

Incidência da leptospirose em uma capital da Amazônia Ocidental brasileira e sua relação com a variabilidade climática e ambiental, entre os anos de 2008 e 2013*

doi: 10.5123/S1679-49742019000100009

Incidence of leptospirosis in a capital of the Western Brazilian Amazon and its relationship with climate and environmental variability, between the years of 2008 and 2013

Incidencia de la leptospirosis en una capital de la Amazonía Occidental brasileña y su relación con la variabilidad climática y ambiental, entre los años 2008 y 2013

Juliana Lúcia Duarte¹ –  orcid.org/0000-0002-9190-6881

Leandro Luiz Giatti¹ –  orcid.org/0000-0003-1154-6503

¹Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, SP, Brasil

Resumo

Objetivo: analisar a associação de variáveis ambientais com a incidência da leptospirose no município de Rio Branco, Acre, Brasil, de 2008 a 2013. **Métodos:** estudo ecológico com associação das médias mensais de variáveis ambientais com as incidências mensais da leptospirose, pelos modelos generalizados autorregressivos e médias móveis. **Resultados:** os aumentos nas médias mensais do nível do rio Acre e dos dias de precipitação no mês estiveram associados a um aumento de 7% (razão de taxas de incidência [RT] 1,07 – IC_{95%} 1,02;1,14) e 4% (RT 1,04 – IC_{95%} 1,00;1,07) nas incidências mensais da leptospirose, respectivamente; em 2013, a incidência de leptospirose no município foi 8 vezes maior que em 2008 (RT 8,00 – IC_{95%} 4,07;15,71). **Conclusão:** este estudo mostrou forte aumento nas incidências de leptospirose, ao longo dos anos estudados, e associações positivas com as variáveis ambientais.

Palavras-chave: Leptospirose; Clima; Saúde Ambiental; Inundações; Mudança Climática.

*Artigo derivado de tese de doutorado intitulada 'Influência da variabilidade climática e das alterações ambientais na ocorrência de doenças sensíveis ao clima em uma capital da Amazônia Ocidental brasileira', defendida por Juliana Lúcia Duarte junto ao programa de Doutorado Interinstitucional em Saúde Pública, da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP) em parceria com a Universidade Federal do Acre (UFAC), no ano de 2017.

Endereço para correspondência:

Juliana Lúcia Duarte – Rua Nilo Peçanha, nº 797, apto. 22, Bairro Estrela, Ponta Grossa, PR, Brasil. CEP: 84040-040
E-mail: jluciaduarte@usp.br



Introdução

A leptospirose é uma doença febril aguda, potencialmente grave, causada por uma bactéria do gênero *Leptospira sp.* Ela afeta especialmente o fígado e os rins, causando sintomas como febre, dor de cabeça, dores musculares, náuseas e vômitos. Estes são sintomas comuns a diversas outras doenças infecciosas, mas no caso da leptospirose, podem progredir para formas mais graves e levar à falência múltipla dos órgãos.^{1,2} A letalidade por leptospirose pode chegar a 20% e ocorre principalmente quando a doença não é devidamente diagnosticada e tratada. Trata-se de uma das zoonoses de maior distribuição geográfica no mundo, mais frequente entre países em desenvolvimento e de clima tropical. Uma grande variedade de animais silvestres e domésticos podem atuar como reservatório para os hospedeiros, porém os roedores, particularmente o rato marrom (*Rattus norvegicus*), têm sido relacionados à doença com maior frequência.^{1,2}

No Brasil, a leptospirose é uma doença endêmica, tornando-se epidêmica em períodos chuvosos, principalmente nas capitais e áreas metropolitanas, devido a enchentes associadas à aglomeração populacional de baixa renda, condições inadequadas de saneamento e alta infestação de roedores infectados.^{3,4} A Amazônia Ocidental brasileira apresenta estrutura ecológica e clima tropical bastante favoráveis à disseminação da leptospirose.⁵ Nessa extensa região, municípios como Rio Branco, Acre, por exemplo, atravessam períodos de inundações praticamente todos os anos, deixando milhares de pessoas desabrigadas ou em situação de constante exposição às águas.⁶⁻⁹

No Brasil, a leptospirose é uma doença endêmica, tornando-se epidêmica em períodos chuvosos, principalmente nas capitais e áreas metropolitanas, devido a enchentes associadas à aglomeração populacional de baixa renda, condições inadequadas de saneamento e alta infestação de roedores infectados.

