

# **A leptospirose na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte: uma análise exploratória de variáveis socioeconômicas e ambientais**

Raíssa Caroline dos Santos Teixeira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
raissa.teixeira@inpe.br

**Abstract.** Leptospirosis is a disease that occurs almost worldwide and displays many routes of exposure and reservoirs. Climate change may affect the number of cases, but socioeconomic and environmental context are important factors to understand its behavior. In this study, an exploratory analysis was done with leptospirosis number of cases and incidence, and environmental and socioeconomic factors, typically used to characterize the risks of its transmission. A Geographic Information System was used for mapping the leptospirosis incidence and indexes in the geographic space, and the disease data were analyzed in different population groups. The Municipal Human Development Index and Waste Management Index showed good and expected relations with leptospirosis incidence in scatter plots between their variables, and the leptospirosis incidence showed a heterogenous spatialization along the evaluated period in the region of study.

**Palavras-chave:** Leptospirose, doença de veiculação hídrica, indicadores socioeconômicos, indicadores ambientais.

## **1. Introdução**

O Brasil é um país de vasta extensão territorial e grande heterogeneidade, e o uso de geotecnologias e dados de observação da terra juntamente aos dados de saúde podem ser aliados no monitoramento da ocorrência de diversas doenças nas diversas regiões. De acordo com o volume 2 da série Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde (Brasil, 2007), com o atual desenvolvimento tecnológico, as possibilidades de utilização de abordagens espaciais ampliam e fortalecem a capacidade analítica sobre o processo saúde-doença, o que também eleva o potencial para utilização na análise de situação de saúde, consequentemente beneficiando o processo de tomada de decisão.

A água pode ser veículo de doenças de forma direta e indireta, conhecidas como doenças de veiculação hídrica. De acordo com o Ministério da Saúde em sua Diretriz para atuação em situações de surtos de doenças e agravos de veiculação hídrica (Brasil, 2018), as mudanças no perfil epidemiológico das doenças de transmissão hídrica podem ser influenciadas por diversos fatores, como a distribuição de água não tratada ou em desconformidade com o padrão de potabilidade para a população.

Entre diversas doenças existentes no país, existe um grupo classificado como doenças de veiculação hídrica, que de acordo com o Ministério da Saúde, ocorrem porque a água pode veicular substâncias químicas e agentes biológicos nocivos à saúde da população, podendo adentrar o organismo humano de diferentes formas, seja por meio da ingestão, inalação, pelo contato da água contaminada com a pele ou mucosas ou por alimentos lavados com água contaminada que pode causar danos à integridade física ou mental, ou até mesmo o adoecimento do indivíduo (Brasil, 2018). Incluída nesse grupo de doenças, está a Leptospirose. Segundo Hino et al. (2006), a

análise da distribuição de doenças e seus determinantes nas populações, no espaço e no tempo é um aspecto fundamental da Epidemiologia.

A leptospirose é uma doença endêmica, de notificação compulsória no Brasil e no Estado de São Paulo, o que significa que sua comunicação é obrigatória à autoridade de saúde, realizada pelos médicos, profissionais de saúde ou responsáveis pelos estabelecimentos de saúde, públicos ou privados, sobre a ocorrência de suspeita ou confirmação de doença, agravo ou evento de saúde pública, podendo ser imediata ou semanal. Assim, a ocorrência de casos suspeitos isolados e surtos deve ser notificada, o mais rápido possível, para o desencadeamento das ações de vigilância epidemiológica e controle. De acordo com o Guia de Vigilância Epidemiológica do Ministério da Saúde, a notificação é a comunicação da ocorrência de determinada doença ou agravo à saúde, feita à autoridade sanitária por profissionais de saúde ou qualquer cidadão, para fins de adoção de medidas de intervenção pertinentes. Essas informações entram como dados no Sistema de Informação de Agravos de Notificação - Sinan, mediante formulários padronizados, e podem ser consultados no Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde, o DATASUS.

A leptospirose é uma doença infecciosa febril de início abrupto, cujo espectro pode variar desde um processo assintomático até formas sintomáticas graves (Brasil, 2009). É uma doença transmitida ao homem pela urina de roedores, principalmente por ocasião das enchentes, e é causada por uma bactéria chamada *Leptospira*, presente na urina de ratos e outros animais (Brasil, 2018). Trata-se de uma doença de veiculação hídrica, considerada complexa porque pode ter sua ocorrência afetada por diversos fatores como variáveis climáticas, por exemplo o regime de chuvas considerando que inundações propiciam sua disseminação, assim como fatores socioeconômicos que envolvem a população como um todo, qualidade de vida, saneamento básico, acesso a água tratada, entre outros. A leptospirose trata-se de uma zoonose de grande importância social e econômica, porque apresenta elevada incidência em determinadas áreas, causa altos custos hospitalares e perdas de dias de trabalho, e, além disso, sua letalidade pode chegar a 40%, nos casos mais graves (Brasil, 2009).

As leptospirosas penetram no corpo pela pele, principalmente por arranhões ou ferimentos, e também pela pele íntegra, imersa por longos períodos na água ou lama contaminada (Ministério da Saúde, 2019). Assim, sua ocorrência está relacionada às precárias condições de infraestrutura sanitária e alta infestação de roedores infectados, sendo que as inundações propiciam a disseminação e a persistência do agente causal no ambiente, facilitando a ocorrência de surtos (Brasil, 2009). A figura 1 mostra o ciclo de transmissão da leptospirose e os agentes e vetores envolvidos.

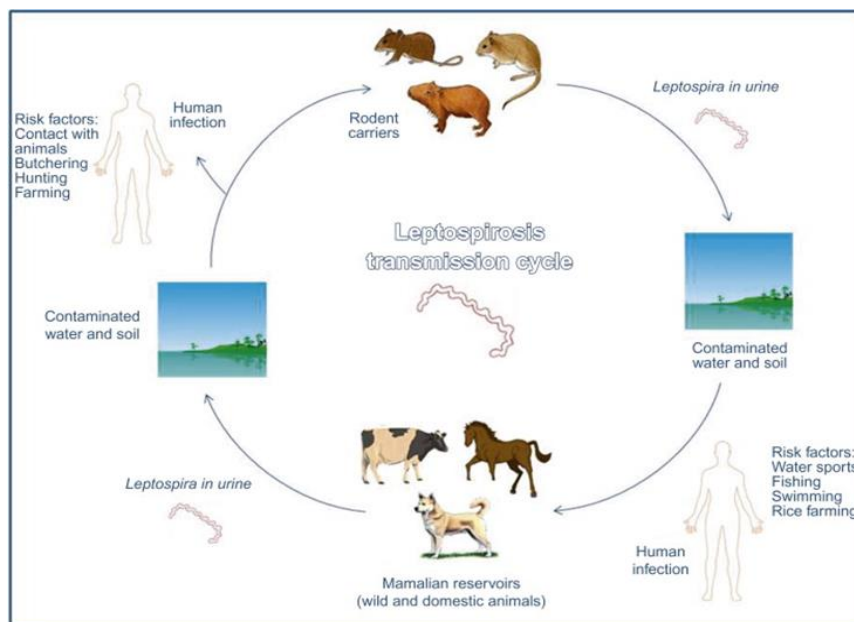


Figura 1. Ciclo da leptospirose. Fonte: Molecular Medical Microbiology (2015).

Dentre os fatores ligados ao agente etiológico da leptospirose que favorecem a persistência dos focos, é destacado o elevado grau de variação antigênica, a capacidade de sobrevivência no meio ambiente que pode ser de até 180 dias e a ampla variedade de animais suscetíveis que podem hospedar o microrganismo, principalmente os roedores, que são os reservatórios essenciais para a persistência dos focos da infecção. Outros reservatórios de importância são: caninos, suínos, bovinos, equinos, ovinos e caprinos (Brasil, 2009). A principal forma de infecção humana pela leptospirose resulta da exposição direta ou indireta à urina de animais infectados através da pele com presença de lesões, da pele íntegra imersa por longos períodos em água contaminada ou através de mucosas, sendo que o período de incubação da doença varia de 1 a 30 dias (Brasil, 2009).

A leptospirose apresenta distribuição universal e, no Brasil, é uma doença endêmica que torna-se epidêmica em períodos chuvosos, principalmente nas capitais e áreas metropolitanas, devido às enchentes associadas a aglomerações da população de baixa renda, às condições inadequadas de saneamento e à alta infestação de roedores infectados (Brasil, 2009). As transmissões das doenças de veiculação hídrica em escalas endêmicas e epidêmicas devem-se principalmente ao acesso à água, infraestruturas inadequadas de saneamento e drenagem, e falta de acesso a cuidados de saúde agravados por desastres naturais ou convulsões sociais (Hasan et al., 2018).

No período de 2013 a 2017, foram confirmados e notificados no Sinan 19.171 casos de leptospirose no Brasil (média anual de 3.834 casos), sendo 5.611 casos na região sudeste e 5.990 na região sul, regiões com maior incidência, como mostra a figura 2. E do total de casos nesse período, houveram 1.562 óbitos pelo agravo notificado, sendo 702 na Região sudeste.

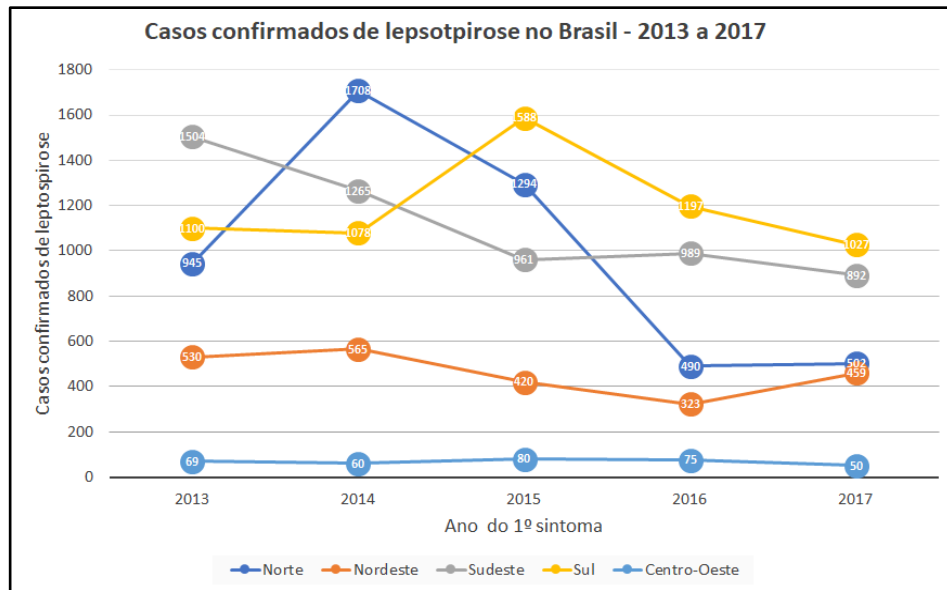


Figura 2: Número de casos confirmados de leptospirose no Brasil por região e ano. Fonte de dados: Ministério da Saúde/SVS - Sistema de Informação de Agravos de Notificação – Sinan.

