações dos diferentes tipos de dados utilizados devem ser levadas em consideração para os resultados atuais, assim como em futuros estudos nessa área de pesquisa. De forma similar, assim como os dados epidemiológicos possuem questões relativas à confiabilidade das notificações manuais, os dados sociodemográficos, por exemplo, possuem limitações no uso ao longo dos anos, quando passam a tornar-se desatualizados. Mesmo que exista a disponibilização de amostras por domicílios e estimativas no intervalo de anos que existe entre os Censos, nem todas as variáveis são incorporadas.

5.2 Epidemiologia dos casos confirmados de leptospirose

Em relação ao objetivo de determinar o perfil socioepidemiológico dos casos de leptospirose, na distribuição por sexo, o perfil dos pacientes mostrou que 92,9% eram do sexo masculino. Esse resultado corrobora o encontrado no Boletim Epidemiológico (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2018b) sobre a leptospirose no Brasil, que pode ser explicado pela possibilidade de que a exposição à doença é maior nos homens, por situações ou práticas que facilitem o contato com as fontes de infecção.

A distribuição dos casos de leptospirose por faixa etária mostrou que 53,6% encontrava-se na faixa etária de 30 a 59 anos durante o período estudado, e em seguida nos jovens entre 19 e 29 anos (21,4%), o que está de acordo com o encontrado em um estudo de 2017 sobre o perfil epidemiológico da leptospirose na Região Norte do Brasil (CALADO et al., 2017). Esse fato pode estar relacionado à população mais economicamente ativa, pois é uma faixa etária em que a população ocupa postos de trabalho.

Ainda segundo Calado et al., (2017), houve predominância dos casos de leptospirose em pessoas autodeclaradas pardas, o que também foi observado

neste presente estudo (76,4%); contudo, esse resultado pode ser considerado tendencioso devido à prevalência de pessoas autodeclaradas como pardas na Região Norte (IBGE, 2019), sujeito a mudanças nestas distribuições de acordo com cada região do país. O encontrado neste presente estudo difere do encontrado para o Brasil, com 46% em pessoas autodeclaradas brancas e 35% autodeclaradas pardas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2018b).

Uma relação inversamente proporcional é apresentada entre a doença e a escolaridade, ou seja, quanto maior a escolaridade, menor a chance de contaminação. Da mesma forma, quanto menor o nível de escolaridade, maior é a frequência de contaminação, como foi observado que 31,3% dos pacientes possuíam EF incompleto. Essa relação pode estar associada ao efeito da escolaridade no acesso à informação de qualidade. As instituições de ensino são importantes locais difusores de informação sobre campanhas de vacinação, cuidados de higiene, e conseqüentemente, na prevenção de doenças (RAMOS et al., 2020). Nesse campo, também foi observada uma grande lacuna na declaração sobre escolaridade, visto que 20,4% constam como ignorado.

O fato de alguns campos não possuírem preenchimento obrigatório ou possuírem a opção “ignorado” afeta na disponibilidade e acurácia dos dados, visto que não é possível afirmar a divisão assertiva desses dados para realizar uma análise completa, problema que também foi abordado em outros estudos (LARA et al., 2019). Geralmente uma baixa escolaridade é relacionada a postos de trabalho menos favorecidos que podem ser locais precários, ou favorecer um maior contato com a contaminação como encontrado por Paiva e Souza (2018). Trabalhos em situações mais precárias podem propiciar uma baixa renda, que também é associada à maior infecção pela leptospirose como o encontrado por Santos et al. (2018), com a maioria dos casos pertencentes à população das classes sociais D e E. Além disso, um maior nível de escolaridade pode levar a uma melhor situação de renda que propicie a moradia em local com melhor saneamento.

Ao contrário do pressuposto de que as áreas rurais apresentam um maior risco à transmissão de leptospirose em outras áreas estudadas (BARCELLOS et al.,

2003; HERBRETEAU et al., 2009; LEDIEN et al., 2017), em função de uma condição sociodemográfica mais carente, em especial sanitária mais precária, os resultados aqui encontrados ficaram concentrados principalmente em áreas do tipo residencial com 88,5% dos casos, enquanto que apenas 6 casos foram advindos de zonas rurais. Apesar de ser possível a determinação de áreas mais prováveis de infecção, a leptospirose não é limitada a aparecer em uma determinada área, e assim como sua epidemiologia, também é importante que se conheça os padrões de sua incidência, pois a urbanização da doença é uma preocupação de saúde pública. Junto a este fato, a busca por melhores ações de prevenção continua sendo essencial principalmente pelos surtos de leptospirose que acometem populações jovens e saudáveis, incluindo atletas e militares pelo mundo (PAPPAS et al., 2008).

A alta frequência de casos em pessoas residentes da zona urbana corresponde ao encontrado em outros estudos que evidenciam a relação de uma maior densidade populacional, quando sem infraestrutura adequada, com a existência de construções irregulares com o crescimento desordenado (BRASIL, 2014; LARA et al., 2019).

A alta frequência de diagnóstico laboratorial (62,5%) e internação (79,3%) dos pacientes demonstram a importância do atendimento hospitalar aos pacientes com leptospirose, mas que acarreta em consequentes altos custos hospitalares ao sistema de saúde em comparação com outras infecções de etiologia bacteriana, mostrando a necessidade de realização de ações contínuas de promoção da saúde e de vigilância epidemiológica (GONÇALVES et al., 2016). A necessidade de maiores investimentos em infraestrutura de água potável e saneamento encontrada, corrobora com o apresentado recentemente por FERREIRA et al. (2021), que mostra o impacto expressivo que investimentos eficientes em saneamento e água potável podem ter na diminuição das internações por doenças de veiculação hídrica.

Do total de CC, a evolução para cura foi de quase 50% dos casos, contra quase 10% que vieram a óbito. Ainda é um número alto se comparado a outras doenças. Outro problema identificado com os dados nesse estudo é o fato de

40% deles constarem como ignorado no preenchimento dos dados. Isso leva a uma dificuldade para entender a evolução da doença que acaba não sendo preenchida no lançamento dos dados, seja por falta do fechamento do caso seja pela não atualização dos dados, levando a incertezas nos resultados.

A febre foi apresentada em 94% dos casos, considerada como um dos principais sintomas da leptospirose e doenças infecciosas. Mialgia, icterícia e dor na panturrilha, com 79%, 77% e 74% também se apresentam como frequência expressiva nos CC, mas são proporções que se diferem dos sintomas encontrados em um estudo sobre o estado de São Paulo, onde febre e mialgia aparecem em mais de 80% dos casos, seguido de cefaleia com 70% (BUZZAR, 2012). Apenas 2% dos pacientes apresentaram meningismo, e 5,5% hemorragia pulmonar. Para esses campos sobre os sintomas, foi encontrado uma menor frequência de preenchimentos com a opção "ignorado", o que permite investigar melhor os sintomas que são realmente menos ou mais frequentes.

Dos fatores ambientais mais relevantes identificados, aproximadamente 68% dos pacientes que responderam a esse item declararam ter observado roedores nos arredores do local de residência dentro dos 30 dias antecedentes aos sintomas e 57,1% dos pacientes declararam ter presenciado enchente ou lama na área de residência, resultados que corroboram com o apresentado pelo Boletim Epidemiológico do Ministério da Saúde sobre a Leptospirose (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2018b). Esses fatores são importantes no que se refere ao poder elevado do risco de contaminação das pessoas, animais, solo e água pela leptospira. Quase metade dos pacientes (48,2%) também declararam ter observado lixo ou entulho no entorno de suas residências. Todos esses fatores em conjunto propiciam um ambiente favorável ao desenvolvimento do principal vetor de contaminação da leptospira, o roedor. Alguns fatores que poderiam ser considerados como próximos a atividades mais laborais, apresentaram menor proporção no declarado pelos pacientes, como o plantio/colheita 7,6% e armazenamento de grãos/alimentos, com menos de 2% dos casos.