Estudos que relacionam variáveis climáticas e ambientais à incidência da leptospirose na Amazônia são bastante escassos e faltam evidências quantitativas dos riscos climáticos e ambientais na transmissão dessa

doença na região.^{10,11} Sendo assim, dado o padrão diferenciado de inundação urbana e as variações climáticas regionais, o objetivo deste estudo foi analisar a associação de variáveis ambientais com a incidência da leptospirose no município de Rio Branco, AC, Brasil, no período de 2008 a 2013.

Métodos

Trata-se de um estudo ecológico, pelo qual foi analisada a incidência mensal de leptospirose na população residente no município de Rio Branco, capital do estado do Acre (AC), entre 2008 e 2013. O município apresentava, em 2017, população de 383.443 habitantes, dos quais aproximadamente 92,0% viviam em áreas urbanas.⁶ O clima da região é equatorial, com temperatura anual variando em torno de 25 a 35°C, e apresenta duas estações: uma seca (de maio a setembro) e outra chuvosa (de outubro a abril). Rio Branco está localizada às margens do rio Acre, um dos principais rios da região Norte do país. Quase todos os anos, durante a estação chuvosa, ocorrem inundações em razão das cheias desse rio, causando alagamentos em grande parte da cidade.⁷⁻⁹

O período de tempo do estudo foi selecionado em função da disponibilidade de informações na base de dados adotada, o Sistema de Informação de Agravos de Notificação (Sinan). As incidências de leptospirose foram analisadas quanto a sua evolução temporal, distribuição em distintas faixas etárias, relação com as médias mensais de variáveis climáticas regionais e oscilações mensais do nível do rio Acre, considerando-se as características climáticas peculiares da região, assim como um padrão diferenciado de inundação urbana e de exposição de populações vulneráveis.

Para este estudo, foram utilizados dados referentes ao número de casos mensais confirmados de leptospirose entre indivíduos residentes no município de Rio Branco, AC. Os casos foram registrados de acordo com o mês do aparecimento dos primeiros sintomas da doença. Foram obtidos dados categorizados por dez faixas etárias, relativos ao período de 1º de janeiro de 2008 a 31 de dezembro de 2013, registrados no Sinan. O sistema está disponível na página eletrônica do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (Datasus), mantida pelo Ministério da Saúde do Brasil.¹² Para as análises, foram calculadas as incidências mensais de leptospirose para cada 100 mil habitantes, estratificadas segundo ano, mês e faixa etária.

As estimativas populacionais foram obtidas junto à Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).⁶ Para os cálculos das incidências mensais, foram utilizadas as estimativas anuais. O denominador utilizado foi o número estimado da população no ano, uma vez que não existe estimativa para os meses. Pela mesma razão, foram utilizadas as estimativas anuais para cada uma das faixas etárias.

Foram utilizadas as seguintes variáveis climáticas: número de dias com precipitação no mês; média mensal da precipitação (em mm); médias mensais das temperaturas máxima, média compensada e mínima (em °C); e média mensal da umidade relativa compensada (em %). Estes dados foram extraídos do banco de informações disponível no sítio eletrônico do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).¹³ A variável ambiental utilizada foi a média mensal do nível do rio Acre (em metros), obtida do sistema de informações hidrológicas disponível na página eletrônica da Agência Nacional das Águas (ANA).¹⁴

Para as análises de associação entre as variáveis, foram utilizados os modelos generalizados autor-regressivos e médias móveis, também chamados de modelos GARMA (*Generalized Autoregressive Moving Average*), com distribuição binomial negativa (BN) e função de ligação logaritmo.¹⁵ Esses modelos, cada vez mais adotados na literatura, especialmente em estudos de séries temporais, permitem modelar a correlação serial existente entre os dados.^{16,17} Para avaliar qual a melhor ordem do modelo GARMA, foram comparados diversos modelos com ordens distintas pelo critério de informação Akaike, também conhecido como AIC (*Akaike Information Criterion*).¹⁸ Este critério se baseia na escolha do modelo com menor distância de informações do modelo verdadeiro e, portanto, com menor AIC.¹⁸ A seleção das variáveis foi feita pelo método *backward*, que é o procedimento de retirar, por vez, a variável de maior p-valor. Esse procedimento foi repetido até restarem no modelo apenas variáveis significativas.¹⁹ Para esse método, foi adotado um nível de 5% de significância. Essas análises foram realizadas pelo programa estatístico R versão 3.0.1, do ano de 2013.

