

UFRRJ

INSTITUTO DE VETERINÁRIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS

TESE

**ANÁLISE ESTATÍSTICA ESPACIAL DE ÁREAS DE
SUSCEPTIBILIDADE À OCORRÊNCIA DE LEPTOSPIROSE, USANDO
GEOPROCESSAMENTO, NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO-RJ,
2007-2017.**

Isabela Pereira de Oliveira Souza

2021



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

**ANÁLISE ESTATÍSTICA ESPACIAL DE ÁREAS DE
SUSCEPTIBILIDADE À OCORRÊNCIA DE LEPTOSPIROSE, USANDO
GEOPROCESSAMENTO, NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO-RJ,
2007-2017.**

ISABELA PEREIRA DE OLIVEIRA SOUZA

Sob a Orientação do professor
Wagner de Souza Tassinari

e Co-orientação da professora
Marlene Salete Uberti

Tese submetida como requisito parcial
para obtenção do grau de **Doutor em**
Ciências, no Curso de Pós-graduação
em Ciências Veterinárias.

Seropédica, RJ
Março de 2021

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S719a Souza, Isabela Pereira de Oliveira, 1985-
ANÁLISE ESTATÍSTICA ESPACIAL DE ÁREAS DE
SUSCEPTIBILIDADE À OCORRÊNCIA DE LEPTOSPIROSE, USANDO
GEOPROCESSAMENTO, NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO-RJ,
2007-2017. / Isabela Pereira de Oliveira Souza. -
Seropédica, 2021.
105 f.: il.

Orientador: Wagner de Souza Tassinari.
Coorientadora: Marlene Salete Uberti.
Tese(Doutorado). -- Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
VETERINÁRIAS, 2021.

1. Leptospirose. 2. Análise espacial. 3.
Geoprocessamento. I. Tassinari, Wagner de Souza, 1976
, orient. II. Uberti, Marlene Salete, 1972-,
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
VETERINÁRIAS. IV. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGIA ANIMAL

ATA DE DEFESA DE TESE Nº 158 / 2021 - DeptPA (12.28.01.00.00.00.55)

Nº do Protocolo: 23083.041604/2021-71

Seropédica-RJ, 15 de junho de 2021.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS
ISABELA PEREIRA DE OLIVEIRA SOUZA

Tese submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Doutor(a)/Mestre(a) em Ciências**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias.

TESE APROVADA EM 08/03/2021

Conforme deliberação número 001/2020 da PROPPG, de 30/06/2020, tendo em vista a implementação de trabalho remoto e durante a vigência do período de suspensão das atividades acadêmicas presenciais, em virtude das medidas adotadas para reduzir a propagação da pandemia de Covid-19, nas versões finais das teses e dissertações as assinaturas originais dos membros da banca examinadora poderão ser substituídas por documento(s) com assinaturas eletrônicas. Estas devem ser feitas na própria folha de assinaturas, através do SIPAC, ou do Sistema Eletrônico de Informações (SEI) e neste caso a folha com a assinatura deve constar como anexo ao final da tese / dissertação.

(Assinado digitalmente em 16/06/2021 09:03) CLAUDIA BEZERRA DA SILVA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptPA (12.28.01.00.00.00.55) Matrícula:
3103528

(Assinado digitalmente em 15/06/2021 16:51) ISABELE DA COSTA ANGELO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DESP (12.28.01.00.00.00.52)
Matrícula: 2860277

(Assinado digitalmente em 15/06/2021 16:00) WAGNER DE SOUZA TASSINARI
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR DeptM
(12.28.01.00.00.00.63)
Matrícula: 2545823

(Assinado digitalmente em 15/06/2021 17:54) DEBORA DA CRUZ PAYAO PELLEGRINI
ASSINANTE EXTERNO CPF:
264.430.608-65

(Assinado digitalmente em 16/06/2021 18:05) ELIAS RIBEIRO DE ARRUDA JUNIOR
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 097.431.108-10

DEDICATÓRIA

Dedico esta obra ao meu amado esposo Vitor, à minha preciosa filha Alice, e à minha querida mãe Maria do Carmo.

AGRADECIMENTOS

A Deus que em seu infinito amor e cuidado tornou possível a superação diária no saber e aprendizado e iluminou o meu caminho ao se revelar a mim como um Pai atento as minhas necessidades físicas, mentais e espirituais. Muito obrigada por ser o meu maior mestre nessa vida.

A minha mãe Maria do Carmo Pereira de Oliveira por lutar por mim em meio a tantas dificuldades. Cada passo dado em minha vida, cada conquista tem as suas mãos e orações. Te amo e obrigada por ser esse braço forte que me ampara desde sempre.

Ao meu esposo Vitor Fraga Santos de Souza por ser mais que marido, um amor para vida toda. Aquele que segurou as pontas na minha ausência, que aturou meus dias de mau humor e indisposições, que me socorreu com seus saberes quando já não sabia mais superar certos desafios na tese e trouxe alívio ao meu coração por me ajudar a quebrar barreiras. Te amo e dedico esta conquista a você também.

A minha irmã Milena Oliveira Fontes uma grande incentivadora e amiga de todas as horas. Juntas crescemos, perdemos, superamos, conquistamos e seguimos nessa vida. Obrigada pelos conselhos e por estar sempre de braços abertos me apoiando em tudo. Não poderia ter melhor irmã.

Aos meus sogros Eliane Santos de Souza e Paulo Jardel de Souza ao demonstrarem tamanha boa vontade em ser um socorro presente em todas as horas. Obrigada por cuidarem do meu bem mais precioso, minha filha, durante minhas ausências. Sou muito feliz por tê-los como mãe e pai também.

Aos meus familiares que torcem pelo meu sucesso em especial a minha amável tia Maria da Penha (*in memoriam*) que infelizmente faleceu mediante acometimento por COVID-19 e não pôde ver a conclusão dessa etapa da minha vida. Mulher rica em generosidade, amor pelos animais, que orava incansavelmente por mim e que foi minha primeira inspiração para me tornar Médica Veterinária. O silêncio de sua voz nessa hora de vitória faz meu coração doer, mas sigo em frente confiando que em breve poderei lhe contar tudinho e minha felicidade será completa.

Ao meu excelentíssimo mestre e amigo doutor Wagner de Souza Tassinari por tanto tato e ética nesses anos de orientação. Obrigada por ser o meu guia terrestre nessa estrada intelectual e por firmar essa parceria incrível. Sua forma de orientar é um exemplo de humildade acompanhada de uma dose EXTRAORDINÁRIA de paciência, leveza, alegria e vontade de me ver crescer. Deus abençoe grandemente ao senhor e sua família. MUITO! MUITO OBRIGADA!!!

A professora doutora Marlene Salette Uberti que tão bondosamente se dispôs a ser minha co-orientadora. Obrigada pelas correções, revisões, sugestões e palavras de apoio e encorajamento.

Ao quadro de funcionários do programa de Pós- Graduação em Ciências Veterinárias por sempre mostrarem-se solícitos com a minha pessoa.

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro que me deu a oportunidade de cursar graduação, mestrado e doutorado, e por meio de colegas e mestres me ensinou a estar sempre disposta a seguir em frente mesmo em meio a dificuldades.

A Secretaria Municipal do Rio de Janeiro por disponibilizar os dados de notificação de leptospirose do município do Rio de Janeiro.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES)-Código de Financiamento 001, agradeço o financiamento desta pesquisa.

Aos meus amigos(as), que por ventura são muitos, que sempre e sempre se alegraram comigo nessa jornada. Obrigada a vocês que com palavras de incentivo e admiração me impulsionaram, me deram aquele gás e sentiram orgulho de mim no início, no meio e no fim.

Obrigada a você que está lendo esta obra. Espero que ela lhe acrescente mais do que conhecimento, espero que ela lhe dê forças para ir muito além do que achas que seja capaz.

RESUMO GERAL

SOUZA, Isabela Pereira de Oliveira. **Análise estatística espacial de áreas de susceptibilidade à ocorrência de leptospirose, usando geoprocessamento, no município do Rio de Janeiro-RJ, 2007-2017.** 2021. 91p. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias). Instituto de Veterinária, Departamento de Parasitologia Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2021.

Neste trabalho procurou-se em primeiro lugar averiguar através de revisão sistemática as principais técnicas de análise espacial e estatística espacial empregadas em estudos científicos sobre identificação de áreas de risco para leptospirose nos últimos 20 anos, com o intuito de gerar um quadro panorâmico evolutivo da vertente multidisciplinar nesta área de pesquisa. Em seguida, utilizando dados de casos confirmados de leptospirose (SINAN-RJ) foram calculadas as taxas de incidência acumulada e anual para verificação de sua dispersão ao longo dos anos. A identificação de aglomerados de risco pelo princípio da verossimilhança se deu pela técnica de autocorrelação espacial I Moran local aplicadas sobre taxas bayesianas e tornou possível a visualização de áreas muito favoráveis a incidência e pouco favoráveis a incidência de leptospirose no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Utilizamos a estatística de regressão global de Poisson e regressão de Poisson geograficamente ponderada como forma de averiguar a existência de associação entre a incidência de leptospirose e variáveis tidas como de risco, culminando com a criação de modelos explicativos dessa incidência em cada bairro. Utilizando o programa livre SaTScanTM foram realizadas análises espaço-temporal e puramente espaciais, segundo a metodologia desenvolvida por Kulldorff e Nagarwalla. Os casos foram convertidos em pares de coordenadas espaciais (latitude e longitude) através do aplicativo *Google Documents* servindo como dados de entrada para a análise espaço-temporal e puramente espacial. Os mapas de risco gerados foram sobrepostos a áreas de favelas e de inundações do município. Como resultado geral da revisão constatamos um crescente avanço no uso de técnicas de geoprocessamento e estatística espacial pelos profissionais da área da saúde. O uso destas técnicas onde os dados foram agregados por bairros indicou as zonas norte e oeste como mais vulneráveis a incidência, com identificação de aglomerado de alto risco composto pelos bairros Caju, Mangueiras e Guaratiba e identificou as variáveis coleta de lixo adequada e Índice de desenvolvimento social como fatores de proteção em todo território do município. Já as técnicas de análise espacial que fazem uso dos casos georreferenciados por endereço apontaram as zonas norte, central e sul do município do Rio de Janeiro como as mais vulneráveis a leptospirose em termos espaciais e que as variáveis áreas de favela e áreas de inundações estariam desempenhando o papel de fatores influenciadores na dispersão e incidência dos casos. Os bairros Barra da Tijuca, Jardim Botânico, Laranjeiras, Flamengo e Urca, localizados nas zonas sul e central, se apresentaram como os menos vulneráveis a doença, embora no ano de 2017 sob as condições de estudo ecológico a zona sul tenha se apresentado como área de risco e verificamos que o município do Rio de Janeiro apresentou dispersão heterogênea ao longo dos anos do estudo. Concluímos que apesar do crescente avanço no uso do Sistema de Informações Geográficas (SIGs) acoplado à técnicas de análise espacial no meio acadêmico e profissional ainda existe a necessidade de maior incorporação da estatística espacial na área da saúde humana e animal dentro da temática proposta e que o uso destas técnicas neste estudo viabilizou a geração de informações a nível global e pontual sobre a dinâmica da leptospirose urbana subsidiando as ações dos órgãos responsáveis para controle e prevenção de leptospirose no município do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: Leptospirose, análise espacial, susceptibilidade, SIGs.

GENERAL ABSTRACT

SOUZA, Isabela Pereira de Oliveira. **Spatial statistical analysis of áreas of susceptibility to the occurrence of leptospirosis, using geoprocessing, in the city of Rio de Janeiro-RJ,2007-2017.** 2021. 91p. Thesis (Doctor of Veterinary Science). Veterinary Institute, Department of Parasitology, Federal Rural University of Rio de Janeiro (Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro), Seropédica, state of Rio de Janeiro, Brazil, 2020.

In this work, we sought first to investigate through systematic review the main techniques of spatial analysis and spatial statistics used in scientific studies on the identification of risk areas for leptospirosis in the last 20 years, in order to generate an evolutionary panoramic picture multidisciplinary in this area of research. Then, using data from confirmed cases of leptospirosis (SINAN-RJ), we calculated the accumulated and annual incidence rates to verify its dispersion over the years. The identification of risk clusters by the likelihood principle occurred by the local Moran I spatial autocorrelation technique applied on Bayesian rates and made it possible to visualize areas that are very favorable for incidence and not very favorable for incidence of leptospirosis in the municipality of Rio de Janeiro. We used the Poisson global regression statistics and geographically weighted Poisson regression as a way of ascertaining the existence of an association between the incidence of leptospirosis and variables considered to be at risk, culminating in the creation of models to explain this incidence in each neighborhood. Using the free program SaTScan, space-time and purely spatial analyzes were performed, according to the methodology developed by Kulldorff and Nagarwalla. The cases were converted into pairs of spatial coordinates (latitude and longitude) using the Google Documents application, serving as input data for spatio-temporal and purely spatial analysis. The risk maps generated were superimposed on areas of slums and floods in the municipality. As a general result of the review, we noticed an increasing advance in the use of geoprocessing techniques and spatial statistics by health professionals. The use of these techniques where data were aggregated by neighborhoods indicated the north and central areas as the most vulnerable to incidence, with the identification of a high-risk cluster composed of the Caju, Manguinhos and Guaratiba and identified the variables adequate garbage collection and Social Development Index as protective factors throughout the municipality. Spatial analysis techniques that make use of georeferenced cases by address pointed to the northern, central and southern areas of the city of Rio de Janeiro as the most vulnerable to leptospirosis in spatial terms and that the variables slum areas and flood areas would be playing a role. the role of influencing factors in the dispersion and incidence of cases. The neighborhoods Barra da Tijuca, Jardim Botânico, Laranjeiras, Flamengo and Urca, located in the south and central zones, presented themselves as the least vulnerable to the disease, although in 2017 under the conditions of ecological study the south zone presented itself as an area and we verified that the municipality of Rio de Janeiro presented heterogeneous dispersion over the years of the study. We conclude that despite the increasing progress in the use of GIS coupled with spatial analysis techniques in the academic and professional environment, there is still a need for greater incorporation of spatial statistics in the area of human and animal health within the proposed theme and that the use of these techniques in this study it made possible the generation of global and specific information on the dynamics of urban leptospirosis, subsidizing the actions of the bodies responsible for the control and prevention of leptospirosis in the city of Rio de Janeiro.

Keywords: Leptospirosis, spatial analysis, susceptibility, GIS.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1.	Distribuição temporal dos softwares utilizados em estudos de áreas de risco para leptospirose nos últimos 20 anos no mundo.....	14
Tabela 2.	Ranking dos países originários dos artigos científicos elegidos para este estudo.....	15
Tabela 3.	Listagem dos artigos pesquisados com suas respectivas descrições quanto ao ano de publicação, autores, país de origem, título, revista científica, software e método de análise no período de 2007-2017...	17

CAPÍTULO II

Tabela 1.	Descrição territorial dos clusters anuais obtidos pelo indicador Moran local, no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	46
Tabela 2.	Descrição territorial dos clusters anuais obtidos pelo indicador Moran local sobre taxas Bayesianas no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	60
Tabela 3.	Análise bivariada e multivariada para leptospirose no município do Rio de Janeiro, segundo modelo de regressão Poisson.....	61
Tabela 4.	Resumo dos riscos relativos (RR) dos modelos bivariados da Regressão de Poisson Geograficamente Ponderada (RPGP).....	61
Tabela 5.	Resumo dos riscos relativos (RR) do modelo multivariado Regressão de Poisson Geograficamente Ponderada (RPGP).....	62

CAPÍTULO III

Tabela 1.	Descrição dos clusters puramente espaciais de baixo e alto risco segundo ano, bairros, risco relativo, raio do círculo e p-valor.....	79
------------------	---	-----------

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1.	Diagrama do procedimento para inclusão de artigos no estudo.	12
Figura 2.	Mapa da distribuição global em número de artigos publicados por países de 1998 a 2017.....	16
Figura 3.	Nuvem de palavras representando a distribuição das palavras mais frequentes nos resumos dos artigos analisados.....	29

CAPÍTULO II

Figura 1.	Gráficos box plot para a incidência de leptospirose por 100.000 habitantes nos bairros do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007-2017.....	42
Figura 2.	Distribuição das incidências acumuladas anuais de leptospirose no período de 2007 a 2010 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	43
Figura 3.	Distribuição das incidências acumuladas anuais de leptospirose no período de 2011 a 2014 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	44
Figura 4.	Distribuição das incidências acumuladas anuais de leptospirose no período de 2015 a 2017 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	45
Figura 5.	LISA Map para detecção de clusters por ano durante o período de 2007 a 2010 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	48
Figura 6.	LISA Map para detecção de clusters por ano durante o período de 2011 a 2014 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	49
Figura 7.	LISA Map para detecção de clusters por ano durante o período de 2015 a 2017 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	50
Figura 8.	(A) Mapa da distribuição de incidência acumulada de leptospirose no período de 2007 a 2017; (B) Lisa map e (C) Análise de significância LISA Map.....	51
Figura 9.	Distribuição espaço temporal das taxas Bayesianas locais de leptospirose no período de 2007 a 2010 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	53

Figura 10.	Distribuição espaço temporal das taxas Bayesianas locais de leptospirose no período de 2011 a 2014 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	54
Figura 11.	Distribuição espaço temporal das taxas Bayesianas locais de leptospirose no período de 2015 a 2017 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	55
Figura 12.	Lisa map para análise de detecção de clusters com base nas taxas Bayesianas por ano durante o período de 2007 a 2010 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	56
Figura 13.	Lisa map para análise de detecção de clusters com base nas taxas Bayesianas por ano durante o período de 2011 a 2014 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	57
Figura 14.	Lisa map para análise de detecção de clusters com base nas taxas Bayesianas por ano durante o período de 2015 a 2017 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	58
Figura 15.	(A) Mapa de incidência bruta; (B) Mapa de incidência Bayesiana local de leptospirose por 100.000 habitantes; (C) Mapa de clusterização - Lisa map; (D) Análise de significância LISA Map.....	59
Figura 16.	Mapa dos coeficientes estimados a partir do modelo multivariado RPGP para os bairros do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	63
Figura 17.	Mapa dos AICs calculados a partir do modelo multivariado RPGP para os bairros do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	64
CAPÍTULO III		
Figura 1.	Casos de leptospirose georreferenciados por endereços sobrepostos as áreas de favela e áreas sujeitas a inundações no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007-2017.....	76
Figura 2.	Clusters primários de alto risco estatisticamente significativos no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil, no período de 2007 a 2017.....	77

Figura 3.	Clusters primários de baixo risco estatisticamente significativos no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil, no período de 2007 a 2017.....	78
Figura 4.	Áreas de cluster sobrepostas a áreas sujeitas a inundações no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	80
Figura 5.	Áreas de cluster sobrepostas a áreas de favelas no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.....	81

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
CAPÍTULO I - O USO DO GEOPROCESSAMENTO E DA ANÁLISE ESPACIAL PARA A IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO PARA LEPTOSPIROSE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	6
RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	9
2 MATERIAIS E MÉTODOS	11
3 RESULTADOS	11
4 DISCUSSÃO	28
5 CONCLUSÃO	30
6 REFERÊNCIAS	30
CAPÍTULO II -IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS ÁREAS DE RISCO À OCORRÊNCIA DE LEPTOSPIROSE NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO, RJ, NO PERÍODO DE 2007-2017.	35
RESUMO	36
ABSTRACT	37
1 INTRODUÇÃO	38
2 MATERIAIS E MÉTODOS	39
2.1 Área de estudo	39
2.2 Origem dos dados	39
2.3 Metodologia estatística	39
3 RESULTADOS	40
4 DISCUSSÃO	64
5 CONCLUSÃO	65
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	67
CAPÍTULO III - TÉCNICAS DE ESTATÍSTICA ESPACIAL APLICADA A ANÁLISE DE DADOS DE LEPTOSPIROSE NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO, RJ, BRASIL, 2007-2017.	70
RESUMO	71
ABSTRACT	72
1 INTRODUÇÃO	73
2 MATERIAIS E MÉTODOS	74
3 RESULTADOS	75

4 DISCUSSÃO	80
5 CONCLUSÃO.....	82
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
7 CONCLUSÕES GERAIS	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

1. INTRODUÇÃO GERAL

A leptospirose é uma doença bacteriana febril causada por espiroquetas invasivas pertencentes ao gênero *Leptospira*, sendo considerada uma zoonose que pode evoluir em abortos, hematuria, anemia, icterícia, insuficiência renal e óbito (DAHER, et al., 2010). A infecção humana pode ser subclínica ou apresentar graus variados de severidade, podendo resultar em erros de diagnóstico, uma vez que os sinais clínicos brandos da leptospirose muito se assemelham, por exemplo, aos da dengue e malária (SCHECHTER; MARANGONI, 1998). São autolimitadas e frequentemente causadas pelos sorovares Hardjo, Grippotyphosa, Pomona e Tarassovi. As formas graves são potencialmente fatais e principalmente associadas aos sorovares Icterohaemorrhagiae, Copenhageni, Australis, Autumnalis, Bataviae, Lai e Pyrogenes (FAVERO, et al, 2002; COURA, 2005; MELLO; MANHOSO, 2007; OLIVEIRA et al., 2013).

Os primeiros registros de casos humanos e da ocorrência de *L. icterohaemorrhagiae* em roedores no Brasil datam de 1917, sendo hoje considerada endêmica, podendo apresentar-se na forma de surto ou epidemia (McDOWEL, 1917; ARAGÃO, 1917).

A principal forma de transmissão ao homem se dá por contato com água, solo e alimentos contaminados pela urina dos reservatórios roedores. Estes ao se infectarem, não desenvolvem a doença e tornam-se portadores, albergando a *leptospira* nos rins e eliminando-a viva no meio ambiente, já os seres humanos são hospedeiros acidentais e terminais dentro da cadeia de transmissão.

No Brasil, pesquisas apontam algumas variáveis relacionadas à falta de infraestrutura como estando muito associadas à ocorrência de leptospirose urbana, entre elas destacam-se residências com precária condição de saneamento básico, uma vez que encontram-se próximas a esgotos a céu aberto e a depósitos de lixo, sendo considerados ambientes propícios à manutenção e proliferação de roedores, permitindo até mesmo sugerir a sua incidência como um indicador social. Outras variáveis como índice pluviométrico, altitude e aspectos topográficos também estão relacionadas à sua ocorrência, uma vez que, dependendo de seus valores e características, favorecem à ocorrência de enchentes, fato este que precede em sua maioria o aparecimento de novos casos ou surtos de leptospirose em área urbana, mediante a disseminação da leptospira no ambiente durante as enchentes (COSTA, et al., 2001; SOUZA; TASSINARI, 2019).

Tendo em mente que o perfil epidemiológico de uma doença pode se expressar de forma distinta em função do espaço geográfico e que sua ocorrência envolve um conjunto de fatores que interagem entre si atuando no aumento de sua incidência, e muitas vezes essa ampliação está relacionada à interação espaço-tempo, é que alguns autores se empenharam em desenvolver estudos que empregam Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) e a estatística espacial para análise espacial de leptospirose em diferentes localidades do mundo.

Considerando o agente etiológico como estrutura inerente da relação espaço-tempo-doença, e sendo o espaço o meio pelo qual o agente infeccioso circula, pode-se concluir que a estrutura epidemiológica da doença se modifica com a transformação do espaço ao longo dos anos, e exigem contínuas inovações dos modelos de vigilância em um contexto social diverso e complexo, como é a vida urbana atual.

Portanto, estudos que envolvam o levantamento de dados populacionais, como o estudo ecológico, nos permitem obter uma visão panorâmica da evolução da doença e seu quadro atual dentro de um determinado espaço, sendo possível, por meio da capacitação profissional individual, inserir na análise espacial técnicas de estatística espacial. Esta visão integrativa de saberes tem tornado possível à obtenção de modelos de vigilância epidemiológica cada vez mais eficientes por proporcionar o direcionamento pontual de suas ações nas populações.

Neste estudo temos como objetivos a revisão sistemática com vista ao levantamento de dados sobre o uso de técnicas estatísticas aplicadas à identificação de áreas de risco para leptospirose e sua evolução ao longo de 20 anos (1998-2017), a realização de estudo ecológico dos dados secundários de casos de leptospirose confirmados laboratorialmente (2007-2017) via Sistema de Informações Geográficas (SIGs), verificação da disposição espacial dos casos de leptospirose a partir de suas coordenadas (x,y) para detecção de padrões de aglomerados espaciais e análise de regressão para a atualização sobre as condições de distribuição e risco à ocorrência de leptospirose humana no município do Rio de Janeiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

No final do século XIX e no início do século XX os estudos epidemiológicos passaram a ter como uma das principais metas a elucidação da etiologia das doenças infecciosas e parasitárias. Adolf Weil, em 1886 (WEIL, 1886), descreveu uma doença caracterizada por icterícia, esplenomegalia e nefrite após observar quatro casos clínicos em pessoas na cidade de Heidelberg. Porém, somente em 1915, Inada e Ido (INADA; IDO, 1915) determinaram a especificidade do agente causador da Doença de Weil, uma nova espécie de *Spirochaeta*, denominando-o de *Spirochaeta icterohaemorrhagiae*. E é no ano de 1917 que Noguchi propõe a criação do gênero *Leptospira* devido a sua forma espiralada, passando a denominar-se *Leptospira icterohaemorrhagiae* (NOGUCHI, 1917).

No Brasil, os primeiros estudos sobre a leptospirose foram realizados por McDowel em 1917, com o reconhecimento de *Leptospira* no estado do Pará (McDOWEL, 1917). Simultaneamente, Aragão observou a *Leptospira icterohaemorrhagiae* em *Rattus norvegicus* no estado do Rio de Janeiro (ARAGÃO, 1917).

As bactérias do gênero *Leptospira* pertencem à família *Leptospiraceae*. Tipicamente as leptospirosas são divididas em duas espécies: *Leptospira interrogans* sensu lato e *Leptospira biflexa* sensu lato. O genoma da *Leptospira* é grande, o que indica a habilidade de viver em diferentes ambientes: parasitando animais hospedeiros e também livremente no ambiente. Elas têm hospedeiro, distribuição geográfica e patogenicidade variáveis (HIRSH; ZEE, 2009). *Leptospira interrogans*, com seus múltiplos sorotipos, é o agente mais comum da leptospirose em todo o mundo.

O período de sobrevivência das leptospirosas patogênicas na água varia segundo a temperatura, o pH, a salinidade e o grau de poluição. Todas as leptospirosas são sensíveis ao pH ácido de 6,8 ou menos, porém sua multiplicação é ótima em pH levemente alcalino compreendido entre 7,2 e 7,4 (BRASIL, 2019).

O diagnóstico para leptospirose se dá pela união de dados coletados durante a investigação clínica-epidemiológica e os resultados de exames laboratoriais. Os métodos sorológicos são os eleitos para o diagnóstico da leptospirose humana e animal, sendo os mais utilizados os testes ELISA-IgM e a microaglutinação (MAT). O tratamento humano é realizado pelo uso de antibióticos como Amoxicilina, Penicilina, Ampicilina, Ceftriaxona e Azitromicina que têm suas dosagens e eleições regidas pela fase da doença e idade do paciente. Além disso, é importante que haja uma conduta terapêutica de suporte como o manejo sistêmico e respiratório e em casos mais graves os manejos renal, hemorrágico e cardíaco, tendo sido relatado até mesmo a necessidade de transfusão sanguínea em animal devido a anemia profunda que esta enfermidade provoca (BRASIL, 2014; SILVA, et al., 2018).

Inicialmente, foi considerada uma doença relacionada apenas ao ambiente rural ou tratada exclusivamente como doença ocupacional associada a pessoas que trabalhavam em lavouras de arroz, esgotos, médicos veterinários e militares (BHARTI, et al., 2003). No entanto, hoje sabe-se que também está relacionada a práticas de esportes e atividades recreativas (LAU, et al., 2015)

Em nossos dias a leptospirose ocorre em áreas urbanas e rurais de países tropicais, subtropicais e temperados, podendo se apresentar de forma esporádica ou endêmica, possui caráter contagioso e é potencialmente transmitida ao homem através de contato direto com sangue, tecidos, órgãos ou urina de animais infectados, ou por meio do contato indireto, quando a mucosa ou pele íntegra ou lesionada entra em contato com água contaminada pela urina de um animal infectado, como ratos e camundongos, importantes hospedeiros primários, bem como um vasto número de mamíferos, como cães, bovinos, ovinos, coelhos, ouriços, gambás e guaxinins, que atuam como hospedeiros secundários (LEVETT, 2001; BHARTI, et al., 2003; MIRAGLIA, et al., 2013).

A doença é sazonal, com pico de incidência no verão, onde as altas temperaturas e a umidade propiciam a sobrevivência de *Leptospira*, explicando a facilidade de disseminação da doença nos países tropicais (MIRAGLIA, et al., 2013, TASSINARI, et al., 2004). Sua ocorrência encontra-se intimamente relacionada as condições socioeconômicas, demográficas e climáticas das diferentes regiões geográficas do mundo e são estas mesmas condições que ditam as dinâmicas do risco de contaminação em um bairro, cidade, município ou estado de um país (PATZ; LINDSAY, 1999; BARCELLOS, et al., 2009; CHAIBLICH, et al., 2017).

Para Milton Santos (2003), a utilização dos conceitos de espaço e território permitiu disparar uma transformação no modelo de atenção, antes centrado na doença, para focar nos determinantes sociais e nas condições de saúde. A apropriação social do espaço pode produzir territórios e territorialidades propícias à disseminação de determinadas enfermidades. Os usos e as funções de cada recorte espacial podem conformar perfis territoriais que revelam as condições de acesso aos serviços de saúde, exposição a fatores de risco, exclusão socioespacial, entre outros fatores determinantes das situações de saúde em grupos sociais. Dessa forma, o território é aquele que vai além das questões geográficas, incluindo o conjunto de relações sociais, comportamentais e psicológicas que o indivíduo estabelece. É o espaço vivo e dinâmico, onde as pessoas estudam, trabalham, estabelecem relações e redes sociais, mantêm estilos de vida, hábitos, crenças e sua cultura.

Somente no período de 2004 a 2008 foram confirmados 17.416 casos de leptospirose no Brasil, onde 10.617 dos casos ocorreram em área urbana e destes 3810 ocorreram em situações domiciliares. Estes dados assemelham-se com o encontrado por Soares et al (2010) onde evidenciaram que no município de São Paulo quase metade dos casos humanos se infectaram no domicílio. Nos últimos dez anos, vêm-se confirmando uma média anual de mais de 3.600 casos no país, em sua maioria nas regiões sudeste e sul (BRASIL, 2019).

Esta doença representa alto custo econômico e social para o Brasil (PEREIRA, 2014) sendo endêmica em todos os estados e epidêmica nos períodos de chuva (SOUZA et al., 2011), apresentando alta incidência e letalidade, que pode chegar até 50% entre as formas mais graves (BRASIL, 2019). No entanto, apesar de representar um potencial risco à saúde pública, é uma doença rotulada como negligenciada e carece de dados confiáveis de incidência de doença em populações humanas e animais (RODRIGUES, 2017), tornando os bancos de dados disponíveis um sério desafio a investigação epidemiológica.