5.3 Epidemiologia espacial

A existência da autocorrelação espacial positiva resultante do Índice de Moran mostra que existe uma relação entre esses setores censitários com casos de leptospirose. O mapa LISA aponta, como o encontrado em outras análises, que Abaetetuba apresenta setores censitários com autocorrelação alta-alta, enquanto Barcarena, em sua maioria, apresenta autocorrelação baixa-baixa, corroborando com o encontrado na área de estudo.

Uma possibilidade de estudo futuro para a área seria a inclusão do histórico de desenvolvimento e crescimento desses municípios em análises temporais de imagens de alta resolução espacial para avaliar o crescimento da malha viária das áreas urbanas em conjunto com dados socioeconômicos mais atuais, considerando que os dados do Censo de 2010 podem ser considerados obsoletos ou desatualizados. Além disso, estudos sobre as possíveis relações de desastres ambientais que podem propiciar surtos de doenças, podem ser interessantes para a região.

O município de Barcarena, por exemplo, teve sua economia transformada após investimentos para produção de alumínio, o que levou a um desenvolvimento industrial. Logo houve um crescimento na produção, porém sem o devido controle dos impactos ambientais e sociais, ocasionando um intenso e desordenado processo emigratório (MARINHO et al., 2016). Alguns desastres ambientais como despejos irregulares de rejeitos de mineradora e vazamento de resíduos tóxicos⁴ também foram reportados no local. Outro desastre que passou a ser considerado como tragédia ambiental, social e econômica para os dois municípios, Abaetetuba e Barcarena, ocorreu em 2015 quando houve um naufrágio de um navio com mais de cinco mil bois vivos e 700 toneladas de óleo a bordo⁵. Desastres e eventos extremos também podem ser grandes influenciadores no comportamento de uma doença em determinada região,

⁴ <https://glo.bo/2GkukA6>

⁵ <https://g1.globo.com/pa/para/noticia/naufragio-de-navio-com-cinco-mil-bois-vivos-em-barcarena-completa-dois-anos.ghtml>

principalmente a leptospirose e outras doenças de veiculação hídrica. Na área de estudo, os mananciais de água são em sua maioria superficiais, tornando a área mais suscetível à contaminação por diferentes fontes, como esgoto, fossas sépticas residenciais e lixiviação (VASCONCELOS et al., 2016), contribuindo para surtos de doenças transmitidas pela água.

Como indicaram os indicadores IARPA, IARPE e índice de pobreza, existe uma carência no acesso a serviços importantes para a saúde da população, isso se mostra uma preocupação para o controle da doença, visto o encontrado em Belém com maior concentração da doença em áreas onde existe ausência de coleta de resíduos sólidos domiciliares, esgoto e acesso à água encanada (GONÇALVES et al., 2016). Além disso, constatando que ainda existe uma desigualdade no acesso à infraestrutura sanitária pelo povo paraense quando comparado a outras partes do Brasil, e o ideal é que se busquem direcionamentos para destinação de recursos para infraestrutura urbana e saúde. Desde maio de 2017, Abaetetuba desenvolve um projeto inovador no saneamento chamado Sistema Alternativo de Tratamento de Água para Consumo Humano, mais conhecido como SALTA-Z. Este consiste no tratamento de água bruta por meio de filtros e dosadores, além de reservatórios para acondicionamento e distribuição da água tratada (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS, 2019). Alguns resultados mostram-se positivos quanto à diminuição de casos de doenças e contaminação, visto que a água é tratada e armazenada de forma correta no local. Essa é uma área que poderia receber mais investimentos, conseqüentemente atendendo mais famílias com água de melhor qualidade e mais saúde dos moradores.

5.4 Dados sociodemográficos e ambientais detectáveis por sensoriamento remoto no estudo da leptospirose

Abaetetuba e Barcarena estão situadas às margens do rio Tocantins, e esse fato em conjunto com a falta de adequada drenagem das chuvas, coleta de esgoto, e saneamento em geral propiciam o acúmulo de água em poças e dificulta o escoamento superficial da água da chuva em alguns locais. Isso ocorre principalmente nas sarjetas, em frente às casas ou construções por onde as

peças passam e correm o risco de contaminação com a leptospirose ou até mesmo outras doenças de veiculação hídrica. Ocorre acúmulo de água em especial onde as ruas não possuem bueiro ou sistema de drenagem, como o observado através do Google Street View em alguns dos endereços com casos confirmados de leptospirose (Figura 5.1). Este fato foi abordado também em outros trabalhos como o realizado no município de Belém, PA por Gonçalves et al. (2016), ao indicar a existência de áreas com cotas altimétricas abaixo de 4 metros, que sofrem influência das marés altas e acabam por dificultar o escoamento das águas pluviais. Ainda no mesmo estudo, foi encontrado uma maior ocorrência da leptospirose nas áreas com menores cotas altimétricas, que favorecem o estabelecimento de alagamentos, um fator de risco para a disseminação da doença. Em outra região do Brasil no estado de Santa Catarina, Silva; Conceição e Chiaravalloti Neto (2020) também apontaram uma maior incidência em locais com baixas altitudes.

Figura 5.1: Imagens de locais com casos registrados de leptospirose.



Captura da imagem: julho/2012 .

Fonte: Google Street View (2021).

Outro fator importante para a ocorrência da leptospirose é a existência dos vetores disseminadores da doença, ou seja, animais contaminados no ambiente, principalmente os roedores. Esses vetores têm suma importância no ciclo da doença, e ambientes que alagam podem aumentar sua circulação, ao precisarem sair de seus habitats e procurar locais secos. Com isso, podem urinar e contaminar o solo. Mas, se considerarmos o fato de o acúmulo de lixo ter sido um fator relevante na regressão, mas ainda não estatisticamente significativa, pode-se considerar a possível existência de uma relação indireta, entre o acúmulo de lixo e a doença.

Os roedores são vetores que, contaminados pela leptospirose, reproduzem-se próximos aos locais com lixo, de onde podem tirar o seu alimento, e assim contaminam o solo dessa área com sua urina (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2009; CLAZER et al., 2016). Desta forma, podem espalhar a leptospira no local, ainda mais considerando o fato de que aproximadamente 70% dos pacientes infectados observaram roedores no local onde residem, e quase 50% também observaram a presença de lixo. Esses fatores em conjunto formam condições ótimas de desenvolvimento desse vetor, e conseqüente aumento do risco da transmissão da leptospirose.

Sobre os dados ambientais por SR utilizados na regressão GLM, foi possível constatar a relação entre a declividade local e a incidência da leptospirose, fato que pode ser explicado por propiciar a presença de acúmulo de lixo e áreas alagadas. Outros dados foram utilizados, mas não mostraram relação tão significativa, mas alguns possíveis fatos podem ser considerados, por possibilidades de interferirem em uma análise por setores censitários. Uma condição que pode interferir no resultado do trabalho é a escala intra-municipal utilizada no estudo, pois alguns dos dados de SR possuem uma resolução espacial na ordem de quilômetros, e a média em torno dos pontos que representam os casos confirmados pode tornar-se generalizada para uma região maior que a abrange.

Os dados de SR estão cada vez melhores e mais detalhados, e, como uma perspectiva futura de continuação do trabalho, assim como para possível

aplicação para outras doenças, considera-se o uso de imagens de alta resolução para comparar o crescimento de municípios endêmicos para a leptospirose ou outras doenças que possuem inevitável relação com o ambiente e suas características. Assim, pode-se considerar a possibilidade da aplicação tanto de imagens de alta resolução espacial, quanto do uso de drones para mapeamento de áreas endêmicas para verificar locais de crescimento desordenado, acúmulo de lixo, construções irregulares e condições sanitárias desfavoráveis à promoção da saúde e bem estar da população, para assim, direcionar ações positivas de vigilância à saúde.