Mesmo que o número de casos tenha diminuído ao longo dos anos, a leptospirose ainda é uma doença preocupante, e o estudo de seu comportamento e áreas de incidência é importante para a tomada de ações pertinentes de saúde pública.

Contextualizando alguns fatores de risco para a infecção da leptospirose, a figura 3 indica sobre algumas relações entre o ambiente, no caso focado em ambientes alagados, animais e humanos, e em como as mudanças climáticas, o crescimento da população e a pressão sobre os recursos naturais pode influir no risco da leptospirose. Como surtos anteriores de doenças de áreas alagadas demonstraram, a combinação da intensificação prevista de eventos climáticos extremos, necessidades de terra e recursos naturais crescentes pelos humanos e perda de biodiversidade, no futuro provavelmente pode impulsionar a transmissão de doenças infecciosas, resultando em um aumento de doenças transmitidas pela água, particularmente onde a infraestrutura de saneamento é pobre (Derne et al., 2015).

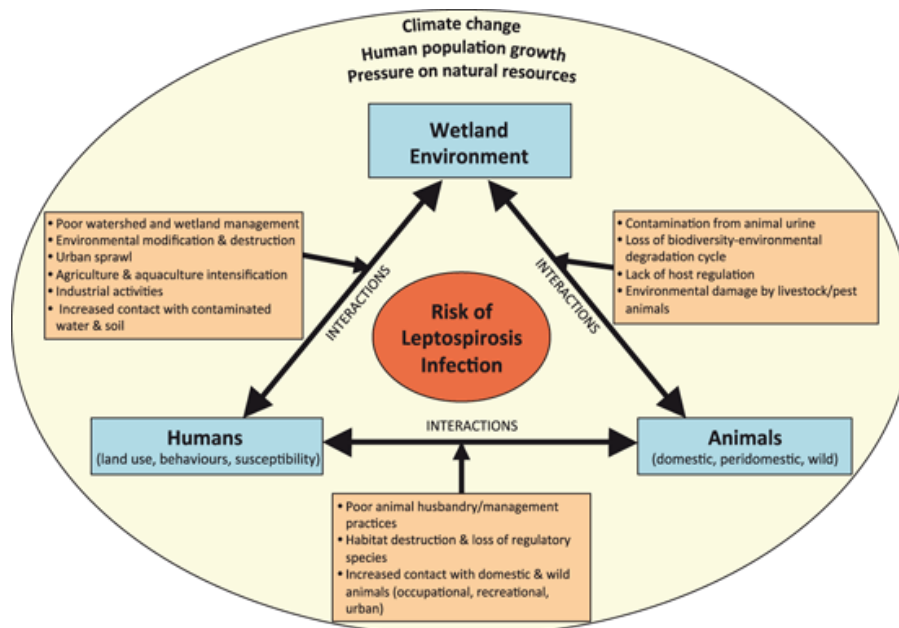


Figura 3. Interações entre ambiente, animais e humanos que refletem no risco de infecção da leptospirose.  
Fonte: Derne B., Weinstein P., Lau C. (2015).

Como resultados das interações entre animais e ambientes alagados, pode-se considerar a contaminação com a urina dos animais, falta de regulação do hospedeiro, danos ambientais por pragas e degradação. Entre os animais e humanos, tem-se as más práticas de manejo de animais, destruição de habitats com a perda de espécies reguladoras e aumento do contato com animais domésticos e selvagens, seja por via ocupacional, recreacional ou urbana. Já entre os ambientes alagados e humanos, deve-se considerar a falta ou má gestão de bacias hidrográficas, modificação e destruição do ambiente, expansão urbana, intensificação da agricultura e aquicultura, atividades industriais e o aumento do contato humano com água e solo contaminados. Todas essas interações geram consequências, e, suas inter-relações levam ao maior ou menor risco da leptospirose. Considerando que a leptospirose não ocorre somente próxima de áreas alagadas, é importante salientar que essas interações são algumas, das muitas outras que podem ocorrer entre a bactéria e a infecção animal e humana. Por isso, é importante buscar entender as complexas relações entre as variáveis e o quanto são importantes na epidemiologia da leptospirose.

Por conseguinte, o presente trabalho busca realizar uma análise exploratória de possíveis fatores socioeconômicos e ambientais que podem estar relacionados com a incidência da leptospirose na Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, considerando o período de 2013 a 2017 e alguns índices e indicadores aplicados no estado de São Paulo, além de sua distribuição no espaço geográfico.

## 2. Metodologia de Trabalho

A área de estudo ilustrada na figura 4, é a Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte (RMVPLN), composta por 39 municípios. De acordo com o IBGE, a mesorregião do Vale do Paraíba é composta por 6 microrregiões, sendo elas: Campos do Jordão com 4 municípios, São José dos Campos com 8 municípios, Guaratinguetá com 11 municípios, Bananal com 5 municípios, Paraibuna/Paraitinga com 7 municípios e Caraguatatuba com 4 municípios.

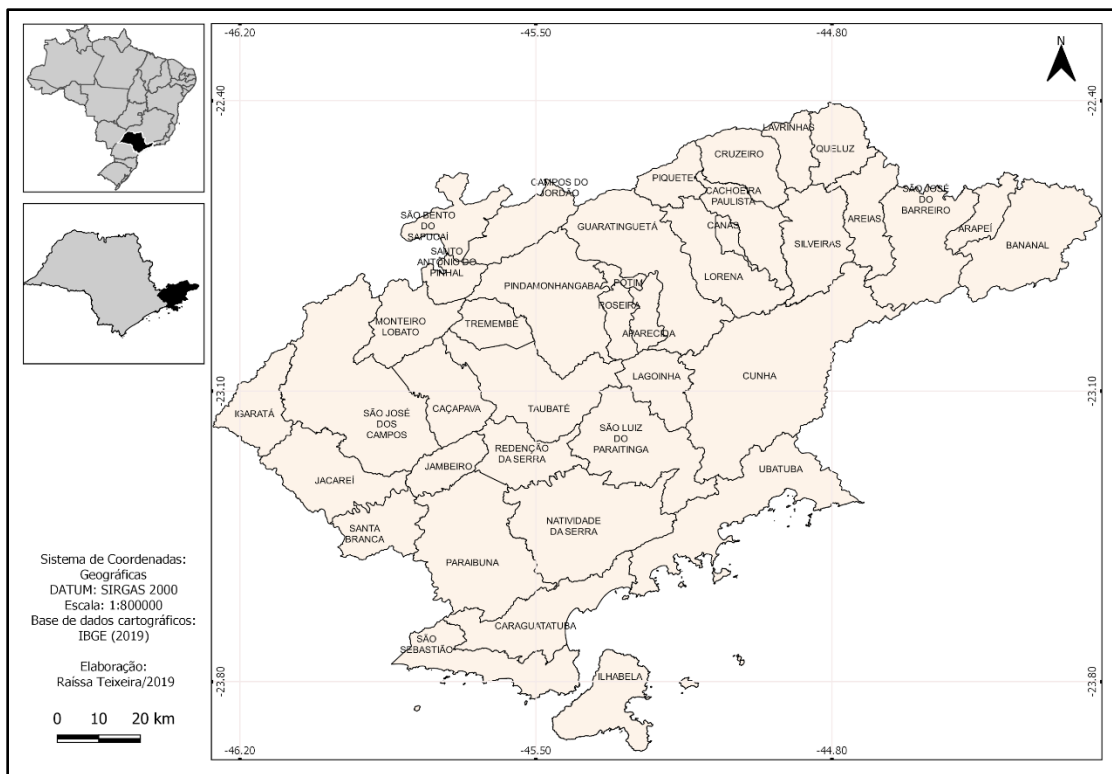


Figura 4. Área de estudo.

É uma região de grande de grande importância socioeconômica, devido a sua concentração de considerável parcela do PIB do Brasil, grande industrialização, localização entre as grandes capitais, São Paulo e Rio de Janeiro, por onde passam importantes rodovias, além formar parte da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul.

Dos 39 municípios da região de estudo, vários não apresentam registros de casos confirmados de leptospirose, seja no período inteiro de registro, ou no período considerado para o presente trabalho. E isso pode gerar certas incertezas quanto à notificação adequada, feita de forma manual, e quanto a não existência de casos. Por isso, foi feito um filtro para seleção apenas de municípios que registraram pelo menos um caso da doença no período entre 2013 e 2017 para a relação entre incidência e os indicadores. Assim, os municípios sem registros de leptospirose foram retirados, sendo eles: Arapeí, Lagoinha, Lavrinhas, Monteiro Lobato, Natividade da Serra, Roseira, São Bento do Sapucaí, São José do Barreiro, São Luís do Paraitinga, Tremembé, Aparecida, Areias, Canas, Cunha, Redenção da Serra, e Santo Antônio do Pinhal.

Os municípios selecionados somaram 23 no total, sendo eles: Bananal, Caçapava, Cachoeira Paulista, Campos do Jordão, Caraguatutuba, Cruzzeiro, Guaratinguetá, Igaratá, Ilabela, Jacareí, Jambuí, Lorena, Paraiibuna, Pindamonhangaba, Piquete, Potim, Queluz, Santa Branca, São José dos Campos, São Sebastião, Silveiras, Taubaté e Ubatuba. E, durante a observação dos indicadores, quando não haviam dados do município, ou mesmo casos confirmados de leptospirose no ano de interesse, esses municípios foram retirados dos gráficos de dispersão.

Para este trabalho, foram utilizados os dados de notificação de leptospirose extraídos do DATASUS, o Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil. O DATASUS

disponibiliza informações que podem servir para subsidiar análises objetivas da situação sanitária, tomadas de decisão baseadas em evidências e elaboração de programas de ações de saúde. Os dados são provenientes do Ministério da Saúde/SVS por meio do Sistema de Informação de Agravos de Notificação - Sinan, que tem como objetivo coletar, transmitir e disseminar dados gerados rotineiramente pelo Sistema de Vigilância Epidemiológica das três esferas de Governo, por meio de uma rede informatizada, para apoiar o processo de investigação e dar subsídios à análise das informações de vigilância epidemiológica das doenças de notificação compulsória.

Os dados epidemiológicos obtidos foram os casos registrados como casos confirmados considerando a data do primeiro sintoma, assim como a localização utilizada por município de residência do paciente. Possuem resolução temporal anual e resolução espacial municipal, e foram filtrados para os anos de 2013 a 2017 nos municípios de interesse no estudo. Os dados foram organizados em tabelas, relacionados aos seus respectivos códigos municipais. Depois, foi calculada a incidência da leptospirose por município, como mostrado na fórmula [1].

$$\frac{\text{número de casos notificados no ano}}{\text{tamanho populacional no ano}} \times 10.000 \quad [1]$$

Para isso, foram utilizadas as estimativas populacionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE para cada ano de interesse, além de obter da mesma fonte, os dados vetoriais do Brasil e dos municípios, onde foi criado o shapefile de interesse através de operações de geoprocessamento utilizando o software QGIS.