Souza, et al. (2010) avaliando os atributos qualitativos e quantitativos do SINAN por meio de dados de leptospirose humana registrados em 2006 e 2007 concluíram que havia a necessidade de digitação precoce dos casos a fim de detectar surtos precocemente. Acrescenta-se a isso a qualidade de digitação dos dados, visto que esse é um ponto importante para o sucesso de uma investigação epidemiológica que visa o uso de ferramentas mais modernas de modelagem estatística de dados.

A aplicação de métodos estatísticos espaciais e técnicas de geoprocessamento no campo da saúde pública, para identificação de áreas onde é maior o risco de ocorrência do agravo, é um dos pilares dos estudos ecológicos e vem se elevando ao longo dos anos (CARVALHO; SOUZA-SANTOS, 2005). Silva e Zaia (2019), por exemplo, com base em levantamento bibliográfico realizado sobre os estudos do tipo ecológico no Brasil nos últimos cinco anos, observaram que o uso de Sistemas de Informação Geográfica – SIGs tem sido insipiente. O Terraview foi o mais utilizado, seguido pelo ArcGis e embora ambos permitam a análise exploratória de dados espaciais – ESDA, os autores constataram que esta abordagem esteve presente em cerca de apenas 25% dos artigos encontrados.

Os avanços nos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), na metodologia estatística e na disponibilidade de dados epidemiológicos e ambientais de alta resolução, referenciados geograficamente, oferecem importantes contribuições e soluções para investigações na área da

epidemiologia espacial aplicada a leptospirose (BARCELLOS; SABROZA, 2000; CARVALHO; SOUZA-SANTOS, 2005; HAGAN et al., 2016).

CAPÍTULO I

O USO DO GEOPROCESSAMENTO E DA ANÁLISE ESPACIAL PARA A IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE RISCO PARA LEPTOSPIROSE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

RESUMO

A leptospirose é uma zoonose reemergente causada por bactérias do gênero *Leptospira* com importância mundial nas áreas médica e veterinária, sendo responsável por cerca de 59 mil mortes a cada ano no mundo. A utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) no setor saúde é propícia e tem sido adotada por profissionais de saúde humana e animal como uma importante ferramenta em análises espaciais de saúde. O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão sistemática sobre as técnicas de geoprocessamento e análise espacial adotadas para o mapeamento de áreas de risco de leptospirose humana e animal. Os artigos foram coletados em plataformas científicas por meio da digitação dos seguintes descritores de busca: SIG / GIS, leptospirose/leptospirosis, area de risco/risk area e distribuicao espacial/spatial distribution, sendo incluídos no estudo se atendessem aos seguintes critérios: a) publicação no período de 1998 a 2017; b) identificação de áreas de risco e / ou distribuição espacial da leptospirose como um dos temas de pesquisa; e c) aplicação do SIG na metodologia. Como resultado, foram encontrados 40 artigos, publicados em 15 países diferentes, que adotaram o SIG para a análise espacial e identificação de áreas de risco de leptospirose. Destes, apenas 45% (18) realizaram uma análise estatística espacial. Brasil e EUA tiveram os maiores números de publicações, 16 e 7 artigos, respectivamente. A partir de 2007, o uso de SIG e técnicas de análise espacial, aplicadas ao tema deste estudo, foram intensificados e diversificados, e 93% dos artigos eleitos para esta revisão foram publicados no período de 2007 a 2017. Os resultados apontam para um progressivo interesse dos profissionais de saúde na aplicação dessas técnicas de monitoramento e realização de análises epidemiológicas da leptospirose, além de indicar uma maior necessidade de integração intersetorial entre profissionais de saúde e outros, na utilização de técnicas de análise espacial e SIG.

Palavras chave: *Leptospira spp.*, SIG, análise espacial.

ABSTRACT

Leptospirosis is a reemerging zoonosis caused by bacteria of the genus *Leptospira* with global importance in the medical and veterinary fields, being responsible for about 59 thousand deaths each year in the world. The use of Geographic Information Systems (GIS) in the health sector is propitious and has been adopted by human and animal health professionals as an important tool in spatial analyses of health. The objective of this study was to conduct a systematic review on the geoprocessing and spatial analysis techniques adopted for mapping risk areas of human and animal leptospirosis. The articles were collected on scientific platforms by typing the following search descriptors: SIG/GIS, leptospirose/leptospirosis, area de risco/risk area and distribuicao espacial/spatial distribution, and included in the study if they met the following criteria: a) publication in the period from 1998 to 2017; b) identification of risk areas and/or spatial distribution of leptospirosis as one of the research topics; and c) application of GIS in the methodology. As a result, we found 40 articles, published by 15 different countries, which adopted GIS for the spatial analysis and identification of risk areas of leptospirosis. Among these, only 45% (18) conducted an spatial statistical analysis. Brazil and USA had the highest numbers of publications, 16 and 7 articles, respectively. From 2007, the use of GIS and spatial analysis techniques, applied to the theme of this study, have been intensified and diversified, and 93% of the articles elected for this review were published from 2007 to 2017. The results point to a progressive interest of health professionals in applying these techniques for monitoring and conducting epidemiological analyses of leptospirosis, besides indicating a greater need for intersectoral integration between health professionals and others, in the use of spatial analysis and GIS techniques.

Keywords: *Leptospira spp.*, GIS, spatial analysis.

1 INTRODUÇÃO

A leptospirose é uma zoonose bacteriana causada por espiroquetas invasivas pertencentes ao gênero *Leptospira*. A doença pode manifestar com sintomas leves de febre, dor de cabeça e mialgia, ou com uma sintomatologia grave constituída por icterícia, insuficiência renal e hemorragias. Esses sintomas estão principalmente associados aos sorovares Icterohaemorrhagiae, Copenhageni, Australis, Autumnalis, Bataviae, Lai e Pyrogenes (COURA, 2005; OLIVEIRA et al., 2013).

Hoje em dia, muito se discute no âmbito da saúde pública a respeito da utilização de técnicas de geoprocessamento e técnicas de estatística espacial no estudo de doenças infecciosas. Na atualidade, tais técnicas se tornaram de uso obrigatório para os serviços de vigilância em saúde, colaborando no dia a dia dos gestores e profissionais da área da saúde. A aplicação de tais técnicas, em investigação epidemiológica, teve início no século XIX com o Dr. John Snow. O Dr. Snow investigou e estudou durante sua vida a fim de promover o declínio da teoria dos miasmas infecciosos vigente na época. Graças a utilização das técnicas de georreferenciamento ele demonstrou haver uma associação espacial entre mortes por cólera e suprimento de água por diferentes bombas públicas de abastecimento, sendo, a partir deste achado, possível controlar a epidemia de cólera na cidade de Londres (SNOW, 1990). O clássico estudo do Dr. John segue como fonte permanente de inspiração aos profissionais de saúde que buscam a interdisciplinaridade na compreensão do processo saúde-doença.

Sabe-se que o estabelecimento, evolução, propagação e perpetuação de doenças infecciosas de humanos e animais, está estreitamente relacionado a fatores higiênico-sanitário, socioeconômico e demográficos, e a ocorrência dessas doenças transmitidas por vetores caracteriza-se por padrões espaciais e temporais em decorrência do contexto de residências dos indivíduos e animais, estando os aspectos do meio ambiente associado à proliferação das populações de reservatórios, vetores e agentes infecciosos (REIS et al., 2008; COSTA et al., 2009; SOARES et al., 2010; VASCONCELOS et al., 2012).

O espaço geográfico segundo Santos (1996) é definido como uma unidade inseparável de sistemas de objetos e sistemas de ações e fluxos que interagem entre si, havendo uma relação entre o inanimado e a vida, sendo esta última a responsável por movimentar, transformar e configurar o espaço. Considerando o agente etiológico da leptospirose como estrutura inerente da relação espaço-tempo-doença, e sendo o espaço o meio pelo qual o agente infeccioso circula, pode-se concluir que a estrutura epidemiológica da doença se modifica com a transformação do espaço ao longo dos anos, e exigem contínuas inovações dos modelos de vigilância em um contexto social diverso e complexo, como é a vida urbana atual (ROJAS, 1998).

Diante disso, o uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) e da análise estatística espacial, na saúde, gera um importante resgate do papel da atmosfera socioambiental na ocorrência e perpetuação da leptospirose, uma vez que muitas doenças transmissíveis estão intimamente relacionadas com as características ecológicas do ambiente, possibilitando uma análise mais completa da doença e a identificação de heterogeneidade espacial nas localidades estudadas (FLAUZINO et al., 2009), além de gerar avanços na noção de interdisciplinaridade, pois torna-se necessário a inserção de profissionais de diferentes áreas do conhecimento para um bom resultado dos trabalhos desenvolvidos (FITZ, 2008). Portanto, pesquisas que envolvem técnicas capazes de identificar e direcionar a atenção dos estudiosos para o dinamismo e nuances evolutivas das doenças infecciosas, são essenciais na promoção contínua e atualizada do saber científico-tecnológico na saúde, promovendo a formação de uma rede de cooperação entre especialistas em saúde humana e animal (ZANELLA, 2016).

No Brasil, o cenário atual do emprego dos SIGs no setor saúde é extremamente propício, e tem sido adotado por profissionais da saúde como importante ferramenta em análises espaciais de saúde levando em consideração não apenas a distribuição espacial de um fenômeno, mas

também a complexidade inerente aos dados espaciais, tendo na estatística espacial seus principais fundamentos (MEDRONHO et al., 2009).

Algumas doenças infecciosas são consideradas negligenciadas, pois na maioria das vezes acometem populações de baixa renda, especialmente entre as populações pobres da África, Ásia e América Latina. A falta de saneamento básico é considerada o principal fator que contribui para a disseminação dessas doenças. Anualmente, causam juntas entre 500 mil e um milhão de óbitos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2010). Elas também contribuem para a manutenção das desigualdades entre os países, pois são um entrave para o seu desenvolvimento. Segundo dados da Organização Mundial de Saúde, cerca de 1 bilhão de pessoas, estão infectadas com uma ou mais doenças, podendo causar incapacidade ou morte (WHO, 2017).

São exemplos de doenças negligenciadas: dengue, doença de Chagas, esquistossomose, hanseníase, malária, tuberculose, doença do sono (tripanossomíase humana africana), leishmaniose visceral (LV), filariose linfática e a leptospirose. As doenças negligenciadas são as principais causas de morbidade e mortalidade em todo o mundo. O tratamento de algumas dessas doenças é conhecido e é barato, mas não estão disponíveis nas áreas mais pobres do mundo. Estas doenças possuem investimentos reduzidos em pesquisas, produção de medicamentos e vacinas (MARTINS; SPINK, 2018). Isto provavelmente se deve a falta de interesses governamentais sobre a parcela populacional mais afetada e da indústria farmacêutica em direcionar investimentos nessas doenças por conta do baixo potencial de retorno lucrativo, já que elas se concentram em populações de baixa renda e em países em desenvolvimento (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2010; WERNECK et al, 2011; HOTES & FUJIWARA, 2014; MARTINS; SPINK, 2018).

Dentre as doenças negligenciadas citadas no parágrafo anterior, é possível destacar a leptospirose, pois além de se tratar de uma patologia que acomete tanto os seres humanos e os animais em todo o mundo (FRASER, 1999), vem apresentando um grande destaque entre as doenças infecciosas negligenciadas decorrente da emergência climática (BARCELLOS, et. al. 2009).

A leptospirose, é uma zoonose causada por bactérias do gênero *Leptospira*. Pertencentes a família Leptospiraceae e que tipicamente eram classificadas de acordo com determinantes antigênicos (DIKKEN; KNIETY, 1978). A classificação foi modificada e o gênero *Leptospira* foi dividido em 20 espécies e em diferentes sorotipos (CERQUEIRA; PICARDEAU, 2009). Alguns sorotipos são comumente associados com os animais que servem como reservatórios da doença. Tipicamente as *Leptospiras* são divididas em duas espécies: *Leptospira interrogans* sensu lato e *Leptospira biflexa* sensu lato. O genoma da *Leptospira* é grande, o que indica a habilidade de viver em diferentes ambientes: parasitando animais hospedeiros e também livremente no ambiente. Elas têm hospedeiro, distribuição geográfica e patogenicidade variáveis (HIRSH; ZEE, 2009).

A eficácia da utilização dos SIGs, aliadas a análise espacial, em estudos que tratam especificamente de surtos espaciais e temporais de leptospirose, entre outras doenças, pode ser constatada por vários artigos científicos já publicados pelo mundo em diferentes países como China (HU et al., 2015), Hungria (TOLNAI et al., 2014), Canadá (HIMSWORTH et al., 2013), EUA (GHNEIM et al., 2007; RAGHAVAN et al., 2011) Zâmbi (SAZAKI et al, 2008) e Brasil (BARCELLOS; SABROZA, 2001; ARAÚJO et al., 2007; HINO et al. 2011; BIER et al., 2013; OLIVEIRA, et al., 2016).

Este estudo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática, mediante eleição de artigos nacionais e internacionais, das principais técnicas dos SIGs empregadas em estudos científicos sobre identificação de áreas de risco para leptospirose nos últimos 20 anos e construir um *ranking* que apresente as frequências de publicações desta temática em países que já venham trabalhando com essa ferramenta ao longo do tempo, a fim de proporcionar uma fonte detalhada e atualizada sobre os avanços do uso destas tecnologias na área da saúde humana e animal.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Com o intuito de averiguar a incorporação e a diversidade da aplicação dos SIGs na investigação epidemiológica da leptospirose humana e animal por profissionais da saúde ao longo de 1998 a 2017 foi realizada uma revisão sistemática de literatura, tendo como foco artigos que em sua metodologia incluíssem como ferramenta o SIG, cuja temática do trabalho fosse a identificação de áreas de risco para leptospirose humana e/ou animal. Para tal, foi conduzido pesquisas nas seguintes plataformas: periódicos CAPES, PubMed, Medline e Google Scholar. E, como forma de captura das literaturas, foi inserido as combinações dos descritores de busca: SIG/GIS, leptospirose/leptospirosis, área de risco/risk area e distribuição espacial/spatial distribution nos campos de busca das plataformas anteriormente citadas.

O critério de inclusão/exclusão foi conduzido em dois estágios. No primeiro estágio realizou-se a exclusão dos documentos duplicados, artigos de jornal e de todos os resumos, os quais não foi possível a recuperação do artigo completo. No segundo estágio, os artigos completos recuperados foram avaliados individualmente, e, incluídos no estudo, caso atendessem aos seguintes critérios de inclusão: a) publicado nos últimos 20 anos; b) identificação de áreas de risco e/ou distribuição espacial para leptospirose como um dos temas da pesquisa; e c) aplicação do SIG em sua metodologia.

Os diversos tipos de ambientes/software utilizados pelos artigos incluídos nesta revisão foram inseridos em tabela para quantificação do número de artigos relacionados ao seu uso, para visualização dos anos nos quais foram adotados e para reflexão sobre a progressão da inclusão dessas ferramentas no dia a dia do profissional da saúde.

A fim de visualizar o interesse dos países na adoção dos SIGs em pesquisas com a temática de identificação de áreas de risco de leptospirose humana e animal, elaborou-se uma tabela de *ranking* entre os países de origem de todos os artigos incluídos nesta revisão.

Para proporcionar uma descrição detalhada dos artigos selecionados, foi elaborada uma tabela contendo o ano da publicação, os autores, o país de origem, os resultados mais relevantes, a revista científica de publicação, o software e a técnica de análise espacial empregada.

O levantamento dos termos mais citados nos artigos e que possivelmente apontaria para interdisciplinaridade pelo uso de técnicas de geoprocessamento e análise espacial para a identificação das áreas de risco para a leptospirose humana e animal se deu pelo agrupamento de todos os resumos dos artigos em editor de texto bloco de notas (*Notepad*, termo em inglês) versão 2004 e salvo em txt com codificação UTF-8. Este arquivo foi inserido no pacote estatístico R (RCore Team, 2018) com a finalidade de agrupar as palavras graficamente em função da sua frequência e, para tanto, foi utilizado o método da Nuvem de palavras. Quanto maior a fonte, maior a frequência de uso da palavra (Lahlou, 2012).

3 RESULTADOS

A partir do diagrama (Figura 1) contendo o roteiro da revisão sistemática, observa-se que dentre 301 artigos identificados durante a pesquisa de literatura, 220 foram recuperados e avaliados individualmente, segundo os critérios de inclusão. Após a aplicação do segundo

estágio de inclusão, obtivemos como resultado um total de 40 artigos científicos que atenderam aos critérios de inclusão previamente estabelecidos.

Mediante a visualização dos resultados expostos na tabela 1 percebe-se que a partir do ano de 2007 o emprego das técnicas de SIG, aplicados a temática deste artigo, foram se intensificando e se diversificando ao longo dos anos, sendo empregado com diferentes regularidades os 8 (oito) ambientes listados durante o período total do estudo, entretanto, observa-se que no período, que vai de 2007 a 2017, encontramos 37 dos 40 artigos eleitos, correspondendo a aproximadamente 93% do total de artigos.

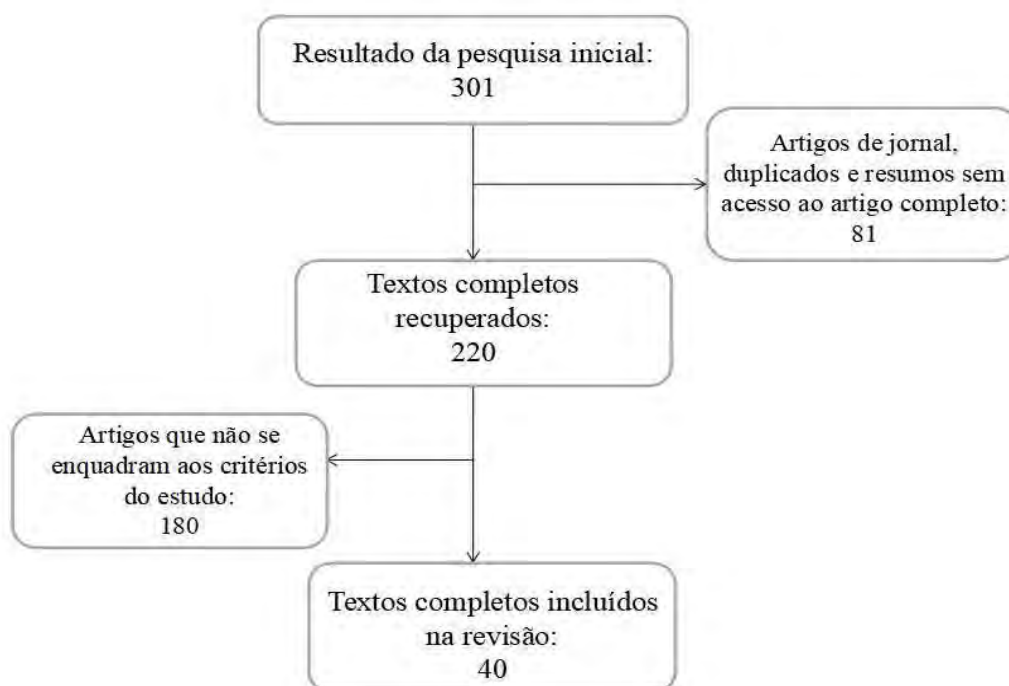


Figura 1: Diagrama do procedimento para inclusão de artigos no estudo.

Anteriormente a 2007, ou seja, no período entre 1998 a 2007, verificamos que houve apenas três publicações, sendo todas de origem brasileira vinculada a Fundação Oswaldo Cruz, instituto de pesquisa em saúde pública, representando 7% do total.

A ferramenta ArcGIS alcançou o maior número de usuários nos últimos 20 anos sendo empregado em 21 dos 40 artigos, correspondendo a aproximadamente 53% do total de artigos do estudo.

O ano de 2012 se destaca no período do estudo pela maior produção científica de artigos, envolvendo a temática de identificação das áreas de risco para leptospirose acoplada a técnicas de SIG, totalizando nove artigos científicos. Dos quais, em quatro os autores elegeram como ferramenta de processamento de dados o ArcMap, em três o ArcGIS e em dois ArcView. O EUA foi responsável pela produção de três desses artigos envolvendo as cidades de Kansas, Nebraska e Califórnia, enquanto a American Samoa e Brasil originaram dois cada um. Nicarágua e Taiwan originaram um artigo cada.

Tabela 1: Distribuição temporal dos softwares utilizados em estudos de áreas de risco para leptospirose nos últimos 20 anos no mundo.

ANOS DAS PUBLICAÇÕES																					
AMBIENTES	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	TOTAL
ArcGIS										2	2		1		3	1	4	3	4	1	21
ArcMap*														1	4			1			6
ArcView*											1				2		1				4
QGIS																		1			1
MapInfo			1	1									1								3
TerraView							1							1			1			1	4
ArcSDE*																1					1
Kosmo																		1			1
TOTAL	0	0	1	1	0	0	1	0	0	2	3	0	2	2	9	2	6	6	5	1	41

*ambientes do ArcGIS.

Tabela 2. Ranking dos países originários dos artigos científicos elegidos para este estudo.

RANKING	PAÍS	NÚMERO DE ARTIGOS PUBLICADOS (1998-2017)	ANO (S) DE PUBLICAÇÃO
1º	BRASIL	16 ARTIGOS	2000, 2001, 2004, 2008, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017.
2º	EUA	7 ARTIGOS	2007, 2008, 2011, 2012 e 2013.
3º	CANADÁ	2 ARTIGOS	2013 e 2014.
3º	SAMOA AMERICANA	2 ARTIGOS	2012
3º	TAILÂNDIA	2 ARTIGOS	2008 e 2015.
4º	KENYA	1 ARTIGOS	2017
4º	CHINA	1 ARTIGO	2016
4º	FIJI	1 ARTIGO	2016
4º	IRAN	1 ARTIGO	2015
4º	MÉXICO	1 ARTIGO	2015
4º	NICARÁGUA	1 ARTIGO	2012
4º	TRINIDADE E TOBAGO	1 ARTIGO	2014
4º	HAVAÍ	1 ARTIGO	2007
4º	AUSTRÁLIA	1 ARTIGO	2015
4º	TAIWAN	1 ARTIGO	2012
4º	COLÔMBIA	1 ARTIGO	2015

Nos últimos 20 anos os 40 artigos foram publicados por 15 países diferentes (Figura 2) com liderança marcada pelo Brasil, que ficou em primeiro lugar no ranking mundial de publicações científicas, que fizeram uso de técnicas dos SIGs aplicados á análise de risco para leptospirose (Tabela 2), sendo responsável pela produção de 40% dos artigos. Essas publicações de origem brasileira não obedeceram a um padrão na escolha das ferramentas, havendo bastante diversidade ao longo dos anos. Porém, mesmo com essa variação presente, muitos dos objetivos comuns às pesquisas, como exemplo, a construção de mapa de risco e de distribuição dos casos, foram igualmente alcançados.

Os EUA publicaram 17,5% dos artigos científicos no período do estudo, conferindo-lhe o posto de segundo país com maior publicação voltada para a temática desta revisão. Não houve posse específica de país para o terceiro e o quarto lugares, sendo observado que três dos 15 países permaneceram em terceiro lugar, com dois artigos publicados, e 10 países ficaram em quarto no ranking, com apenas um artigo publicado nos últimos 20 anos.

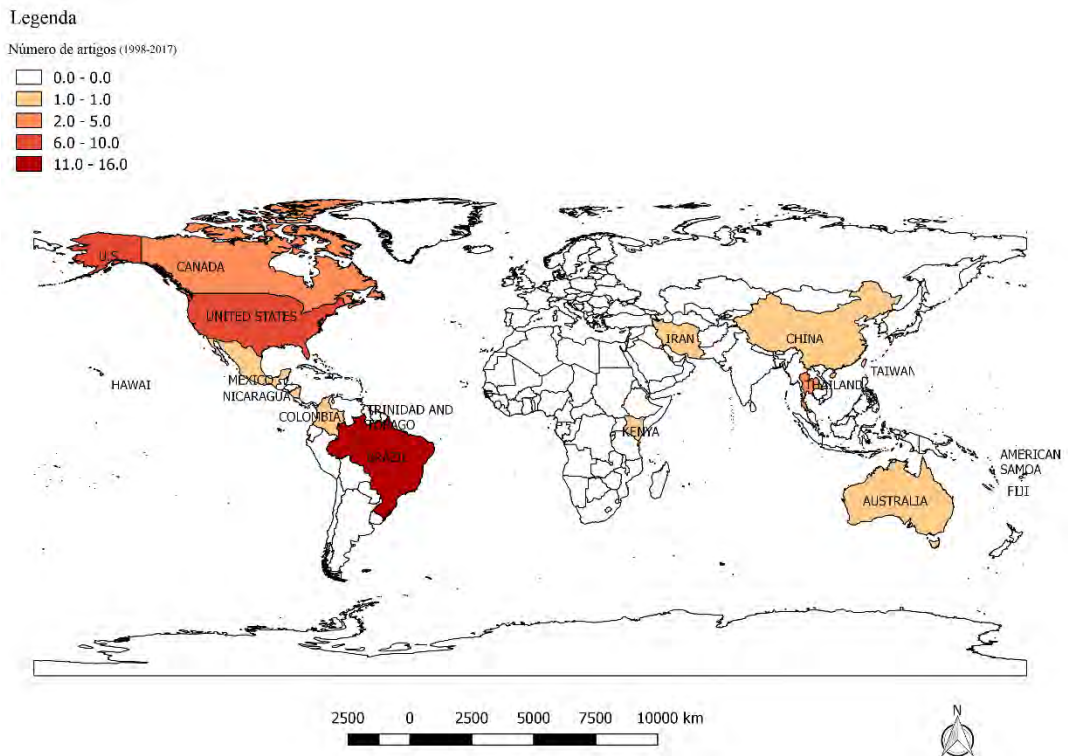


Figura 2 - Mapa da distribuição global em número de artigos publicados por países de 1998 a 2017.

Dentre os 40 artigos apenas 45% (n=18) realizaram análise estatística espacial, sendo empregado em 22,5% (n=9) deles a técnica de densidade de Kernel. Em 55% (n=22) artigos os autores realizaram análise espacial pela construção de mapas temáticos e distribuição dos casos nestes mapas com o intuito apenas de visualizar o padrão espacial de distribuição da leptospirose, como demonstra a tabela 3. Verificamos que 34 artigos eram da área humana e 6 da animal. Embora, tenhamos verificado essa variação de complexidade nas metodologias adotadas, todos os trabalhos alcançaram os objetivos propostos inicialmente pelos autores.

A utilização da técnica nuvem de palavras (Figura 3) sobre os resumos dos artigos deste trabalho de revisão sistemática, possibilitou observar o uso frequente de termos: “leptospirosis”, “environmental”, “spatial”, “epidemiology”, “leptospira”, “GIS”, “regression”, “zoonotic”, “dogs”, “geographical”, “health”, “socioeconomic”, “maps” e “ecological”. Este resultado sugere que tal tipo de estudo tem um caráter multidisciplinar.

Tabela 3: Listagem dos artigos pesquisados com suas respectivas descrições quanto ao ano de publicação, autores, país de origem, título, revista científica, software e método de análise no período de 1998-2017.

ANO DA PUBLICAÇÃO	AUTORES	PAÍS	RESULTADOS	REVISTA CIENTÍFICA	SOFTWARE	MÉTODO DE ANÁLISE
2000	Barcellos & Sabroza	Brasil	Cobertura de abastecimento de água, coleta de resíduos sólidos, cobertura de sistema de esgoto e área de risco de inundação foram as principais variáveis determinantes do surto na região oeste da cidade do Rio de Janeiro.	International journal of environmental health research.	MapInfo e SPSS	Análise estatística para verificação de correlação e significância por meio do coeficiente de Pearson e ANOVA, respectivamente. As operações espaciais de distribuição das variáveis foram realizadas por meio de mapas temáticos inseridos no MapInfo.

Tabela 3: Continuação.

2001	Barcellos & Sabroza	Brasil	Taxas mais elevadas foram observadas para setores censitários dentro da área de risco de inundação e nas proximidades dos locais de acúmulo de resíduos.	Caderno de saúde pública.	MapInfo.	Análise de significância via Poisson e mapa de risco.
2004	Tassinari et al.	Brasil	Os locais de maior intensidade de ocorrência da leptospirose não se repetiram, e os locais usualmente considerados de maior risco – áreas faveladas e sujeitas a inundações – não foram sempre as mais atingidas.	Caderno de saúde pública.	Terraview, “R”.	Razão de Kernel.
2007	Charles et al.	Havai	As focas-monge havaianas no MHI podem estar em risco de exposição a vários agentes de doenças infecciosas associados a animais terrestres que podem contaminar habitats marinhos.	EcoHealth.	ArcGIS.	Densidade de Kernel

Tabela 3: Continuação.

2007	Ghneim et al.	USA	As medidas de intervenção para a prevenção da leptospirose canina devem incluir a redução do acesso a corpos d'água potencialmente infecciosos que estão próximos às casas dos caninos e a grandes áreas de pântanos e espaços públicos abertos.	EDP Sciences, veterinary research.	EGRET, ArcGIS e JMP.	Modelo de regressão logístico bivariado e multivariado.
2008	Reis et al.	Brasil	O risco de adquirir anticorpos contra <i>Leptospira</i> foi associado a fatores ambientais domésticos, como residência em regiões de risco de inundação com esgoto a céu aberto e proximidade de lixo acumulado, vistoriamento de ratos e a presença de galinhas.	PLOS Neglected tropical diseases.	ArcView, EpiInfo, "R".	Testes de correlação qui-quadrado e Wilcoxon. Análise de densidade por Kernel e coeficiente de correlação de Spearman.
2008	Norman et al.	USA	Alta densidade de parques caninos e proximidade de parques caninos foram significativamente associados à leptospirose em leões marinhos.	Journal of wildlife diseases.	ArcGIS, STATA.	Modelo de regressão logístico e mapas temáticos.

Tabela 3: Continuação.

2008	Lerdthusnee et al.	Tailândia	Rattus rattus foi a espécie dominante e sete doenças zoonóticas foram detectadas: tifo da mata, leptospirose, tifo murino, tifo do carrapato, bartonela, babesiose e tripanossomíase.	Integrative zoology.	ArcGIS.	Densidade de Kernel.
2010	Soares et al.	Brasil	O padrão espacial em aglomerados foi observado nas variáveis taxa de incidência de leptospirose, taxa de alfabetização, renda média mensal, número de moradores por domicílio, abastecimento de água e rede de esgoto.	Revista de saúde pública.	ArcGIS, MapInfo	Índice de Moran global e local e coeficiente de correlação de Spearman.
2011	Raghavan et al.	USA	Os cães, independentemente da idade, sexo e raça, que vivem em áreas urbanas apresentam maior risco de leptospirose.	Preventive veterinary medicine.	ArcMap, Google Earth, "R"	Modelo de regressão logística e mapa de distribuição.
2011	Melo et al.	Brasil	Comparando os períodos de chuva com os períodos de seca, verificou-se que não ocorre a presença de padrão espacial semelhante nos dois períodos, não coincidindo com as áreas consideradas de maior risco para ocorrência da doença.	Revista da sociedade brasileira de medicina tropical.	TerraView.	Densidade de Kernel.