Todos os dados desta pesquisa foram obtidos de fontes secundárias de livre acesso, de forma que não houve necessidade de aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.²⁰

Resultados

Durante o período de seis anos considerado pelo estudo, foram notificados 779 casos de leptospirose no município de Rio Branco. A incidência anual de leptospirose mostrou forte tendência ascendente desde o ano de 2010, quando era de 13,4 casos/100 mil hab., passando para 122,3 casos em 2013, atingindo uma incidência 10 a 60 vezes maior que a do país. Outrossim, observou-se um crescimento geométrico dessas incidências no município a partir de 2011: a incidência anual de leptospirose passou de 30,6 casos/100 mil hab., em 2011, para 71,6 em 2012 e 122,3 em 2013 (Figura 1).

A incidência média mensal de leptospirose, medida entre os anos de 2008 e 2013, mostrou forte aumento exatamente nos meses correspondentes à estação chuvosa na região (outubro-abril): de uma média de 3,9 casos/100 mil hab. no mês de outubro, para 8,1 casos/100 mil hab. em março, quando foi obtida a maior incidência média por essa doença no município. Na estação seca (maio-setembro), a maior média foi obtida no mês de maio, 2,3 casos de leptospirose por 100 mil hab., e a menor média no mês de julho, 1,4 caso/100 mil hab. (Figura 2).

A Figura 3 mostra que indivíduos entre 20 e 39 anos de idade foram os que apresentaram as maiores incidências médias mensais de leptospirose, durante o período de tempo estudado: 49,8 casos/100 mil hab. As crianças com menos de 1 ano de idade e na faixa etária de 1 a 4 anos representam os grupos com as menores incidências médias mensais de leptospirose, respectivamente 2,6/100 mil hab. e 2,0 casos/100 mil hab. Os idosos, principalmente aqueles com mais de 80 anos, representaram a terceira faixa etária com as menores incidências da doença: aproximadamente 10,5 casos mensais por 100 mil hab.

Após as análises de associação, para selecionar o melhor modelo, foram ajustados oito modelos GARMA com ordens distintas, e como critério de seleção utilizou-se o AIC. O modelo escolhido foi o que apresentou o menor valor. Após a aplicação do método *backward*, foram selecionadas as seguintes variáveis: ano; média mensal do nível do rio Acre; número de dias com precipitação no mês; média mensal da precipitação total; média mensal da umidade compensada; e média mensal das temperaturas mínima, compensada e máxima (Tabela 1).

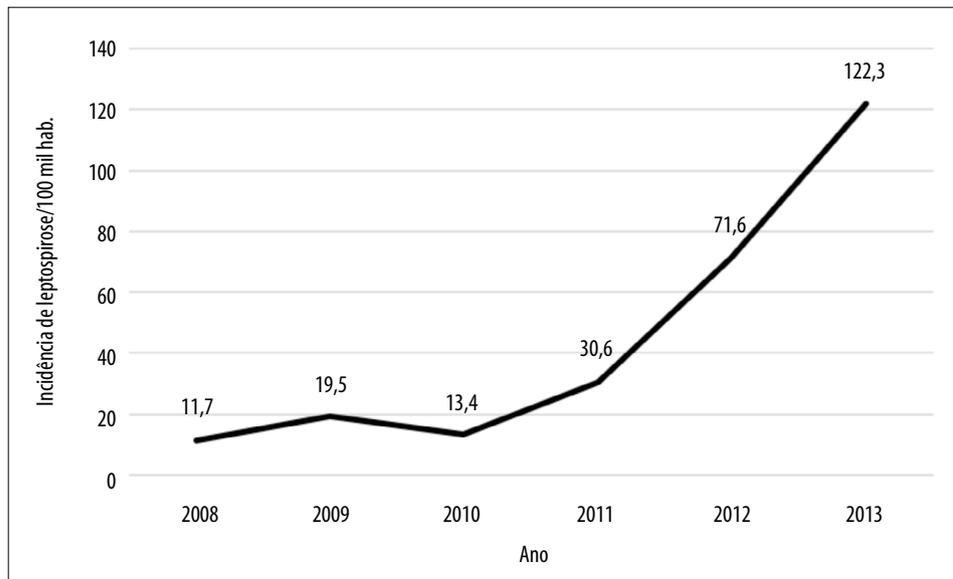


Figura 1 – Incidência anual de leptospirose (por 100 mil habitantes) no município de Rio Branco, Acre, 2008-2013