Com os dados epidemiológicos do portal DATASUS, e os possíveis filtros de dados, foram agrupados os casos confirmados de leptospirose por município e sexo. Assim como também foram agrupados por faixa etária, para geração de gráficos comparativos.

Foram selecionados índices e indicadores que representam fatores que podem se relacionar com a leptospirose para uma comparação espacial com a incidência, assim como para a verificação do gráfico de dispersão da relação entre esses índices e a incidência.

A densidade demográfica foi o primeiro índice selecionado para verificar a relação com a incidência da leptospirose no ano de seu respectivo cálculo. Apresenta densidade demográfica (habitantes/km<sup>2</sup>) por município em 2016, e foi um dado estimado pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados - SEADE, disponibilizado no Sistema Ambiental Paulista - DataGEO. Foi um indicador selecionado devido à abordagem da densidade populacional como um dos indicadores ambientais utilizados em outros trabalhos na literatura (Gracie et al., 2014; Barcellos & Sabroza, 2000; Schneider et al., 2012).

Outro índice utilizado no estudo foi o Índice de Cobertura Vegetal Nativa, que apresenta a relação entre os remanescentes florestais identificados pelo inventário florestal de 2008/2009 e a área total do município, fornecendo o percentual de cobertura vegetal nativa por município. É disponibilizado na plataforma DataGEO, e foi produzido pela SMA/CPLA/DIA/CDA, com base na união de tabelas alfanuméricas fornecidas pelo Instituto Florestal do Estado de São Paulo. Foi selecionado considerando que na literatura sugere-se que não apenas os campos de arroz, mas florestas, florestas secundárias e sua interface com campos agrícolas também são áreas de risco potencial para infecção por leptospirose em humanos (Ivanova et al., 2012). Além disso, também são citados fatores que envolvem a proporção de uso da terra envolvendo o tipo de cobertura, seja

por terras agrícolas, pastagens, pradarias e florestas (Gracie et al., 2014), e fatores da paisagem (Mwachui et al., 2015).

O Índice de Atendimento de Água (IAA) disponibilizado na plataforma DataGEO foi mais um índice utilizado, que representa a porcentagem da população total de cada município efetivamente atendida por abastecimento público de água, sendo dividida em três classes: ruim quando o IAA é inferior a 50%, regular quando o IAA é superior ou igual a 50 % e inferior a 90%, e bom quando o IAA é superior ou igual a 90%. Foi produzido pela SMA/CPLA/DIA/CDA, com base na união de tabelas alfanuméricas fornecidas pelo Ministério das Cidades. Este índice foi selecionado baseando-se em abordagens na literatura, que consideraram fatores relacionado ao atendimento e acesso a água tratada ou encanada pela população como fator possivelmente associado à leptospirose (Gracie et al., 2014, Mwachui et al., 2015; Barcellos & Sabroza, 2000; Dias et al., 2007; Bacallao et al., 2014; Ashford et al., 2000).

O Índice de Gestão de Resíduos (IGR) é um indicador que avalia a gestão e a disposição dos resíduos sólidos nos municípios. Considera em sua composição o Índice da Qualidade de Aterros (IQR), o Índice de Usinas de Compostagem (IQC) e o Índice de Qualidade de Gestão de Resíduos (IQG) e foi baseado no ano de 2014. Ele foi calculado ponderando-se o valor do IQG, IQR e IQC, nas seguintes proporções:  $IGR = 0,6 * IQG + 0,35 * IQR + 0,05 * IQC$ . A coleta de dados foi realizada por meio de questionário estruturado enviado aos 645 municípios de São Paulo. E desses municípios, foram selecionados aqueles pertencentes à Região do Vale do Paraíba. Foi selecionado considerando outros trabalhos que se referenciam à coleta de resíduos, descarte de lixo incorreto ou adequada disposição dos resíduos como questões relacionadas à leptospirose (Gracie et al., 2014; Barcellos & Sabroza, 2000; Dias et al., 2007; Bacallao et al., 2014).

Já o Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana do Município em 2015 (ICTEM) é um indicador disponibilizado pelo DataGEO que tem como objetivo obter a medida entre a efetiva remoção da carga orgânica, em relação à carga orgânica potencial, gerada pela população urbana, sem deixar entretanto, de observar a importância relativa dos elementos formadores de um sistema de tratamento de esgotos, que prevê de maneira física, a coleta, o afastamento e o tratamento dos esgotos, que deve atender, por princípio, o disposto na legislação quanto à eficiência de remoção (superior a 80% da carga orgânica) e atendimento aos padrões de qualidade do corpo receptor dos efluentes. O indicador varia de 0 a 10, onde quanto maior o valor melhor a situação. O cálculo do ICTEM tem como referência Lopes Neto, J. C., Novaes, A. V., Soares, M. S. "Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana de Município - ICTEM", São Paulo, Cetesb, 2007, 28p. Os dados para o cálculo do ICTEM são inseridos num sistema pelas Agências Ambientais da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e calculados automaticamente. Esse indicador foi selecionado baseando-se em outros estudos disponíveis na literatura que abordam a leptospirose e utilizaram diferentes dados referentes à questão sanitária dos municípios e existência do tratamento de esgoto (Gracie et al., 2014; Bacallao et al., 2014; Hagan et al., 2016; Barcellos e Sabroza, 2000; Ashford et al., 2000; Mwachui et al., 2015; Dias et al., 2007).

De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal de 2010 (IDHM) é uma medida composta de indicadores de três dimensões do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda. O índice varia de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano. Este foi o último



índice para comparação com os dados de incidência da leptospirose. Este índice agrega três das mais importantes dimensões do desenvolvimento humano: a oportunidade de viver uma vida longa e saudável, de ter acesso ao conhecimento e ter um padrão de vida que garanta as necessidades básicas, representadas pela saúde, educação e renda. De acordo com o PNUD, vida longa e saudável é medida pela expectativa de vida ao nascer, calculada por método indireto a partir dos dados dos Censos Demográficos do IBGE. Esse indicador mostra o número médio de anos que as pessoas viveriam a partir do nascimento, mantidos os mesmos padrões de mortalidade observados no ano de referência. O padrão de vida é medido pela renda municipal per capita, ou seja, a renda média de cada residente de determinado município. É a soma da renda de todos os residentes, dividida pelo número de pessoas que moram no município - inclusive crianças e pessoas sem registro de renda. Os dados são do Censo Demográfico do IBGE, por esta razão foi utilizado o IDHM do ano de 2010, último a ser disponibilizado. O IDHM foi um indicador selecionado considerando que na literatura são relacionados fatores relacionados à pobreza (renda) e educação, que fazem parte das dimensões do desenvolvimento humano no cálculo do IDHM (Gracie et al., Barcellos & Sabroza, 2014).

Para todos os índices e indicadores abordados, foram plotados mapas utilizando o software QGIS para verificar a distribuição dos mesmos no espaço geográfico, assim como abordar sua relação com a incidência da leptospirose por gráficos de dispersão.

### 3. Resultados e Discussão

A figura 5 apresenta um gráfico com o número total de casos notificados para cada ano considerando os municípios da região de estudo. Como pode ser observado, após alguns anos de crescimento no número de casos de leptospirose até 2013, ocorreu uma estabilização, destacada em vermelho como o período selecionado para estudo nesse trabalho, entre os anos de 2013 e 2017.

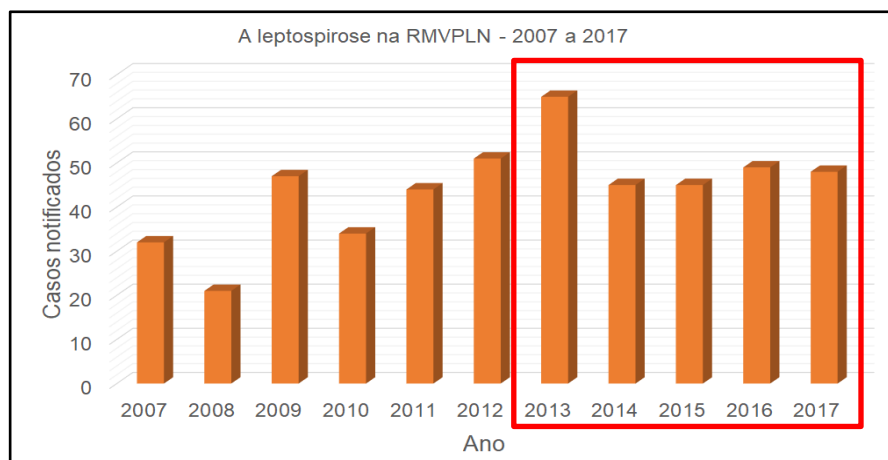


Figura 5. Número de casos notificados de leptospirose nos municípios da RMVPLN - 2007 a 2017.

É possível observar que entre os anos de 2014 e 2017 o número de casos confirmados ficou entre 40 e 50, e o ano de 2013 foi atípico considerando essa série mais histórica de 11 anos disponibilizada na plataforma do DATASUS. A seguir são apresentados os mapas de incidência da leptospirose ao longo dos 5 anos estudados, na figura 6.