Tabela 3: Continuação.

2012	Bier et al.	Brasil	A distribuição espacial que envolveu toda a área do Pantanal mostrou que todos os animais da área estão em risco de contaminação por <i>Leptospira spp.</i>	Acta veterinariae. scientiae.	ArcView.	Matrix e árvore de decisão.
2012	Raghavan et al.	USA	Distância de recursos hídricos, densidade hidrológica e áreas frequentemente inundadas dentro de 2500 m ao redor, dos locais de caso / controle foram fatores de risco significativos para leptospirose canina.	Preventive veterinary medicine.	ArcGis	Modelo de regressão logístico e mapa de distribuição dos casos.
2012	Roug et al.	USA	Anticorpos contra <i>Leptospira spp.</i> foram mais prevalentes no litoral e centro-norte da Califórnia.	PLOS one.	STATA e ArcMap	Modelo de regressão logístico e mapa temático.
2012	Raghavan et al.	USA	Casas sem instalações completas de encanamento e situação de pobreza por idade (18-64) foram considerados fatores de risco.	Preventive veterinary medicine.	ArcMap, TIGER, SAS e "R".	Modelo de regressão logístico e autocorrelação espacial pelo geoR.

Tabela 3: Continuação.

2012	Lau et al.	Samoa	Riscos ambientais significativos de nível familiar incluem aqueles relacionados ao ambiente natural (altitude e tipo de solo), bem como atividades antrópicas (agricultura e pecuária).	PLOS Neglected tropical diseases.	ArcMap, SaTScan, STATA, "R".	Modelo de regressão logístico. Kulldorff's e SaTScan foram usados para identificação de clusters. Confecção de mapa temático.
2012	Lau et al.	Samoa	A soroprevalência da leptospirose humana na Samoa Americana foi de 15,5% em 2010. Os sorovares diferiram na distribuição geográfica, com variações na seroprevalência entre as ilhas e diferentes zonas ecológicas dentro da ilha principal.	BMC Infectious diseases.	ArcMap, STATA.	Modelo de regressão logístico e mapa temático.
2012	Fonzar & Langoni	Brasil	A análise espacial revelou que o risco de cães e humanos, no município de Maringá, se infectar com leptospiras está presente tanto em áreas centrais como periféricas.	Revista da sociedade brasileira de medicina tropical.	ArcView.	Áreas de risco foram determinadas pela elaboração de mapas temáticos.

Tabela 3: Continuação.

2012	Schneider et al.	Nicaraguá	A variável que apresentou o padrão de associação mais evidente com áreas críticas é a porcentagem da superfície municipal ocupada pela combinação de solo de cambissolo e andossolo.	International journal of environmental research and public health.	ArcGIS, SAS.	Modelo de regressão logístico e mapa temático.
2012	Chen et al.	Taiwan	Os níveis de precipitação diária foram correlacionados com a incidência de leptospirose.	PLOS One	ArcGIS.	Método de Krigagem geoespacial.
2013	Raghavan et al.	USA	Associações foram vistas em áreas urbanas em modelos que usaram variáveis extraídas de extensões espaciais de 500-2.500 m de áreas de floresta / bosque além de 2.500 m até 5.000 m em modelos individuais.	Geospatial health.	ArcSDE, ArcMap, "R".	Construção de buffers por NLCD
2013	Himsworth et al.	Canadá	A estrutura social e as interações entre os ratos podem influenciar a transmissão.	PLOS Neglected tropical diseases.	"R", ArcGIS e SaTScan.	Modelo de regressão logístico. Identificação de clusters pelo SaTScan.

Tabela 3: Continuação.

2014	Himsworth et al.	Canadá	A densidade populacional de ratos variou notavelmente em curtas distâncias geográficas, o que poderia explicar as distribuições espaciais observadas de zoonoses associadas a ratos.	PLOS One.	ArcGIS e “R”.	Modelo de regressão logístico e mapa de distribuição.
2014	Felzemburgh et al.	Brasil	Os moradores de favelas teriam alto risco (> 3% ao ano) de adquirir a infecção por <i>Leptospira</i> . A reinfecção é um evento frequente e ocorre em regiões de favelas próximas a esgotos a céu aberto.	PLOS Neglected tropical diseases.	ArcView	Modelo de regressão logístico e mapa temático.
2014	Filho et al.	Brasil	Não houve associação significativa entre a prevalência de <i>Leptospira spp.</i> infecção e precipitação.	Geospatial health	TerraView	Análise estatística espacial com aplicação de densidade de Kernel.

Tabela 3: Continuação.

2014	Gracie et al.	Brasil	Na escala regional, as correlações mais fortes foram observadas entre a incidência de leptospirose e a quantidade de pessoas que vivem em favelas, ou a porcentagem da área densamente urbanizada. Em nível local, a porcentagem da área propensa a inundações está melhor correlacionada com a incidência de leptospirose.	International 24eside of environmental research and public health.	ArcGIS, SPSS e ArcInfo.	Moran para testar a autocorrelação entre os dados.
2014	Costa et al.	Brasil	A modelagem de regressão identificou a presença de fezes de <i>R. norvegicus</i> , tocas de roedores, acesso à água e paredes sem gesso como fatores de risco . A transmissão em alto nível ocorre entre as favelas.	PLOS Neglected tropical diseases.	ArcGIS e Epi-Info.	Modelo de regressão logístico e análise espacial pelo ArcGIS.
2014	Na-Corredor & Opadeyi	Trinidade e Tobago	A precipitação, a drenagem imperfeita / impedida do solo e o índice de umidade topográfico influenciam a dinâmica local da leptospirose humana.	Earth perspectives.	ArcGIS.	Densidade de Kernel.
2015	Suwanpakdee et al.	Tailândia	A leptospirose ocorreu no nordeste da Tailândia e a inundação seria menos influente na transmissão da leptospirose .	Epidemiol. Infect.	ArcGIS e Stata.	Modelo de regressão logístico e análise espacial usando ArcGIS.

Tabela 3: Continuação.

2015	Lau et al.	Austrália	O mapeamento de casos por localização residencial mostrou a expansão da área geográfica do sorovar Arborea, concentrando-se principalmente em torno de Brisbane, Cairns e Innisfail e sexo masculino (91% dos casos), ocupação e exposição recreativa foram considerados fatores de risco.	BMC Infectious diseases.	ArcMap e Stata.	Modelo de regressão logístico e mapa de incidência de casos.
2015	Dutra et al.	Brasil	A espacialização da doença no Estado mostrou uma distribuição sensível à variabilidade espaço-temporal.	Revista brasileira de geografia médica e da saúde.	ArcGIS.	Espacialização dos casos pelo ArcGIS.
2015	Sánchez-Montes et al.	México	A distribuição dos casos esteve mais relacionada à temperatura (75%) do que às variáveis de precipitação.	PLOS One.	QGIS, GARP e SPSS.	Elaboração de potencial modelo de distribuição pelo GARP e mapa de distribuição de casos.

Tabela 3: Continuação.

2015	Mohammadi Nia et al.	Iran	Altas incidências estão localizados entre e perto de 4 estações, Bandar e Anzali, Rasht, Masuleh e Rash-Agriculture.	Remote sensing and spatial information sciences.	ArcGIS,	Emprego da técnica de Moran para identificação de clusters e auto correlação espacial.
2015	García-Ramirez et al.	Colômbia	Um dos 53 municípios contribuiu com quase um quarto dos casos. A agricultura foi significativamente associada à incidência.	Recent 26esident on anti-infective drug 26esidente.	Kosmo	Construção de mapa regional e epidemiológico com taxa de incidência anual dos casos.
2016	Gonçalves et al.	Brasil	A técnica de Buffer apontou maior concentração da doença em áreas de ausência de coleta de resíduos sólidos domiciliares, esgoto, água encanada e com arruamento não pavimentado e alagamento de rua.	Ciência & saúde coletiva.	TerraView, EpiInfo e Biostat.	Técnica de estimativa de Moran para medição da auto correlação espacial.
2016	Hagan et al.	Brasil	Fatores topográficos, como elevação domiciliar e drenagem inadequada aumentam o risco ao promover o contato com a lama e sugerem que a interface solo-água serve como reservatório ambiental para a transmissão.	PLOS Neglected tropical diseases.	ArcGIS.	Confecção de mapa coroplético de distribuição de risco.

Tabela 3: Continuação.

2016	Lau et al.	Fiji	As variáveis associadas à presença de anticorpos contra <i>Leptospira</i> incluíram sexo masculino, etnia iTaukei, morar em aldeias, falta de água tratada em casa, trabalhar ao ar livre, morar em áreas rurais, alta taxa de pobreza, vivendo <100m de um grande rio, porcos na comunidade, alta densidade de gado no distrito, e precipitação máxima elevada no mês mais chuvoso.	PLOS Neglected tropical diseases.	ArcGIS e STATA	Produção de mapa de risco via análise dos fatores de risco por modelo de regressão.
2016	Zhao et al.	China	A temperatura média anual e a precipitação total anual são as duas variáveis mais importantes que governam a distribuição geográfica da leptospirose na China.	BMC Infectious diseases.	ArcGIS e “R”.	Identificação de áreas de risco por modelo de nicho ecológico.
2017	Cook et al.	Kenya	As áreas de maior risco para soropositividade para leptospirose em trabalhadores de matadouros parecem estar nas partes central e leste da área de estudo.	Occup environ med.	ArcGIS e “R”.	Aplicação da técnica de Kernel pelo R e Moran.
2017	Chaiblich et al.	Brasil	Os bairros de Barra de Guaratiba, Pedra de Guaratiba e Grumari foram de alto risco - locais com estruturas sanitárias precárias e constantes alagamentos.	Saúde em debate	ArcGIS	Estimador Bayesiano empírico e densidade de Kernel.

entre os dois países, que desde 2002 buscam a fabricação de uma vacina eficaz (LOPES, 2003), que promova a imunização humana e a diminuição de perdas econômicas (DE VRIES, 2006).

Vale ressaltar que o acometimento urbano desta enfermidade não se restringiu a apenas os humanos, e que a amplificação da visão sobre o estado e controle da saúde da população animal, pode ocorrer por conta dos fenômenos da transição demográfica e epidemiológica, visto que o deslocamento do homem rural para as áreas urbanas contribuiu para o aumento de animais domésticos nas grandes cidades e que estes também passaram a apresentar diferentes padrões de prevalência de doenças, ocorrendo não apenas a transição epidemiológica humana, mas também animal. Portanto, a busca por imunização, também animal, não é apenas para justificar as perdas econômicas, relatada por De Vries (2006), mas também se trata de uma ação justa que promove proteção e bem estar ao animal, além de ser considerada uma medida de ação de saúde.

A literatura revisada mostrou uma contribuição do SIG na identificação de características ecológicas favoráveis à transmissão da leptospirose na perspectiva da produção de diferentes formas de agregação de dados, construindo indicadores epidemiológicos em diferentes unidades espaciais, também de acordo com o interesse da pesquisa como na verificação da existência de padrão espacial e da atuação de fatores de risco socioambientais, culminando na delimitação de áreas críticas.

Lau et al. (2012), por exemplo, com o uso de SIG, representam pontualmente os casos e sugerem que a força do impacto das mudanças ambientais e climáticas na Samoa Americana (RAGHAVAN, et al., 2012) e na Austrália (SUWANPAKDEE, et al., 2015) atuou como um precursor na transmissão de sorovares particulares de leptospirose, anteriormente ausentes na região, reforçando as mudanças ambientais como um importante fator de risco. Esses estudos mostram que, independente da área de estudo, a dinâmica da doença tem relação direta com as mudanças ambientais e climáticas do meio, contribuindo para o entendimento epidemiológico da doença. Por meio do SIG, também foi possível utilizar técnicas de sobreposição de mapas de características topográficas, como elevação e características climáticas, como índices de chuva com mapas de caso representados pontualmente ou na forma de clusters que muito contribuíram para o entendimento da emergência, reemergência e distribuição da leptospirose ao longo dos anos (BARCELLOS; SABROZA, 2000; GONÇALVES, et al., 2016).

A ausência de integração de dados de leptospirose humana com a dos animais nos trabalhos desta revisão, aponta para a falta de conexão entre as áreas da ciência da saúde e apela para uma necessidade maior de promoção e ações intersetoriais entre os profissionais de saúde, como, médicos, veterinários, geógrafos, engenheiros cartográficos, estatísticos, zootecnistas, biólogo, entre outros profissionais, com ações estratégicas em vigilância, pesquisa, comunicação e capacitação (ZANELLA, 2016). Essa visão de saúde pública integrada está no cerne do conceito de One Health, que, de acordo com a One Health Commission, é uma abordagem colaborativa, multissetorial e transdisciplinar – trabalhando nos níveis local, regional, nacional e global – para alcançar a saúde ideal e resultados de bem-estar, reconhecendo as interconexões entre pessoas, animais, plantas e seu ambiente compartilhado (ONE HEALTH COMMISSION, 2020). No contexto da leptospirose, os resultados de um estudo podem virar proxy de outro estudo, mesmo que um utilize dados humanos e outro dados animais.

Além disso, o levantamento dos principais termos utilizados nos artigos desta revisão, aponta para a grande necessidade de abordagem multidisciplinar nas pesquisas sobre análise espacial de doenças infecciosas, ficando evidente que o pesquisador profissional da saúde, hoje, não pode ficar restrito a apenas sua área de conhecimento, se fazendo necessário a busca pela interdisciplinaridade.

Em termos de interdisciplinaridade, verificou-se que ao longo dos últimos 20 anos houve um crescente interesse dos profissionais da saúde humana e animal na exploração dos

SIG, como técnica de representação espacial dos dados de leptospirose. Este interesse crescente não se restringiu a apenas softwares gratuitos, pois como constatamos, o ArcGIS, software não gratuito, foi o mais utilizado como ferramenta nos trabalhos desta revisão. Segundo Milaré et al. (2016) entre 1978 e 2013 o emprego dos softwares livres alcançaram uma média de 32% (2.128) dos 6.778 artigos analisados neste período, corroborando com os resultados deste estudo.

Embora tenhamos verificado o crescente interesse pelo SIG, esta revisão também assinala a necessidade de uma maior incorporação da estatística espacial na área da saúde humana e animal dentro da temática deste estudo, pois, menos da metade dos pesquisadores fizeram uso da geoestatística (45 %), e, nota-se ainda, uma subutilização do potencial dos SIGs, sendo utilizado, em sua maioria, para elaborar mapas com o objetivo de visualizar apenas o padrão espacial da leptospirose. Esta realidade, talvez ocorra devido à falta de preparo técnico dos pesquisadores, que como usuários de softwares deveriam recorrer a um treinamento específico antes do gerenciamento dos dados. Segundo Pina (1998), usuários de geoprocessamento que recebem treinamento adequado são capazes de conduzir análises válidas e isentas de incoerências nos procedimentos adotados.

Uma rápida busca na base de dados Medline utilizando os termos ‘SIG e doenças infecciosas’ mostra uma evolução no uso do geoprocessamento em geral nas doenças infecciosas, porém de um total de 266 estudos que utilizaram técnicas de geoprocessamento, apenas 4 estudos foram sobre leptospirose, refletindo sua condição de doença negligenciada.

Os autores sugerem que tais tipos de trabalhos são realizados com maior frequência em territórios urbanos devido à disponibilidade de dados necessários para maior eficiência das técnicas de geoprocessamento, o que explica a discrepância no número de trabalhos concentrados em áreas urbanas e rurais nesta revisão. Por fim, observamos a publicação de vários trabalhos utilizando análise espacial e leptospirose, mas os artigos que tratam do uso de ferramentas de geoprocessamento na identificação de áreas de risco para leptospirose (animal e humana) ainda são poucos.

5 CONCLUSÃO

O uso de técnicas de estatística espacial, aliado ao uso do ferramental dos SIGs, sofreu nos últimos 20 anos uma progressiva evolução possibilitando aos pesquisadores a adoção de uma visão mais detalhista das questões a serem respondidas, favorecendo de forma mais rápida e confiável a tomada de decisões de órgãos e institutos que trabalham em prol da saúde pública. Sendo assim, o incentivo ao uso de tais técnicas deve ter seu início no período de formação acadêmica dos profissionais da área da saúde e afins, com promoção de formação continuada nesta área pelos órgãos e institutos que promovam a saúde, de forma que os profissionais vejam essa técnica como ferramenta passível de domínio do profissional da saúde.

Neste trabalho, o Brasil teve a maior quantidade de trabalhos publicados, mostrando seu potencial de atuação no monitoramento e análises epidemiológicas em doenças infecciosas. Um país que promove a integração interdisciplinar é um país que avança e tem maiores chances para controle de doenças com um sistema de vigilância em saúde baseado na integração com diversas áreas do conhecimento humano utilizando técnicas de análise espacial e SIGs.

6 REFERÊNCIAS

ARAÚJO, K. C. G. M. et al. Análise espacial dos focos de *Biomphalaria glabrata* e de casos humanos de esquistossomose mansônica em Porto de Galinhas, Pernambuco, Brasil, no ano 2000. **Caderno de Saúde Pública**, v. 23, n. 2, p. 409-417, 2007.

BARCELLOS, C., SABROZA, P. C. Socio-environmental determinants of the leptospirosis outbreak of 1996 in western Rio de Janeiro: a geographical approach. **International Journal of Environmental Health Research**, v. 10, p. 301-313, 2000.

BARCELLOS, C.; SABROZA, P. C. O lugar do caso: leptospirose e riscos associados a condições ambientais durante o surto de 1996 na Zona Oeste do Rio de Janeiro. **Caderno de Saúde Pública**, v. 17, p. 59-67, 2001.

BARCELLOS, C., et. al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e serviço de saúde**, v. 18, n. 3, p. 285-304, 2009.

BIER, D. et al. Análise espacial do risco de leptospirose canina na Vila Pantanal, Curitiba, Paraná. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 33, n. 1, p.74-79, 2013.

CARVALHO, M.S.; SOUZA-SANTOS, R. Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas, perspectivas. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 361-378, 2005.

CERQUEIRA, G. M.; PICARDEAU, M. A century of *Leptospira* strain typing. **Infection, Genetics and Evolution**, v. 9, n. 5, p.760-768, 2009.

COSTA, F. et al. Infestação por roedores no ambiente urbano: o papel das deficiências ambientais na transmissão da leptospirose. III CONGRESSO LATINO AMERICANO DE

ECOLOGIA, 2009, São Lourenço. **Anais ...São Lourenço: SEB**, 2009, p. 1-4.

COSTA, F. et al. Global morbidity and mortality of leptospirosis : a systematic review. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 9, n. 9, 2015.

COURA, J. R. **Dinâmica das doenças infecciosas e parasitárias**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2005, 2025 p.

DE VRIES, A. Economic value of pregnancy in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n.10, p. 3876-3885, 2006.

DIKKEN, H.; KNIETY, E. Serological typing methods of leptospire. **Methods in microbiology**. London: Academic press, 1978, 239-307p.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, 160 p.

FLAUZINO, R. G. et al. Dengue, geoprocessamento e indicadores socioeconômicos e ambientais: um estudo de revisão. **Revista Panamericana de Saúde Pública**, v. 25, n. 5, p. 456-461, 2009.

FRASER, R. G. Diagnosis of diseases of the chest. **Philadelphia: WB Saunders**, v. 2, cap. 26, 1999, 776-777p.

GHNEIM, G. S. et al. Use of a case-control study and geographic information systems to determine environmental and demographic risk factors for canine leptospirosis. **Veterinary Research**, v. 38, n. 2007, p. 37-50, 2007.

GONÇALVES, N. V. et al. Distribuição espaço-temporal da leptospirose e fatores de risco em Belém, Pará, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, n. 12, p. 3947-3955, 2016.

HIMSWORTH, C. G. et al. Ecology of *Leptospira interrogans* in Norway Rats (*Rattus norvegicus*) in an Inner-City Neighborhood of Vancouver, Canadá. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 7, n. 6, p. 2270, 2013.

HINO, P. et al. Spatial distribution of endemic diseases in Ribeirão Preto, São Paulo State. **Ciência e Saúde Coletiva**, v. 16, supl. 1, p. 1289-1294, 2011.

HIRSH, D. C.; ZEE, Y. C. **Microbiologia Veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009, 446 p.

HU, Y. et al. Spatio-temporal transmission and environmental determinants of Schistosomiasis Japonica in Anhui Province, China. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 9, n. 2, p. 1-15, 2015.

LAHLOU, S. Text Mining Methods: An answer to Chartier and Meunier. **Papers on Social Representations**, v. 20, n. 38, p.1-7, 2012.

LAU, C. L. et al. Leptospirosis in American Samoa – Estimating and Mapping Risk Using Environmental Data. **PLoS Neglected Tropical Disease**, v. 6, n.5, e1669.

LOPES, L. Leptospirose: mais perto de uma vacina. *Jornal da USP*, ano XVIII, n. 655, 2003. Disponível em: www.usp.br/jorusp/arquivo/2003/jusp655/pag08.htm Acesso em : 10 de setembro de 2018.

MARTINS, M. H. M.; SPINK, M. J. A leptospirose humana como doença duplamente negligenciada no Brasil. **Ciência e Saúde Coletiva** [periódico da internet], 2018. Disponível em: <http://www.cienciaesaudecoletiva.com.br/artigos/a-leptospirose-humana-como-doenca-duplamente-negligenciada-no-brasil/16851?id=16851> Acesso em: 19 de setembro de 2019.

MEDRONHO, R. A. et al. **Epidemiologia**. São Paulo: Editora Atheneu, 2009, 685 p.

MILARÉ, G. et al. Cenário do uso de software livre em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**- UFRJ, v. 39, n. 3, p. 111-115, 2016.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Doenças negligenciadas: estratégias do Ministério da Saúde. Departamento de ciência e tecnologia, secretaria de ciência, tecnologia e insumos estratégicos, Ministério da Saúde. **Revista de saúde pública**, v. 44, n.1, p. 200-202, 2010.

OLIVEIRA, I. P. et al. Análise espacial das áreas de favorabilidade para ocorrência de leishmaniose tegumentar americana no município de Seropédica, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 37, n.1, p. 193-202, 2016.

OLIVEIRA, S. V., et al. Reservatórios animais da leptospirose: uma revisão bibliográfica. **Saúde (Santa Maria)**, v. 39, n 01, p. 9-20, 2013.

ONE HEALTH COMMISSION. What is One Health? Disponível em: https://www.onehealthcommission.org/en/why_one_health/ Acesso em: 17 de abril de 2020.

PAPPAS, G. et al. The globalization of leptospirosis: worldwide incidence trends. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 12, n. 4, p. 351-357, 2008.

PINA, M. R.F. R. P. Potencialidades dos Sistemas de Informações Geográficas na área da saúde. **Saúde e Espaço: Estudos metodológicos e técnicas de análise**. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1998, 276 p.

RAGHAVAN, R. et al. Evaluations of land cover risk factors for canine leptospirosis: 94 cases (2002-2009). **Preventive Veterinary Medicine**, v. 101, n. 2011, p. 241-249, 2011.

RAGHAVAN, R. et al. Neighborhood-level socioeconomic and urban land use risk factors of canine leptospirosis: 94 cases (2002-2009). **Preventive Veterinary Medicine**, v. 106, p. 324-331, 2012.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015. Disponível em: www.R-project.org/ Acesso em: 5 de maio 2018.

REIS, R. B. et al. Impact of environmental and social gradient on *Leptospira* infection in urban slums. **Neglected Tropical Diseases**, v. 2, n. 4, p. e228, 2008.

ROJAS, L. I. Geography and health: themes and perspectives in Latin American. **Caderno de Saúde Pública**, v. 14, n. 4, p. 701-711, 1998.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: editora da Universidade de São Paulo, 4ª ed., 2006, 259 p.

SUWANPAKDEE, S., et al. Spatio-temporal patterns of leptospirosis in Thailand: is flooding a risk factor? **Epidemiology & Infection**, v. 143, n. 10, p. 2106-2115, 2015.

SAZAKI, S. et al. Spatial analysis of risk factor of cholera outbreak for 2003-2004 in a peri-urban área of Lusaka, Zambia. **American Journal Tropical Medicine and Hygiene**, v. 79, n. 3, p. 414-421, 2008.

SNOW, J. **Sobre a maneira de transmissão do cólera**. Hucitec-Abrasco: São Paulo, 1999, 249 p.

SOARES, T. S. M. et al. Análise espacial e sazonal da leptospirose no município de São Paulo, SP, 1998 a 2006. **Revista de Saúde Pública**, v. 44, n. 2, p. 283-291, 2010.

TOLNAI, Z. et al. Environmental determinants of the spatial distribution of *Angiostrongylus vasorum*, *Crenosoma vulpis* and *Eucoleus aerophilus* in Hungary. **Veterinary Parasitology**, v. 207, n. 2015, p. 355-358, 2014.

VASCONCELOS, C. H. et al. Fatores ambientais e socioeconômicos relacionados à distribuição de casos de leptospirose no Estado de Pernambuco, Brasil, 2001-2009. **Caderno de Saúde Coletiva**, v. 20, n. 1, p. 49-56, 2012.

WERNECK, G. L., et al. Panorama dos estudos sobre nutrição e doenças negligenciadas no Brasil. **Ciência e saúde coletiva**, v.16, n. 1, p. 39-62, 2011.

WHO. Integrating neglected tropical diseases in global health and development: Fourth WHO report on neglected tropical diseases. **World Health Organization**, 2017, 267 p. Disponível em:< http://www.who.int/neglected_diseases/resources/9789241565448/en/> Acesso em : 05 de setembro de 2018.

ZANELLA, J. R. C. Zoonoses emergentes e reemergentes e sua importância para saúde e produção animal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 5, p. 510-519, 2016.

CAPÍTULO II

IDENTIFICAÇÃO DE POSSÍVEIS ÁREAS DE RISCO À OCORRÊNCIA DE LEPTOSPIROSE NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO, RJ, NO PERÍODO DE 2007-2017.

RESUMO

A leptospirose é uma doença bacteriana febril causada por espiroquetas invasivas pertencentes ao gênero *Leptospira*, sendo considerada uma zoonose presente no ambiente rural e urbano das cidades brasileiras. O município do Rio de Janeiro é considerado endêmico para leptospirose, acometendo tanto humanos quanto algumas espécies de animais e se encontra inserida no rol das doenças negligenciadas. Os objetivos deste estudo foram investigar possíveis áreas de risco à ocorrência de leptospirose no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil, usando dados de casos humanos confirmados obtidos via SINAN-RIO durante o período de 2007 a 2017 utilizando modelos clássicos de regressão de Poisson e modelos de regressão de Poisson geograficamente ponderados para a identificação de possíveis fatores de risco de ordem ambiental e socioeconômica. Os dados confirmados de leptospirose foram agregados por bairros do município do Rio de Janeiro. O padrão espacial de distribuição de incidência foi analisado por meio de mapas gerados no software QGIS, e a estimação de taxas corrigidas pelo estimador Bayesiano Empírico e detecção de autocorrelação espacial pelo índice de Moran, foram realizadas por meio do software GEODA. O pacote estatístico R foi utilizado para realizar as análises exploratórias de dados, para os ajustes dos modelos de regressão clássicos de Poisson bivariado e multivariado e para o ajuste dos modelos de regressão de Poisson geograficamente ponderada (RPGP). Os resultados sugerem que a zona oeste, e, principalmente a zona norte possuem alta favorabilidade à ocorrência de leptospirose. Os bairros Caju, Manguinhos e Guaratiba formaram áreas de alto risco na zona norte e oeste do município do Rio de Janeiro. Também foi possível verificar que o modelo que melhor se ajustou aos dados trabalhados foi o RPGP, contemplando as variáveis coleta de lixo adequada e índice de desenvolvimento social, como variáveis associadas significativamente a ocorrência de casos de leptospirose na cidade do Rio de Janeiro. Tais resultados sinalizam a necessidade de políticas públicas e maiores investimentos sanitários nestes bairros, acompanhados de programas de conscientização ambiental que leve informação sobre doenças veiculadas pela água de enchentes e pelo lixo, bem como sobre formas de prevenção e controle da leptospirose às populações.

Palavras-chave: Leptospirose, áreas de risco, aglomerado, vigilância epidemiológica, estatística espacial.

ABSTRACT

Leptospirosis is a febrile bacterial disease caused by invasive spirochetes belonging to the genus *Leptospira*, being considered a zoonosis present in the rural and urban environment of Brazilian cities.

The municipality of Rio de Janeiro is considered endemic for leptospirosis, affecting both humans and some species of animals and is included in the list of neglected diseases. The objectives of this study were to investigate possible areas of risk for the occurrence of leptospirosis in the city of Rio de Janeiro using data from laboratory confirmed human cases obtained through SINAN-RIO during the period from 2007 to 2017 using classical poisson regression models and regression models of geographically weighted poisson to identify possible environmental and socioeconomic risk factors. Confirmed leptospirosis data were aggregated by neighborhoods in the city of Rio de Janeiro. The spatial pattern of incidence distribution was analyzed using maps generated in the QGIS software, while the estimation of rates corrected by the Bayesian Empirical estimator and detection of spatial autocorrelation by the Moran index were performed using the GEODA software. The statistical package R was used to perform exploratory data analysis and adjustments to the classical bivariate and multivariate Poisson regression models and the adjustment of the geographically weighted Poisson regression models (GWR).

The results suggest that the west zone, and especially the north zone, have high favorability for the occurrence of leptospirosis. The Caju, Manguinhos and Guaratiba neighborhoods formed high-risk areas in the north and west of the municipality of Rio de Janeiro. In this work it was also possible to verify that the model that best fit the data worked was the GWR, considering the variables adequate garbage collection and social development index as variables significantly associated with the occurrence of leptospirosis cases in the city of Rio de Janeiro. Such results signal the need for greater governmental actions for health investments in these neighborhoods, accompanied by environmental awareness programs that bring information about diseases transmitted by flood water and garbage, as well as on ways to prevent and control leptospirosis in the population.

Keywords: Leptospirosis, risk areas, cluster, epidemiological surveillance, spatial statistic.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o principal reservatório da leptospirose é constituído pelos roedores sinantrópicos, considerados pragas urbanas, das espécies *Rattus norvegicus* (ratazana ou rato de esgoto), *Rattus rattus* (rato de telhado ou rato preto) e *Mus musculus* (camundongo ou catita). *R. norvegicus* é frequentemente associado ao peridomicílio de residências que provêm alimento, como lixo exposto e refúgio, sendo o principal portador de *L. icterohaemorrhagiae*, uma das mais patogênicas para o homem (COSTA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2013; BRASIL, 2019). Outros reservatórios de importância são caninos, bovinos, suínos, equinos, ovinos e caprinos (VASCONCELOS et al., 2012).