6 CONCLUSÃO

Os resultados evidenciaram tendências anuais distintas no número de casos de leptospirose de cada município estudado, com uma periodicidade sazonal bem-marcada. Enquanto Barcarena apresentou tendência anual estável, Abaetetuba apresentou tendência positiva. Além disso, um padrão ondulatório interanual com uma periodicidade de aproximadamente 4 anos foi observado, e poderia ser investigado em trabalhos futuros com dados climáticos e de eventos extremos.

Os padrões espaço-temporais de ocorrência da leptospirose indicaram que a incidência ocorre principalmente nas áreas urbanas e no primeiro semestre do ano, sendo o município de Abaetetuba o mais afetado com maior número de casos e incidência ao longo do período, embora as incidências municipais tenham variado ao longo do período estudado. Este resultado mostra a necessidade de um direcionamento maior de ações e investimentos em saúde e saneamento, principalmente nas áreas urbanizadas, para a mitigação da disseminação da leptospirose. Os mapas gerados neste estudo que apresentam a incidência e as áreas de risco encontradas para a leptospirose nos dois municípios de estudo podem ser utilizados pelos gestores municipais de saúde no combate à doença e na busca por medidas preventivas. Ainda, os fatores mais associados à doença podem ser apresentados à população em campanhas de educação em saúde, especialmente no que se refere aos cuidados para cada faixa etária.

A caracterização socioepidemiológica evidenciou que os mais acometidos pela leptospirose foram majoritariamente homens, autodeclarados pardos e com idades entre 30 e 59 anos. Os fatores observados mais relatados na caracterização epidemiológica foram os locais com sinais de roedores, enchentes e lixo no entorno. Combinados entre si e com outros fatores que podem ser mais aprofundados, como variáveis climáticas e a declividade, formam condições ideais para o desenvolvimento do principal vetor da doença, com um conseqüente aumento do risco de transmissão da leptospirose. Assim, além da necessidade de melhorias no sistema de saneamento, também é essencial o acionamento de medidas de controle desses vetores e medidas de

promoção à prevenção de doenças de veiculação hídrica. À medida que a população cresce e o espaço urbano aumenta ao longo do tempo, as condições essenciais de saúde e direitos básicos da população precisam ser totalmente atingidos para que se tenham sociedades mais resilientes a surtos de doenças de veiculação hídrica como a leptospirose.

Este estudo reforça ainda a importância da integração de dados de sensoriamento remoto aos estudos epidemiológicos, e do investimento em condições de saneamento e infraestrutura para melhorar a saúde da população, especialmente nos países em desenvolvimento. As possibilidades existentes do uso de imagens de alta resolução, do uso de drones e outras ferramentas em sistemas de informações geográficas são diversas, e devem ser mais exploradas e incentivadas no âmbito da vigilância em saúde.

7 COMITÊ DE ÉTICA

O estudo utilizou dados secundários disponíveis para acesso público restrito; sem identificar os indivíduos. Os resultados foram agregados no nível do setor censitário; portanto, sem a necessidade de passar pelo Comitê Brasileiro de Ética em Pesquisa (CEP); de acordo com a Lei nº 12.527/2011 que garante o acesso do público à informação.

O Laboratório de Geoprocessamento do Instituto Evandro Chagas (LabGeo/IEC) do Ministério da Saúde do Brasil possui autorização da Secretaria de Saúde Pública do Estado do Pará (SESPA) para a utilização e publicação dos dados do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN).

A disponibilidade dos dados é feita pelas respectivas fontes de dados. Os scripts de processamento de dados podem ser disponibilizados sob demanda para possíveis interessados.

Os autores agradecem à Secretaria de Estado de Saúde do Pará (SESPA) pelo fornecimento dos dados epidemiológicos utilizados neste estudo, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, E. S.; RIBEIRO, M. M.; VIANA, J. H.; PONTES, A. N. Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado e indicadores socioeconômicos na Amazônia brasileira. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. 16, 2020.
- ALMEIDA, R. B.; CASTRO, M. B. Espacialização da dengue: indicadores socioespaciais e aspectos climáticos no processo saúde-doença. **RA'E GA**, v. 45, p. 200–213, 2018.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2014.
- ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association—LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995.
- ANSELIN, L. **An introduction to spatial autocorrelation analysis with GeoDa**. [S.l.]: Spatial Analysis Laboratory (SAL), 2003.
- AVANZI, V. M.; FONZAR, U. J. V.; SILVA, E. S.; TEIXEIRA, J. J. V.; BERTOLINI, D. A. Risk areas for hepatitis A, B and C in the municipality of Maringá, Paraná state, Brazil 2007-2010. **Geospatial Health**, v. 13, n. 1, p. 188–194, 2018.
- BAILEY, T.; GATRELL, A. **Interactive spatial data analysis**. [S.l.]: Longman Group, 1995.
- BARBOSA, V. S.; LOYO, R. M.; GUIMARÃES, R. J. P. S. E.; BARBOSA, C. S. Os Sistemas de Informação Geográfica em estudo sobre a esquistossomose em Pernambuco. **Revista de Saúde Pública**, v. 51, p. 1–10, 2017.
- BARCELLOS, C.; LAMMERHIRT, C. B.; DE ALMEIDA, M. A. B.; DOS SANTOS, E. Distribuição espacial da leptospirose no Rio Grande do Sul, Brasil: recuperando a ecologia dos estudos ecológicos. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n. 5, p. 1283–1292, 2003.

BARCELLOS, C.; RAMALHO, W. M.; GRACIE, R.; MAGALHÃES, M. A. F. M.; FONTES, M. P.; SKABA, D. Georreferenciamento de dados de saúde na escala submunicipal: algumas experiências no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 17, n. 1, p. 59–70, 2008.

BARCELLOS, C.; SABROZA, P. C. The place behind the case: leptospirosis risks and associated environmental conditions in a flood-related outbreak in Rio de Janeiro. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, Suppl., p. 59–67, 2001.

BECK, L. R.; LOBITZ, B. M.; WOOD, B. L. New sensors and new opportunities. **Emerging Infectious Diseases**, v. 6, n. 3, p. 217–226, 2000.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 104, de 25 de janeiro de 2011**: define as terminologias em legislação nacional, conforme o disposto no Regulamento Sanitário Internacional 2005 (RSI 2005), a relação de doenças, agravos e eventos em saúde pública de notificação compulsória em todo o território nacional e estabelece fluxo, critérios, responsabilidades e atribuições aos profissionais e serviços de saúde. 2011. Disponível em: <https://www.saude.mg.gov.br/index.php?option=com_gmg&controller=document&id=8141>.

BRASIL; MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Boletim epidemiológico**: hepatites virais 2021. Brasília: MS, 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE; INSTITUTO NACIONAL DO CÂNCER (INCA). **Epidemiologia**. Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/en/taxonomy/term/904>>. Acesso em: 27 fev. 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Sistemas de Informações Geográficas e análise espacial na Saúde Pública**. Brasília - DF: MS, 2014. 152 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Guia de vigilância epidemiológica**. 7.ed. Brasília - DF: MS, 2009. 813 p. ISBN (9789896540821).

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Análise de indicadores relacionados à água para consumo humano e doenças de veiculação hídrica no Brasil, ano 2013, utilizando a metodologia da matriz de indicadores da Organização Mundial da Saúde (OMS)**. Brasília: MS, 2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Análise de situação em clima e saúde**. Brasília: MS, 2017.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Diretriz para atuação em situações de surtos de doenças e agravos de veiculação hídrica**. Brasília: MS, 2019. 57 p. ISBN (9788533426689).

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Leptospirose: situação epidemiológica do Brasil no período de 2007 a 2016. **Boletim Epidemiológico**, 2018b.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Leptospirose**: diagnóstico e manejo clínico. Brasília - DF: MS, 2014. ISBN (9788533421592).

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Guia de vigilância em saúde**. 3.ed. Brasília -DF: MS, 2019. 740 p. ISBN (9788533427068).