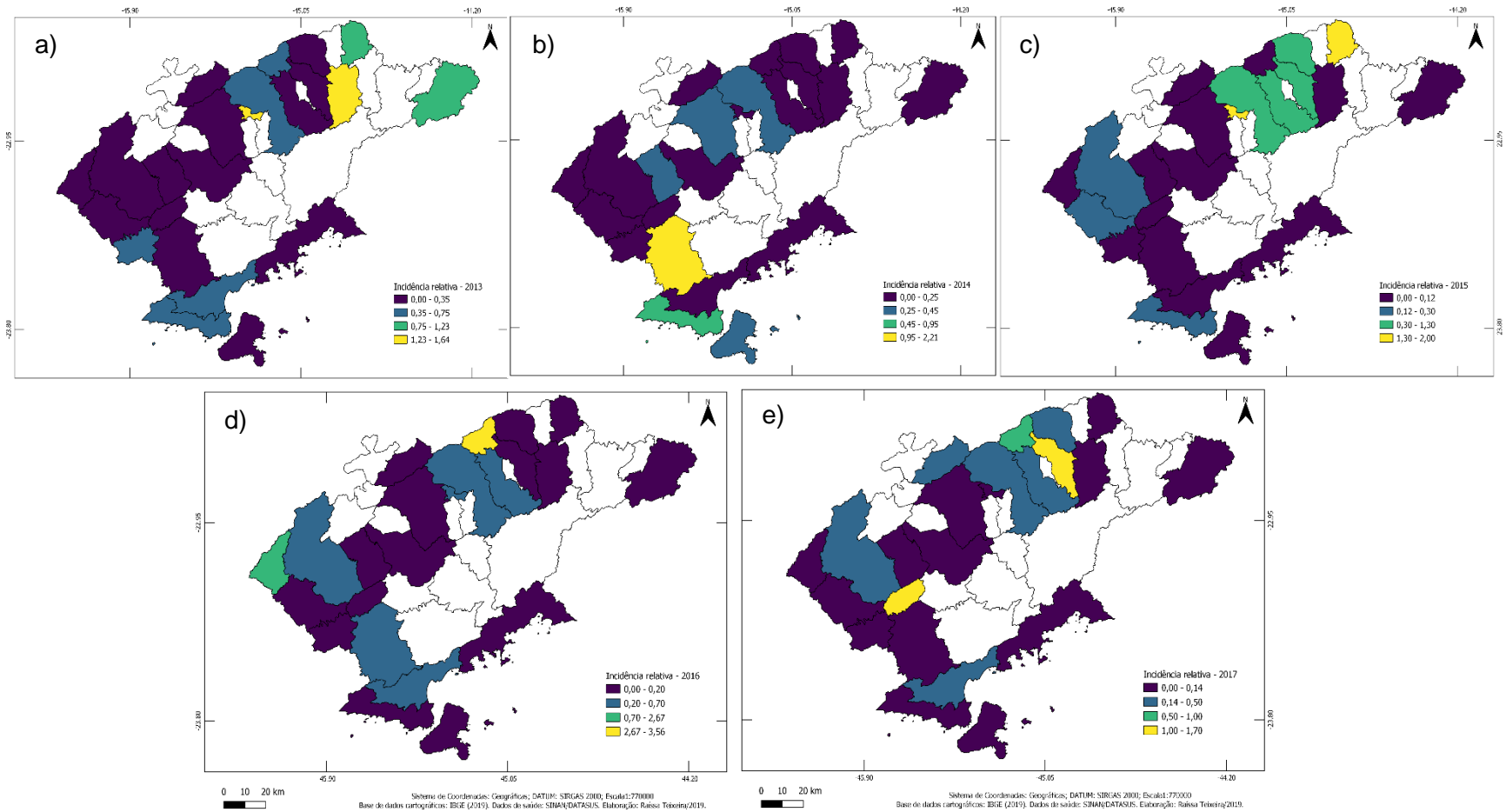


Figura 6. Mapas de incidência da leptospirose por ano. a) 2013, b) 2014, c) 2015, d) 2016 e d) 2017.

A distribuição da incidência da leptospirose mostrou-se heterogênea ao longo do período, tanto quantitativamente, visto que as escalas numéricas da incidência precisaram ser alteradas para cada ano para diferenciar os municípios entre si, assim como em sua distribuição geográfica. É importante reforçar que, apenas os municípios selecionados, que são os que tiveram pelo menos um caso confirmado no período, estão representados nos mapas com a cor referente à sua respectiva incidência. Os municípios que se encontram em branco são aqueles não incluídos nessa análise, para evitar interpretações errôneas.

Os municípios de Silveiras, Queluz, Bananal e Potim se destacaram com maiores incidências no ano de 2013, que foi o ano com maior número de casos registrados na região de estudo. Os municípios de Paraibuna e São Sebastião tiveram uma incidência mais destacada no ano de 2014. Algumas regiões mais específicas como a região de Guaratinguetá e Lorena mostraram uma maior incidência comparada aos outros municípios da região em diferentes anos, como 2015, 2016 e 2017, e, principalmente no ano de 2015 tiveram vários municípios próximos com incidência similar, incluindo Guaratinguetá, Lorena, Cachoeira Paulista e Cruzeiro, além de Queluz e Potim com maiores incidências. No ano de 2016, os municípios de Igaratá e Piquete se destacaram, e em 2017, Jambuí e Cachoeira Paulista.

Para avaliar se existe alguma prevalência da leptospirose em determinadas faixas etárias, o sistema do DATASUS permite a tabulação dos dados com a aplicação de diversos filtros, um deles é a separação de casos confirmados por faixas etárias pré-definidas. Foi selecionado o estado de São Paulo para possibilitar a observação de um maior número de casos. A figura 7 apresenta os resultados encontrados.

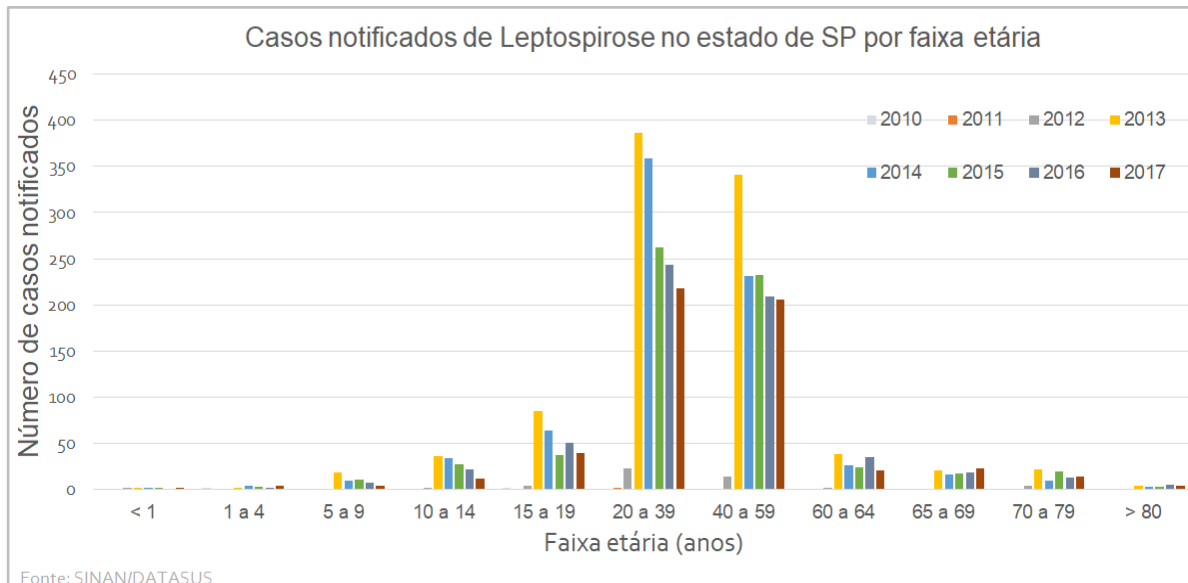


Figura 7. Número de casos notificados no estado de São Paulo por faixa etária.

Foi observada uma maior ocorrência entre as pessoas de 20 a 39 anos, e de 40 a 59 anos, em todos os anos considerados. Essa faixa etária é considerada a que domina a população que trabalha, ou seja, a idade em que está concentrada a população trabalhadora ativa. Esse resultado pode levantar algumas questões como por exemplo, sobre qual foi a forma de infecção, podendo ser relacionada ao período de trabalho. Inclusive, algumas atividades, principalmente em áreas

alagáveis como plantações de arroz, são trabalhos citados na literatura como possíveis meios de contaminação, entre outras atividades ocupacionais como as que possibilitam a manipulação e o contato com resíduos e esgoto (Hagan et al., 2016; Mwachui et al., 2015; Reis et al., 2008).

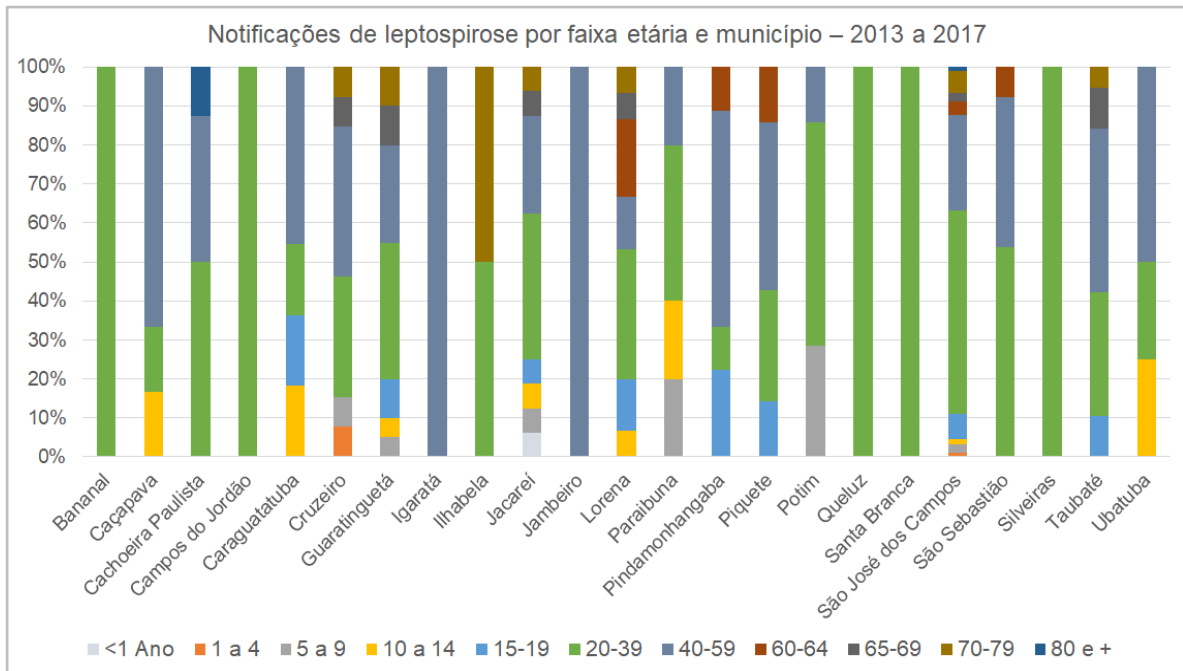


Figura 8. Proporção de casos de leptospirose por faixa etária nos municípios selecionados da RMVPLN.

Na figura 8, também são mostrados os casos notificados de leptospirose por faixa etária, porém para os municípios selecionados da RMVPLN no período de 2013 a 2017. É possível observar que há uma mesma dominância, como no estado de São Paulo, das faixas etárias de 20 a 39 anos e 40 a 59 anos. Porém, é possível observar também que em alguns municípios existe também um considerável número de casos em outras faixas etárias, como de 60 a 64 anos, 10 a 14 anos, e 15 a 19 anos, mostrando uma heterogeneidade entre os municípios na ocorrência da doença entre suas populações. Foram selecionados alguns municípios com o número bruto de casos notificados por faixa etária, para uma comparação mais refinada, mostrando a variabilidade entre eles, como mostrado na figura 9.