A principal forma de transmissão ao homem se dá por contato com água, solo e alimentos contaminados pela urina dos reservatórios. Os roedores ao se infectarem, não desenvolvem a doença e tornam-se portadores, albergando a *leptospira* nos rins e eliminando-a viva no meio ambiente. Já os seres humanos são hospedeiros acidentais e terminais dentro da cadeia de transmissão (BRASIL, 2019).

Os primeiros registros de casos humanos e da ocorrência de *L. icterohaemorrhagiae* em roedores no Brasil datam de 1917 (ARAGÃO, 1917), sendo hoje considerada endêmica, podendo apresentar-se na forma de surto ou epidemia. Somente no período de 2004 a 2008 foram confirmados 17.416 casos de leptospirose no Brasil, onde 10.617 dos casos ocorreram em área urbana e destes 3.810 ocorreram em situações domiciliares. Estes dados assemelham-se com o encontrado por Soares et al (2010) onde evidenciaram que no município de São Paulo quase metade dos casos humanos se infectaram no domicílio. Nos últimos dez anos, vêm-se confirmando uma média anual de mais de 3.600 casos, no país, em sua maioria nas regiões sudeste e sul (BRASIL, 2019).

No município do Rio de Janeiro de 1996 a 2019 foram 3.468 casos confirmados de leptospirose com 302 óbitos. Tais dados refletem o seu poder de impacto na saúde pública e justificam a sua classificação como doença de notificação compulsória (SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE, 2019). Estudos revelam que a intensificação de sua transmissão se dá em situações de chuvas fortes e inundações (TASSINARI et al., 2008; GUIMARÃES et al., 2014; SOUZA; TASSINARI, 2019), tendo sido identificada como uma doença infecciosa emergente ou re-emergente de importância global (COURA, 2005).

A aplicação de métodos estatísticos espaciais e técnicas de geoprocessamento no campo da saúde pública, é um dos pilares dos estudos ecológicos e vem se elevando ao longo dos anos para identificação de áreas onde é maior o risco de ocorrência do agravo (CARVALHO; SOUZA-SANTOS, 2005).

Diante disso, muitos pesquisadores vêm se interessando cada vez mais pela utilização das mais variadas técnicas de modelagem espacial para a investigação de possíveis surtos de leptospirose urbana (SOARES et al., 2010; MAGALHÃES; MEDRONHO, 2017; MAGALHÃES; ACOSTA, 2019; PRADO; VIEIRA, 2019; SOUZA et al., 2020). Tais técnicas podem ser utilizadas quando se deseja estudar a relação entre um desfecho e um conjunto de potenciais fatores de risco sendo o objetivo a determinação de um modelo matemático que descreva essa relação. Porém os fenômenos socioeconômicos são propensos a não ser constantes entre as regiões e por isso, segundo Fotheringham et al (2002) não podem ser bem representados por parâmetros estimados globalmente.

O aprimoramento do mapeamento de taxas pode ser feito pela incorporação de análises empíricas como a estatística bayesiana que possibilita a minimização da variabilidade entre taxas obtidas, obtendo-se uma estimativa local mais apurada. Carvalho et al. (2012) por meio da estatística bayesiana e espacial realizaram o mapeamento de homicídios nos municípios brasileiros e por meio de seus resultados foi possível identificar distorções das taxas divulgadas usualmente no país. Já Chaiblich et al. (2017) analisaram a espacialidade da leptospirose no

município do Rio de Janeiro por meio de modelagens, estimador bayesiano empírico local e densidade de Kernel, subsidiando a análise das áreas de maior risco da doença, o que nos mostra que a estatística bayesiana pode ser aplicada em diversas áreas.

Metodologias mais recentes de análise espacial, tais como Regressão Ponderada Geograficamente (RPG), podem ser mais sensíveis pois apresentam a capacidade de reconhecer que é possível existir variações espaciais nas relações, que se refletem em diferentes coeficientes, um para cada região, usando sub amostras dos dados, ponderadas pela distância (FOTHERINGHAM et al., 2000; ALMEIDA, 2012). Como exemplo, Widayani et al. (2016) utilizando as técnicas de RPG estabeleceram por meio do menor valor do critério de informação de Akaike (AIC) o melhor modelo explicativo da incidência de leptospirose em um distrito da Indonésia, culminando no mapeamento de áreas de vulnerabilidade para leptospirose.

Os objetivos deste capítulo foram utilizar técnicas de análise exploratória, clássicas e espaciais, para analisar a distribuição da incidência da leptospirose e técnicas de análise e modelagem espacial na detecção de aglomerados no período de 2007 a 2017, no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil, identificando pontualmente os bairros do município com possíveis riscos à ocorrência da doença.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A cidade do Rio de Janeiro, capital do estado do Rio de Janeiro, está situada a 22°54'23" de latitude sul e 43°10'21" de longitude oeste. Segundo dados do IBGE a cidade conta com uma população estimada de 6.688,927 milhões de habitantes, sendo que seu território total é de 1.197,463 km². Concentra 39% da população do estado do Rio de Janeiro, estando 81% dos domicílios cobertos por coleta e tratamento de esgoto (DATARIO, 2019).

O clima é do tipo tropical, quente e úmido, com variações locais, devido às diferenças de altitude, vegetação e proximidade do oceano. No verão ocorrem chuvas intensas que geram impactos negativos sobre a cidade. Esses impactos se revelam com o aparecimento de pontos de inundações pela cidade, estando este fenômeno intimamente relacionado com o crescimento urbano acelerado e desordenado (COSTA, et al., 2018).

2.2 Origem dos dados

O estudo foi do tipo ecológico com obtenção de dados secundários de casos confirmados de leptospirose humana durante o período de 2007 a 2017 coletados a partir do Sistema de Informação Nacional de Agravos de Notificação (SINAN-RIO) e seu uso foi devidamente submetido à aprovação por comitê de ética da UFRRJ SIPAC- 23083.020577/2017-17.

A agregação dos casos anuais por bairros, unidade de análise do estudo, bem como o cálculo das incidências acumulada e anual (2007 a 2017) multiplicadas por 100.000 habitantes, se deu pela utilização do programa estatístico de domínio público R (R CORE TEAM, 2019).

Foram obtidos a partir do IBGE indicadores socioeconômicos e demográficos que podem contribuir para explicar a incidência nos bairros, como o número de morador por domicílio (MD), coleta de lixo adequada (CL), esgoto adequado (EA), a taxa de alfabetização (TA), Índice de Desenvolvimento Social (IDS), morador sem renda (SemR) e ausência de esgoto (SemE).

2.3 Metodologia estatística

A análise exploratória se deu pela confecção de mapas temáticos ou também chamados coropléticos da distribuição das incidências brutas e corrigidas por meio do QGIS (QGIS Development Team, 2016), tendo como base o shapefile (shp.) de bairros do município do Rio de Janeiro.

Neste trabalho, foi adotado como indicador de autocorrelação espacial o Índice de Moran local (LISA CLUSTER MAP), a fim de averiguar se há correlação entre as incidências

vizinhas, gerando representações cartográficas de cluster e de significâncias. Para estimar a variabilidade espacial na análise dos dados, ou seja, a verificação de autocorrelação e análise espacial, ambos realizados no GEODA versão 1.12 (ANSELIM, 2006), foi necessário construir manualmente uma Matriz de Proximidade Espacial (Matriz de Vizinhaça) devido à inexistência de vizinhaça em comum para os bairros Paquetá, Ilha do Governador e Cidade Universitária.

Fez-se necessário a aplicação do estimador Bayesiana empírico local, adotado como forma de corrigir/suavizar a flutuação aleatória da incidência, gerada ou por falta de notificação ou por casos raros em populações pequenas dos bairros. As taxas Bayesianas empíricas local foram calculadas com correção da taxa multiplicadora igual a 100.000, levando em consideração a população em risco e o número de casos para cada ano analisado, por bairro. A aplicação desta técnica tende a tornar os resultados espaciais mais estáveis, permitindo a localização dos bairros do município do Rio de Janeiro que tiveram suas taxas de incidência subestimadas, subsidiando a análise das áreas de maior risco da doença.

Para a estratégia de modelagem foram realizadas as análises bivariada e multivariada através de modelos clássicos de Poisson e modelos de Regressão de Poisson Geograficamente Ponderada (RPGP) visto que a variável dependente, representada pelo número de casos de leptospirose, é de contagem, e consideramos que a distribuição de Poisson tem a variância igual à sua média. Em ambos os casos foi adotado como *offset* a população residente de cada bairro no ano de 2010.

Os Modelos clássicos de Poisson e modelos RPGP foram ajustados e comparados por meio do Critério de Informação de Akaike – AIC, sendo que o melhor modelo deverá fornecer um menor AIC (ALMEIDA, 2012). Estes modelos foram ajustados com o intuito de examinar as características socioeconômicas dos bairros que possam ser determinantes de novos casos de leptospirose, e no caso específico dos modelos RPGP, explorando padrões locais de associação. As análises de modelagem foram realizadas utilizando o pacote estatístico R (R CORE TEAM, 2019).

3 RESULTADOS

A avaliação da distribuição empírica dos dados de incidência anual, representada por Boxplot (Figura 1), apontou para uma variabilidade dos dados quase nula entre os anos estando os valores de incidência compreendidos entre 0,7 e 1,09 por 100.000 habitantes. As figuras 2, 3 e 4 retratam a distribuição espacial anual ao longo do período de estudo da incidência bruta de leptospirose no município do Rio de Janeiro. Os produtos cartográficos permitiram verificar um padrão espacial em relação a bairros com nula, moderada e alta incidência, onde Pedra de Guaratiba, Jacaré, Alto da Boa Vista e Bonsucesso foram os bairros que na maioria dos anos apresentaram incidência muito alta (>10 casos por 100.000 hab.).

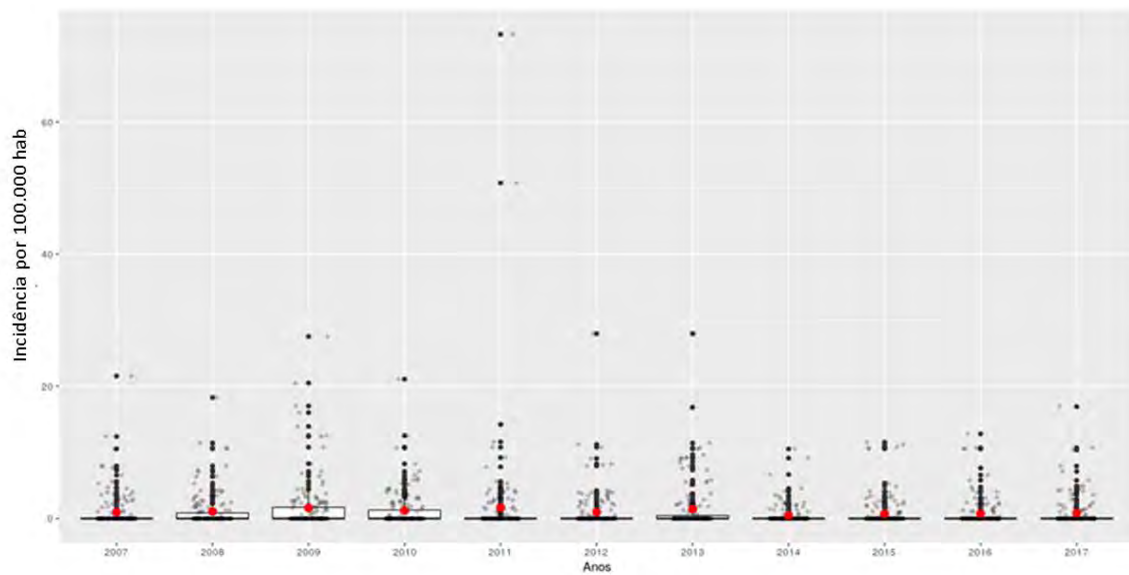
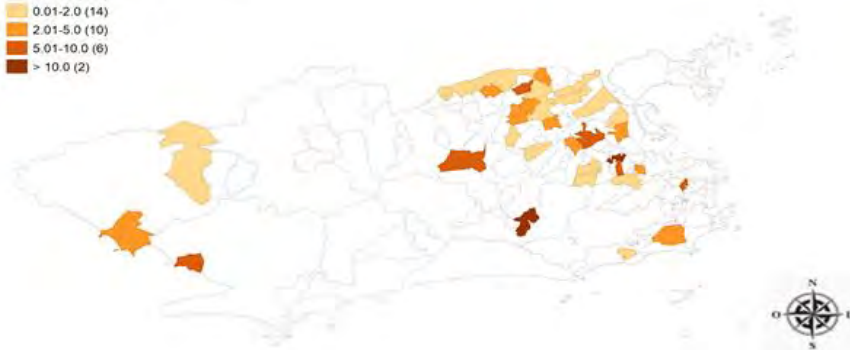
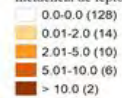
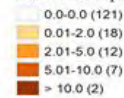


Figura 1: Gráficos box plot para a incidência de leptospirose por 100.000 habitantes nos bairros do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007-2017.

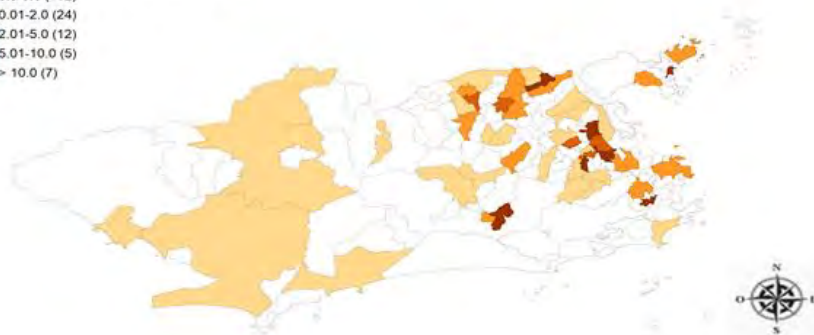
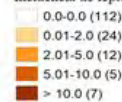
Incidência de leptospirose 2007 (100.000 hab)



Incidência de leptospirose 2008 (100.000 hab)



Incidência de leptospirose 2009 (100.000 hab)



Incidência de leptospirose 2010 (100.000 hab)

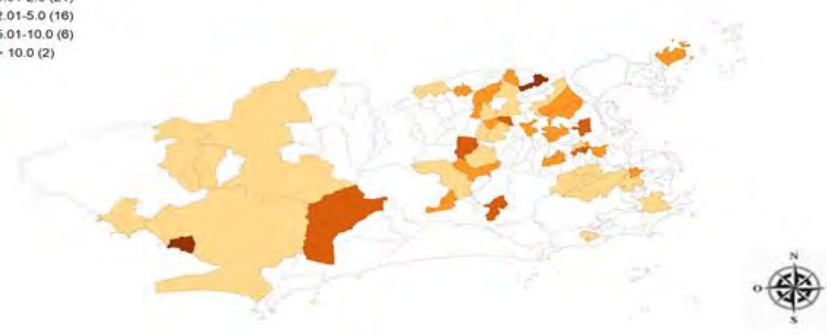
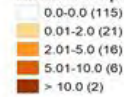


Figura 2: Distribuição das incidências acumuladas anuais de leptospirose no período de 2007 a 2010 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

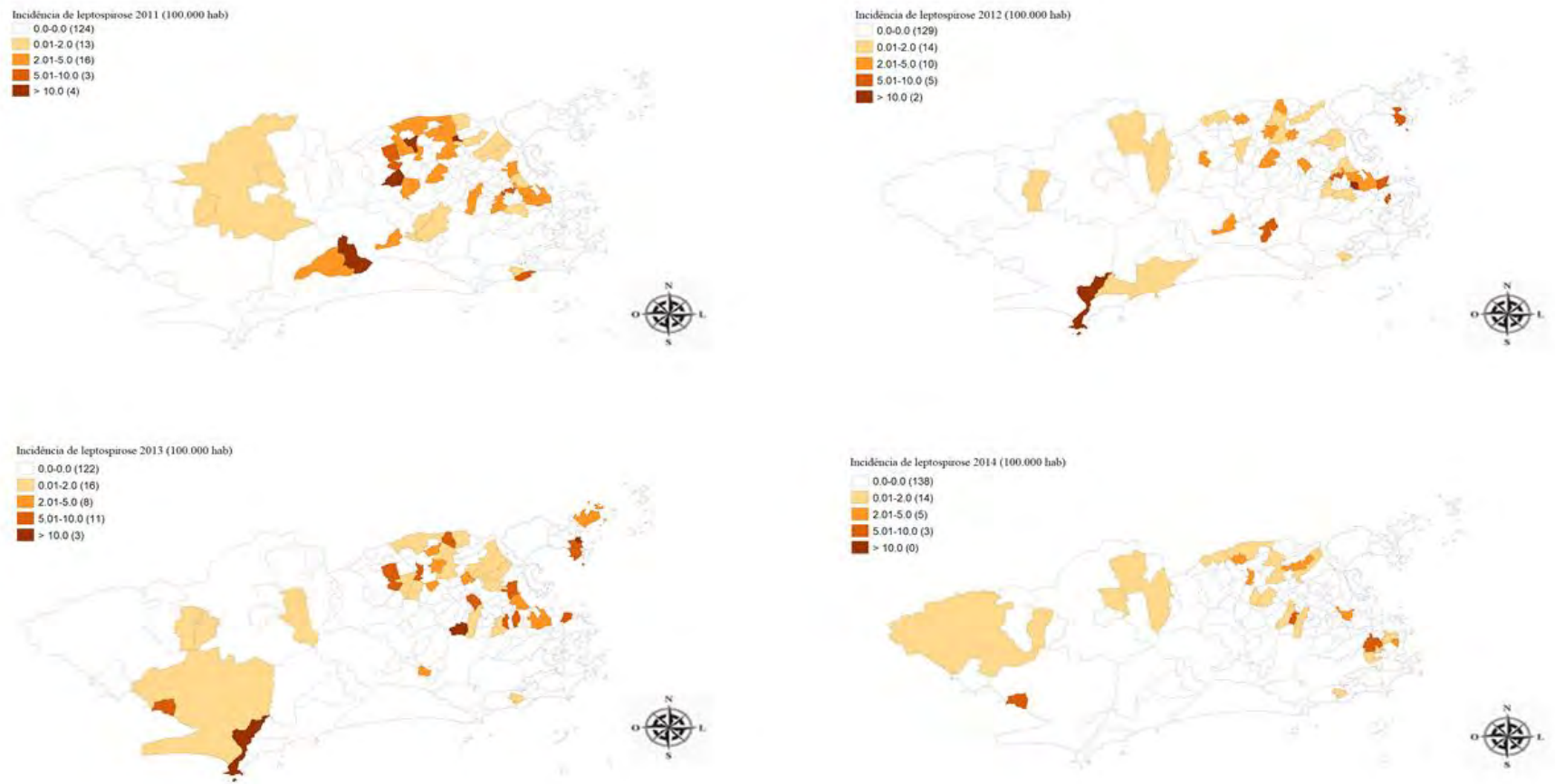
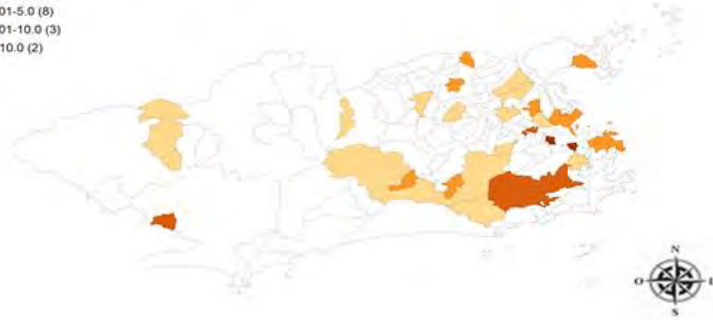


Figura 3: Distribuição das incidências acumuladas anuais de leptospirose no período de 2011 a 2014 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

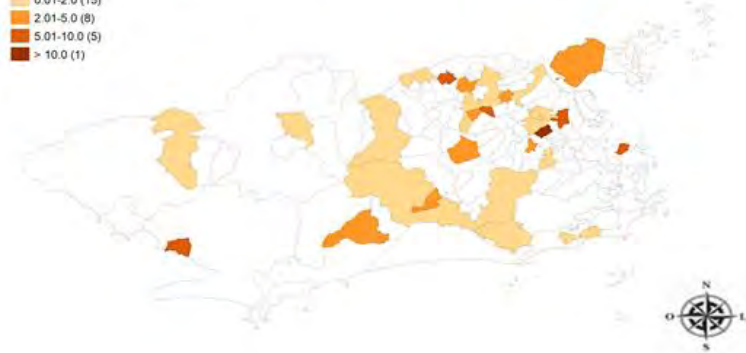
Incidência de leptospirose 2015 (100.000 hab)

0,0-0,0	(135)
0,01-2,0	(12)
2,01-5,0	(8)
5,01-10,0	(3)
> 10,0	(2)



Incidência de leptospirose 2016 (100.000 hab)

0,0-0,0	(131)
0,01-2,0	(15)
2,01-5,0	(8)
5,01-10,0	(5)
> 10,0	(1)



Incidência de leptospirose 2017 (100.000 hab)

0,0-0,0	(128)
0,01-2,0	(15)
2,01-5,0	(12)
5,01-10,0	(4)
> 10,0	(1)

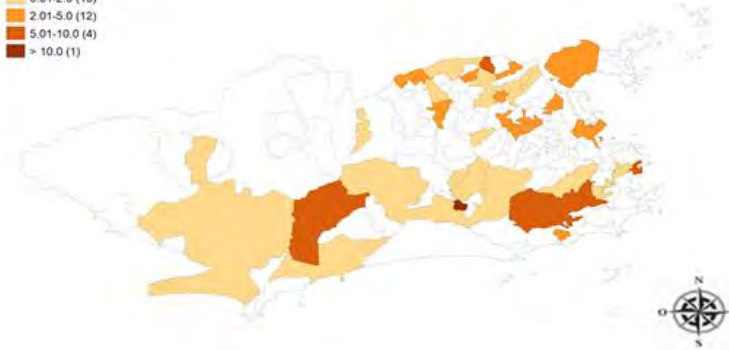


Figura 4: Distribuição das incidências acumuladas anuais de leptospirose no período de 2015 a 2017 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Em relação à detecção de clusters anuais sobre as incidências brutas por meio do LISA Map (Figuras 5, 6 e 7), observamos que os clusters anuais de risco se encontraram, principalmente, nas zonas norte e oeste do município. Não detectamos clusters de baixo risco em nenhum dos anos analisados, assim como nos anos 2015 e 2017 não houve clusters de alto risco. O bairro de Manguinhos teve parte na formação das áreas de clusters em mais de um dos anos, 2009 e 2012 (Tabela 1), e apesar de Bonsucesso ter tido valores de incidências muito altas durante o período do estudo e ser vizinho de Manguinhos, ainda assim não foi apontado como área de cluster nesta fase do estudo.

Tabela 1: Descrição territorial dos clusters anuais obtidos pelo indicador Moran local, no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Ano	Área de risco (possíveis clusters)	Extensão territorial (km ²)	Região
2007	Riachuelo	0,928	Zona norte
2008	Catumbi	0,539	Zona central
2009	Jacaré, Manguinhos e Engenho Novo	6,104	Zona norte
2010	Penha Circular	4,623	Zona oeste e norte
2011	Vila Valqueire e Vargem Pequena	18,670	Zona norte
2012	Benfica e Manguinhos	4,354	Zona norte
2013	Cacuaia, Pitangueiras, Marechal Hermes e Pedra de Guaratiba	10,195	Zona norte e oeste
2014	Santa Cruz e Santa teresa	130,201	Zona norte e oeste
2015			
2016	Inhaúma e Complexo do Alemão	6,446	Zone norte
2017			

Manguinhos é um bairro da zona norte do município do Rio de Janeiro que tem como vizinhos os bairros Bonsucesso, Higienópolis, Jacarezinho, Jacaré, Benfica, Caju e Maré, e abriga um grande número de favelas. Os moradores da região sofrem há anos com inundações e enchentes devido à falta de drenagem e de saneamento, além de intenso aterramento por lixo e material de grandes obras de urbanização.

Guaratiba é um bairro da zona oeste da cidade do Rio de Janeiro com grande extensão territorial que se estende até a Baía de Sepetiba. Apresenta uma vegetação marcada por grandes manguezais e sua urbanização ocorreu, e ainda ocorre, de forma desordenada favorecendo o aparecimento de áreas de favelas. Essas características associadas à falta de infraestrutura sanitária adequada fazem deste bairro um foco para grandes inundações e enchentes.

Embora os resultados apontem para uma distribuição acumulada de incidências muito altas ao longo da extensão territorial do município (Figura 6 A), a análise de cluster - LISA MAP, sobre o mapa de incidência bruta geral (Figura 6 B) aponta os bairros de Manguinhos e Sampaio, região noroeste do município, como pontos de alto risco, 'high-high', e os bairros Glória, Urca, Leme, Copacabana, Leblon, Lagoa, Jardim Botânico, Tomás Coelho, Moneró e Portuguesa, localizados na região central, como de baixo risco, 'low-low'. Ambos os grupos, alto e baixo risco, obtiveram correlação espacial significativa (IC 95%) com as incidências de seus vizinhos mais próximos (Figura 6 C).

Para o quantitativo de bairros em que o risco da doença é determinado pelo cálculo da taxa bruta e que não representa uma realidade local, buscou-se como resultado da eliminação dessas flutuações e dispersões a aplicação do estimador Bayesiano empírico local, com

estimativas suavizadas. Com isto foi possível gerar índices corrigidos e com menores instabilidades.

A aplicação anual do estimador Bayesiano empírico local, como técnica de modelagem estatística, sobre as incidências brutas gerou a estimação de taxas corrigidas (Figuras 9, 10 e 11). Obtivemos zero bairros com incidência nula com a aplicação desta técnica. A zona norte permaneceu em número expressivo de bairros com taxas moderadas e altas, comportando grupos populacionais com baixo padrão socioeconômico e sujeitos a inundações nos períodos de fortes chuvas. Enquanto as outras zonas tenderam a taxas baixas e moderadas em todos os anos do estudo.

Nas figuras 12, 13 e 14 foi possível notar o aumento do número de bairros que apresentaram autocorrelação espacial, formando extensas áreas de clusters de alto risco e clusters de baixo risco. Nota-se que em todos os anos a análise de risco revela a presença de áreas críticas ainda focalizadas nas zonas norte e oeste do município gerando certo padrão espacial em suas formações.

Áreas anteriormente classificadas como isentas de casos passaram a ser classificadas com graus de riscos acima de nulo e algumas áreas de alto risco foram classificadas como de moderado risco, tornando possível o contorno do viés de informação, situação tão comum no modelo de dados adotado para este estudo.