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Leptospirose**: o que é, causas, sintomas, tratamento, diagnóstico e prevenção. Disponível em:

<<https://saude.gov.br/saude-de-a-z/leptospirose>>. Acesso em: 26 fev. 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAUDE. **Introdução à estatística espacial para a saúde pública**. Brasília: MS, 2007. 124p.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA.- **Lei nº 8.069, de 13 de julho 1990**: dispõe sobre o Estatuto de Criança e do Adolescente e dá outras providências. 1990. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8069.htm>.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPUBLICA. **Lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003**: dispõe sobre o Estatuto do Idoso e dá outras providências. 2003.

Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/l10.741.htm>.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. **Lei nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007**: estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico/ cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico/ altera as Leis nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.548, de 11 de maio de 1078. 2007.

Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm>.

BRASIL. PRESIDENCIA DA REPÚBLICA. **Lei nº 12.852, de 5 de agosto de 2013**: institui o Estatuto da Juventude e dispõe sobre os direitos dos jovens, os princípios e diretrizes das políticas públicas de juventude e o Sistema Nacional de Juventude - SINAJUVE. 2013. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12852.htm>.

BUZZAR, M. R. Perfil epidemiológico da leptospirose no Estado de São Paulo no período de 2007 a 2011. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL EM EPIDEMIOLOGIA, 2., 2012, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2012. Disponível em: <<https://docs.bvsalud.org/biblioref/ses-sp/2012/ses-27233/ses-27233-4168.pdf>>.

CALADO, E. J. R.; OLIVEIRA, V. D. S.; DIAS, F. C. F.; LOPES, A. B.; OLIVEIRA, A. A.; DE SANTANA, V. M. X.; GUSMÃO, K. E.; LOBO, P. H. P.; LIBERATO, A. A.; GUEDES, V. R. Leptospirose na região norte do Brasil: uma revisão da literatura e perfil epidemiológico comparativo. **Revista de Patologia do Tocantins**, v. 4, n. 2, p. 65, 2017.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S. Análise de eventos pontuais. In: DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). **Análise espacial de dados geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. p. 1–15.

CÂMARA, G.; CARVALHO, M. S.; CRUZ, O. G.; CORREA, V. **Análise espacial de áreas**. [S.l.: s.n., s.d.].

CAMARGO, E. C. G.; FELGUEIRAS, C. **Análise espacial de padrão de pontos**. São José dos Campos: INPE: 2015. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/cursos/ser301/SlidesAulas/Aula_Analise_Padrao_Pontos.pdf>.

CARDIM, M. F. M.; GUIRADO, M. M.; DIBO, M. R.; CHIARAVALLI NETO, F. Visceral leishmaniasis in the state of Sao Paulo, Brazil: spatial and space-time analysis. **Revista de Saude Publica**, v. 50, p. 1–11, 2016.

CARIDADE, E. O.; DOS SANTOS, M. C. F. V. Análise espacial da situação sanitária e sua consequência na distribuição de casos de hepatite A na Bacia do Rio Anil, São Luís-MA. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 2, p.

145–150, 2007.

CENTRO DE LIDERANÇA PÚBLICA (CLP). **Ranking de competitividade dos municípios**. [S.l.]: CLP, 2020.

CLAZER, M.; RODRIGUES, G. V.; ARAÚJO, L.; LOPES, K. F. C.; ZANIOLO, M. M.; GERBASI, A. R. V.; GONÇALVES, D. D. Leptospirose e seu aspecto ocupacional - revisão de literatura. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 18, n. 3, p. 191–198, 2016.

CONFALONIERI, U. E. C.; MARINHO, D. P. Mudança climática global e saúde: perspectivas para o Brasil. **Revista Multiciência**, v. 27, n. 8, p. 48–64, 2007.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. **Guia de replicação - Programa SALTA-Z**. [S.l: s.n.], 2019. 72 p. ISBN (9788584181285).

CORREIA, V. R. M.; CARVALHO, M. S.; SABROZA, P. C.; VASCONCELOS, C. H. Remote sensing as a tool to survey endemic diseases in Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, n. 4, p. 891–904, 2004.

CORREIA, V. R. M.; CARVALHO, M. S.; SABROZA, P. C.; VASCONCELOS, C. H. Remote sensing as a tool to survey endemic diseases in Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, n. 4, p. 891–904, 2004b.

CORREIA, V. R. M.; MONTEIRO, A. M. V.; CARVALHO, M. S.; WERNECK, G. L. Uma aplicação do sensoriamento remoto para a investigação de endemias urbanas. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, n. 5, p. 1015–1028, 2007.

COSTA, F.; HAGAN, J. E.; CALCAGNO, J.; KANE, M.; TORGERSON, P.; MARTINEZ-SILVEIRA, M. S.; STEIN, C.; ABELA-RIDDER, B.; KO, A. I. Global morbidity and mortality of leptospirosis: a systematic review. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 9, n. 9, 2015.

DAW, M. A.; ALI, L. A. B.; DAW, A. M.; SIFENNASR, N. E. M.; DAU, A. A. The geographic variation and spatiotemporal distribution of hepatitis C virus infection in Libya: 2007–2016. **BMC Infectious Diseases**, v. 18, n. 594, p. 10, 2018.

DE ALMEIDA, A. S.; MEDRONHO, R. A.; VALENCIA, L. I. O. Análise espacial da dengue e o contexto socioeconômico no município do Rio de Janeiro, RJ.

Revista de Saude Publica, v. 43, n. 4, p. 666–673, 2009.

DE OLIVEIRA, E. C. A.; DA SILVA, I. E. P.; FERREIRA, R. J.; GUIMARÃES, R. J. P. S.; GOMES, E. C. S.; BARBOSA, C. S. Mapping the risk for transmission of urban schistosomiasis in the Brazilian Northeast. **Geospatial Health**, v. 15, n. 2, 2020.

DE SOUZA, R. F.; DO NASCIMENTO, S. L. Doenças e agravos no contexto das grandes inundações graduais no Estado do Amazonas - Brasil. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 13, n. 26, p. 139–147, 2017.

DE SOUZA, R. S.; CAMERON, E.; KILLEDAR, M.; HILBE, J.; VILALTA, R.; MAIO, U.; BIFFI, V.; CIARDI, B.; RIGGS, J. D. The overlooked potential of Generalized Linear Models in astronomy, I: binomial regression. **Astronomy and Computing**, v. 12, p. 21–32, 2015.

DELLA ROSSA, P.; TANTRAKARNAPA, K.; SUTDAN, D.; KASETSINSOMBAT, K.; COSSON, J. F.; SUPPUTAMONGKOL, Y.; CHAISIRI, K.; TRAN, A.; SUPPUTAMONGKOL, S.; BINOT, A.; LAJAUNIE, C.; MORAND, S. Environmental factors and public health policy associated with human and rodent infection by leptospirosis: a land cover-based study in Nan province, Thailand. **Epidemiology and Infection**, v. 144, n. 7, p. 1550–1562, 2016.

DHEWANTARA, P. W.; MAMUN, A. AL; ZHANG, W. Y.; YIN, W. W.; DING, F.; GUO, D.; HU, W.; MAGALHÃES, R. J. S. Geographical and temporal distribution of the residual clusters of human leptospirosis in China, 2005–2016. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1–12, 2018.

DOGRU, A. O.; DAVID, R. M.; ULUGTEKIN, N.; GOKSEL, C.; SEKER, D. Z.; SÖZEN, S. GIS based spatial pattern analysis: children with Hepatitis A in Turkey. **Environmental Research**, v. 156, p. 349–357, 2017.

DUTRA, V. A. B.; GONÇALVES, P. V. S.; CAMPOS, M. V. A.; TAVARES, P. A.; BELTRÃO, N. E. S. Saneamento em áreas urbanas na Amazônia: aplicação do sistema de indicadores Peir. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 652, 2018.

EHELEPOLA, N. D. B.; ARIYARATNE, K.; ATHTHANAYAKE, A. M. S. M. C. M.; SAMARAKOON, K.; THILAKARATHNA, H. M. A. The correlation between three teleconnections and leptospirosis incidence in the Kandy District, Sri Lanka, 2004–2019. **Tropical Medicine and Health**, v. 49, n. 1, 2021.