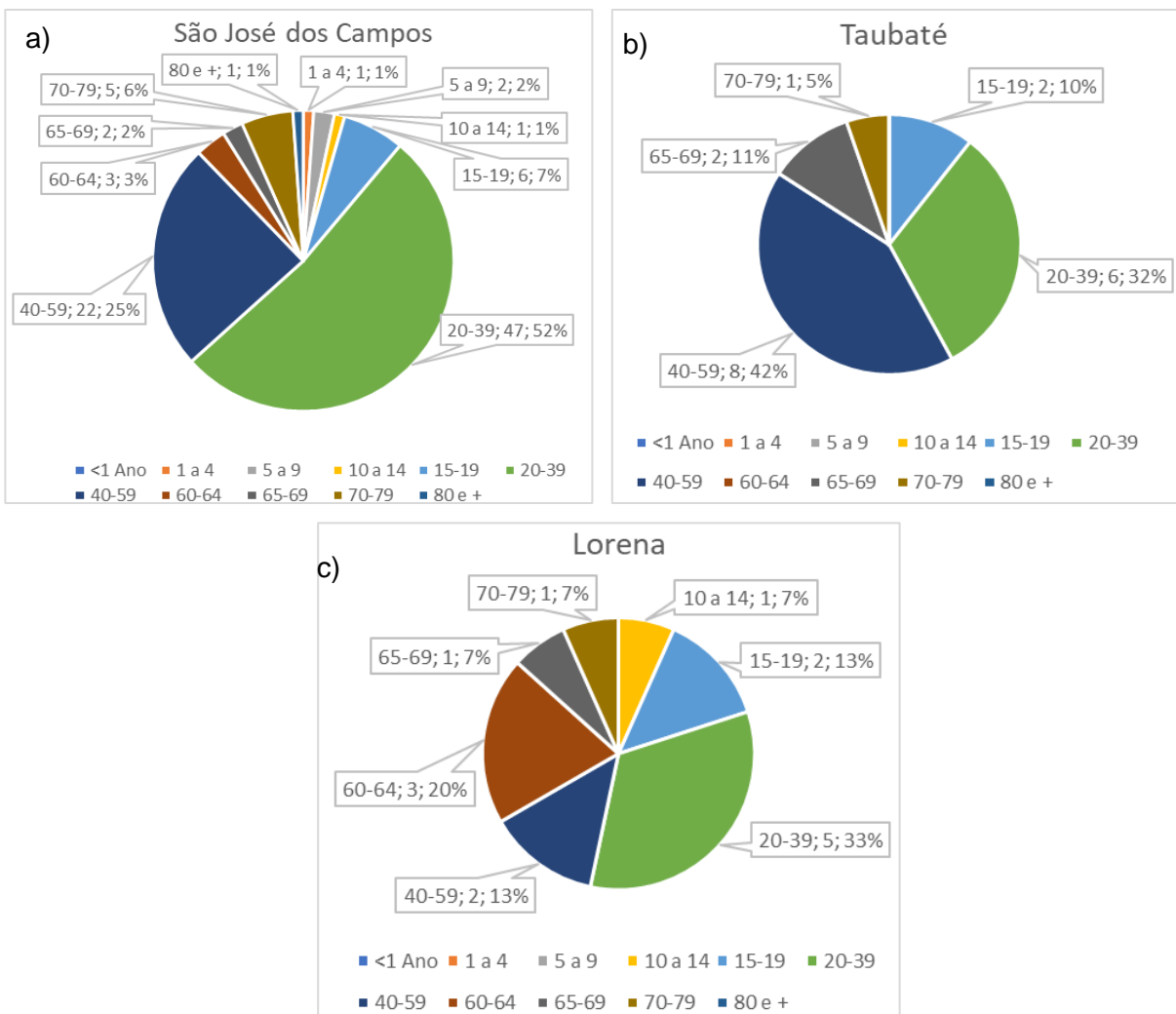


Figura 9. Proporção de casos de leptospirose por faixa etária nos municípios de a) São José dos Campos, b) Taubaté e c) Lorena.

Nos gráficos apresentados na figura, é possível observar uma heterogeneidade na distribuição dos casos por faixa etária em municípios diferentes. No município de São José dos Campos há um domínio da faixa etária de 20 a 39 anos com aproximadamente 50% dos casos, em segundo lugar a faixa de 40 a 59 anos, representando cerca de 25% dos casos. Já os outros 25% são distribuídos entre outras faixas etárias, com destaque para a de 70 a 79 anos e 15 a 19 anos. São José dos Campos mostra casos notificados em várias faixas etárias, e isso pode ser possivelmente explicado pela sua maior população comparada aos outros municípios da região. Já no município de Taubaté a faixa etária com mais casos é a de 40 a 59 anos, seguida pela de 20 a 39 anos. Diferente de São José dos Campos, há um considerável número de casos na faixa etária de 65 a 69 anos, assim como de 15 a 19 anos. E por fim, no município de Lorena, foi possível identificar uma maior homogeneidade de faixas etárias atingidas pela leptospirose. Se destacando primeiramente a de 20 a 39 anos, em seguida tem-se a faixa de 60 a 64 anos. São necessários estudos mais aprofundados para afirmações mais concretas, mas é possível levantar possíveis causas como a maior quantidade de pessoas que trabalham na área rural, que geralmente se concentra a população mais velha que ainda trabalha ativamente, possivelmente no município de Lorena.

Outra comparação que pode ser feita, é se mais pessoas do sexo masculino ou feminino se contaminaram com a leptospirose na região. A figura 10 mostra essa comparação.

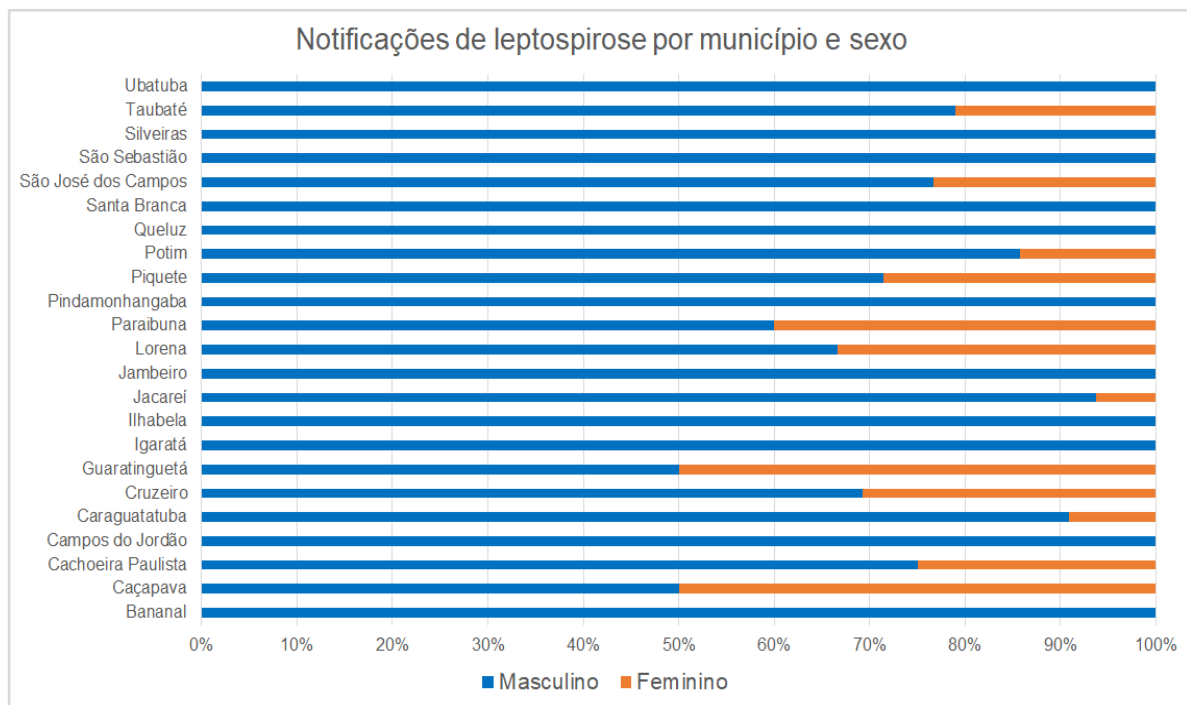


Figura 10. Notificações de casos de leptospirose por sexo nos municípios selecionados da RMVPLN.

É possível observar um maior domínio da população do sexo masculino acometida pela doença. Nos municípios de Guaratinguetá e Caçapava há um equilíbrio de casos confirmados entre os sexos. E, nos municípios que tiveram apenas pessoas de um sexo infectadas pela doença, foram sempre do sexo masculino. Nessa situação também podem entrar outros questionamentos sobre a população trabalhadora, pois, mesmo que esta situação venha mudando muito nos últimos anos, ainda é comum que os homens da residência sejam os responsáveis pela renda, ou seja, por trabalhar fora de casa, enquanto as mulheres cuidam da casa e dos filhos, o que pode influir em um maior risco de exposição dos homens à contaminação, dependendo de suas funções.

Os índices socioeconômicos e ambientais selecionados resultaram em mapas contendo todos os dados disponíveis. Ou seja, nos mapas foram considerados todos os municípios, inclusive os que não foram selecionados para as comparações com a incidência, apenas para permitir melhor interpretação da região, mesmo que nem todos os municípios tenham seus dados disponibilizados. A figura 11 apresenta o primeiro índice, de densidade demográfica.

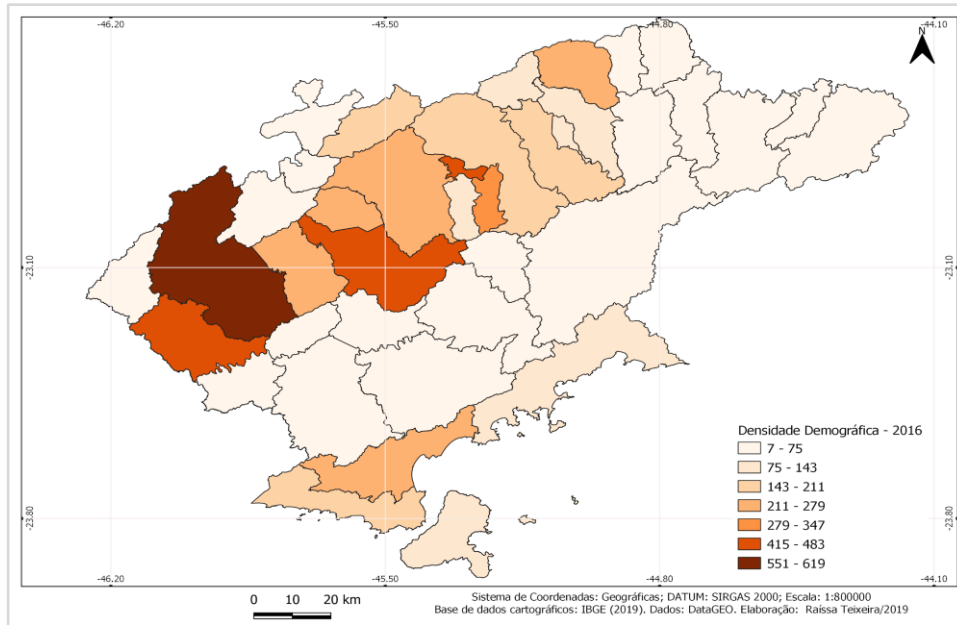


Figura 11. Densidade demográfica por município na RMVPLN.