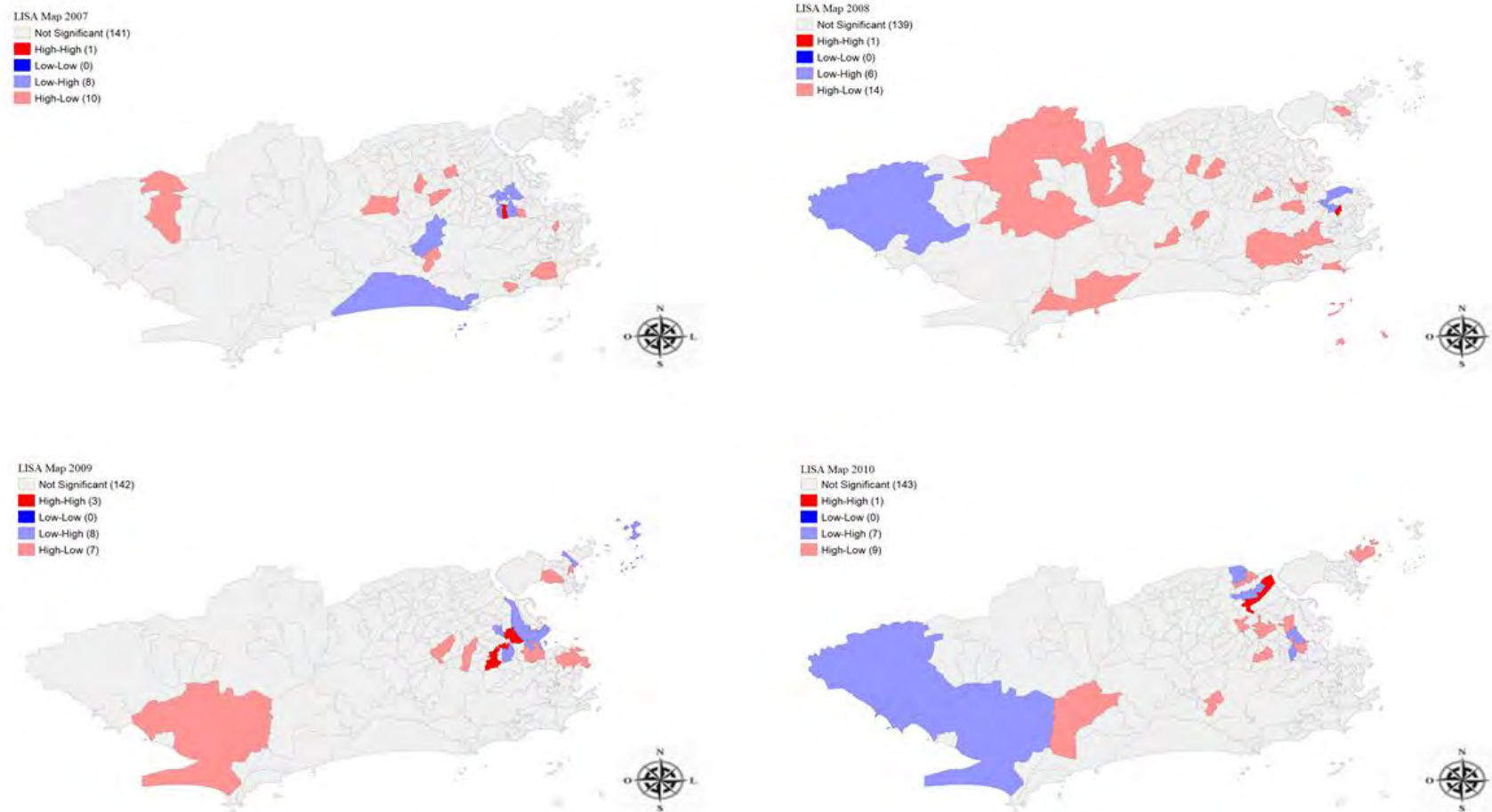


Figura 5: LISA Map para detecção de clusters por ano durante o período de 2007 a 2010 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

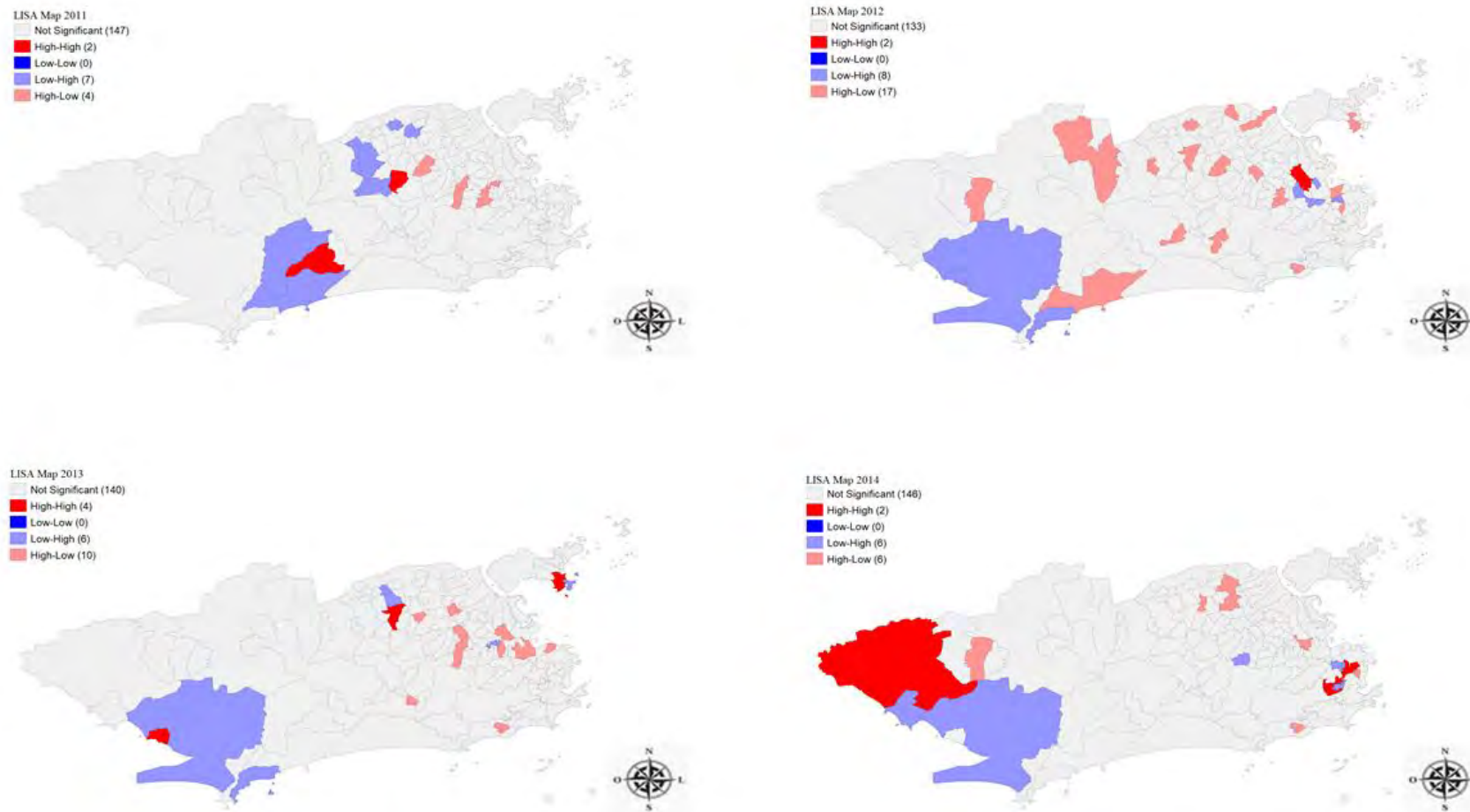


Figura 6: LISA Map para detecção de clusters por ano durante o período de 2011 a 2014 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

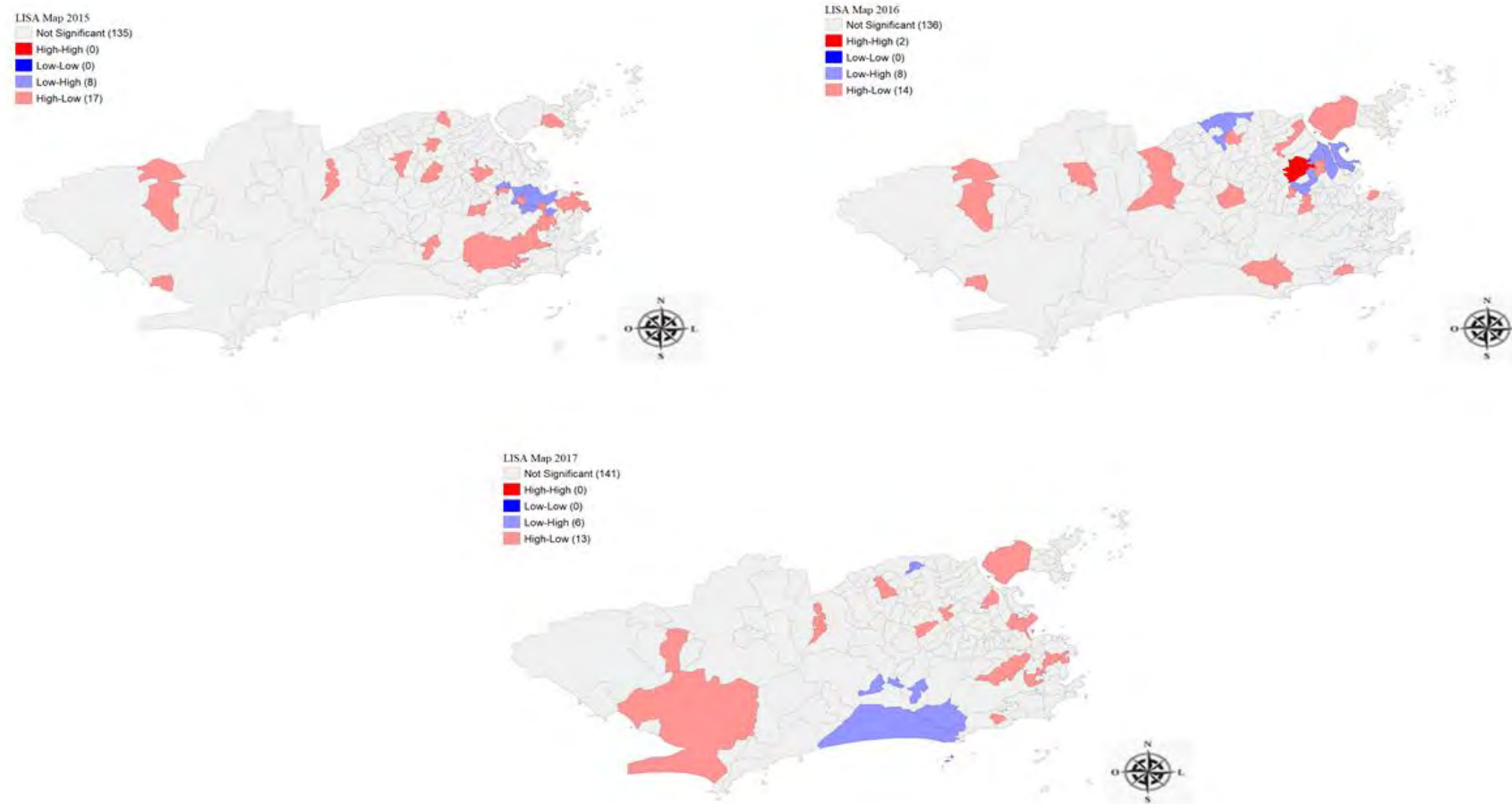


Figura 7: LISA Map para detecção de clusters por ano durante o período de 2015 a 2017 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

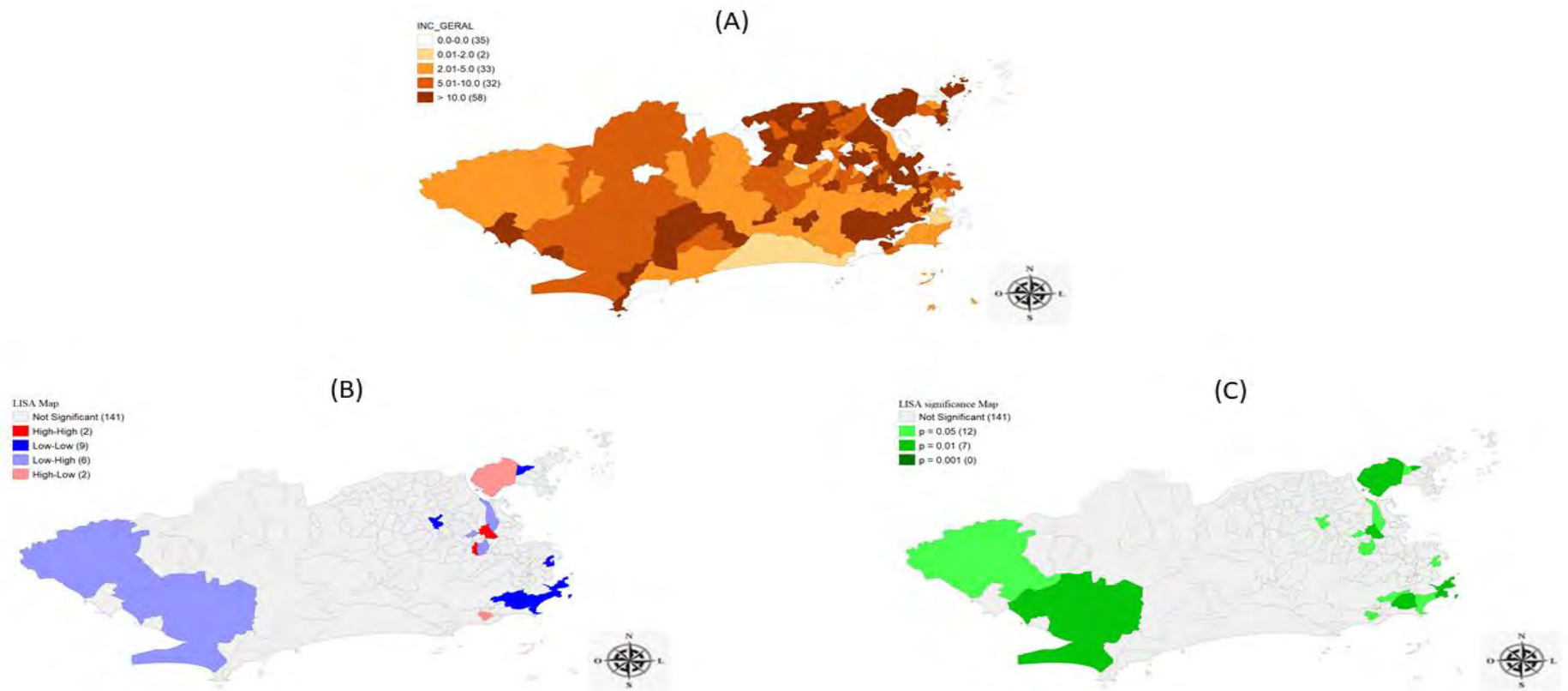


Figura 8: (A) Mapa da distribuição de incidência acumulada de leptospirose no período de 2007 a 2017; (B) Lisa map e (C) Análise de significância LISA Map, no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Após a inferência Bayesiana sobre as incidências acumuladas (Figura 15 B) 29 bairros apresentaram as mais baixas taxas bayesianas (2,01-5,0 casos por 100.000 hab.), 64 tiveram suas taxas compreendidas na faixa considerada moderada (5,0-10,0 casos por 100.000 hab.) e 67 tiveram taxas altas (>10,0 casos por 100.000 hab.).

Com a análise de LISA Map (Figura 15 A e B) sobre as taxas Bayesianas foi possível a identificação de um cluster de risco significativo maior para leptospirose, formado pelos bairros Caju, Manguinhos e Guaratiba na zona norte e oeste do município do Rio de Janeiro.

Os bairros Jacarezinho, Sampaio, Riachuelo e Guaratiba (Tabela 2) se mostram áreas regularmente apontadas como de alto risco de ocorrência para leptospirose durante o período do estudo. Em média os clusters anuais apresentaram 11 bairros na sua conformação, com exceção dos anos 2009, 2012 e 2015 que podem ser considerados “outliers” por serem compostos por 16, 22 e 18 bairros, respectivamente.

Não obstante, o município do Rio de Janeiro permaneceu sendo, de forma geral, considerado tanto em número de bairros como de extensão territorial, como um município de muito alta a alta incidência para leptospirose. Os padrões espaciais de distribuição tornaram-se mais precisos, menos heterogêneos e menos hiperendêmicos.

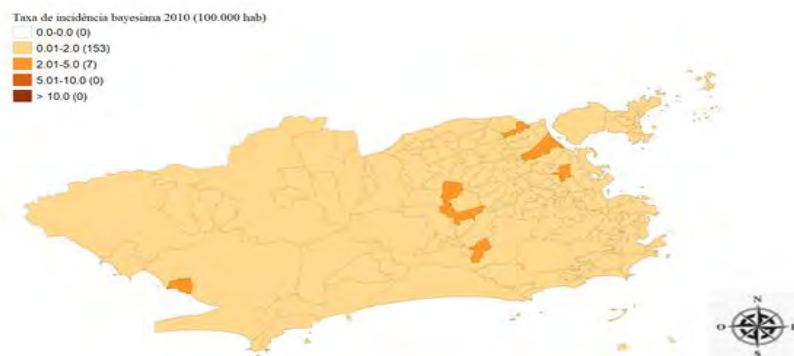
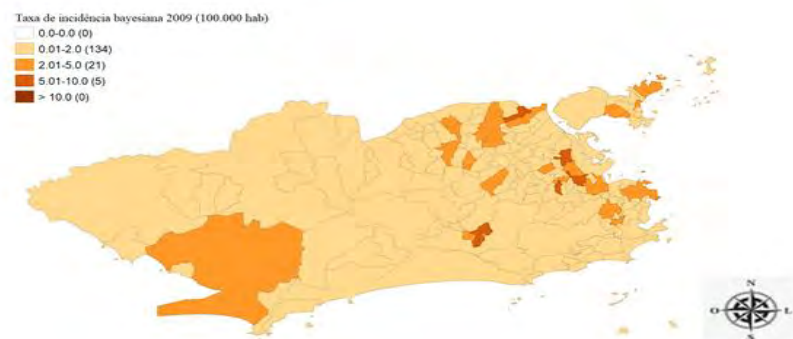
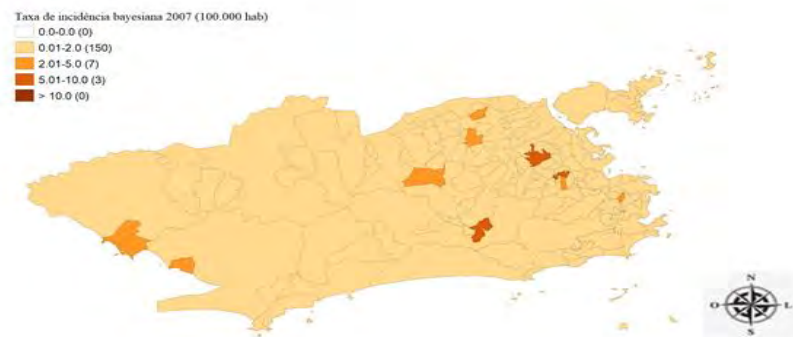


Figura 9: Distribuição espaço temporal das taxas Bayesianas locais de leptospirose no período de 2007 a 2010 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

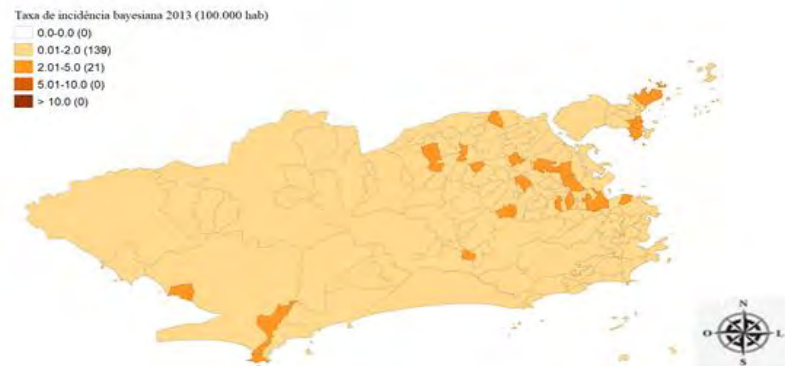
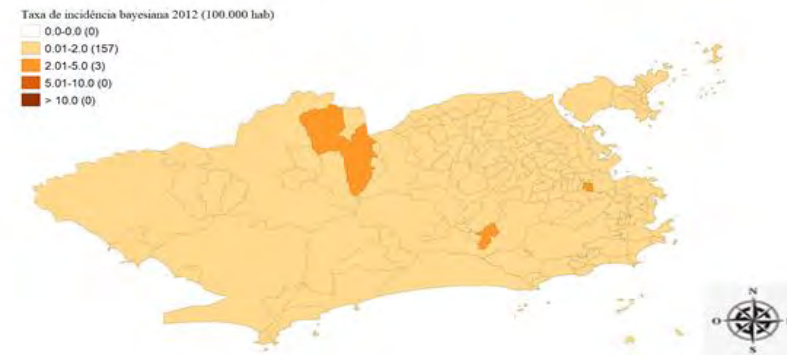
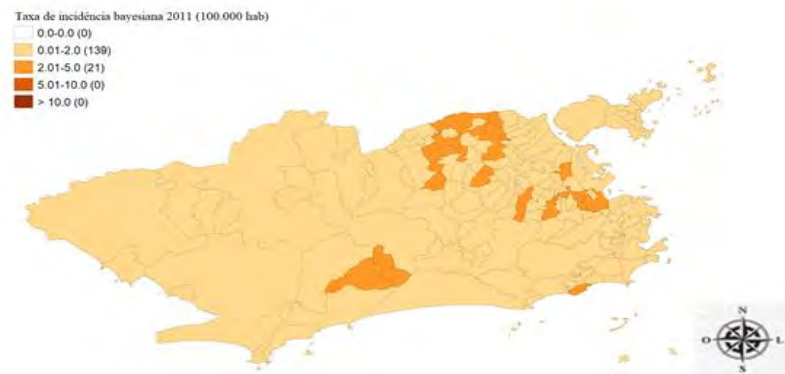


Figura 10: Distribuição espaço temporal das taxas Bayesianas locais de leptospirose no período de 2011 a 2014 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

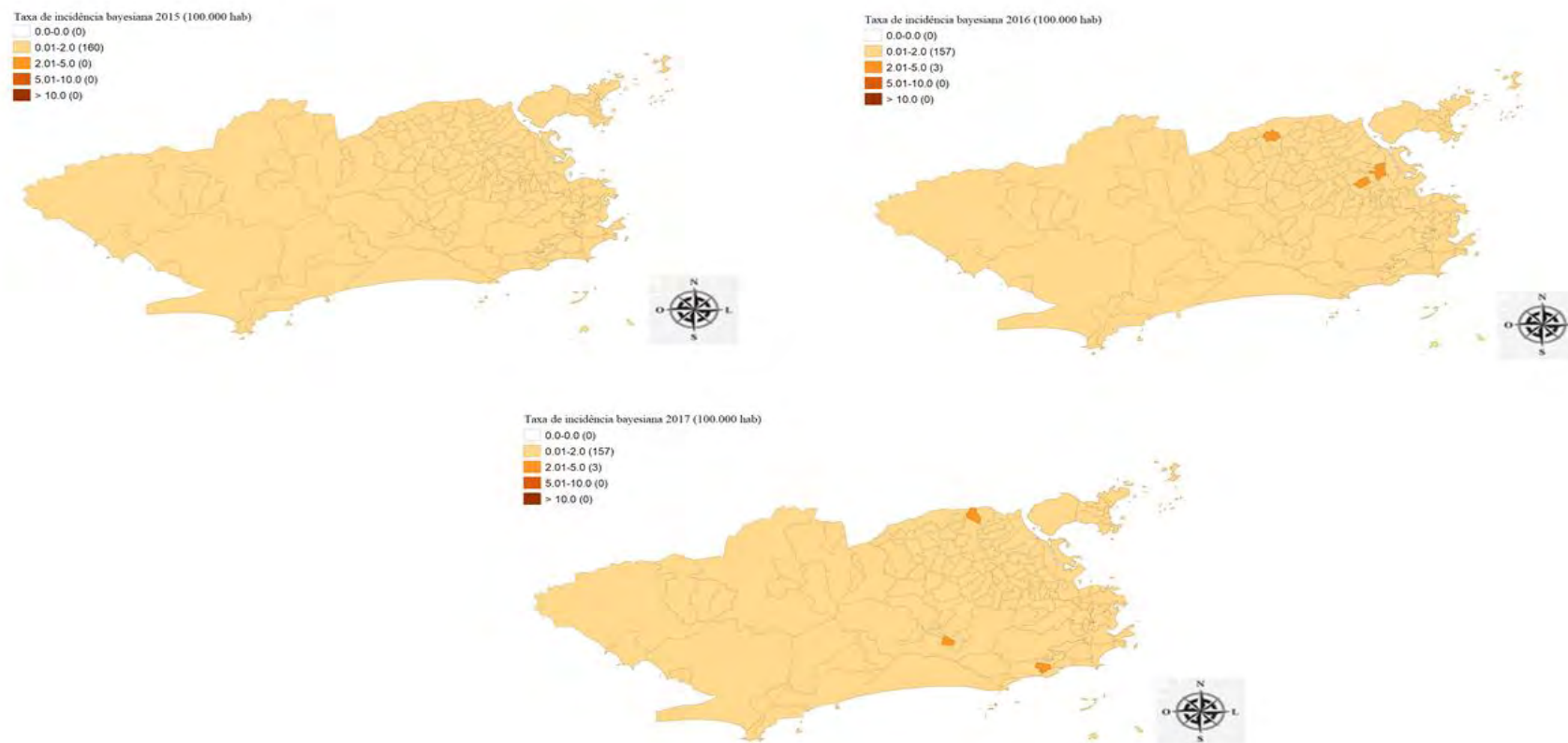


Figura 11: Distribuição espaço temporal das taxas Bayesianas locais de leptospirose no período de 2015 a 2017 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

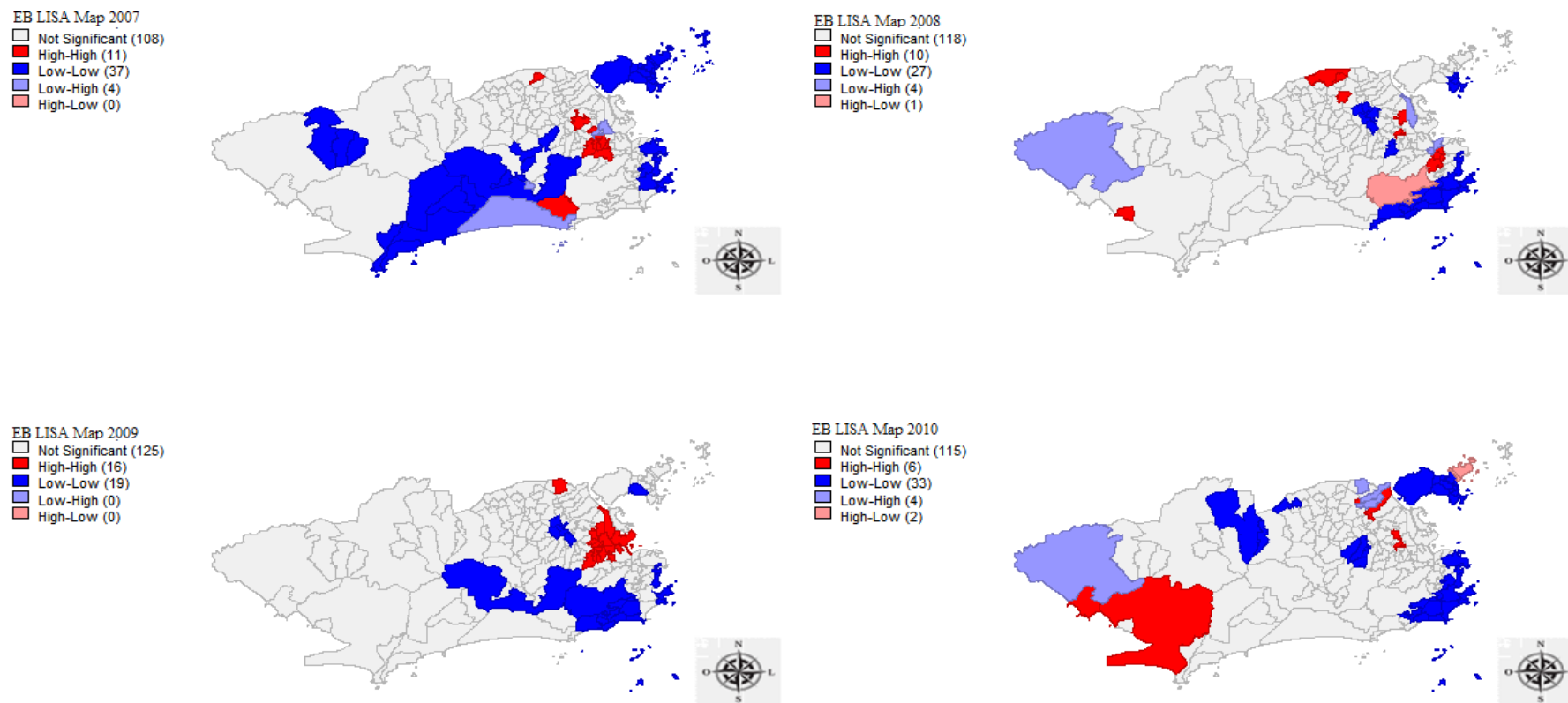


Figura 12: Lisa map para análise de detecção de clusters com base nas taxas Bayesianas por ano durante o período de 2007 a 2010 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

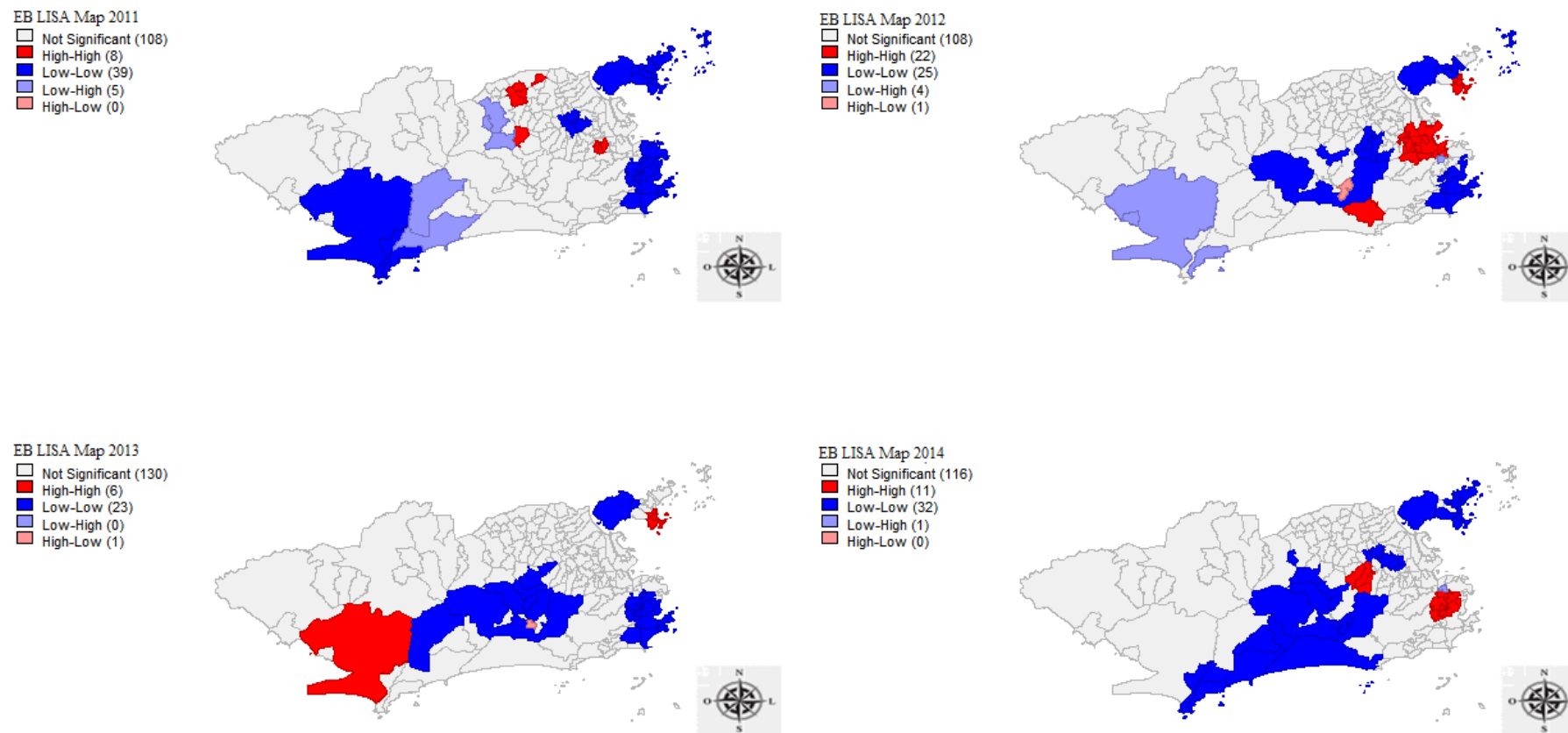


Figura 13: Lisa map para análise de detecção de clusters com base nas taxas Bayesianas por ano durante o período de 2011 a 2014 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

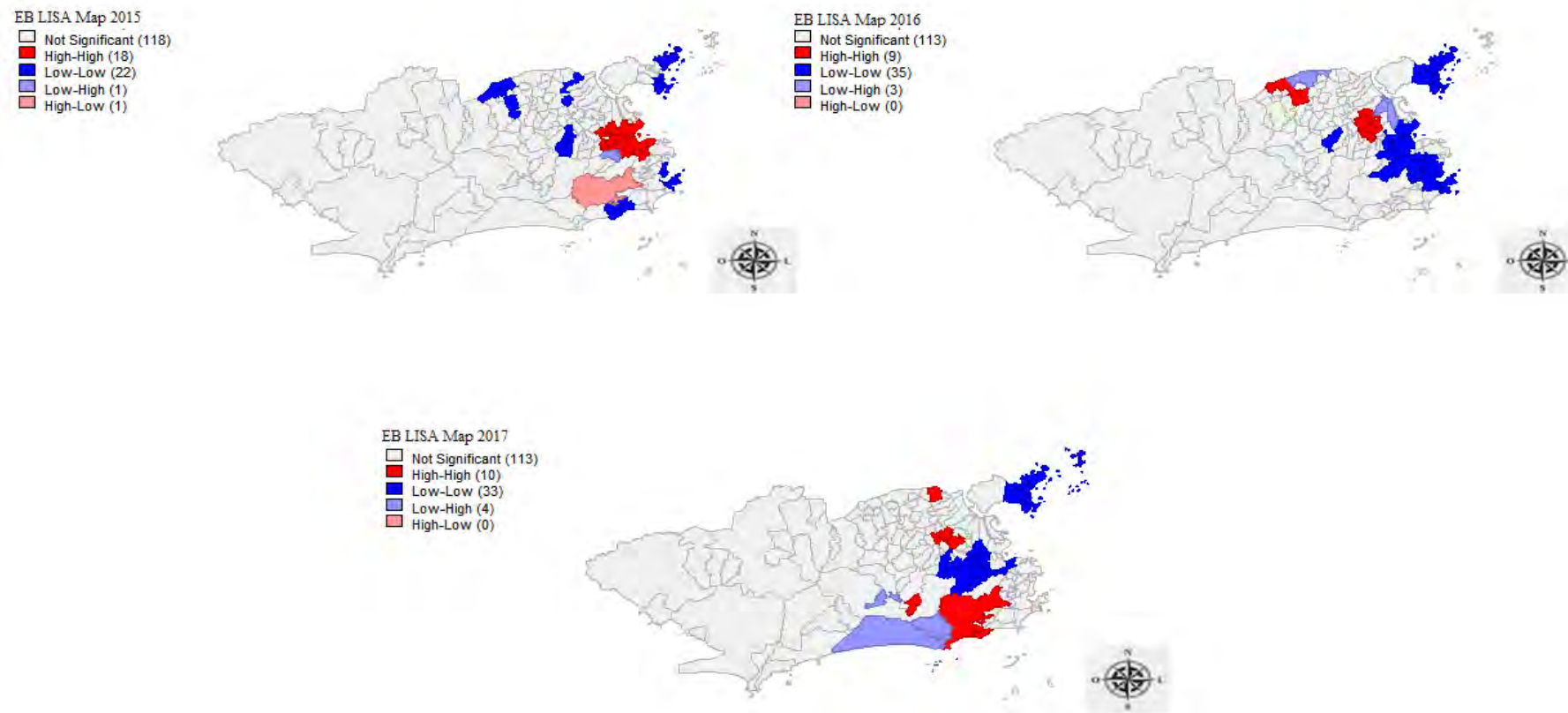


Figura 14: Lisa map para análise de detecção de clusters com base nas taxas Bayesianas por ano durante o período de 2015 a 2017 no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