ELLIOTT, P.; WARTENBERG, D. Spatial epidemiology: current approaches and future challenges. **Environmental Health Perspectives**, v. 112, n. 9, p. 998–1006, 2004a.

ELLIOTT, P.; WARTENBERG, D. Spatial epidemiology: current approaches and future challenges. **Environmental Health Perspectives**, v. 112, n. 9, p. 998–1006, 2004b.

EVANS, A. S. Re: “definitions of epidemiology”. **American Journal of Epidemiology**, v. 109, n. 3, p. 379–382, mar. 1979.

FERREIRA, D. C.; GRAZIELE, I.; MARQUES, R. C.; GONÇALVES, J. Investment in drinking water and sanitation infrastructure and its impact on waterborne diseases dissemination: the Brazilian case. **Science of the Total Environment**, v. 779, 2021a.

FERREIRA, L. D. S.; COSTA, L. C. C.; GADELHA, B. P.; RUSSO, E. P.; SOUSA, P. C. C.; FERNANDES, A. R.; SANTOS, F. S.; RUSSO, R. P.; SANTOS, D. S.; MONTEIRO FILHO, A. C. Leptospirose humana: situação epidemiológica em Belém - Pará. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 13, n. 11, e9226, 24 nov. 2021b.

FIACCADORI, F. **Estudos epidemiológicos são essenciais para enfrentar o Covid-19**. Goiânia - GO: Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública - IPTSP, 2020.

FRAGA, T. R. **Identificação de proteases de leptospira envolvidas com mecanismos de escape do sistema complemento humano**. 2014. 51 p. Tese (Doutorado em Imunologia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/42/42133/tde-27112014-094144/publico/TatianaRodriguesFraga_Doutorado_P.pdf>.

FRÉROT, M.; LEFEBVRE, A.; AHO, S.; CALLIER, P.; ASTRUC, K.; AHO

GLÉLÉ, L. S. What is epidemiology? Changing definitions of epidemiology 1978-2017. **PLOS ONE**, v. 13, n. 12, e0208442, dez. 2018.

GHIZZO FILHO, J.; NAZÁRIO, N. O.; FONTOURA FREITAS, P.; DE ARAÚJO PINT, G.; SCHLINDWEIN, A. D. Temporal analysis of the relationship between leptospirosis, rainfall levels and seasonality, Santa Catarina, Brazil, 2005-2015 João. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 3154, n. 1, p. 18–27, 2016.

GOARANT, C. Leptospirosis: risk factors and management challenges in developing countries. **Research and Reports in Tropical Medicine**, v. 7, p. 49–62, 2016.

GONÇALVES, N. V.; DE ARAUJO, E. N.; SOUSA JÚNIOR, A. S.; PEREIRA, W. M. M.; MIRANDA, C. S. C.; CAMPOS, P. S. S.; MATOS, M. W. S.; PALÁCIOS, V. R. C. M. Distribuição espaço-temporal da leptospirose e fatores de risco em Belém, Pará, Brasil. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 21, n. 12, p. 3947–3955, 2016.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. Google Earth Engine: planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18–27, 2017.

GRACIE, R.; BARCELLOS, C.; MAGALHÃES, M.; SOUZA-SANTOS, R.; GUIMARÃES BARROCAS, P. R. Geographical scale effects on the analysis of leptospirosis determinants. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 11, n. 10, p. 10366–10383, 2014.

GRIFFITHS, J. K. Waterborne diseases. **International Encyclopedia of Public Health**, p. 551–563, 2008.

GUIMARÃES, R. J. P. S.; FREITAS, C. C.; DUTRA, L. V.; SCHOLTE, R. G. C.; FLÁVIA, T. M. B.; FONSECA, F. R.; AMARAL, R. S.; DRUMMOND, S. C.; FELGUEIRAS, C. A.; OLIVEIRA, G. C.; CARVALHO, O. S. A geoprocessing approach for studying and controlling schistosomiasis in the state of Minas Gerais, Brazil. **Memorias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 105, n. 4, p. 524–531, 2010.

GUIMARÃES, R. J. P. S.; FONSECA, F. R.; DUTRA, L. V.; FREITAS, C. C.; OLIVEIRA, G. C.; CARVALHO, O. S. A study of schistosomiasis prevalence and risk of snail presence spatial distributions using geo-statistical tools.

Schistosomiasis, 2012.

GUIMARÃES, R. J. P. S.; FREITAS, C. C.; DUTRA, L. V.; MOURA, A. C. M.; AMARAL, R. S.; DRUMMOND, S. C.; GUERRA, M.; SCHOLTE, R. G. C.; FREITAS, C. R.; CARVALHO, O. S. Analysis and estimative of schistosomiasis prevalence for the state of Minas Gerais, Brazil, using multiple regression with social and environmental spatial data. **Memorias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 101, Suppl. 1, p. 91–96, 2006.

GUIMARÃES, R. J. P. S.; GONÇALVES, R.; GONÇALVES, N. V.; SOARES, D. C.; SANTOS, W. S.; GARCEZ, L. M. Uso do SIG para o estudo da leishmaniose em Santarém, Pará, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 16., 2013. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 8599–8605.

GUIMARÃES, R. M.; CRUZ, O. G.; PARREIRA, V. G.; MAZOTO, M. L.; VIEIRA, J. D.; ASMUS, C. I. R. F. Análise temporal da relação entre leptospirose e ocorrência de inundações por chuvas no município do Rio de Janeiro, Brasil, 2007-2012. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 19, n. 9, p. 3683–3692, 2014.

HERBRETEAU, V.; DEMORAES, F.; KHAUNGAEW, W.; GONZALEZ, J.; KITTAYAPONG, P.; SOURIS, M.; HERBRETEAU, V.; DEMORAES, F.; KHAUNGAEW, W.; HUGOT, J.; GONZALEZ, J. Use of geographic information system and remote sensing for assessing environment influence on leptospirosis incidence, Phrae province, Thailand To cite this version : HAL Id : halshs-00358094 sensing for assessing environment influence on. **International Journal of Geoinformatics**, v. 2, n. 4, p. 43–50, 2009.

HINO, P.; VILLA, T. C. S.; DA CUNHA, T. N.; DOS SANTOS, C. B. Padrões espaciais da tuberculose e sua associação à condição de vida no município de Ribeirão Preto. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 16, n. 12, p. 4795–4802, 2011.

HUNTER, P. R.; COLFORD, J. M.; LECHEVALLIER, M. W.; BINDER, S.;

BERGER, P. S. Waterborne diseases. **Emerging Infectious Diseases**, v.7, n.3, p.544-545, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico 2010**: características da população e dos domicílios: resultados do universo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Características gerais dos domicílios e dos moradores (2019)**: pesquisa nacional por amostra de domicílios contínua. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**. 1990. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv2269_1.pdf>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010**. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 22 fev. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Síntese de indicadores sociais : uma análise das condições de vida da população brasileira : 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. 210 p. ISBN (978-65-87201-98-6).

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento 2020**. São Paulo. 2020. Disponível em: <<http://tratabrasil.com.br/estudos/estudos-itb/itb/ranking-do-saneamento-2020>>.

KIRBY, R. S.; DELMELLE, E.; EBERTH, J. M. Advances in spatial epidemiology and geographic information systems. **Annals of Epidemiology**, v. 27, n. 1, p. 1–9, 2017.

KULLDORFF, M. A spatial scan statistic. **Communications in Statistics - Theory and Methods**, v. 26, n. 6, p. 1481–1496, 1997.

KULLDORFF, M. **SaTScan user guide**. 2018. Disponível em: <<http://www.satscan.org/>>.

LAGUARDIA, J.; DOMINGUES, C. M. A.; CARVALHO, C.; LAUERMAN, C. R.;

MACÁRIO, E.; GLATT, R. Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan): desafios no desenvolvimento de um sistema de informação em saúde. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 13, n. 3, p. 135–146, 2004.