Para o índice de densidade demográfica, esperava-se uma relação positiva, visto que, quanto maior a população, provavelmente haveria maior incidência da leptospirose. Entretanto, visualmente, os municípios com maior densidade demográfica, localizados na região que abrange um trecho da Rodovia Presidente Dutra, na maioria dos anos não tiveram uma incidência tão destacada dentre os outros municípios. Mas, é possível observar que, a grande maioria dos municípios com menor densidade demográfica faz parte do grupo de municípios retirado do estudo, pois não tiveram casos notificados de leptospirose no período.

Para o gráfico de dispersão entre os dados de incidência e densidade demográfica, foram retirados alguns outros municípios, que tiveram incidência zerada no ano de 2016, que foi o ano do cálculo da estimativa de densidade utilizado. Foram retirados os municípios de Bananal, Cachoeira Paulista, Ilhabela, Jambeiro, Queluz, Santa Branca, Silveiras, além dos retirados anteriormente. A figura 12 apresenta o resultado do gráfico de dispersão.

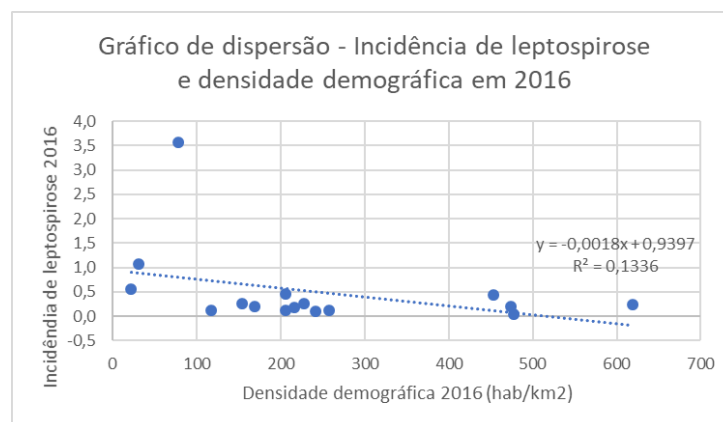


Figura 12. Gráfico de dispersão entre a densidade demográfica e a incidência de leptospirose.

O gráfico indica uma relação negativa, pouco significativa entre as variáveis. Ou seja, não segue a hipótese de que uma maior densidade demográfica influi em uma maior incidência. No estudo de Gracie et al., foi encontrada correlação negativa no período endêmico e epidêmico na escala de setores censitários, e uma possível explicação foi de que esses fracos valores de correlação podem ser explicados pelo pequeno número de casos e a instabilidade estatística gerada pela pequena população que vive nos setores censitários, algo que pode ser considerado neste estudo, mesmo que em escala municipal. E, no trabalho de Schneider et al. (2012), foi abordado que os departamentos da região de estudo têm maior densidade populacional e, provavelmente têm um mais fácil acesso às unidades de saúde, assim, há de se considerar que é possível que, por ter maior densidade, ou seja, por serem municípios maiores, possivelmente há melhores condições de atendimento de saúde, além de que muitas vezes, pessoas de cidades menores acabam por procurar atendimento em cidades maiores, e o registro da doença pode ser erroneamente alocado para outro município.

O índice de cobertura vegetal, apresentado na figura 13, mostrou uma cobertura maior na região do litoral, incluindo os municípios de Ubatuba, Caraguatatuba, São Sebastião e Ilhabela, que se explica pela presença da mata atlântica ainda preservada no Parque da Serra do Mar, além das regiões onde se encontram os municípios de São José do Barreiro e Bananal, e na Serra da Mantiqueira com Campos do Jordão, São Bento do Sapucaí, Santo Antônio do Pinhal e Monteiro Lobato. Apesar de o índice de cobertura vegetal ser de 2009, é possível fazer uma comparação. Visualmente, nos municípios do litoral que possuem alta cobertura vegetal, em geral, no período de estudo, não apareceram em destaque com alta incidência comparados a outros municípios, exceto por São Sebastião no ano de 2014, e uma menor incidência, mas não tão baixa, em Caraguatatuba na maioria dos anos do período estudado. Na Região da Serra da Mantiqueira, a maioria dos municípios não entrou para a seleção devido à inexistência de casos, apenas Campos do Jordão. E pode-se dizer que, na maioria dos anos não foi identificada grande incidência da leptospirose, apenas uma variação no ano de 2017. Nesse caso, como a variável foi selecionada devido a citação na literatura referente à relação da floresta com a presença dos vetores da leptospirose, seriam necessários outros tipos de dados para uma melhor avaliação desta relação, como levantamentos de infestações de roedores nas áreas urbanas, análises laboratoriais, entre outros.



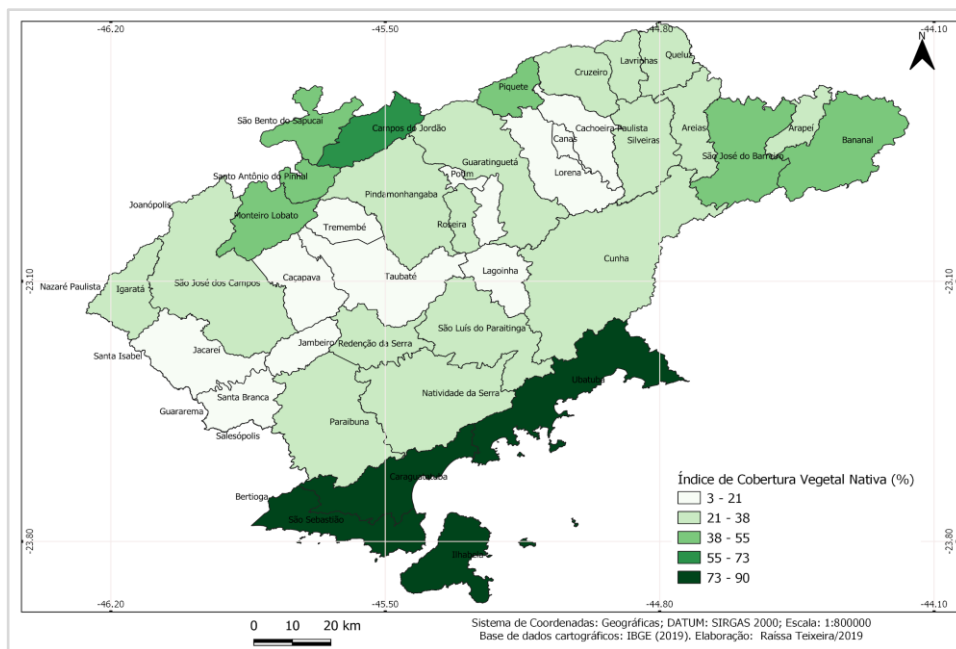


Figura 13. Índice de cobertura vegetal por município.

O gráfico de dispersão dos dados de cobertura vegetal com dados de incidência no ano de 2013 é apresentado na figura 14. Para sua plotagem, foram retirados os municípios com zero incidência no ano de 2013, sendo eles: Campos do Jordão, Igaratá, Ilhabela, Jambeiro, Paraibuna. Assim, evitou-se outliers em excesso. A dispersão apresentou uma relação negativa muito baixa.

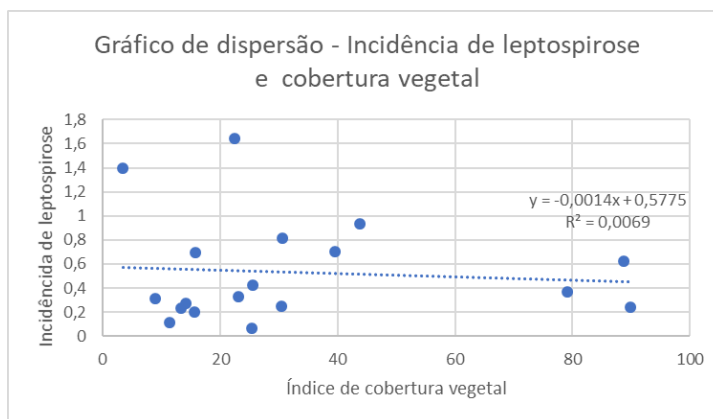


Figura 14. Gráfico de dispersão entre o Índice de cobertura vegetal e a incidência de leptospirose.

O Índice de Atendimento de Água (Figura 15) apresentou uma ótima cobertura para os municípios que fazem parte do trecho ao longo da Rodovia Presidente Dutra, que liga as grandes cidades de São Paulo e Rio de Janeiro. Foi possível observar que, alguns municípios com cobertura média de atendimento de água, entre 63 a 75%, tiveram incidências mais destacadas em alguns anos do período. Por exemplo, Queluz em 2013 e 2015, Silveiras em 2013, Bananal em 2013, Jambeiro em 2017, e Igaratá em 2016 com 50 a 63% de atendimento de água. Visualmente existe uma certa dificuldade de fazer a relação, considerando que o ano do índice é 2015, o ano do meio do período, disponibilizado na plataforma.

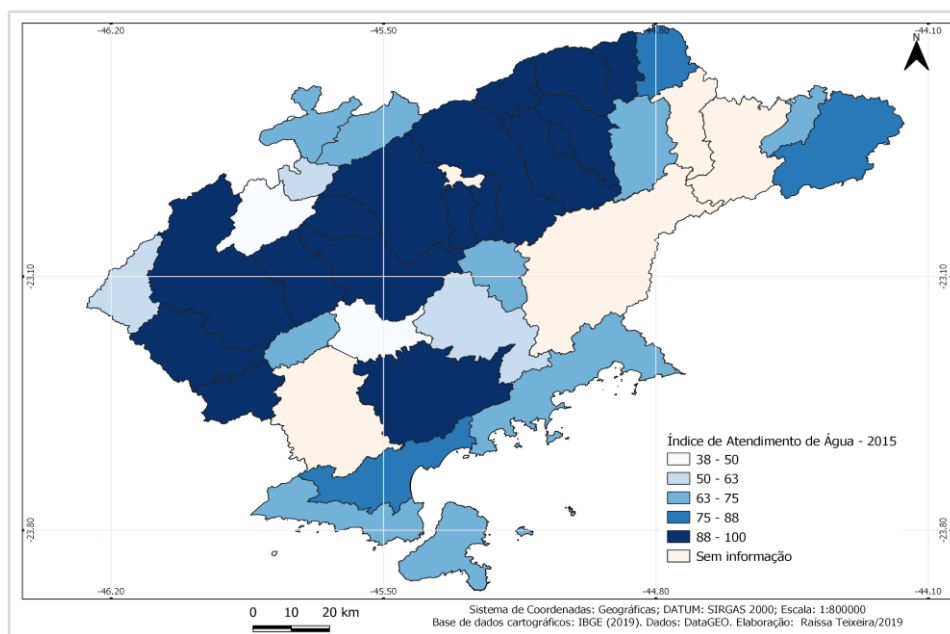


Figura 15. Índice de Atendimento de Água.