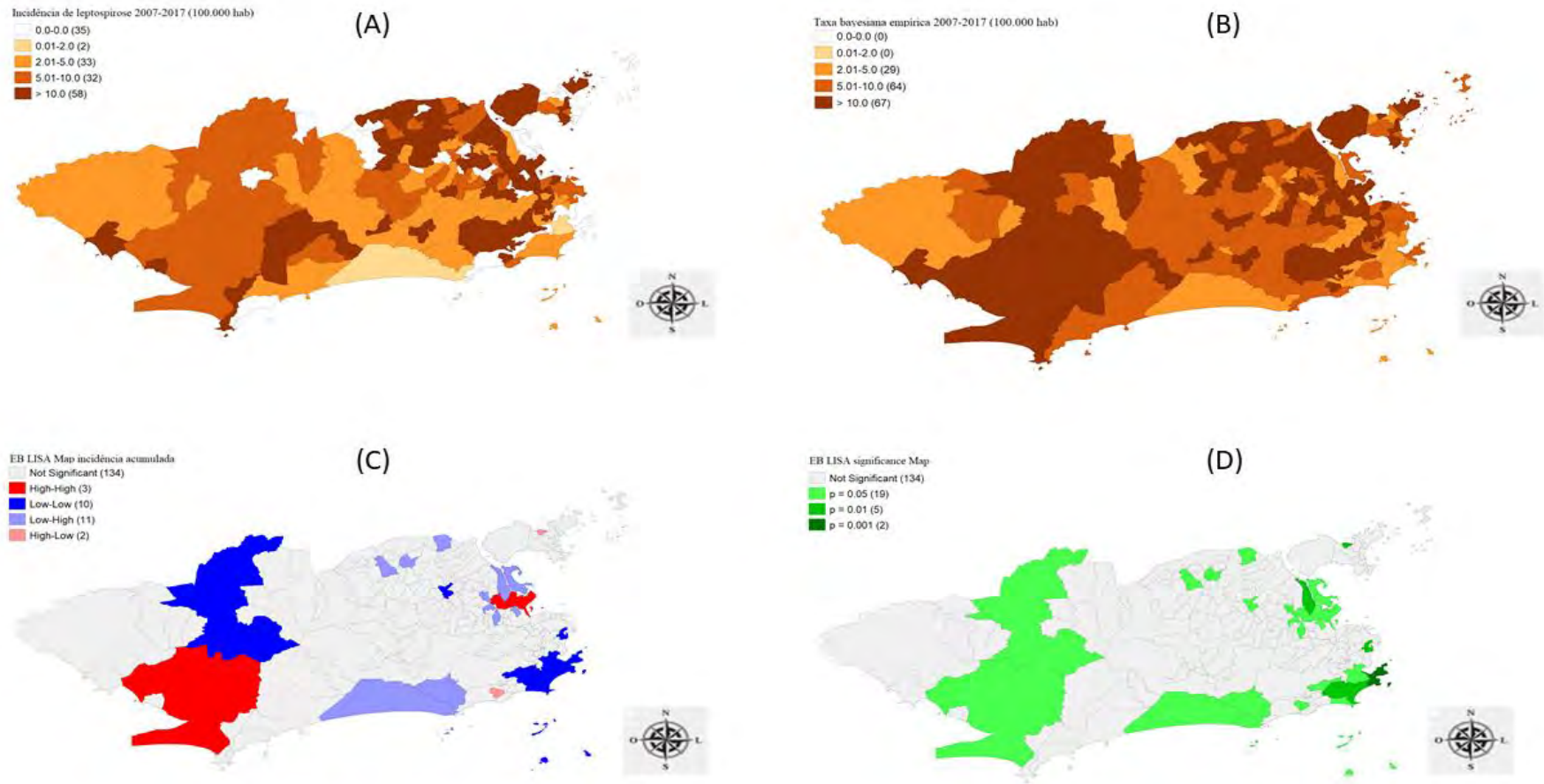


Figura 15: (A) Mapa de incidência bruta; (B) Mapa de incidência Bayesiana local de leptospirose por 100.000 habitantes; (C) Mapa de clusterização - Lisa map; (D) Análise de significância LISA Map no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Tabela 2: Descrição territorial dos clusters anuais obtidos pelo indicador Moran local sobre taxas Bayesianas no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Ano	Área de risco (possíveis clusters)	Extensão territorial (km ²)	Região
2007	Parque Columbia, Maria da Graça, Inhaúma, Jacaré, Jacarezinho, Itanhangá, Engenho Novo, Vila Isabel, Rocha, Riachuelo e Sampaio.	29,792	Zona norte
2008	Pedra de Guaratiba, Catumbi, Rio Comprido, Cidade Nova, Estácio, Bonsucesso, Colégio, Pavuna, Jacarezinho e Parque Colúmbia.	24,662	Zona norte e oeste
2009	Caju, Mangureira, Benfica, Manguinhos, Bonsucesso, Vigário Geral, Higienópolis, Jacaré, Jacarezinho, Maria da Graça, Rocha, Riachuelo, Sampaio, Engenho Novo, Maré e Vasco da Gama.	30,888	Zona norte
2010	Penha Circular, Sepetiba, Guaratiba, Higienópolis, Vista Alegre e Jacarezinho.	158,36	Zona oeste e norte
2011	Vila Valqueire, Rocha, Riachuelo, Sampaio, Guadalupe, Barros Filho, Costa Barros e Parque Colúmbia.	16,229	Zona norte
2012	Santo Cristo, Caju, Cidade Nova, São Cristóvão, Mangureira, Benfica, Praça da Bandeira, Maracanã, Vila Isabel, Manguinhos, Jacaré, São Francisco Xavier, Rocha, Riachuelo, Ribeira, Zumbi, Cacua, Pitangueiras, Praia da Bandeira, Itanhangá, Jacarezinho e Vasco da Gama.	45,77	Zona norte e oeste
2013	Ribeira, Zumbi, Cacua, Pitangueiras, Praia da Bandeira e Guaratiba	143,574	Zona norte e oeste
2014	Catumbi, Rio Comprido, Estácio, Santa Teresa, Laranjeiras, Catete, Cosme Velho, Água Santa, Encantado, Piedade e Quintino Bocaiúva.	25,78	Zona norte e oeste
2015	Gamboa, Santo Cristo, Caju, Cidade Nova, Estácio, São Cristóvão, Mangureira, Benfica, Praça da Bandeira, Maracanã, Manguinhos, Maria da Graça, São Francisco Xavier, Rocha, Riachuelo, Sampaio, Jacarezinho e Vasco da Gama.	28,242	Zona norte
2016	Higienópolis, Maria da Graça, Del Castilho, Inhaúma, Cachambi, Guadalupe, Anchieta, Barros Filho e Complexo do Alemão.	22,005	Zone norte
2017	Vidigal, São Conrado, Alto da Boa Vista, Vigário Geral, Inhaúma, Engenho da Rainha, Tomás Coelho, Anil, Joá e Rocinha.	57,072	Zona norte

Os resultados da regressão clássica de Poisson estão exibidos na tabela 3, a qual iniciando com modelos bivariados obtivemos as variáveis com associações estatisticamente significativas (95% de confiança), sendo elas: Morador por Domicílio (MD), Coleta Lixo (CL), Esgoto Adequado (EA), Taxa de Alfabetização (TA), Índice de Desenvolvimento Social (IDS) e Morador Sem Renda (SemR). Estas por sua vez foram inseridas no modelo multivariado, que após a análise apontou a variável IDS (RR=0.010; IC= [[0,001; 0,096]) como significativamente associadas ao registro global de novos casos de leptospirose nos bairros se apresentaram como fator de proteção.

Tabela 3: Análise bivariada e multivariada para leptospirose no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil segundo modelo de regressão Poisson.

Variáveis	Bivariado		Multivariado	
	RR [IC 95%]	p-valor	RR [IC 95%]	p-valor
<i>MD</i>	3.696 [2,054; 6,652]	< 0,05	-	-
<i>CL</i>	0.879 [0,826; 0,937]	< 0,05	0.927 [0,860; 0,999]	0,067
<i>EA</i>	0.988 [0,978; 0,998]	< 0,05	-	-
<i>TA</i>	0.873 [0,786; 0,971]	< 0,05	-	-
<i>IDS</i>	0.004 [0,001; 0,043]	< 0,05	0.010 [0,001; 0,096]	< 0,05
<i>SemR</i>	1.033 [1,018; 1,048]	< 0,05	-	-
<i>SemE</i>	2.452 [1,032; 1,080]	0.671	-	-

* nível de significância 5%

Todas as variáveis independentes com coeficientes significativos nos modelos de regressão de Poisson global foram testadas quanto à multicolinearidade a partir da estatística fator de inflação de variância VIF, a qual foi utilizada também para verificar a validade dos resultados da regressão. Os valores de VIF observados para cada variável foram < 5 o que sugere ausência de restrições devido à multicolinearidade.

A partir dos respectivos modelos de Poisson globais foram ajustados modelos de RPGP. A tabela 4 exibe um resumo dos coeficientes estimados localmente por meio dos modelos bivariados RPGP. Os parâmetros locais são descritos pelo mínimo, quartil inferior, mediana, média, quartil superior e máximo dos coeficientes.

Tabela 4: Resumo dos riscos relativos (RR) dos modelos bivariados da Regressão de Poisson Geograficamente Ponderada (RPGP).

	Mínimo dos RR	Percentil 2,5 dos RR	Mediana dos RR	Média dos RR	Percentil 97,5 dos RR	Máximo dos RR
<i>MD</i>	1.779	2,145	5.402	5.032	5,865	5.893
<i>CL</i>	0.870	0.871	0.877	0.880	0,903	0.913
<i>EA</i>	0.979	0.979	0.982	0.984	0.992	0.994
<i>TA</i>	0.843	0.844	0.860	0.867	0.925	0.939
<i>IDS</i>	0.0006	0.0007	0.001	0.004	0.038	0.058
<i>SemR</i>	1.016	1.018	1.045	1.041	1.050	1.053
<i>SemE</i>	1.054	1.054	1.058	1.058	1.066	1.068

Com exceção da variável MD podemos observar algumas semelhanças entre as medianas das estimativas dos coeficientes no modelo bivariado RPGP (Tabela 4) e as estimativas globais de cada um dos respectivos modelos clássicos de Poisson (Tabela 3).

Baseando-se no menor AIC o melhor modelo é o RPGP contemplando as variáveis CL e IDS como variáveis explicativas (Tabela5).

Tabela 5: Resumo dos riscos relativos (RR) do modelo multivariado Regressão de Poisson Geograficamente Ponderada (RPGP).

	Mínimo dos RR	Percentil 2,5 dos RR	Mediana dos RR	Média dos RR	Percentil 97,5 dos RR	Máximo dos RR
<i>CL</i>	0.916	0.922	0.938	0.936	0.942	0.943
<i>IDS</i>	0.001	0.002	0.002	0.009	0.007	0.091

A figura 16 incorpora os mapas da divisão em quantis dos coeficientes exponenciados como sendo risco relativo (RR) para as duas variáveis consideradas no modelo multivariado RPGP. Visualmente, as estimativas dos valores dos parâmetros locais possuem clara variação espacial, sendo as áreas claras as que o fator dá mais proteção, ou seja, o fator CL confere maior proteção a zona oeste e o fator IDS a zona central e sul. O RR teve significância estatística em quase toda a extensão territorial do município, estando os bairros de Santa Cruz e Paciência isentos de significância estatística para seus coeficientes em ambas variáveis.

A fim de representar os AICs dos modelos locais elaborou-se um mapa com a distribuição em quantis dos mesmos (Figura 17). Levando-se em consideração que os bairros com menores AICs são os que tiveram os melhores ajustes de modelos, ou seja, os mais parcimoniosos, os bairros da zona oeste apresentaram os menores AICs. Portanto, os seus modelos explicam mais adequadamente o comportamento da variável resposta, incidência de leptospirose. A variação do valor de AIC dos modelos ajustados localmente obteve valor mínimo igual a 311,07 e valor máximo igual a 634,5, firmando assim o modelo RPGP como o melhor modelo em relação aos modelos clássicos de Poisson.

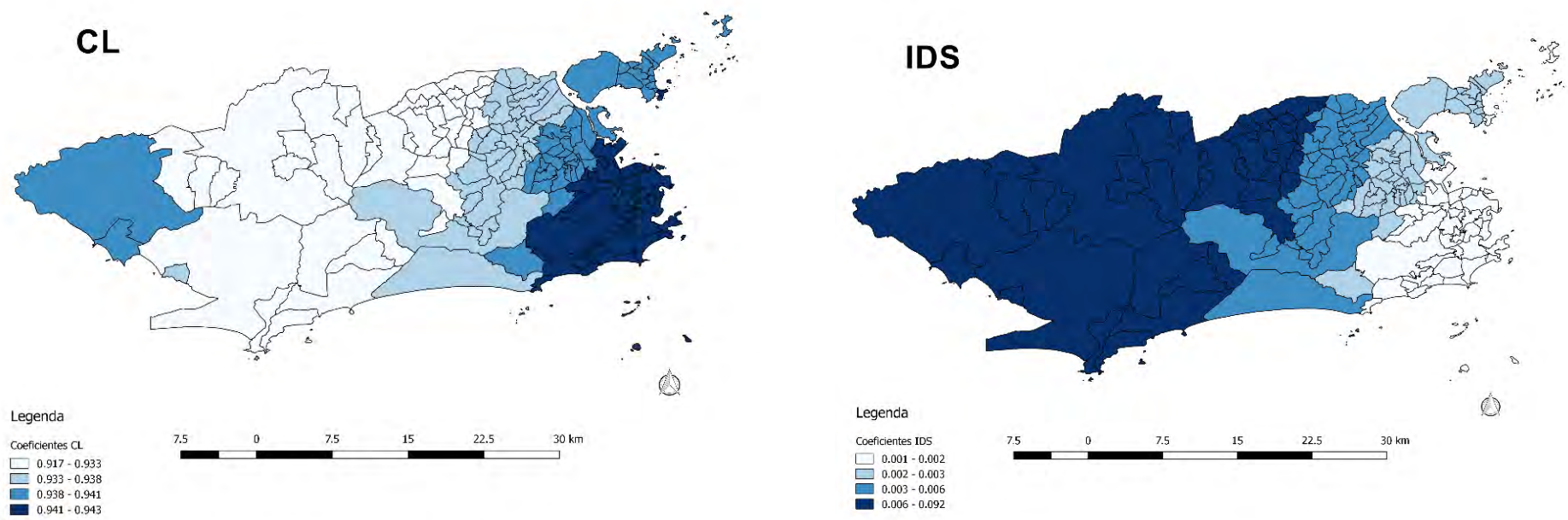


Figura 16: Mapa dos coeficientes estimados a partir do modelo multivariado RPGP para os bairros do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

AIC

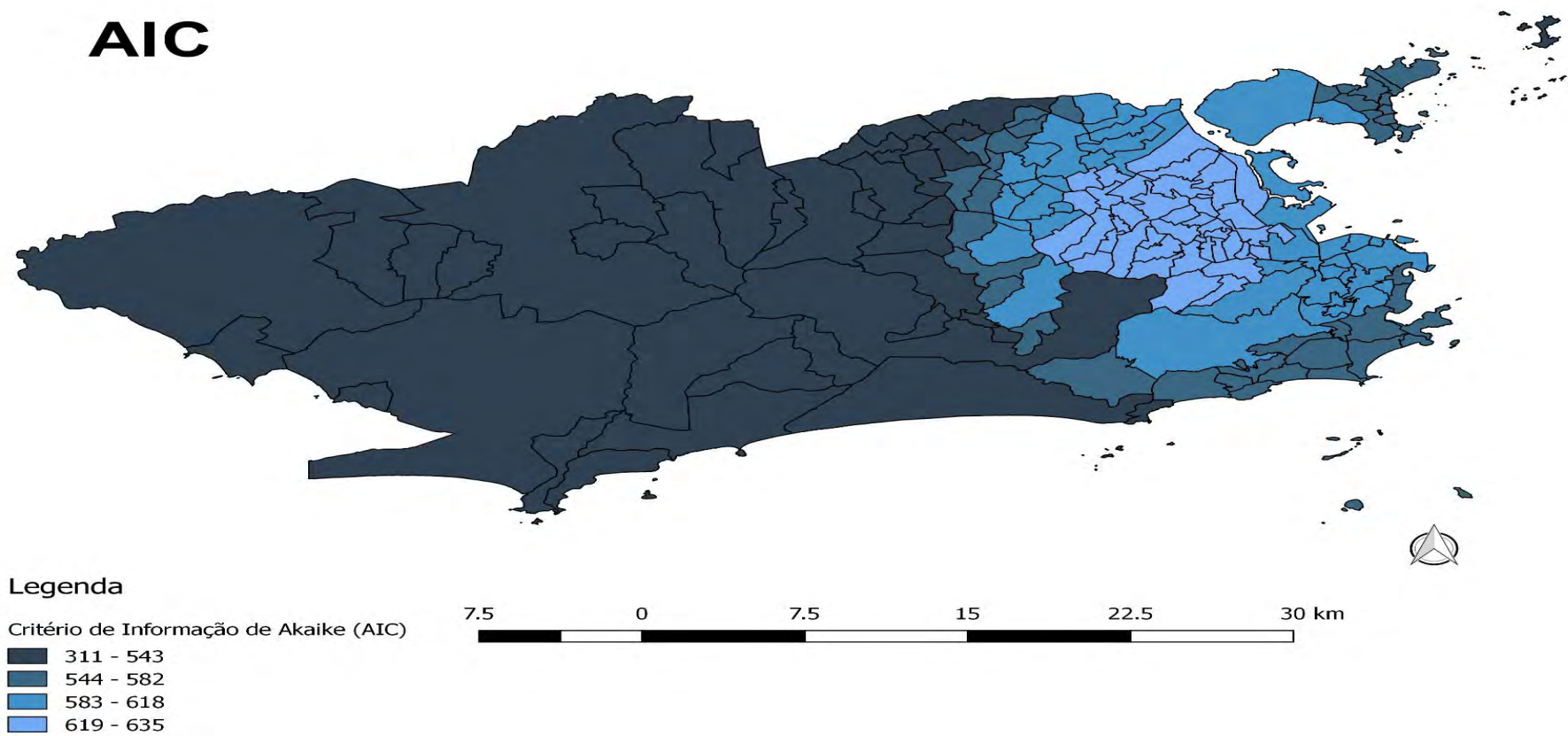


Figura 17: Mapa dos AICs calculados a partir do modelo multivariado RPGP para os bairros do município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

4 DISCUSSÃO

As metodologias aplicadas neste estudo possibilitaram obter medidas robustas de incidência de leptospirose nos bairros do município do Rio de Janeiro, e analisar o padrão espacial dessa doença no município corroborando a necessidade do uso de métodos de suavização e modelagem para melhor representar o padrão subjacente dos dados de casos confirmados de leptospirose no município do Rio de Janeiro.

A pesquisa com dados brutos apontou os bairros com maiores valores de incidência situando-se na zona norte, oeste e central, evidenciou uma extensa área de risco nulo em todos os anos do estudo e não obtivemos de forma clara um padrão espacial para distribuição das taxas de prevalência, em contra partida ao aplicarmos a técnica Bayesiana de suavização de dados vemos uma forte diminuição das áreas tidas como de risco nulo, bairros de alto risco apenas nas regiões norte e centro-sul do município, bairros de moderado risco ocupando áreas anteriormente consideradas de risco nulo e bairros de baixo risco presentes em todas as zonas do município. Ocorrendo assim, a geração de uma dispersão espacial suavizada mais condizente com o risco real de ocorrência de leptospirose no município do Rio de Janeiro acompanhada de um aparente declínio na prevalência a partir de 2014.

Nota-se que a técnica Lisa map aplicada a taxas brutas detectou poucos possíveis clusters compostos por 1 até no máximo 5 bairros adjacentes, enquanto que esta mesma técnica aplicada a taxas Bayesianas modificou fortemente esse quadro de risco. Um padrão regional de dispersão de clusters de risco pôde ser detectado na zona norte juntamente com clusters de baixo risco que também se encontraram nas zonas oeste e central.

Estudos anteriores no município do Rio de Janeiro constataram que a zona oeste obteve os maiores índices de casos de leptospirose (OLIVEIRA, et al., 2012; GUIMARÃES, et al., 2014; CHAIBLICH et al. 2017), corroborando, em parte, com os achados desse estudo, uma vez que altos índices foram achados também na zona norte. Em nosso estudo mesmo após a aplicação do estimador Bayesiano sobre as taxas, constatamos anualmente elevados índices em bairros da zona norte, além da visualização de clusters de alto risco com considerável extensão territorial nesta mesma região e na zona oeste.

A existência de clusters de alto risco com dados de incidência que se refere a todo o período do estudo, localizados na zona norte e oeste, pode ser explicado pela submissão as mesmas condições de saneamento, coleta de lixo e nível sócio econômico das populações residentes desta área, além de ser composta por bairros com menores níveis de organização urbana que se reflete pela existência de área favelada e sujeita à inundações.

Muitos trabalhos assinalam a falta de saneamento e temporais na cidade do Rio de Janeiro como fator de desencadeamento no aumento do número de casos de leptospirose e de outras doenças relacionadas à precariedade na rede de esgoto e no sistema de escoamento pluvial (TASSINARI et al., 2004; TASSINARI et al., 2008; VASCONCELOS et al., 2012; TEIXEIRA et al., 2018).

Chaiblich et al. (2017) analisaram a espacialidade da leptospirose na cidade do Rio de Janeiro, de 2000 a 2010, levando em consideração aspectos socioambientais. Seus resultados sugeriram os bairros Barra de Guaratiba, Pedra de Guaratiba e Grumari como de maiores riscos, embora também taxas moderadas e altas tenham sido constatadas em bairros localizados na zona norte, e sugerem a precariedade dos serviços sanitários básicos como fatores precursores ao aparecimento da doença.

Estes resultados foram de encontro aos resultados encontrados neste estudo, onde as zonas oeste, norte e sul incorporaram taxas de incidências moderadas e altas, porém a inclusão da técnica de regressão RPGP possibilitou a identificação pontual das variáveis coleta de lixo adequada e índice de desenvolvimento social como fatores de proteção à ocorrência de leptospirose com os menores AICs cobrindo a região oeste do município, elevando o conceito

de que a prevenção e controle são os melhores meios de combate ao agravo no município do Rio de Janeiro.

Um estudo recente (BARROCAS, et al., 2019) levantou questionamentos sobre a importância dada ao saneamento dentro do campo da saúde coletiva apontando uma marginalização progressiva das ações de saneamento da agenda política do setor saúde. Esse descaso torna-se evidente quando sob condições de chuvas fortes o sistema de escoamento pluvial e rede de esgoto da cidade do Rio de Janeiro não alcançam o objetivo ao qual são destinados, provocando refluxo de esgoto pelos ralos e pias dentro das moradias, emergindo uma grande parcela da população humana e animal em uma tragédia sanitária, uma vez que a água estará contaminada com diversos agentes transmissores de doenças, inclusive *Leptospira* spp.

Um estudo do Instituto Trata Brasil (2019) feito com base nas 100 maiores cidades do Brasil revelou que apenas 5 delas investem 60% ou mais na melhoria do saneamento básico e que a cidade do Rio de Janeiro apresentou o maior índice de evolução (7,8 p.p.) na distribuição total de água, além de uma evolução média na coleta e tratamento de esgoto entre 2013 e 2017, coincidentemente neste mesmo período constatamos uma diminuição nas taxas de prevalência (Figura 3). Porém, isto não significa que esteja havendo uma cobertura total da população carioca aos serviços de saneamento, e sim um crescente investimento governamental que deverá permanecer em ascensão.

Como medida contribuinte para a qualificação do gasto público em saneamento está a educação ambiental como relatado por Morais et al. (2014), onde os autores discutem a educação ambiental como uma forma de estratégia em saúde e afirmam que além das ações governamentais de promoção da saúde temos as ações individuais e coletivas da própria população sobre o ambiente ao qual ela está inserida.

Os bairros apontados nesse estudo como favoráveis à ocorrência de leptospirose necessitam de maiores investimentos sanitários e de políticas públicas, acompanhados de programas de conscientização ambiental que leve informação sobre doenças transmitidas pela água e pelo lixo, bem como sobre formas de prevenção e controle, de forma que a população possa participar ativamente na promoção da saúde. Villar et al. (2008) sugerem um desenvolvimento prioritário da educação em saúde nas escolas visto que crianças e jovens tiveram menor percepção ambiental em relação a indivíduos mais velhos nos seus resultados.

5 CONCLUSÃO

Contínuas inovações dos modelos de vigilância epidemiológica se fazem necessárias ao considerarmos o agente etiológico como estrutura inerente da relação espaço-tempo-doença, e sendo o espaço o meio pelo qual o agente infeccioso circula, pode-se concluir que a estrutura epidemiológica da doença se modifica com a transformação do espaço ao longo dos anos.

A agregação e análise espacial de dados confirmados de leptospirose no período de 2007 a 2017 no município do Rio de Janeiro mostrou-se adequada na identificação do mesmo como sendo muito favorável e favorável à ocorrência de leptospirose, destacando-se neste quadro as zonas norte e oeste. Os bairros Caju, Mangueiras e Guaratiba foram apontados como áreas críticas que deverão receber atenção primária dos órgãos competentes seguida de intervenções pontuais de manutenção sanitária, controle de vetores e programas de conscientização das ações individuais e coletivas sobre o meio ambiente e suas consequências na saúde.

A aplicação de modelagem aos dados apontou a variável IDS (RR=0.010; IC= [0,001; 0,096]) como significativamente associada ao registro global de novos casos de leptospirose nos bairros, sendo o RPGP o melhor modelo explicativo.

Também podemos concluir que este estudo reforça a utilização de diferentes ferramentas estatísticas na epidemiologia da leptospirose, inserindo a abordagem de inclusão

do espaço local como um componente importante na análise espacial desta enfermidade, permitindo ampliar a compreensão do problema e seus fatores associados, estabelecendo uma maior precisão na assertividade dos resultados.

Portanto, a transformação de dados de saúde em informações mediante o uso dos SIGs e técnicas de estatística espacial mostrou-se eficiente para construção e atualização dos modelos de vigilância de forma a subsidiar as tomadas de decisões dos órgãos competentes.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ALMEIDA, E. **Econometria espacial aplicada**. Campinas, SP: Alínea, 2012, 498p.

ANSELIM, L., et al. GeoDa: An Introduction to Spatial Data Analysis. **Geographical Analysis**, v. 38, n.1, 2006.

ARAGÃO, H. B. Sobre a presença do *Spirochaeta icterohaemorrhagiae* nos ratos do Rio de Janeiro. **Brasil Med**, v. 31, p. 329-330, 1917.

BARROCAS, P. R. Q., et al. Saneamento é saúde? O saneamento no campo da saúde coletiva. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos, Rio de Janeiro**, v. 26, n. 1, p. 33-51, 2019.

BEER, J. et al. **Doenças infecciosas em animais domésticos**. 1ªed., vol.2, São Paulo: Roca, 1988, 380 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Guia de Vigilância em Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2019, 740 p. Disponível em: www.saude.gov.br/bvs Acesso em: 13 junho 2019.

CARVALHO, M. S., SOUZA-SANTOS, R. Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas, perspectivas. **Caderno de Saúde Pública**, v. 21, n 02, p. 361-378, 2005.

CARVALHO, A. X.Y. et al. Taxas bayesianas para o mapeamento de homicídios nos municípios brasileiros. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 28, n. 7, p. 1249-1262, 2012.

CHAIBLICH, J. V. et al. Estudo espacial de riscos à leptospirose no município do Rio de Janeiro (RJ). **Saúde Debate, Rio de Janeiro**, v. 41, n. especial, p. 225-240, 2017.

COSTA F. et al. Infestação por roedores no ambiente urbano: o papel das deficiências ambientais na transmissão da leptospirose. III CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ECOLOGIA, 2009, São Lourenço. **Anais ...São Lourenço: SEB**, 2009. p. 1-4.

COSTA, A. J. S. T., CONCEIÇÃO, R.S., AMANTE, F. O. As enchentes urbanas e o crescimento da cidade do Rio de Janeiro: estudos em direção a uma cartografia das enchentes urbanas. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, n. 32, p. e25685, 2018, doi: 10.12957/geouerj.2018.25685

COURA, J. R. **Dinâmica das doenças infecciosas e parasitárias**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2005, 2025 p.

DATA.RIO. Principais indicadores de prestação do serviço de coleta de esgoto no Município do Rio de Janeiro entre 2000-2019. Disponível em: [Principais indicadores de prestação do serviço de coleta de esgoto no Município do Rio de Janeiro entre 2000-2019 | Data Rio](#) Acesso em: 26 de abril de 2021.

FOTHERINGHAM, A. S., BRUNSDEN, C., CHARTLTON, M. **Quantitative geography: perspectives on spatial data analysis**. Londres: Sage publications, 1º edição, 2000, 284p.

FOTHERINGHAM, A. S., BRUNSDEN, C., CHARTLTON, M. **Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships**. Jhon Wiley and Sons, West Sussex, 2002, 284p.

GUIMARÃES, R. M., et al. Temporal analysis of the relationship between leptospirosis and the occurrence of flooding due to rainfall in the city of Rio de Janeiro, Brazil, 2007-2012. **Science & Collective Health**, v.19, n.9, p.3683-3692, 2014.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Ranking do saneamento - Instituto Trata Brasil 2019 (SNIS 2017). São Paulo. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/ranking-do-saneamento> Acesso em: 01 de agosto de 2019.