LARA, J. M.; ZUBEN, A. VON; COSTA, J. V.; DONALISIO, M. R.; FRANCISCO, P. M. S. B. Leptospirose no município de Campinas, São Paulo, Brasil: 2007 a 2014. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 22, p. 2007–2014, 2019.

LEDIEN, J.; SORN, S.; HEM, S.; HUY, R.; BUCHY, P.; TARANTOLA, A.; CAPPELLE, J. Assessing the performance of remotelysensed flooding indicators and their potential contribution to early warning for leptospirosis in Cambodia. **PLoS ONE**, v. 12, n. 7, p. 1–15, 2017.

LIMA, J. D. S.; DOS SANTOS, G. C. S.; RODRIGUES, R. S. S.; DOS SANTOS, F. V. Morbidade e mortalidade por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado em Belém do Pará. **Ciência e Sustentabilidade**, v. 4, n. 2, p. 115–132, 2018.

LIMA, R. J. S.; ABREU, E. M. N.; RAMOS, F. L. P.; SANTOS, R. D.; SANTOS, D. D.; SANTOS, F. A. A.; MATOS, L. M.; SARAIVA, J. M. B.; COSTA, A. R. F. DA. Análise da distribuição espaço-temporal da leptospirose humana em Belém, Estado do Pará, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 3, n. 2, p. 33–40, 2012.

LÓPEZ-DOVAL, J. C.; MONTAGNER, C. C.; DE ALBURQUERQUE, A. F.; MOSCHINI-CARLOS, V.; UMBUZEIRO, G.; POMPÊO, M. Nutrients, emerging pollutants and pesticides in a tropical urban reservoir: spatial distributions and risk assessment. **Science of the Total Environment**, v. 575, p. 1307–1324, 2017.

LUIZ, O. D. C.; COHN, A. Risk society and epidemiological risk. **Cadernos de Saude Publica**, v. 22, n. 11, p. 2339–2348, 2006.

MARINHO, J. S.; JESUS, I. M.; ASMUS, C. I. R. F.; LIMA, M. O.; OLIVEIRA, D. C. Doenças infecciosas e parasitárias por veiculação hídrica e doenças respiratórias em área industrial, Norte do Brasil. **Cadernos Saúde Coletiva**, v.

24, n. 4, p. 443–451, 2016.

MARQUES, N. A.; GONÇALVES, V. M. N.; DE ALMEIDA, C. B.; FRANCO, M. L.; GALHARDO, J. A. Geoprocessamento aplicado à epidemiologia da leishmaniose visceral. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 13, n. 26, p. 156–165, 2017.

MENY, P.; MENÉNDEZ, C.; ASHFIELD, N.; QUINTERO, J.; RIOS, C.; IGLESIAS, T.; SCHELOTTO, F.; VARELA, G. Seroprevalence of leptospirosis in human groups at risk due to environmental, labor or social conditions. **Revista Argentina de Microbiologia**, v. 51, n. 4, p. 324–333, 2019.

MWACHUI, M. A.; CRUMP, L.; HARTSKEERL, R.; ZINSSTAG, J.; HATTENDORF, J. Environmental and behavioural determinants of leptospirosis transmission: a systematic review. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 9, n. 9, p. 1–15, 2015.

NARDI, S. M. T.; PASCHOAL, J. A. A.; PEDRO, H. S. P.; PASCHOAL, V. D.; SICHIERI, E. P. Geoprocessamento em saúde pública: fundamentos e aplicações. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 72, n. 3, p. 185–191, 2013.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)**. 2000. Disponível em: <<https://pubs.usgs.gov/fs/2009/3087/pdf/fs2009-3087.pdf>>.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A**, v. 135, n. 3, p. 370, 1972.

NUNES, F. G. Abordagem bayesiana na epidemiologia espacial de notificações de casos de dengue no Estado de Goiás. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 16., 2013, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013

PAIVA, R. F. P. S.; SOUZA, M. F. P. Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. **Cadernos de Saude Publica**, v. 34, n. 1, p. 1–11, 2018.

PALMEIRA, G. **Epidemiologia**. Rio de Janeiro - RJ: [s.n.], 2017. ISBN (978-85-

7541-325-8).

PAN AMERICAN HEALTH ORGANIZATION; WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Leptospirosis**: fact sheet. [S.l.]: PAHO Health Emergencies Department, 2017.

PAPPAS, G.; PAPADIMITRIOU, P.; SIOZOPOULOU, V.; CHRISTOU, L.; AKRITIDIS, N. The globalization of leptospirosis: worldwide incidence trends. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 12, n. 4, p. 351–357, 2008.

RAITHY, A. L. R.; GUIMARÃES, R. J. P. S.; BARREIROS, G. V. N.; BERNARDES, A. C.; MORAES, A. M. N.; PINTO, S. C. A.; MALCHER, S. A. O.; VEIGA, N. G.; BICHARA, C. N. C. Distribuição espacial e potencial risco de esquistossomose na Ilha do Mosqueiro, município de Belém, Pará, Brasil. **Revista SELPER**, v. 35, n. 1, p. 19–25, 2013.

RAMOS, L. S.; GOMES, H. A. L. F.; DE AGUIAR, T. C. G.; SOARES, R. M. S.; CORRÊA, M. X.; MORGAN, L. T. F.; MOTA, J. C.; MOTA, C. A. C.; QUEIROZ, K. A.; COTTA, A. L. G. Instruções de higiene na escola e na sociedade como ação de saúde e prevenção de doenças: uma revisão bibliográfica. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 12, n. 10, e4558, 2020.

RESENDES, A. P. C. **Sensoriamento remoto e modelagem espacial nos estudos dos processos endêmicos-epidêmicos em áreas urbanas**: o caso da dengue no município de Niterói - Estado do Rio de Janeiro. 2010. 112 p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://pesquisa.bvsalud.org/enfermeria/resource/pt/lil-596721>>.

ROJAS, L. B. I.; GURGEL, H.; BELLE, N. Geografia e saúde: o antigo, o novo e as dívidas. In: GURGEL, H.; BELLE, N. (Org.). **Geografia e saúde**: teoria e método na atualidade. Brasília: Universidade de Brasília: 2019.

ROJAS, L. I.; BARCELLOS, C.; PEITER, P. Utilização de mapas no campo da epidemiologia no Brasil. **Informe Epidemiológico do SUS**, v. 8, n. 4, p. 27–35, 1999.

ROMERO, R. O. G.; RIBEIRO, C. M. C.; SÁ, L. D.; VILLA, T. C. S.;

NOGUEIRA, J. D. A. Subnotificação de casos de tuberculose a partir da vigilância do óbito. **Revista Eletrônica de Enfermagem**, v. 18, 2016.

ROSA, A. H.; SILVA, Â. A. M. J.; MELO, C. A.; MOSCHINI-CARLOS, V.; GUANDIQUE, M. E. G.; FRACETO, L. F.; LOURENÇO, R. W. Diagnóstico ambiental e avaliação de uso e ocupação do solo visando a sustentabilidade da Represa de Itupararanga, importante área da bacia do médio Tietê. In: POMPÊO, M.; MOSCHINI-CARLOS, V.; NISHIMURA, P. YURI; SILVA, S. C. DA; DOVAL, C. L. (Ed.). **Ecologia de reservatórios e interfaces**. São Carlos: [s.n.], 2017. p. 212–231.

SANTOS, I. O. C.; LANDI, M. F. A.; DE LIMA, E. M. M.; CRUZ, L. M.; BOFILL, M. I. R.; SANTOS, D. E.; DE CASTRO, M. B. Socio-epidemiological characterization of human leptospirosis in the Federal District, Brazil, 2011-2015. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 51, n. 3, p. 372–375, 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DA SAÚDE DE SÃO PAULO – SES/SP. **Doenças relacionadas à água ou de transmissão hídrica: perguntas e respostas e dados estatísticos**. 2009. Disponível em: <http://www.saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica/areas-de-vigilancia/doencas-transmitidas-por-agua-e-alimentos/doc/2009/2009dta_pergunta_resposta.pdf>.