Para o gráfico de dispersão, foi necessária a retirada dos municípios que não continham a informação, além daqueles com zero incidência, restando apenas 10 municípios para a comparação: Cachoeira Paulista, Caraguatatuba, Cruzeiro, Guaratinguetá, Jacareí, Lorena, Queluz, São José dos Campos, São Sebastião, Taubaté. Seu resultado é apresentado na figura 16.

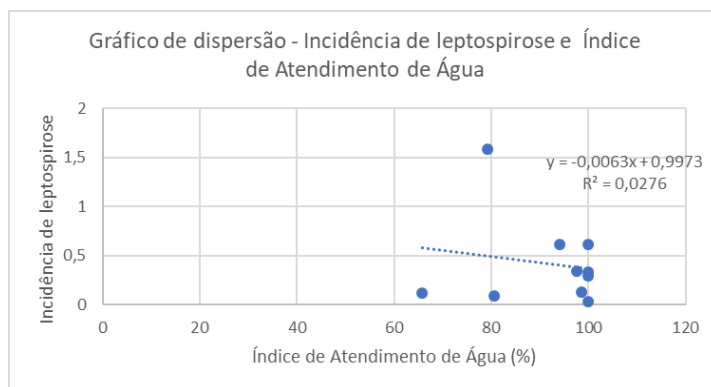


Figura 16. Gráfico de dispersão entre o Índice de Atendimento de Água e incidência de leptospirose.

Observou-se uma relação negativa entre as variáveis, ainda que pouco significativa, mas que leva à discussão de que se existe atendimento de água, diminui a incidência. É uma discussão abordada na literatura, e precisa de estudos mais aprofundados e dados mais concretos.

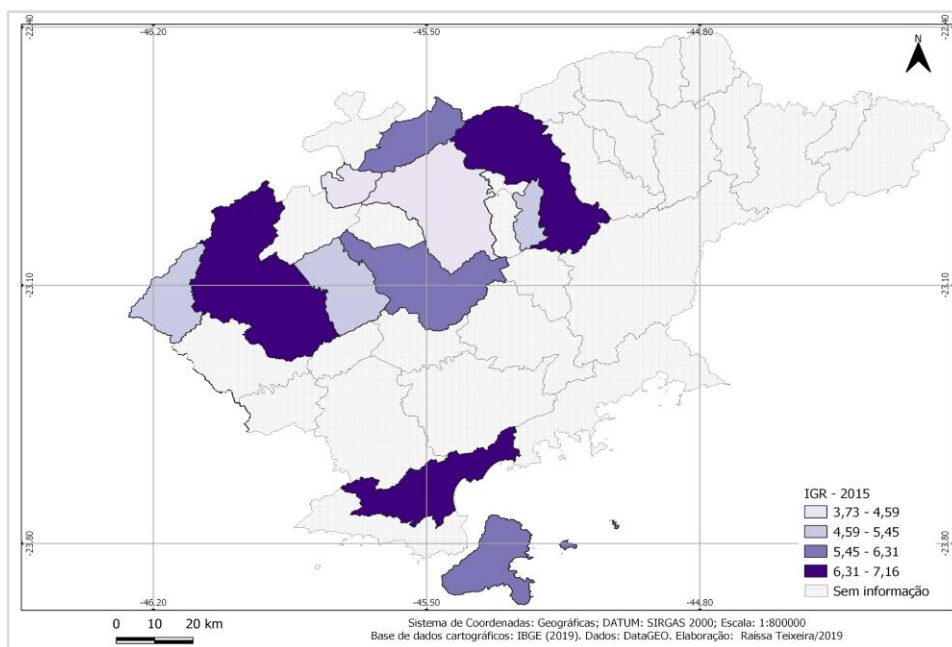


Figura 17. Índice de Gestão de Resíduos.

O Índice de Gestão Resíduos apresentado na figura 17, mostrou a ausência de dados em muitos municípios, e isso pode ser devido à maneira de obtenção das informações, que são de responsabilidade do próprio município. Por isso, apenas foi possível fazer a comparação com poucos municípios que tiveram alguma incidência. O município de Pindamonhangaba apresentou baixo IGR, e no ano de 2014 teve uma variação na incidência, com um aumento, comparando a outros anos. Igaratá, com um IGR médio, teve uma incidência mais destacada no ano de 2016, Caçapava e Ilhabela no ano de 2014. Observa-se uma falta de informação maior na região em que se encontram os municípios após Guaratinguetá, a leste, e nos municípios entre o litoral e a região onde passa a Via Dutra.

O gráfico de dispersão é apresentado na figura 18. Devido à falta de informações para o índice em grande parte dos municípios, além daqueles com incidência nula da doença no ano de 2015, somente quatro municípios puderam ter suas variáveis comparadas.

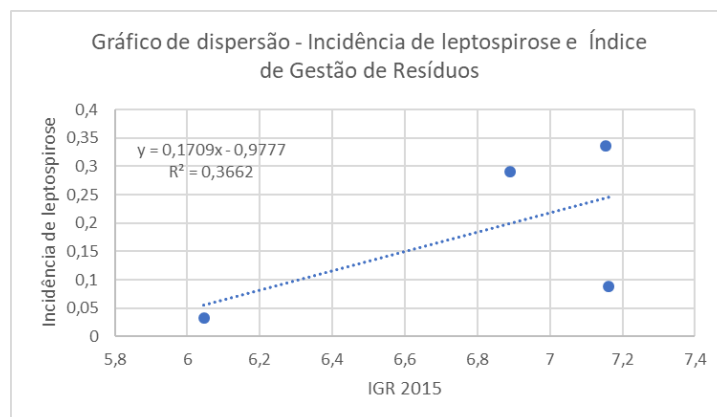


Figura 18. Gráfico de dispersão entre o Índice de Gestão de Resíduos e incidência de leptospirose.

O gráfico mostrou uma relação positiva entre as variáveis, porém, devido a falta de informação adequada, não pode ser considerado um resultado representativo. Espera-se que quanto maior a gestão de resíduos em um local, menor o acúmulo de lixo em locais que possibilitam a proliferação de roedores, e menor seria a ocorrência da doença. Porém, a relação positiva das variáveis indica o contrário. Por isso, devem ser buscadas outras formas de identificação da gestão correta de resíduos nos municípios.

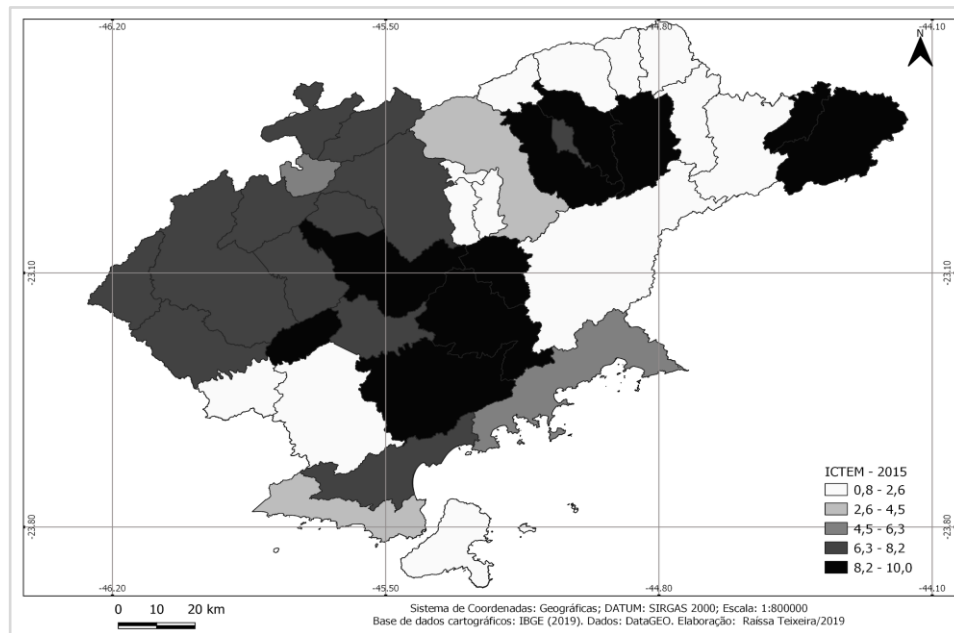


Figura 19. Indicador de Coleta e Tratabilidade de Esgoto da População Urbana.

O ICTEM, apresentado na figura 19, visualmente, mostra uma baixa relação com a incidência, visto que, nos municípios do litoral, onde há considerável menor ICTEM, também há baixa incidência, e, na maioria dos municípios que tem alto ICTEM, não houve incidência no período de estudo, por isso não foram selecionados e não puderam ser intercomparados. O município que mostrou uma relação dentro do esperado é Guaratinguetá, que possui incidência da doença em todos os anos do período e baixo ICTEM.

O gráfico de dispersão para o ICTEM é mostrado na figura 20. É possível observar uma relação negativa, o que seria o esperado. Entende-se pelo resultado que quanto melhor o indicador de coleta e tratabilidade de esgoto, menor a incidência da leptospirose.

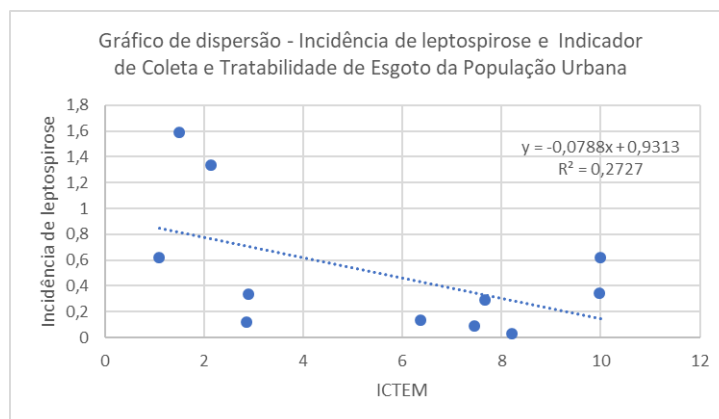


Figura 20. Gráfico de dispersão entre o ICTEM e incidência de leptospirose.