KO, A. L. et al. Urban epidemic of severe leptospirosis in Brazil. **Lancet**, v. 354, n. 9181, p. 820-825, 1999.

MAGALHÃES, M. A. F. M., MEDRONHO, R. A. Análise espacial da Tuberculose no Rio de Janeiro no período de 2005 a 2008 e fatores socioeconômicos associados utilizando microdado e modelos de regressão espaciais globais. **Ciência e Saúde Coletiva**, v.22, n. 3, p. 831-839, 2017.

MAGALHÃES, V. S.; ACOSTA, L. M. W. Leptospirose humana em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, de 2007 a 2013: caracterização dos casos confirmados e distribuição espacial. **Epidemiologia e Serviço de Saúde**, v. 28, n. 2, e2018192, 2019.

MORAIS, P. S. A., et al. Educação ambiental como estratégia na atenção primária em saúde. **Polêmica**, v. 13, n. 3, p. 1335-1344, 2014. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/polemica/article/view/11666/9151> Acesso em: 01 de agosto de 2019.

OLIVEIRA, T. V. S., et al. Variáveis climáticas, condições de vida e saúde da população: a leptospirose no município do Rio de Janeiro de 1996 a 2009. **Ciência e Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 6, p. 1569-1576, 2012.

OLIVEIRA, S. V., et al. Reservatórios animais da leptospirose: uma revisão bibliográfica. **Saúde (Santa Maria)**, v. 39, n 01, p. 9-20, 2013.

PRADO, A. M., VIEIRA, C. V. Análise espacial de risco para leptospirose no município de Joinville (SC). **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 15, n. 34, p. 85-101, 2019.

QGIS Development Team (2016). QGIS Geographic Information System. **Open Source Geospatial Foundation Project**. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org> Acesso em: 27 de julho de 2018.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015. Disponível em: www.R-project.org/ Acesso em: 23 de agosto de 2018.

SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE - SMS. Casos confirmados de leptospirose de 1996 a 2019. Disponível em: www.rio.rj.gov.br Acesso em: 28 junho 2019.

SOARES, T. S. M. et al. Análise espacial e sazonal da leptospirose no município de São Paulo, SP, 1998 a 2006. **Revista de Saúde Pública**, v. 44, n. 2, p. 283-291, 2010.

SOUZA, I. P. O., TASSINARI, W. S. Urban leptospirosis and rainfall in the city of Rio de Janeiro/RJ, Brazil, 2007 to 2017. **Journal of Veterinary Medicine and Research**, v. 6, n. 2, p. 1175, 2019.

SOUZA, I. P. O., UBERTI, M. S., TASSINARI, W. S. Geoprocessing and spatial analysis for identifying leptospirosis risk areas: a systematic review. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de São Paulo**, v. 62, e35, 2020.

TASSINARI, W. S. et al. Distribuição espacial da leptospirose no município do Rio de Janeiro, Brasil, ao longo dos anos de 1996-1999. **Caderno de Saúde Pública**, v. 20, n. 6, p. 1721-1729, 2004.

TASSINARI, W. S. et al. Detection and modelling of case clusters for urban leptospirosis. **Tropical Medicine and International Health**, v.13, n. 4, p.503-512, 2008.

TEIXEIRA, K. K., et al. Associação de variáveis ambientais à ocorrência de leptospirose humana na cidade de Natal-RN: uma análise de distribuição espacial. **J.Health Biol Sci.**, v. 6, n. 3, p. 249-257, 2018.

VASCONCELOS, C. H. et al. Fatores ambientais e socioeconômicos relacionados à distribuição de casos de leptospirose no estado de Pernambuco, Brasil, 2001-2009. **Caderno de Saúde Coletiva**, v. 20, n 01, p. 49-56, 2012.

VILLAR, L. M., et al. A percepção ambiental entre os habitantes da região noroeste do estado do Rio de Janeiro. **Esc Anna Nery Ver Enferm**, v. 12, n. 2, p. 285-290, 2008.

CAPÍTULO III

TÉCNICAS DE ESTATÍSTICA ESPACIAL APLICADA A ANÁLISE DE DADOS DE LEPTOSPIROSE NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO, RJ, BRASIL, 2007-2017.

RESUMO

A leptospirose é uma antropozoonose de distribuição mundial, transmitida por bactérias da espécie *Leptospira interrogans* mediante contato com solo ou água contaminados com leptospiras viáveis. Em muitos aspectos a ocorrência de leptospirose na cidade do Rio de Janeiro está relacionada a sua forma de ocupação urbana desordenada, expressa, principalmente, pela formação de favelas, falta de infraestrutura sanitária e ocorrência de inundações em períodos de chuvas torrenciais. Para o entendimento das causas e consequências da heterogeneidade espacial da leptospirose no Rio de Janeiro a epidemiologia espacial tem demonstrado sua eficiência, além de auxiliar na investigação da dependência espacial entre observações de casos. Os objetivos deste trabalho foram identificar possíveis padrões na ocorrência de leptospirose no município do Rio de Janeiro durante o período de 2007 a 2017 e analisar o comportamento espaço-temporal do fenômeno fazendo uso das técnicas estatísticas computacionais de varredura espacial e espaço-temporal da ocorrência de casos de leptospirose mediante o uso do software SaTScan. Para efeito de análise, foram utilizados dados de casos confirmados de leptospirose obtidos através do SINAN. Os mapas de risco sobrepostos a áreas de favelas e de inundações foram confeccionados utilizando o software QGIS. Através dessas análises, foi possível identificar três clusters espaciais estatisticamente significativos e nenhum cluster espaço-temporal de alto risco significativo. Os clusters de alto risco ocorreram nos anos de 2009, 2011 e 2017, e estes localizaram-se nas zonas norte, leste e sul do município, respectivamente. Observamos, por meio de sobreposição, que os clusters de alto risco se encontraram em áreas de favela e sujeitas a inundações em período de fortes temporais. Concluímos que as zonas norte, central e sul do município do Rio de Janeiro foram as mais vulneráveis a leptospirose em termos espaciais e que as variáveis áreas de favela e áreas de inundações estariam desempenhando o papel de fatores influenciadores na dispersão e incidência dos casos. O apontamento de fatores ambientais e sociais como influenciadores da ocorrência de leptospirose no ambiente urbano e a delimitação de áreas de risco auxiliam no entendimento do comportamento da doença na área urbana e promove um alerta aos profissionais da saúde e aos órgãos responsáveis pelo controle e prevenção desta enfermidade. Estes resultados tornam-se essenciais para orientar o planejamento e apoiar a avaliação da efetividade de medidas adotadas.

Palavras-chave: Leptospirose, estatística espacial, clusters.

ABSTRACT

Leptospirosis is an anthroozoonosis of worldwide distribution, transmitted by bacteria of the species *Leptospira interrogans* through contact with soil or water contaminated with viable leptospire. In many aspects, the occurrence of leptospirosis in the city of Rio de Janeiro is related to its disordered urban occupation, expressed mainly by the formation of slums, lack of sanitary infrastructure and the occurrence of floods during periods of torrential rain. To understand the causes and consequences of the spatial heterogeneity of leptospirosis in Rio de Janeiro, spatial epidemiology has demonstrated its efficiency, in addition to assisting in the investigation of spatial dependence between case observations. The objectives of this work were to identify possible patterns in the occurrence of leptospirosis in the municipality of Rio de Janeiro during the period from 2007 to 2017 and to analyze the spatio-temporal behavior of the phenomenon using the statistical computational techniques of spatial and spatial-temporal scanning of the occurrence of leptospirosis cases using the SaTScan software. For the purpose of analysis, data from confirmed cases of leptospirosis obtained through SINAN were used. The risk maps overlaid with areas of slums and floods were made using the QGIS software. Through these analyzes, it was possible to identify three statistically significant spatial clusters and no significant high-risk spatio-temporal cluster. The high-risk clusters occurred in the years 2009, 2011 and 2017, and these were located in the northern, eastern and southern areas of the municipality, respectively. We observed, through overlap, that the high-risk clusters were found in slum areas and subject to flooding during periods of strong storms. We conclude that the northern, eastern and southern areas of the municipality of Rio de Janeiro were the most vulnerable to leptospirosis in spatial terms and that the variables slum areas and flood areas would be playing the role of influencing factors in the dispersion and incidence of cases. The pointing out of environmental and social factors as influencing the occurrence of leptospirosis in the urban environment and the delimitation of risk areas help in understanding the behavior of the disease in the urban area and promotes an alert to health professionals and the bodies responsible for the control and prevention of this illness. These results are essential to guide planning and projects aimed at increasing the population's resilience and supporting the assessment of the effectiveness of the measures adopted.

Keywords: Leptospirosis, spatial statistics, cluster.

1 INTRODUÇÃO

A leptospirose é uma antropozoonose de distribuição mundial, transmitida por bactérias da espécie *Leptospira interrogans* mediante contato com solo ou água contaminados com leptospiros viáveis (IBARRA et al., 2003; PAPPAS et al., 2008). Os roedores são considerados os principais reservatórios e transmissores da leptospirose na área urbana devido a contaminação do meio pela sua urina (CIPULLO & DIAS, 2012), sendo os cães considerados a segunda principal fonte de infecção de leptospirose urbana para o humano (BROD et al., 2005; POLACHINI; FUJIMORI, 2015).

Esta doença representa alto custo econômico e social para o Brasil (PEREIRA, 2014) sendo endêmica em todos os estados e epidêmica nos períodos de chuva (SOUZA et al., 2011), apresentando alta incidência e letalidade, que pode chegar até 50% entre as formas mais graves (BRASIL, 2019).

Dada a sua forma hídrica de transmissão é que estudos demonstram haver forte associação de casos de leptospirose com ocorrência de desastres naturais como inundações (TASSINARI et al., 2008; HAGAN et al., 2016; SOUZA; TASSINARI, 2019), ocupação profissional, prática de atividades esportivas (BOLAND et al., 2004) e até mesmo treinamento militar (LUPI, et al., 2013).

Em termos de investigação epidemiológica da leptospirose, quando levamos em consideração os aspectos ambientais, socioeconômicos e sanitários da população, o problema passa a ser analisado dentro de um contexto espacial e social conferindo-lhe uma aproximação da realidade epidemiológica da doença naquela localidade (BARCELLOS; SABROZA, 2001; HAGAN et al., 2016), o que torna possível o uso direcionado de verbas e a adoção de medidas pontuais de combate ao agravo.

Os avanços nos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), na metodologia estatística e na disponibilidade de dados epidemiológicos e ambientais de alta resolução, referenciados geograficamente, oferecem importantes contribuições e soluções para investigações na área da epidemiologia espacial aplicada a leptospirose (BARCELLOS; SABROZA, 2000; CARVALHO & SOUZA-SANTOS, 2005; HAGAN et al., 2016).

Estão incluídas na abordagem da epidemiologia espacial o mapeamento espaço-temporal, a criação de mapas estáticos de risco, ou incidência da doença e, também, a incorporação de elementos explícitos da paisagem, além das representações que podem ser pontuais, areais ou por superfície contínuas, sendo mais comumente usados os mapas de eventos pontuais (FERREIRA, 2014).

O método de varredura espacial de Kulldorff, ou Estatística Scan, tem sido amplamente usado para detecção de aglomerados de leptospirose e outras situações de risco, sendo possível a sobreposição destes com as características socioambientais das regiões (PELLEGRINI, 2003; TASSINARI et al., 2008; CIPULLO; DIAS, 2012; ARROYO et al., 2017). Recebem destaque os modelos de Poisson e o Permutação Espaço-Tempo ao se trabalhar com dados de contagem (KULLDORFF, 1995; KULLDORFF, 1997). Esses modelos além de delinear regiões críticas por meio de algoritmos computacionais gráficos, é atribuída significância à estatística associada (COSTA et al., 2006), conferindo a esse tipo de estudo um maior grau de confiabilidade nos seus resultados e precisão nas ações de controle e prevenção.

Em muitos aspectos a ocorrência de leptospirose na cidade do Rio de Janeiro está relacionada a sua forma de ocupação urbana que se deu sem planejamento prévio, o que permitiu que a desordem urbana se instala-se pelo seu interior, onde as regiões montanhosas da cidade passaram a ser ocupadas pelas classes menos favorecidas da sociedade, formando as áreas de favelas (SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO, 2015). A ausência de infraestrutura sanitária que comportasse o seu crescimento demográfico contribuiu com a ocorrência de inundações e permitiu e ainda permite que febres, doenças infecciosas como a

leptospirose e a falta de higiene assolam a cidade do Rio de Janeiro em nossos dias (TASSINARI, et al., 2004; SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO, 2015; COSTA, et al., 2015).

Neste capítulo analisamos os casos de leptospirose ocorridos no município do Rio de Janeiro entre 2007 e 2017 utilizando técnicas de detecção e localização de aglomerados espacial e espaço-temporal baseada em estatística de varredura SaTScan e averiguamos se as variáveis áreas de favela e áreas de inundações estariam desempenhando o papel de fatores influenciadores na dispersão e incidência dos casos. A elucidação de fatores ambientais e sociais que influencie a ocorrência de leptospirose no ambiente urbano e a delimitação de áreas de risco auxiliam no entendimento do comportamento da doença na área urbana e promove um alerta aos profissionais da saúde e aos órgãos responsáveis pelo controle e prevenção desta enfermidade.

2 MATERIAL E MÉTODO

A área de estudo corresponde ao município do Rio de Janeiro, capital do estado do Rio de Janeiro e situado na região sudeste do país. A cidade está localizada na latitude 22°54'23" sul e longitude 43°10'21" oeste e apresenta densidade demográfica no valor de 5.265,82 hab/km², segundo o censo de 2010 (IBGE, 2010). Ao norte, faz limite com vários municípios do Estado do Rio de Janeiro, ao sul é banhada pelo oceano Atlântico, a leste pela Baía de Guanabara e a oeste pela Baía de Sepetiba. O relevo é formado por montanhas, mar, florestas, praias e paredões rochosos, o clima é do tipo tropical, quente e úmido com variações locais e as chuvas variam de 1.200 a 1.800 mm anuais.

Utilizando o programa livre SaTScanTM versão 9.6 (KULLDORFF; INFORMATION MANAGEMENT SERVICES, Inc, 2018), foram realizadas as análises espaço-temporal e puramente espaciais, segundo a metodologia desenvolvida por Kulldorff e Nagarwalla (1995). Os dados de entrada para a análise espaço-temporal foram todos os casos confirmados de leptospirose notificados no período de 2007 a 2017 coletados a partir do Sistema de Informação Nacional de Agravos de Notificação (SINAN-RIO).

A conversão dos endereços dos agravos em pares de coordenadas espaciais (latitude e longitude) foi feita abrindo o registro de endereços em uma planilha do Excel através do aplicativo *Google Documents*.

Para cada localização foram necessárias informações sobre o número de casos atribuídos a mesma, sendo que, para a análise espaço-tempo, o número de casos foi estratificado pelo tempo, não requerendo dados de população em risco, podendo até mesmo ser usada para detecção precoce de surtos de doenças quando apenas o número de casos estiver disponível (KULLDORFF et al., 2005).

A análise espaço-tempo foi realizada utilizando um modelo baseado na permutação espaço-tempo onde a técnica de varredura circular busca conglomerados de alto e baixo risco. No modelo permutação espaço-tempo a varredura dos dados é feita por cilindros, cuja base representa o espaço e a altura representa o tempo. O tempo de agregação foi de um ano e essa técnica visou à detecção de prováveis aglomerados durante todo o período estudado. Para aplicar o método Scan espaço-temporal foi determinado que o conglomerado não deveria ser superior a 50% do tamanho populacional e a significância utilizada para testar a hipótese nula de aleatoriedade foi 0,05.

Na análise puramente espacial, o modelo probabilístico utilizado foi o de Poisson, sendo realizada uma análise espacial para cada ano. Os casos foram agregados por bairro e as coordenadas cartesianas dos centróides de cada bairro foram obtidas com o programa livre QGIS versão 2.18 (QGIS, 2016). Os aglomerados não deveriam ser superior a 50% do tamanho

populacional e a significância utilizada para testar a hipótese nula de aleatoriedade foi de 0,05, assim como no modelo permutação espaço-tempo.

No modelo Poisson um aglomerado refere-se a uma observação de valores, no qual, em determinada(s) área(s) há uma concentração maior sem a interferência do período de tempo considerado, ou seja, quando a ocorrência dos casos é mais alta em algumas áreas do que em outras. Essa análise utiliza o método da máxima verossimilhança que impõe uma janela circular de varredura sobre os dados espacializados. Em cada círculo é calculada a razão entre o máximo da verossimilhança sob a hipótese alternativa de que o número de casos dentro do círculo é maior do que fora e o máximo da verossimilhança sob a hipótese nula de que o valor encontrado é casual. A região associada com esse máximo é chamada de cluster mais verossímil ou primário (KULLDORFF, 2010).

Através destes métodos foi possível delimitar áreas de conglomerados, e compará-las, visualmente, com as camadas das áreas de favelas e as áreas sujeitas a inundações no software QGIS.

O uso dos dados neste estudo foi devidamente submetido e aprovado pelo Comissão de Ética na Pesquisa da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro-UFRRJ (COMEP/UFRRJ) no dia 06/12/2017, número de protocolo 1.007/17, número de processo 23083.020577/2017-17, estando de acordo com a Resolução 466/12 que regulamenta os procedimentos de pesquisa envolvendo seres humanos.

3 RESULTADOS

Foram registrados 576 casos confirmados de leptospirose no município do Rio de Janeiro entre 2007 e 2017, no entanto apenas 556 foram geocodificados e considerados pelo estudo, pois 20 casos foram excluídos por não apresentarem endereço completo (Figura1).

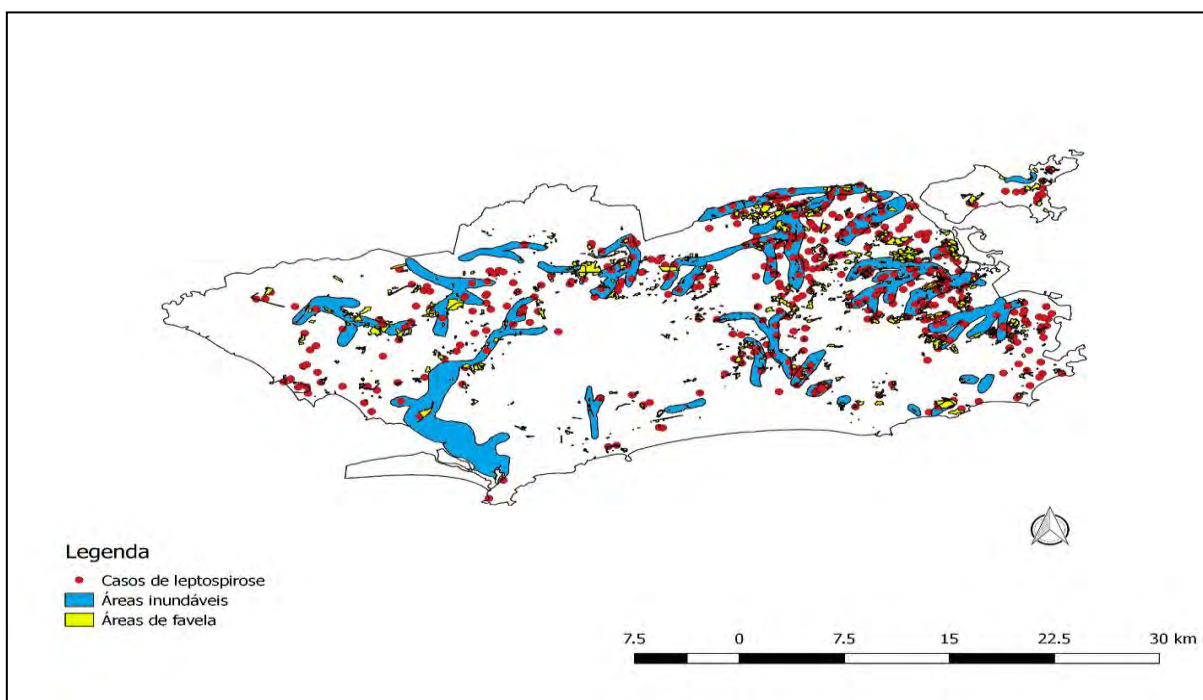


Figura 1: Casos de leptospirose georreferenciados por endereços sobrepostos às áreas de favela e áreas sujeitas a inundações no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007-2017.

Fazendo uma análise visual de distribuição dos casos, constatamos em figura 1 que a maior parte dos casos de leptospirose no período de 2007 a 2017 ocorrem sobrepostos às áreas de favelas e áreas de inundações havendo concentração de casos nas zonas norte e leste do município.

O modelo Poisson identificou clusters de alto risco nos anos 2009, 2011 e 2017 (figura 2), enquanto que nos anos 2007, 2013 e 2014 (figura 3) os clusters primários foram identificados como de baixo risco. Não houve formação de clusters significativos puramente espaciais nos anos 2008, 2010, 2012, 2015 e 2016. Os bairros formadores dos clusters primários de alto e baixo risco, bem como o risco relativo (RR), o raio do círculo e o p-valor estão descritos na tabela 1.

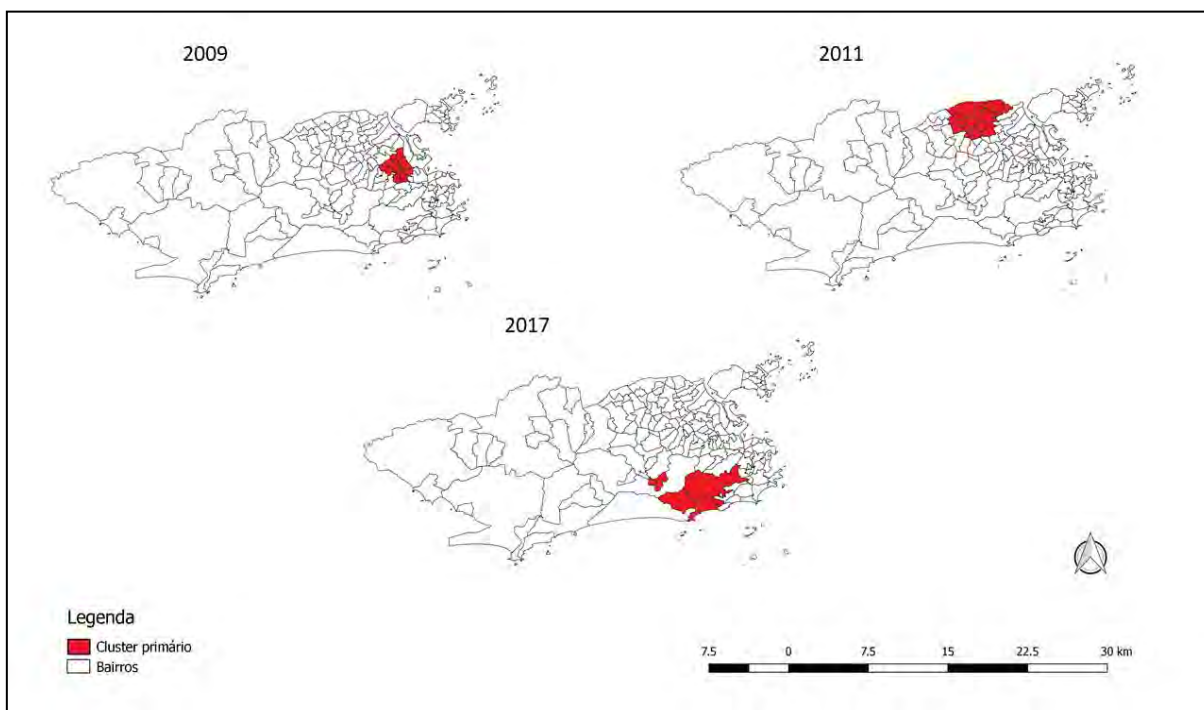


Figura 2: Clusters primários de alto risco estatisticamente significativos no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil, no período de 2007 a 2017.

Ao observar a figura 2, denota-se ausência de repetição das áreas de cluster primário ao longo dos anos, no entanto, demonstra haver uma tendência ao alto risco na ocorrência de casos de leptospirose na zona norte da cidade. Importante ressaltar que os clusters secundários podem oferecer informações sobre futuras áreas de possíveis clusters primários.

Em 2009 as ocorrências observadas foram 16, enquanto eram esperadas 3,26 dentro de um círculo de raio 2,43 km, em 2011 foram em número de 15 as ocorrências observadas e eram esperadas 4,45 e em 2017 observou-se 8 ocorrências, enquanto esperava-se 1,39 no círculo de raio 6,30 km.

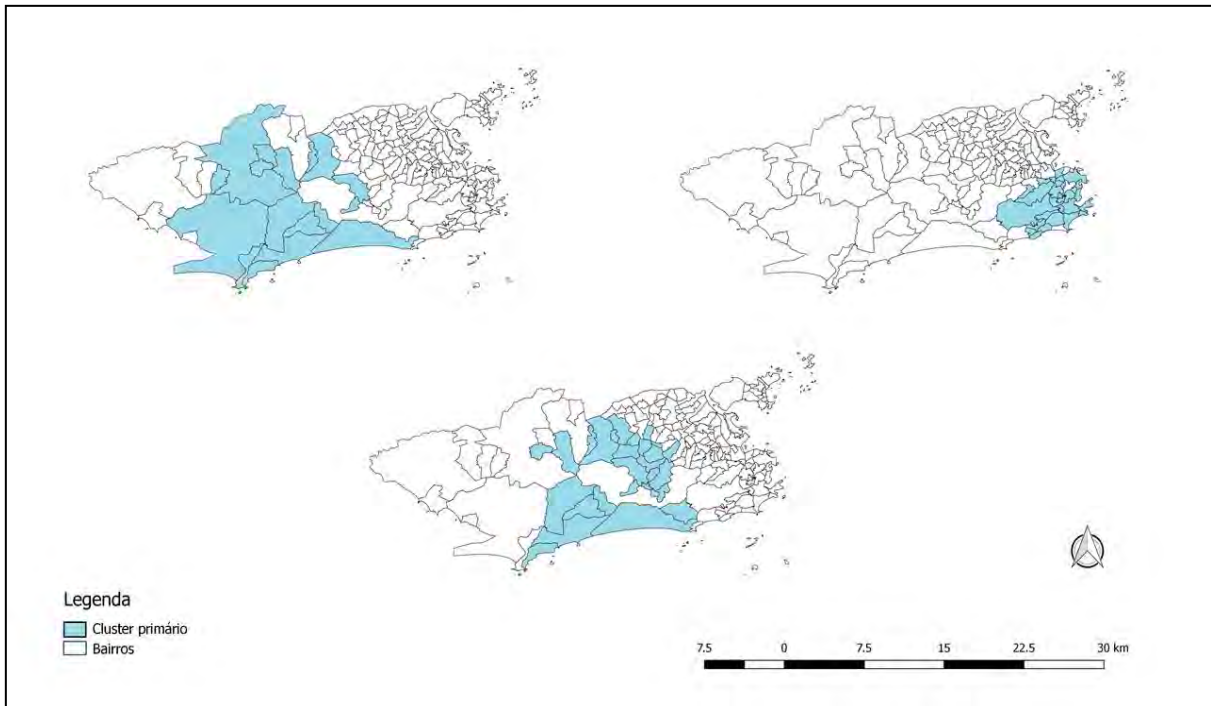


Figura 3: Clusters primários de baixo risco estatisticamente significativos no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil, no período de 2007 a 2017.

A aplicação do scan espacial resultou em três clusters de baixo risco relativo, sendo estes formados por porções de bairros localizados principalmente, na região sudoeste. O número de casos no espaço dessas localidades foi inferior ao de qualquer outra região no município, constituindo áreas de proteção para infecção por leptospirose apresentando taxas de incidência abaixo da média.

Em 2007 as ocorrências observadas foram em número de 1 e eram esperadas 10,59, no ano de 2013 nenhuma ocorrência foi observada e esperava-se 8,0 ocorrências e em 2014 se observou 0 casos enquanto eram esperados aproximadamente 8.

Já nas análises para identificar clusters espaço-temporais não foi possível identificar conglomerados de casos de leptospirose no período considerado. Isto indica que segundo o modelo, não há evidências de clusters formados por casos confirmados de leptospirose ao longo da cidade do Rio de Janeiro no espaço e no tempo simultaneamente.

Tabela 1: Descrição dos clusters puramente espaciais de baixo e alto risco segundo ano, bairros, risco relativo, raio do círculo e p-valor.