SILVA, A. E. P.; CONCEIÇÃO, G. M. S.; CHIARAVALLI NETO, F. Spatial analysis and factors associated with leptospirosis in Santa Catarina, Brazil, 2001-2015. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 53, , e20200466, 2020.

SILVEIRA, I. H.; OLIVEIRA, B. F. A.; JUNGER, W. L. Utilização do Google Maps para o georreferenciamento de dados do sistema de informações sobre mortalidade no município do Rio de Janeiro, 2010-2012. **Epidemiologia e Serviços de Saúde : Revista do Sistema Único de Saúde do Brasil**, v. 26, n. 4, p. 881–886, 2017.

SIQUEIRA, M. S.; ROSA, R. D. S.; BORDIN, R.; NUGEM, R. C. Internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado na rede

pública de saúde da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010-2014. **Epidemiologia e Serviços de Saúde : Revista do Sistema Único de Saúde do Brasil**, v. 26, n. 4, p. 795–806, 2017.

SKABA, D. A. **Metodologias de geocodificação dos dados da saúde**. 155p. 2009. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2009.

SKABA, D. A.; CARVALHO, M. S.; BARCELLOS, C.; MARTINS, P. C.; TERRON, S. L. Geoprocessamento dos dados da saúde: o tratamento dos endereços. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 20, n. 6, p. 1753–1756, 2004.

SMITH, C.; LE COMBER, S.; FRY, H.; BULL, M.; LEACH, S.; HAYWARD, A. Spatial methods for infectious disease outbreak investigations: systematic literature review. **Eurosurveillance**, v. 20, n. 39, p. 1–21, 2015.

SNOW, J. **On the mode of communication of cholera**. [S.l.]: John Churchill, 1855. 162 p.

SOETENS, L.; HAHNÉ, S.; WALLINGA, J. Dot map cartograms for detection of infectious disease outbreaks: an application to Q fever, the Netherlands and Pertussis, Germany. **Eurosurveillance**, v. 22, n. 26, p. 1–7, 2017.

SOUZA, C. L.; ANDRADE, C. S. Saúde, meio ambiente e território: uma discussão necessária na formação em saúde. **Ciencia e Saude Coletiva**, v. 19, n. 10, p. 4113–4122, 2014.

SWEILEH, W. M.; ZYOUN, S. H.; AL-JABI, S. W.; SAWALHA, A. F.; SHRAIM, N. Y. Drinking and recreational water-related diseases: a bibliometric analysis (1980-2015). **Annals of Occupational and Environmental Medicine**, v. 28, n. 1, p. 1–11, 2016.

TAVARES, A. P. N.; MARQUES, R. C.; LANA, F. C. F. Ocupação do espaço e sua relação com a progressão da hanseníase no Nordeste de Minas Gerais - século XIX. **Saúde e Sociedade**, v. 24, n. 2, p. 691–702, 2015.

UHR, J. G. Z.; SCHMECHEL, M.; UHR, D. D. A. P. Relação entre saneamento básico no Brasil e saúde da população sob a ótica das internações hospitalares por doenças de veiculação hídrica. **RACEF - Revista de Administração**,

Contabilidade e Economia da Fundace, v. 7, n. 2, p. 1–16, 2016.

VASCONCELOS, C. H.; ANDRADE, R. C.; BONFIM, C. V.; RESENDE, R. M. S.; QUEIROZ, F. B.; DANIEL, M. H. B.; GRIGOLETTO, J. C.; CABRAL, A. R.; REDIVO, A. L.; LACERDA, J. C. V.; ROHLFS, D. B. Surveillance of the drinking water quality in the Legal Amazon: analysis of vulnerable areas. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 24, n. 1, p. 14–20, 2016.

VASCONCELOS, C. H.; FONSECA, F. R.; LISE, M. L. Z.; ARSKY, M. L. N. S. Fatores ambientais e socioeconômicos relacionados à distribuição de casos de leptospirose no Estado de Pernambuco, Brasil, 2001-2009. **Cadernos de Saúde Coletiva**, v. 20, n. 1, p. 49–56, 2012.

VASCONCELOS, C. H.; NOVO, E. M. L. M.; DONALISIO, M. R. Uso do sensoriamento remoto para estudar a influência de alterações ambientais na distribuição da malária na Amazônia brasileira. **Cadernos de Saude Publica**, v. 22, n. 3, p. 517–526, 2006.

VIANA, J.; SANTOS, J. V.; NEIVA, R. M.; SOUZA, J.; DUARTE, L.; TEODORO, A. C.; FREITAS, A. Remote sensing in human health: a 10-year bibliometric analysis. **Remote Sensing**, v. 9, n. 12, p. 1–12, 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Drinking-water quality regulations**. Geneva: WHO, 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **National systems to support drinking-water, sanitation and hygiene: global status report 2019**. Geneva: WHO, 2019. 144 p. ISBN (978-92-4-151629-7).

WUBULI, A.; XUE, F.; JIANG, D.; YAO, X.; UPUR, H.; WUSHOUER, Q. Socio-demographic predictors and distribution of pulmonary tuberculosis (TB) in Xinjiang, China: a spatial analysis. **PLoS ONE**, v. 10, n. 12, p. 1–22, 2015.

ZHU, B.; LIU, J.; FU, Y.; ZHANG, B.; MAO, Y. Spatio-temporal epidemiology of viral Hepatitis in China (2003-2015): implications for prevention and control policies. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 2018.

ANEXO A

Figura A.1: Ficha de Investigação de caso notificado de leptospirose.

República Federativa do Brasil Ministério da Saúde		SINAN SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO FICHA DE INVESTIGAÇÃO LEPTOSPIROSE		Nº	
<p>CASO SUSPEITO: Indivíduo com febre, cefaléia e mialgia, que apresente pelo menos um dos seguintes critérios: Critério 1- antecedentes epidemiológicos sugestivos nos 30 dias anteriores à data de início dos sintomas(exposição a situações de risco, vínculo epidemiológico com um caso confirmado por critério laboratorial ou residir/trabalhar em áreas de risco); Critério 2- pelo menos um dos seguintes sinais ou sintomas: sufusão conjuntival, sinais de insuficiência renal aguda, icterícia e/ou aumento de bilirrubinas e fenômeno hemorrágico.</p>					
Dados Gerais	1	Tipo de Notificação		2 - Individual	
	2	Agravado/doença		LEPTOSPIROSE	
	3	Código (CID10)	Data da Notificação		
	4	UF	5	Município de Notificação	Código (IBGE)
Notificação Individual	6	Unidade de Saúde (ou outra fonte notificadora)		Código	
	7	Data dos Primeiros Sintomas			
	8	Nome do Paciente		9	Data de Nascimento
	10	(ou) Idade	11	Sexo M - Masculino <input type="checkbox"/> F - Feminino <input type="checkbox"/> I - Ignorado	12
Dados de Residência	13	Raça/Cor			
	14	Escolaridade			
	15	Número do Cartão SUS		16	Nome da mãe
	17	UF	18	Município de Residência	Código (IBGE)
Dados Complementares do Caso	19	Distrito		Código	
	20	Bairro		21	Logradouro (rua, avenida,...)
	22	Número		23	Complemento (apto., casa, ...)
	24	Geo campo 1			
Antecedentes Epidemiológicos	25	Geo campo 2		26	Ponto de Referência
	27	CEP			
	28	(DDD) Telefone		29	Zona
	30	Pais (se residente fora do Brasil)			
Dados Clínicos	31	Data da Investigação		32	Ocupação
	33	Situação de Risco Ocorrida nos 30 dias que Antecederam os Primeiros Sintomas - Contato/ limpeza de:			
	34	Casos Anteriores de Leptospirose no Local Provável de Infecção nos últimos dois meses			
	35	Data de Atendimento		36	Sinais e Sintomas
Atendimento	37	Ocorreu Hospitalização		38	Data da Internação
	39	Data de Alta			
	40	UF	41	Município do Hospital	Código (IBGE)
	42	Nome do Hospital		Código	

Leptospirose Sinan NET SVS 02/02/2007

(continua)

Figura A.1 – Conclusão.