O último índice para comparação foi o IDHM. Assim como o IAA, o IDHM, em sua maioria, apresenta melhores valores nos municípios ao longo do trecho da Rodovia Presidente Dutra, como pode ser visto na figura 21.

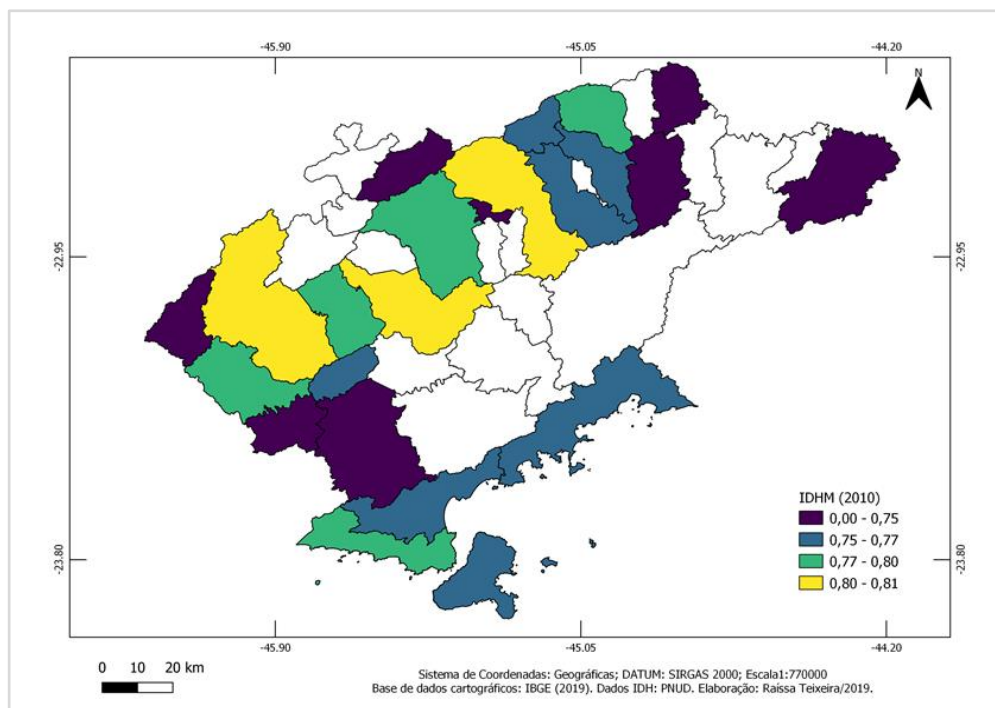


Figura 21. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal de 2010.

Alguns municípios que apresentam menor IDHM, se comparados dentro da região de estudo, tiveram incidência considerável da leptospirose em alguns anos, como Queluz em 2013 e 2015, Igaratá em 2016, Paraibuna em 2014, Bananal e Silveiras em 2013, ainda que seja referente ao ano de 2010, é o último disponível para a comparação.

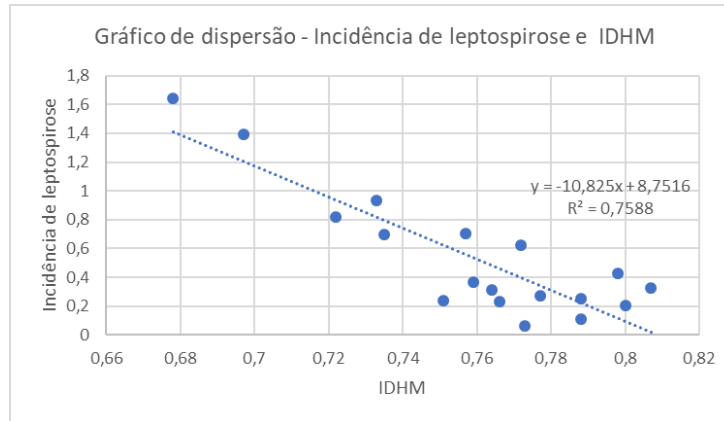


Figura 22. Gráfico de dispersão entre o IDHM e incidência de leptospirose.

O gráfico de dispersão entre as variáveis apresentado na Figura 22, foi o que apresentou a melhor relação positiva entre os dados, já com os municípios com zero incidência retirados. O resultado permite inferir que quanto melhor o IDHM, menor a incidência, o que era o esperado levando em consideração as dimensões do desenvolvimento humano no IDHM.

#### 4. Conclusões

O presente trabalho mostrou que, apesar das dificuldades de trabalhar com dados socioeconômicos devido às suas periodicidades, é preciso considerar que existe um conjunto de indicadores e fatores que interferem na relação população-saúde-doença. Como citado no trabalho de Gracie et al. (2014), um indicador isolado não pode explicar a incidência de uma doença infecciosa complexa como a leptospirose. Assim, é necessário sempre continuar a buscar explicações para as doenças e fatores que as propiciam, para que medidas de saúde pública sejam tomadas. Uma análise temporal é válida e interessante pois pode mostrar o comportamento dos fatores analisados ao longo dos anos.

Algumas regiões mostram homogeneidade de índices, como os municípios ao longo da Rodovia Presidente Dutra, que geralmente mostram resultados mais adequados, possivelmente por estarem localizados os maiores e mais desenvolvidos municípios na região de estudo. Por outro lado, a incidência da leptospirose nem sempre acompanha essa regularidade, e isso que incentiva o contínuo estudo de fatores socioeconômicos, ambientais e climáticos que podem se relacionar às doenças de uma forma geral, nesse caso, a leptospirose. O ICTEM e o IDHM foram os indicadores que mais se adequaram ao que era esperado como resultado. O IDHM apresentou o melhor valor de  $R^2$  no gráfico de dispersão dos dados, mas há a ressalva do ano em que foi calculado, e o intervalo que existe entre os censos de onde são extraídas as informações para o IDHM.

Diante de todo exposto, a incidência mostra uma heterogeneidade espaço-temporal, e, de acordo com os indicadores abordados no estudo, é necessário considerar que outros fatores podem estar afetando a doença, e nem sempre são colocados em indicadores e índices disponibilizados, assim como não seguem as limitações municipais. Sendo assim deve-se considerar a possibilidade de construir outros indicadores utilizando outras variáveis. Também, existe a incerteza da notificação em municípios menores, por ser realizada de forma manual e sujeita a equívocos. Para outros estudos sobre o tema, poderia ser realizada em trabalhos futuros a utilização de outras unidades de agregação dos dados ou grades, porém, nesse caso, a disponibilidade dos dados é mais

complexa. Outros fatores que poderiam ser utilizados para possíveis análises da relação com a leptospirose, segundo indicações de outros trabalhos publicados na área seriam a vulnerabilidade a inundações, proporção de uso urbano e uso urbano não consolidado, tipos de uso do solo como pastagem e agricultura, proporção de uso rural, e levantamentos de animais vetores da doença como fatores de risco.

## Referências Bibliográficas

Ashford, David A. et al. Asymptomatic infection and risk factors for leptospirosis in Nicaragua. **The American journal of tropical medicine and hygiene**, v. 63, n. 5, p. 249-254, 2000.

Bacallao, Jorge et al. Socioeconomic factors and vulnerability to outbreaks of leptospirosis in Nicaragua. **International journal of environmental research and public health**, v. 11, n. 8, p. 8301-8318, 2014.

Barcellos, Christovam; Sabroza, Paulo Chagastelles. 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, n. 4, p. 301-313, 2000.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Fundação Oswaldo Cruz. Sistemas de Informações Geográficas e Análise Espacial na Saúde Pública / Ministério da Saúde, Fundação Oswaldo Cruz; Simone M. Santos, Reinaldo Souza Santos, organizadores. - Brasília: Ministério da Saúde, 2007. 148 p.: il. – (Série B. Textos Básicos de Saúde) (**Série Capacitação e Atualização em Geoprocessamento em Saúde; 2**) ISBN 978-85-334-1421-1

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. **Diretriz para atuação em situações de surtos de doenças e agravos de veiculação hídrica**. 2018. Modo de acesso: World Wide Web: ISBN 978-85- 334-2668-9.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância Epidemiológica. **Guia de vigilância epidemiológica** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. 7. Ed. – Brasília, Ministério da Saúde, 2009. 816 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

DataGEO – Infraestrutura de dados espaciais ambientais do estado de São Paulo - IDEA-SP. Base territorial ambiental unificada.

Derne B., Weinstein P., Lau C. (2015) Wetlands as Sites of Exposure to Water-Borne Infectious Diseases. In: Finlayson C., Horwitz P., Weinstein P. (eds) Wetlands and Human Health. Wetlands: Ecology, Conservation and Management, vol 5. Springer, Dordrecht

Dias, Juarez Pereira et al. Factors associated with *Leptospira* sp infection in a large urban center in northeastern Brazil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 40, n. 5, p. 499-504, 2007.

Gracie, Renata 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, José 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, p. e0004275, 2016.

Hasan, M. A. et al. Quantification of Rotavirus Diarrheal Risk Due to Hydroclimatic Extremes Over South Asia: Prospects of Satellite-Based Observations in Detecting Outbreaks. **GeoHealth**, v. 2, n. 2, p. 70-86, 2018.

Hino, P., Villa, T., Sasaki, C., Nogueira, J., & Santos, C. (2006). Geoprocessamento aplicado à área da saúde. *Revista Latino-Americana De Enfermagem*, 14(6), 939-943. <https://doi.org/10.1590/S0104-11692006000600016>

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Dados Populacionais. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao>. Acesso em: 10 abr. 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Malhas municipais, Brasil. Disponível em: [ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao\\_do\\_territorio/malhas\\_territoriais/malhas\\_municipais/municipio\\_2017/Brasil/BR/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2017/Brasil/BR/). Acesso em: 13 jul. 2019.

Ivanova, Svilena et al. Leptospira and rodents in Cambodia: environmental determinants of infection. **The American journal of tropical medicine and hygiene**, v. 86, n. 6, p. 1032-1038, 2012.

Ministério da Saúde - Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan)/DATASUS.

Ministério da Saúde, 2019. Perguntas e Respostas. Leptospirose. Disponível em: <<http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/ebola/1322-saude-de-a-a-z/leptospirose/9711-perguntas-e-respostas>>. Acesso em: 10 set. 2019.

Molecular Medical Microbiology (Second Edition). Volume 3, 2015, Pages 1973-1990

Mwachui, Mwanajaa Abdalla et al. Environmental and behavioural determinants of leptospirosis transmission: a systematic review. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 9, n. 9, p. e0003843, 2015.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD.

Reis, Renato B. et al. Impact of environment and social gradient on Leptospira infection in urban slums. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 2, n. 4, p. e228, 2008.

Schneider, Maria et al. Leptospirosis outbreaks in Nicaragua: identifying critical areas and exploring drivers for evidence-based planning. **International journal of environmental research and public health**, v. 9, n. 11, p. 3883-3910, 2012.