	ANO	BAIRROS	RR	RAIO (km)	P-VALOR
CLUSTERS DE ALTO RISCO	2009	Jacarezinho, Jacaré, Maria da Graça, Manguinhos, Higienópolis, Rocha, Sampaio, Del Castilho, Cachambi, Riachuelo, Benfica, São Francisco Xavier e Bonsucesso.	5,86	2,43	0,00014
	2011	Parque Colúmbia, Acari, Pavuna, Jardim América, Coelho Neto, Irajá, Colégio, Costa Barros, Barros Filho, Vista Alegre, Vigário Geral, Honório Gurgel, Rocha Miranda, Parada de Lucas e Guadalupe.	4,36	4,38	0,023
	2017	Itanhangá, Joá, São Conrado, Anil, Gardenia Azul, Alto da Boa Vista e Rocinha.	6,67	6,30	0,046
CLUSTERS DE BAIXO RISCO	2007	Vargem Grande, Vargem Pequena, Recreio dos Bandeirantes, Camorim, Senador Camará, Grumari, Senador Vasconcelos, Barra de Guaratiba, Guaratiba, Curicica, Padre Miguel, Santíssimo, Campo Grande, Realengo, Jacarepaguá, Taquara, Inhoaíba e Barra da Tijuca.	0,074	12,52	0,026
	2013	Humaitá, Cosme Velho, Botafogo, Lagoa, Copacabana, Santa Teresa, Laranjeiras, Jardim Botânico, Rio Comprido, Flamengo, Leme, Catete, Catumbi, Urca, Leblon, Estácio, Tijuca, Gávea, Glória, Cidade Nova, Praça da Bandeira, Maracanã, Centro, Vidigal, Santo Cristo, Andaraí e Alto da Boa Vista.	0	6,13	0,030
	2014	Camorim, Vargem Pequena, Curicica, Jacarepaguá, Vargem Grande, Barra da Tijuca, Recreio dos Bandeirantes, Taquara, Cidade de Deus, Gardenia Azul, Pechincha, Jardim Sulacap, Anil, Tanque, Realengo, Senador Camará, Freguesia (Jacarepaguá), Padre Miguel, Magalhães Bastos, Praça Seca, Vila Valqueire, Campo dos Afonsos, Itanhangá, Vila Militar, Campinho, Grumari, Senador Vasconcelos, Bento Ribeiro e Quintino Bocaiúva.	0	13,75	0,017

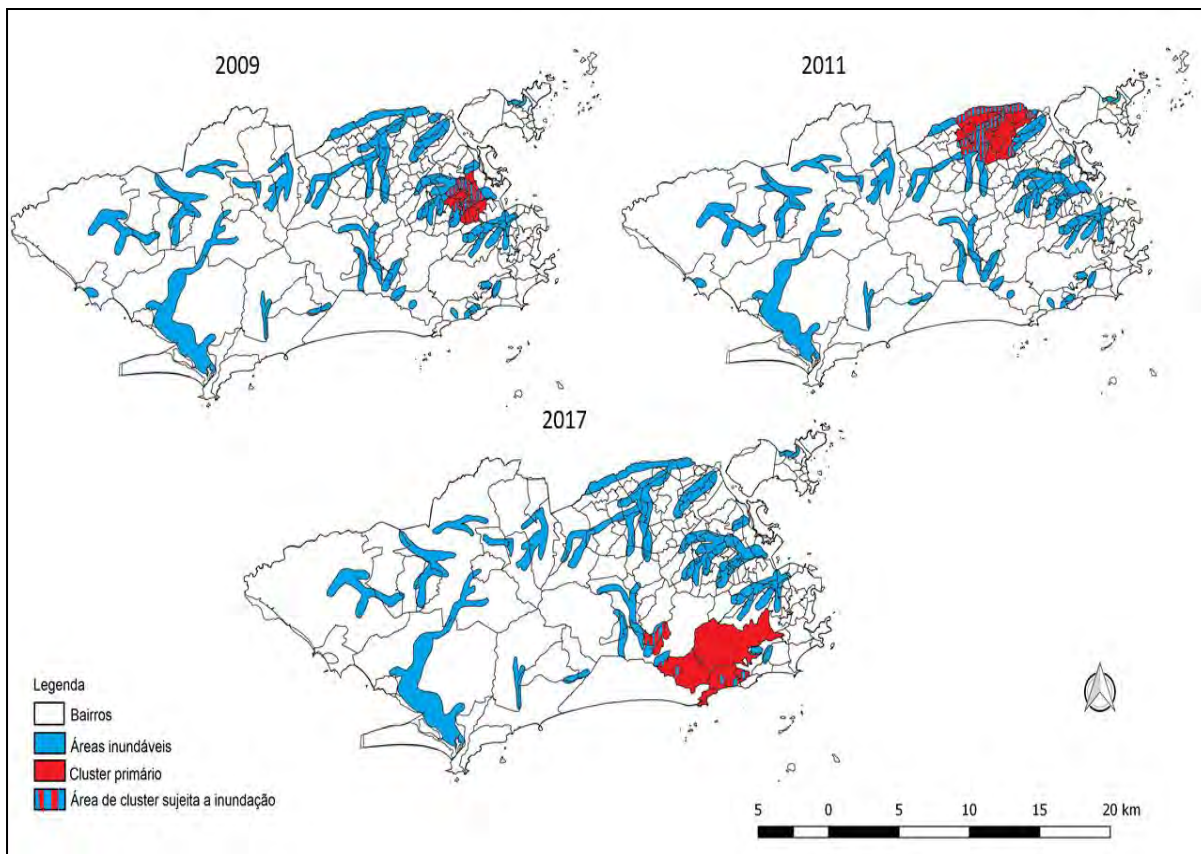


Figura 4: Áreas de cluster sobrepostas a áreas sujeitas a inundações no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

A sobreposição dos clusters primários de alto risco às áreas inundáveis da cidade do Rio de Janeiro (figura 4) nos mostra visualmente que existe uma estreita relação entre a localização dos aglomerados e áreas inundáveis, podendo ser percebida de forma mais intensa nos anos 2009 e 2011, onde a extensão de áreas inundáveis cobre uma grande parcela dos bairros. Em contra partida em 2017 vemos áreas inundáveis com menores extensões territoriais, porém, com exceção dos bairros Joá e Alto da Boa Vista todos os demais possuem trechos de áreas inundáveis.

Ao se pensar que a ocupação de encostas pelas favelas e a retirada de sua cobertura vegetal seja uma forte contribuinte para as enchentes urbanas, já é de se esperar que esta sobreposição pareça influenciar a ocorrência da leptospirose, como vemos na figura 5, onde podemos verificar que nos três aglomerados ocorre nítida relação entre área de cluster e áreas de favela.

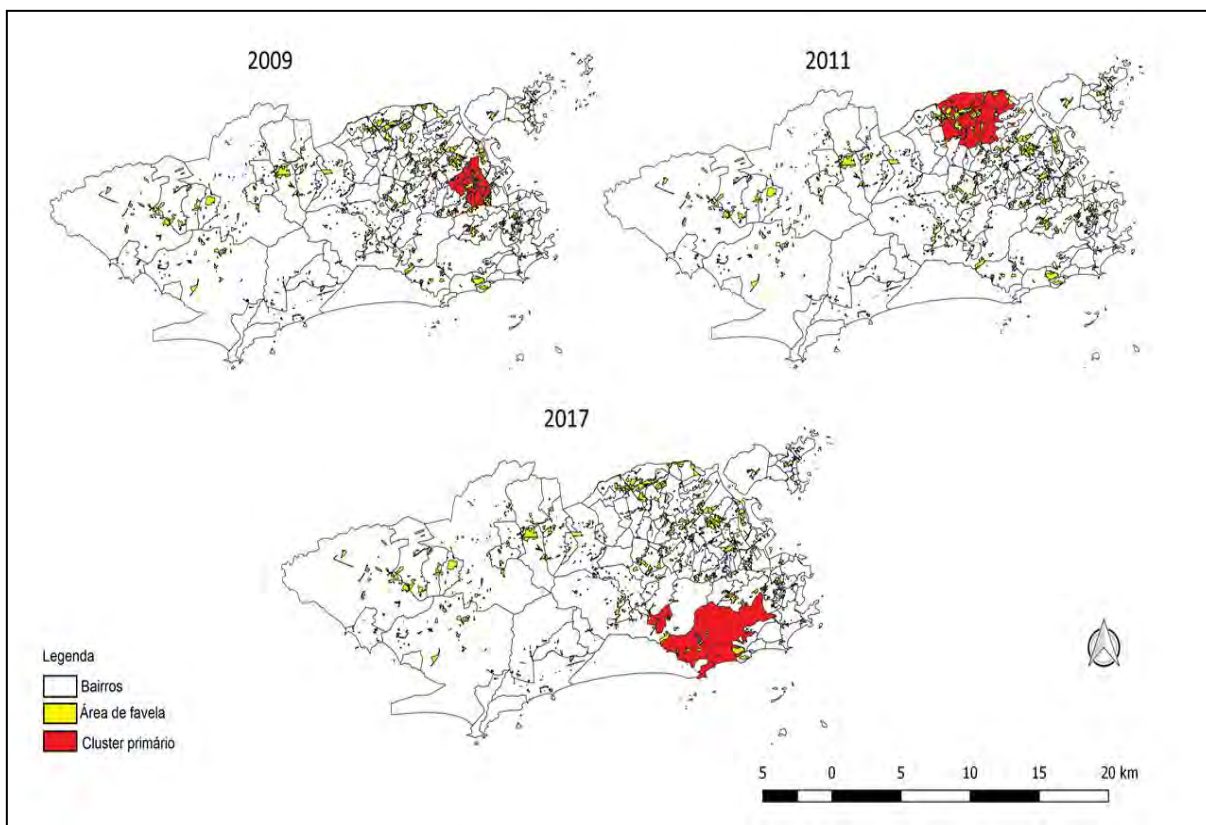


Figura 5: Áreas de cluster sobrepostas a áreas de favelas no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

4 DISCUSSÃO

Foram identificados três aglomerados espaciais significativos nos anos de 2009, 2011 e 2017 respectivamente, e nenhum aglomerado espaço-temporal de alto risco para a ocorrência de casos de leptospirose no município do Rio de Janeiro, no período entre 2007 e 2017.

A leptospirose não apresentou um padrão de distribuição espaço-temporal, e, portanto, não corroborou com a análise de *scan* puramente espacial, sendo o risco semelhante em todas as regiões do município independente do período de tempo. Esse resultado pode ser explicado pela não inclusão da população nos cálculos do modelo espaço-tempo, pois o modelo não considera os indivíduos expostos. Por isso sugerimos o uso desse modelo em estudos com populações mais homogêneas.

Observamos que as zonas norte, centro e sul do município do Rio de Janeiro foram as mais vulneráveis a leptospirose durante os 11 anos do estudo. É interessante notar que a região norte é frequentemente apontada como vulnerável para outras doenças infecciosas, como tuberculose e COVID-19 (PEREIRA et al., 2018; SANTOS et al., 2020). Embora o modo de transmissão destas enfermidades sejam diferentes, a aglomeração urbana nesta região pode ser um fator explicativo para esta vulnerabilidade, visto que a presença maciça de favelas proveniente da desordem urbana reflete a alta densidade demográfica e as precárias condições socioeconômicas e sanitárias desta zona da cidade do Rio de Janeiro, confirmando a necessidade de intenso monitoramento e controle nesta área, não só em relação a leptospirose, mas a toda doença de caráter infeccioso.

Graice et al. (2014) ao analisarem os efeitos da escala geográfica sobre os determinantes da leptospirose urbana constataram que na escala regional, as correlações mais fortes foram observadas entre a incidência de leptospirose e a quantidade de pessoas que vivem em favelas, ou a porcentagem da área densamente urbanizada e que em nível local, a porcentagem da área propensa a inundações estaria melhor correlacionada com a incidência de leptospirose. Já os resultados de Tassinari e Souza (2019) apontam que os casos de leptospirose na cidade do Rio de Janeiro entre 2007 e 2017 foram significativamente associados à precipitação média mensal do mês anterior e o aumento de casos de leptospirose neste cenário urbano acontece de acordo com a ocorrência de chuva. Esses resultados confirmam os achados deste estudo, visto que as áreas de maior risco estiveram visualmente relacionadas às áreas sujeitas a inundações e de maior densidade populacional confirmando a necessidade de ser levado em consideração o monitoramento não só dos casos de leptospirose, mas também das variáveis climáticas e urbanísticas, no âmbito epidemiológico.

De acordo com Santos-Neto et al (2014) e Dora et al (2015) as populações instaladas em áreas com privação de saneamento básico ou sem moradia digna tendem a vivenciar precários serviços de saúde e falta de capacitação de seus profissionais em dispor atendimento de qualidade. A existência de forte heterogeneidade socioespacial na área de estudo, expressa pela presença de favelas, agrava esse quadro, com a população pobre sofrendo de forma mais incisiva as consequências negativas do fenômeno das inundações.

Outro fator de risco a ser discutido é a presença marcante de roedores, cães errantes e cães comunitários em áreas de favela na cidade do Rio de Janeiro. Esses animais podem desempenhar o papel de manutenção de sorovares como *Icterohaemorrhagiae* e *Canicola* no ambiente urbano e servir de fonte de infecção para outros animais e humanos (REIS et al., 2008; RAGHAVAN et al., 2011; FONZAR; LANGONI, 2012). Segundo dados da Subsecretaria de Vigilância, Fiscalização Sanitária e Controle de Zoonoses do município do Rio de Janeiro foram diagnosticados 94 casos caninos de leptospirose no ano de 2018 e no ano seguinte registrou-se quase o dobro, sendo relatado 178 casos caninos em 2019 (RIO DE JANEIRO, 2020). Este quadro constitui um grave problema de saúde pública e a vacinação em animais domésticos evita que adoçam, mas não impede que se infectem. Os animais podem apresentar leptospirose, tornando-se fontes de infecção, ainda que em grau mais leve e por um período menor do que ocorre com a infecção em animais não vacinados (BRASIL, 2014; POLACHINI; JUJIMORE, 2015).

Barata et. al. (2014) sintetizaram aspectos socioambientais e da saúde humana ao atualizarem o Índice de Vulnerabilidade Municipal (IVM) para os municípios do estado do Rio de Janeiro, sendo uma de suas métricas o Índice de Vulnerabilidade da Saúde (IVS). Os resultados apontaram a macrorregião Metropolitana do Rio de Janeiro agregando os mais altos IVS padronizados para leptospirose e o município do Rio de Janeiro e de Magé apresentaram maior IVM em relação aos demais municípios, colocando-os em destaque de vulnerabilidade.

Estes resultados validam a intenção deste estudo, pois o processo de transformação dos dados de casos de leptospirose no município do Rio de Janeiro em informações vem a ser essencial para orientar o planejamento do uso de recursos e elaboração de projetos voltados para conscientização das populações quanto as ações individuais, coletivas e políticas de prevenção e controle da leptospirose urbana e apoiar a avaliação da efetividade de medidas adotadas a partir dos resultados apresentados.

5 CONCLUSÃO

As técnicas de estatísticas pontuais aliadas as técnicas de geoprocessamento na análise de dados de doenças infecciosas, demonstram ser ferramentas apropriadas para vigilância imediata, pois torna possível a detecção de aglomerados de alto e baixo risco a saúde de uma população.

Na análise de ocorrência de leptospirose no município do Rio de Janeiro a região que seria considerada uma possível área de risco seria aquela com precárias condições socioeconômica e de infraestrutura sanitária, sendo representada pela presença marcante de áreas de favela e áreas sujeitas às inundações. Embora possa ocorrer casos esporádicos em áreas onde a população residente tenha melhores condições econômicas e sanitárias.

Incontestavelmente, as estatísticas de scan espacial e espaço-temporal trabalhados juntamente com dados ambientais contribuíram para expor o cenário atual da leptospirose e a presença de áreas geográficas do município que seriam mais suscetíveis ao adoecimento, necessitadas de ações específicas para o controle da doença.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARROYO, L. H., et al. Identificação de áreas de risco para a transmissão da tuberculose no município de São Carlos, São Paulo, 2008 a 2013. **Epidemiologia e Serviço de Saúde**, v. 26, n. 3, p.525-534, 2017.
- BARCELLOS, C., SABROZA, P. C. Socio-environmental determinants of the leptospirosis outbreak of 1996 in western Rio de Janeiro: a geographical approach. **International Journal of Environmental Health Research**, v. 10, p. 301-313, 2000.
- BARATA, M. M. L., et al. Mapa da vulnerabilidade da população dos municípios do estado do Rio de Janeiro frente as mudanças climáticas. **Vice-Presidência de Ambiente, Atenção e Promoção da Saúde, FIOCRUZ**, 2014, 146 p.
- BOLAND, M., et al. A cluster of leptospirosis cases in canoeists following a competition on the River Liffey. **Epidemiology and Infection**, v. 132, p. 195-200, 2004.
- BRASIL. Guia de vigilância em saúde. Brasília: Ministério da Saúde; 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br> Acesso em: 2 de maio de 2021.
- BRASIL. Guia de Vigilância Epidemiológica. 3 ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2019. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br> Acesso em: 18 de agosto de 2020.
- BROD, C. S. et al. Evidência do cão como reservatório da leptospirose humana: isolamento de um sorovar, caracterização molecular e utilização em inquérito sorológico. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.38, n. 4, p.294-300, 2005.
- CARVALHO, M. S., SOUZA SANTOS R. Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas e problemas. **Caderno de Saúde Pública**, v. 21, n. 2, p. 361-378, 2005.
- CIPULLO, R. I., DIAS, R.A. Associação de variáveis ambientais à ocorrência de leptospirose canina e humana na cidade de São Paulo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 2, p. 363-370, 2012.
- COSTA, M. A. et al. Detecção de conglomerados espaciais com geometria arbitrária. In: 17º SINAPE (Simpósio Nacional de Probabilidade e Estatística), Caxambu. Meio óptico, 2006.
- COSTA, F. et al. Patterns in Leptospira Shedding in Norway Rats (*Rattus norvegicus*) from Brazilian Slum Communities at High Risk of Disease Transmission. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 9, n. 6, 2015.
- DORA, C. et al. Indicators linking health and sustainability in the post-2015 development agenda. **Lancet**, v.385, p. 380-391, 2015.
- FERREIRA, M. C. **Distribuições espaciais em mapas de pontos. Iniciação à análise geoespacial**. 1ª ed. São Paulo: Editora Unesp, 2014, cap. 3, 119-143 p.

FONZAR, U. J. V.; LANGONI, H. Geographic analysis on the occurrence of human and canine leptospirosis in the City of Maringá, State of Paraná, Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 45, n. 1, p. 100-105, 2012.

GRAICE, R. et al. 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.

HAGAN, J. E. et al. Spatiotemporal determinants of urban leptospirosis transmission: four-year prospective cohort study of slum residents in Brazil. **Plos Neglected Tropical Diseases**, v. 10, n. 1, e0004275, 2016.

IBARRA, C. et al. Enfermedad de weil, presentación de un caso clínico. **Clinica y Ciencia**, v.1, n. 6, p.25-32, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (**IBGE**). Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: **IBGE**, 2012. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (**IBGE**).

LUPI, O. et al. Cluster of leptospirosis cases among military personal in Rio de Janeiro,, Brazil. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 17, p. 129-131, 2013.

PAPPAS, G. et al. The globalization of leptospirosis: worldwide incidence trends. **International Journal of Infectious Diseases**, v. 12, n. 2008, p. 351-357, 2007.

PELLEGRINI, D. C. P. Análise espaço-temporal da leptospirose no município do Rio de Janeiro (1995-1999). 2003. 59 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2003.

PEREIRA, C. A. R. Custo social da leptospirose no Brasil e o efeito de chuvas extremas em Nova Friburgo para o incremento de casos de doença. 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2014.

PEREIRA, A. G. L., et al. Análise espacial de casos de tuberculose e associação com fatores de socioeconômicos: uma experiência no município do Rio de Janeiro. **Cadernos Saúde Coletiva**, v. 26, n. 2, p. 203-201, 2018.

POLACHINI, C. O., FUJIMORI, K. Leptospirose canina e humana, uma possível transmissão conjuntival no município de São Paulo, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 6, n.1, p. 59-65, 2015.

QGIS Development Team (2016). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org> Acesso em:27 de julho de 2018.

RAGHAVAN, R. et al. Evaluations of land cover risk factors for canine leptospirosis: 94 cases (2002-2009). **Preventive Veterinary Medicine**, v. 101, n. 2011, p. 241-249, 2011.

REIS, R. B. et al. Impact of environmental and social gradient on *Leptospira* infection in urban slums. **Neglected Tropical Diseases**, v. 2, n. 4, p. e228, 2008.

RIO DE JANEIRO (Cidade). Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. Subsecretaria de Vigilância, Fiscalização Sanitária e Controle de Zoonoses. Portal eletrônico. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/web/vigilanciasanitaria/dados-estatisticos>
Acesso em: 03 de setembro de 2020.

SANTOS-NETO M., et al. Análise espacial dos óbitos por tuberculose pulmonar em São Luís, Maranhão. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v.40, n. 5, p. 543-551, 2014.

SANTOS, J. et al. Vulnerabilidade a formas graves de COVID-19: uma análise intramunicipal na cidade do Rio de Janeiro, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v.36, n. 5, 2020.

SECRETARIA MUNICIPAL DE EDUCAÇÃO. **Rio de Janeiro: histórias concisas de uma cidade de 450 anos**. Secretaria Municipal de Educação, Rio de Janeiro, 1ª edição, 2015, 224p.

SOUZA, V. M. M. et al. Anos potenciais de vida perdidos e custos hospitalares da leptospirose no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 45, n. 6, p. 1001-1008, 2011.

SOUZA, I. P. O., TASSINARI, W. S. Urban leptospirosis and rainfall in the city of Rio de Janeiro/RJ, Brazil, 2007 to 2017. **Journal of Veterinary Medicine and Research**, v. 6, n. 2, p. 1175, 2019.

KULLDORFF, M. SaTScan™ User Guide for version 8.0. Disponível em: <http://www.satscan.org/>. Acesso em: 02 de junho de 2020.

KULLDORFF, M. A spatial Scan statistic. **Communications in Statistics: Theory and Methods**, v. 26, p. 1481-1496, 1997.

KULLDORFF, M.; NAGARWALLA, N. Spatial disease clusters: detection and inference. **Statistics in Medicine**, v.14, n. 8, p. 799-810, 1995.

7 CONCLUSÕES GERAIS

O presente estudo além de mostrar que durante 1998 a 2017 houve um progressivo interesse dos profissionais de saúde na aplicação de técnicas de monitoramento e realização de análises epidemiológicas da leptospirose, também indica uma maior necessidade de integração intersetorial entre profissionais de saúde e outros, na utilização de técnicas de análise espacial e SIG.

No estudo ecológico a análise de autocorrelação pelo índice de Moran local sobre taxas de incidência bayesiana identificou bairros situados nas zonas norte e oeste como áreas de maior incidência anual e acumulada, reafirmando a necessidade de uma ação focada nestas zonas urbanas. Os modelos RPGP superam os modelos globais em termos de ajuste e sugerem que os efeitos dos preditores, CL e IDS, não são constantes em todo o município. Portanto, nossos resultados corroboram a hipótese de que as associações entre a leptospirose e as características socioeconômicas locais variam geograficamente em toda a área do estudo.

A estatística Scan espacial com representação pontual dos casos sugeriu três áreas de clusters situados nas zonas norte e oeste sendo estes territórios marcadas pela presença de áreas de favela e áreas sujeitas às inundações, tornando possível concluir o apontamento de fatores ambientais e sociais como influenciadores da ocorrência de leptospirose no ambiente urbano do município do Rio de Janeiro.

A utilização de informações oriundas de bancos de dados secundários possui a vantagem de reduzir o tempo e o custo necessário para a pesquisa, porém trás limitações inerentes à sua metodologia, estando sujeito ao viés da subnotificação. Na maioria dos casos, os registros de leptospirose humana do SINAN são realizados para os casos mais graves e que necessitam de internação, enquanto muitos infectados assintomáticos ou com a sintomatologia das formas leves da doença têm o seu diagnóstico confundido com outras doenças, o que favorece o subdiagnóstico e a subnotificação dos casos e reflete um dos principais desafios da investigação epidemiológica da leptospirose no Brasil.

Por se tratar de uma doença negligenciada em saúde, acrescentando a isso a negligência para com a informação, temos a geração de banco de dados não fidedignos quanto a sua real incidência e carga global da leptospirose no Brasil. Este quadro de negligência pode estar vinculado a falta de estrutura laboratorial que é essencial para o correto diagnóstico, culminando no uso apenas do critério clínico-epidemiológico pelos profissionais da saúde. Diante deste fato se faz necessária a promoção de cursos de capacitação que abordem não só a forma de preenchimento de fichas, mas também o impacto que os dados corretamente coletados e registrados por profissionais da saúde têm sobre a qualidade da investigação epidemiológica.

Outro ponto a ser considerado é o conceito implícito na definição de Saúde Única, onde temos a visão de que a saúde humana se funde com todos os elementos do ambiente, inclusive com a saúde animal. Portanto, a ideia de cruzamento de informações epidemiológicas advindas do Sistema Único de Saúde (SUS) e das clínicas e hospitais veterinários deveria receber uma atenção maior e incentivo desde o início da formação profissional do médico e do médico veterinário, visto que muitas das doenças que acometem os homens são transmitidas por animais, principalmente os animais domésticos quando se trata de ambiente urbano, que quando estudadas em conjunto nos trás uma visão panorâmica das possíveis relações epidemiológicas e geográficas entre suas incidências.

No entanto, apesar das limitações, esses dados quando modelados por técnicas avançadas de estatísticas podem servir de suporte técnico a Administração Pública quanto ao acompanhamento dos resultados de suas ações e quanto ao redirecionamento dos recursos para áreas mais vulneráveis a leptospirose. As mudanças urbanísticas, melhoria em suas condições

sanitárias e campanhas de conscientização da sociedade civil quanto ao seu papel diante desta enfermidade seriam fundamentais no controle e prevenção da leptospirose no ambiente urbano da cidade do Rio de Janeiro. As ações poderiam abranger desde a simples manipulação e o monitoramento do ambiente, como a limpeza de bueiros, descarte e destinação adequados do lixo urbano, principalmente o de procedência domiciliar, drenagem e canalização de rios e córregos, prevenindo a ocorrência de enchentes. Além disso, um programa de controle de roedores deve ser realizado nas regiões peridomiciliares e nos ambientes de trabalho das áreas de maior densidade no município do Rio de Janeiro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA-SILVA, M. J. F. et al. Papel dos roedores urbanos como reservatórios de leptospirose. **Biológico, São Paulo**, v. 73, n. 2, p. 376-377, 2011.
- ARAGÃO, H. B. Sobre a presença da Espiroqueta icterohaemorrhagiae nos ratos do Rio de Janeiro. **Brasil-Médico, Rio de Janeiro**, v. 31, p. 329-330, 1917.
- BARCELLOS, C. et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 18, n. 3, p. 285-304, 2009.
- BARCELLOS, C., SABROZA, P. C. Socio-environmental determinants of the leptospirosis outbreak of 1996 in western Rio de Janeiro: a geographical approach. **International Journal of Environmental Health Research**, v. 10, p. 301-313, 2000.
- BHARTI, A. R. et al. Leptospirosis: A zoonotic disease of global importance. **Lancet Infect Disease**, v. 3, n. 12, p. 757-771, 2003.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Leptospirose: diagnóstico e manejo clínico. **Secretaria de Vigilância em Saúde-Brasília: Ministério da Saúde**, 2014, 44p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Guia de Vigilância em Saúde**. Brasília: Ministério da Saúde, 2019, 740 p. Disponível em: www.saude.gov.br/bvs
Acesso em: 13 junho 2019.
- CARVALHO, M. S., SOUZA-SANTOS, R. Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas, perspectivas. **Caderno de Saúde Pública**, v. 21, n. 02, p. 361-378, 2005.
- CHAIBLICH, J. V., et al. Estudo espacial de riscos à leptospirose no município do Rio de Janeiro (RJ). **Saúde Debate, Rio de Janeiro**, v. 41, n. especial, p. 225-240, 2017.
- COSTA, E. et al. Formas graves de leptospirose: aspectos clínicos, demográficos e ambientais. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.34, n. 3, p. 261-267, 2001.
- COURA, J. R. **Dinâmica das doenças infecciosas e parasitárias**. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2005, 2025 p.
- DAHER, E. F., et al. Insuficiência renal aguda associada à leptospirose. **Brazilian Journal of Nephrology**, v. 32, n. 4, p. 408-415, 2010.
- FAVERO, A. C. M. et al. Sorovares de leptospiras predominantes em exames sorológicos de bubalinos, ovinos, caprinos, equinos, suínos e cães de diversos estados brasileiros. **Ciência Rural**, v. 32, n. 4, p. 613-619, 2002.
- FELZEMBURGH, R. D. M. et al. Prospective study of leptospirosis transmission in an urban slum community: role of poor environment in repeated exposures to the Leptospira agent. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v.8, e2927, 2014.

FIGUEIREDO, C. M. et al. Leptospirose humana no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil: uma abordagem geográfica. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 34, n. 4, p. 331-338, 2001.

HAGAN, J. E. et al. Spatiotemporal determinants of urban leptospirosis transmission: four-year prospective cohort study of slum residents in Brazil. **Plos Neglected Tropical Diseases**, v. 10, n. 1, e0004275, 2016.

HIRSH, D. C.; ZEE, Y. C. **Microbiologia Veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009, 446 p.

INADA, R., IDO, Y. Preliminary report on the identification of a causative spirochete (a new species) of Weil's disease (in Japanese). **Fukuoka Acta Medica**, v. 8, p. 368-369, 1915.

LAU, C. L. et al. The emergence of *Leptospira borgpetersenii* serovar Arborea in Queensland, Australia, 2001 to 2013. **BMC Infectious Diseases**, v. 15, p. 230, 2015.

LEVETT, P.N. Leptospirosis. **Clinical Microbiology Reviews.**, n. 14, n.2, p. 296-326, 2001.

McDOWEL, A. Do icterícia epidemica. **Arquivos Brasileiros de Medicina**, v. 7, p. 635-645, 1917.

MELLO, L.P.P., MANHOSO, F.F.R. Aspectos epidemiológicos da leptospirose canina no Brasil. **Unimar Ciência**, v. 16, p. 27-32, 2007.

MIRAGLIA, F. et al. Molecular and serological characterization of *Leptospira interrogans* serovar Canicola isolated from dog, swine and bovine in Brazil. **Tropical Animal Health and Production.**, v. 45, p.117121, 2013.

NOGUCHI, H. *Spirochaeta icterohaemorrhagiae* in american wild rats and its relation to the Japanese and European strains. **Journal of Experimental Medicine**, v. 25, n. 5, p. 755-763, 1917.

OLIVEIRA, S. V., et al. Reservatórios animais da leptospirose: uma revisão bibliográfica. **Saúde (Santa Maria)**, v. 39, n 01, p. 9-20, 2013.

PATZ, J. A., LINDSAY, S. W. New challenges, new tools: the impact of climate change on infectious diseases. **Current Opinion in Microbiology**, v. 2, p. 445-451, 1999.

PEREIRA, C. A. R. Custo social da leptospirose no Brasil e o efeito de chuvas extremas em Nova Friburgo para o incremento de casos de doença. 2014. 108 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2014.

RODRIGUES, M. C. Sobre leptospirose e informação: ampliando os conceitos de negligência em saúde. **Arquivos Brasileiros de Ciências da Saúde**, v. 42, n. 1, p.45-49, 2017.

SCHECHTER, M., MARANGONI, D.V. Doenças infecciosas: conduta diagnóstica e terapêutica. 2 ed. **Rio de Janeiro: Guanabara Koogan**, 1998.

SILVA, R. A. et al. Leptospirose canina: Relato de caso. **Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 12, n. 6, p. 1 – 6, 2018.

SILVA, J. P.; ZAIA, J. E. Aplicação de ferramentas de geoprocessamento de dados em estudos ecológicos. **International Scientific Journal**, n. 1, v. 14, p. 31 – 41, 2019.

SOARES, T. S. M. et al. Análise espacial e sazonal da leptospirose no município de São Paulo, SP, 1998 a 2006. **Revista de Saúde Pública**, v. 44, n. 2, p. 283-291, 2010.

SOUZA, V. M. M. et al. Avaliação do Sistema nacional de Vigilância Epidemiológica da leptospirose – Brasil, 2007. **Caderno de Saúde Coletiva**, v. 18, n. 1, p. 95 - 105, 2010.

SOUZA, V. M. M. et al. Anos potenciais de vida perdidos e custos hospitalares da leptospirose no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 45, n. 6, p. 1001-1008, 2011.

SOUZA, I. P. O., TASSINARI, W. S. Urban Leptospirosis and Rainfall in the City of Rio de Janeiro/RJ, Brazil, 2007 To 2017. **Journal of Veterinary Medicine and Research**, v. 6, n.2, p. 1175, 2019.

TASSINARI, W. S. et al. Distribuição espacial da leptospirose no município do Rio de Janeiro, Brasil, ao longo dos anos de 1996-1999. **Caderno de Saúde Pública**, v. 20, n. 6, p. 1721-1729, 2004.

WEIL, A. Ueber eine eigenthiimliche, mit Milztumor, Icterus und Nephritis einhergehende, acute Infectionskrankheit. **Deutsches Archiv Klin, Medicini**, v. 39, p. 209-232, 1886.