Dados do Laboratório	Sorologia IgM - Elisa				
	43 Data da Coleta - 1ª amostra		44 Resultado 1ª Amostra		45 Data da Coleta - 2ª amostra
			1 - Reagente 2 - Não Reagente 3 - Inconclusivo 4 - Não realizado		46 Resultado 2ª Amostra
					1 - Reagente 2 - Não Reagente 3 - Inconclusivo 4 - Não realizado
	Microaglutinação				
	47 Data da Coleta - Micro 1ª amostra		48 Micro 1ª Amostra		49 Micro 1ª Amostra
			1º sorovar título		2º sorovar título
	50 Resultado MICRO-aglutinação 1ª Amostra				
	1 - Reagente 2 - Não Reagente 3 - Não realizada 9 - Ignorado				
Conclusão	51 Data da Coleta - Micro 2ª amostra		52 Micro 2ª Amostra		53 Micro 2ª Amostra
			1º sorovar título		2º sorovar título
	54 Resultado MICRO-aglutinação 2ª Amostra				
	1 - Reagente 2 - Não Reagente 3 - Não realizada 9 - Ignorado				
	Isolamento				
	55 Data da Coleta		56 Resultado		
			1 - Positivo 2 - Negativo 3 - Inconclusivo 4 - Não realizado		
	Imunohistoquímica				
	57 Data da Coleta		58 Resultado		
		1 - Positivo 2 - Negativo 3 - Inconclusivo 4 - Não realizado			
RT-PCR					
59 Data da Coleta		60 Resultado			
		1 - Positivo 2 - Negativo 3 - Inconclusivo 4 - Não realizado			
61 Classificação Final		62 Critério de Confirmação ou Descarte			
1 - Confirmado 2 - Descartado		1 - Clínico-Laboratorial 2 - Clínico- Epidemiológico			
Local Provável da Fonte de Infecção (no período de 30 dias)					
63 O caso é autóctone do município de residência?				64 UF	65 País
1 - Sim 2 - Não 3 - Indeterminado					
66 Município		Código (IBGE)	67 Distrito	68 Bairro	
Característica do Local Provável de Infecção					
69 Área provável de Infecção			70 Ambiente da Infecção		
1 - Urbana 2 - Rural 3 - Peri-Urbana 9 - Ignorado			1 - Domiciliar 2 - Trabalho 3 - Lazer 4 - Outro 9 - Ignorado		
71 Doença Relacionada ao Trabalho		72 Evolução do Caso			
1 - Sim 2 - Não 9 - Ignorado		1 - Cura 2 - Óbito por leptospirose 3 - Óbito por outras causas 9 - Ignorado			
73 Data do Óbito		74 Data do Encerramento			
Informações complementares e observações					
Data e Endereço se esteve em Situação de Risco Ocorrida nos 30 dias que Antecederam os Primeiros Sintomas					
Data	UF	Município	Endereço	Localidade	
Observações:					
Investigador	Município/Unidade de Saúde			Código da Unid. de Saúde	
	Nome		Função		Assinatura
	Leptospirose		Sinan NET		SVS 02/02/2007

ANEXO B

Tabela B.1: Lista Nacional de Notificação Compulsória.

Nº	DOENÇA OU AGRAVO (Ordem alfabética)	Periodicidade de notificação			
		Imediata (até 24 horas)			
		para*			
		MS	SES	SMS	Semanal*
1	a. Acidente de trabalho com exposição a material biológico				X
	b. Acidente de trabalho: grave, fatal e em crianças e adolescentes			X	
2	Acidente por animal peçonhento			X	
3	Acidente por animal potencialmente transmissor da raiva			X	
4	Botulismo	X	X	X	
5	Cólera	X	X	X	
6	Coqueluche		X	X	
7	a. Dengue - Casos				X
	b. Dengue - Óbitos	X	X	X	
8	Difteria		X	X	
9	Doença de Chagas Aguda		X	X	

(continua)

Tabela B.1 – Continuação.

10	Doença de Creutzfeldt-Jakob (DCJ)				X
	a. Doença Invasiva por "Haemophilus Influenza"		X	X	
11	b. Doença Meningocócica e outras meningites		X	X	
	Doenças com suspeita de disseminação intencional:				
12	a. Antraz pneumônico	X	X	X	
	b. Tularemia				
	c. Varíola				
	Doenças febris hemorrágicas emergentes/reemergentes:				
	a. Arenavírus				
13	b. Ebola	X	X	X	
	c. Marburg				
	d. Lassa				
	e. Febre purpúrica brasileira				
	a. Doença aguda pelo vírus Zika				X
14	b. Doença aguda pelo vírus Zika em gestante		X	X	
	(continua)				

Tabela B.1 – Continuação.

	c. Óbito com suspeita de doença pelo vírus Zika	X	X	X	
15	Esquistossomose				X
16	Evento de Saúde Pública (ESP) que se constitua ameaça à saúde pública (ver definição no art. 2º desta portaria)	X	X	X	
17	Eventos adversos graves ou óbitos pós-vacinação	X	X	X	
18	Febre Amarela	X	X	X	
	a. Febre de Chikungunya				X
19	b. Febre de Chikungunya em áreas sem transmissão	X	X	X	
	c. Óbito com suspeita de Febre de Chikungunya	X	X	X	
20	Febre do Nilo Ocidental e outras arboviroses de importância em saúde pública	X	X	X	
21	Febre Maculosa e outras Rickettsioses	X	X	X	
22	Febre Tifoide		X	X	
23	Hanseníase				X
24	Hantavirose	X	X	X	

(continua)

Tabela B.1 – Continuação.

25	Hepatites virais					X
26	HIV/AIDS - Infecção pelo Vírus da Imunodeficiência Humana ou Síndrome da Imunodeficiência Adquirida					X
27	Infecção pelo HIV em gestante, parturiente ou puérpera e Criança exposta ao risco de transmissão vertical do HIV					X
28	Infecção pelo Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV)					X
29	Influenza humana produzida por novo subtipo viral	X	X	X		
30	Intoxicação Exógena (por substâncias químicas, incluindo agrotóxicos, gases tóxicos e metais pesados)					X
31	Leishmaniose Tegumentar Americana					X
32	Leishmaniose Visceral					X
33	Leptospirose				X	
34	a. Malária na Região amazônica					X
	b. Malária na Região extra Amazônica	X	X	X		

(continua)

Tabela B.1 – Continuação.

Óbito:					
35	a. Infantil				X
	b. Materno				
36	Poliomielite por poliovirus selvagem	X	X	X	
37	Peste	X	X	X	
38	Raiva humana	X	X	X	
39	Síndrome da Rubéola Congênita	X	X	X	
Doenças Exantemáticas:					
40	a. Sarampo	X	X	X	
	b. Rubéola				
Sífilis:					
41	a. Adquirida				X
	b. Congênita				
	c. Em gestante				
42	Síndrome da Paralisia Flácida Aguda	X	X	X	
Síndrome Respiratória Aguda Grave associada a Coronavírus					
43	a. SARS-CoV	X	X	X	
	b. MERS- CoV				

(continua)

Tabela B.1 – Conclusão.

Tétano:			
44	a. Acidental		X
	b. Neonatal		
45	Toxoplasmose gestacional e congênita		X
46	Tuberculose		X
47	Varicela - caso grave internado ou óbito	X	X
48	a. Violência doméstica e/ou outras violências		X
	b. Violência sexual e tentativa de suicídio		X

Legenda: MS (Ministério da Saúde), SES (Secretaria Estadual de Saúde) ou SMS (Secretaria Municipal de Saúde). Adaptado da Portaria de Consolidação nº 4, de 28 de setembro de 2017, anexo V - Capítulo I (página 155 de 204).

Fonte: Ministério da Saúde (2017).