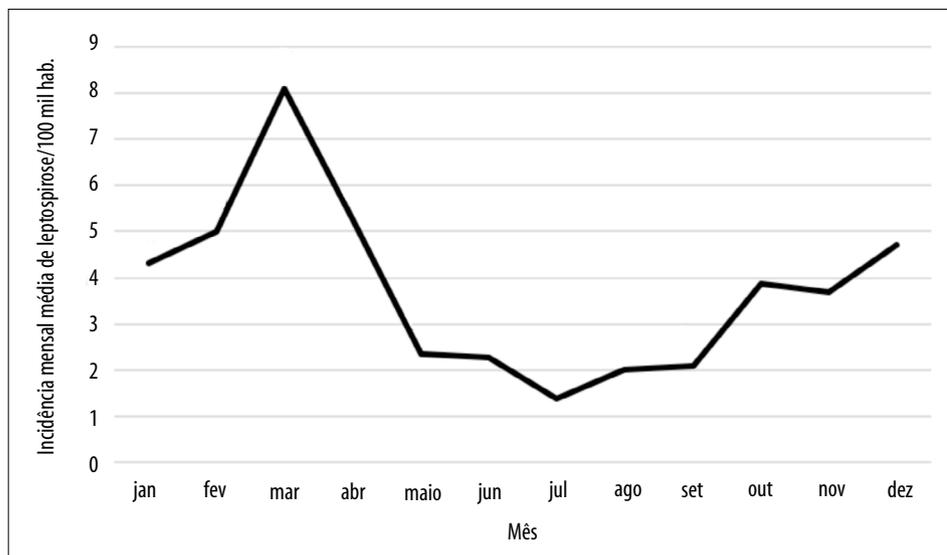


Figura 2 – Incidência mensal média de leptospirose (por 100 mil habitantes) no município de Rio Branco, Acre, 2008-2013

Para o intervalo de tempo considerado, observou-se aumento significativo na incidência de leptospirose a partir do ano de 2011, quantificado como 2,16 vezes maior em 2011 na comparação com 2008 (RT 2,16 – IC_{95%} 1,06;4,42), 4,22 vezes maior em 2012 na comparação com 2008 (RT 4,22 – IC_{95%} 2,11;8,45) e 8,00 vezes maior em 2013, também na comparação com 2008 (RT 8,00 – IC_{95%} 4,07;15,71) (Tabela 1).

O nível do rio Acre influenciou significativamente a ocorrência da leptospirose (RT 1,07 – IC_{95%} 1,02;1,14): cada metro acrescido à média mensal do nível do rio esteve associado a um aumento de 7% na incidência mensal da doença. O número de dias com precipitação no mês também mostrou influência significativa na ocorrência da doença: cada dia a mais de precipitação no mês esteve associado a um aumento de 4% na incidência mensal de leptospirose (RT 1,04 – IC_{95%} 1,00;1,07) (Tabela 1).

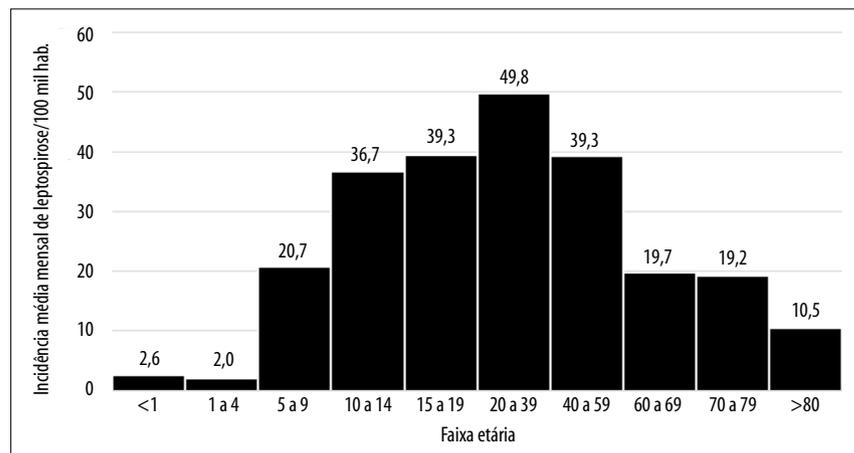


Figura 3 – Incidência média mensal de leptospirose (por 100 mil habitantes) por faixa etária no município de Rio Branco, Acre, 2008-2013

O parâmetro da média móvel (Θ) apresentou valor significativo e diferente de zero ($p=0,050$), o que confirma a escolha da ordem do modelo GARMA. O parâmetro de dispersão (σ) também foi diferente de zero e significativo ($p=0,002$), confirmando ser o modelo binomial negativo a escolha mais correta para esta análise (Tabela 1).

Discussão

Os resultados alcançados com as presentes análises mostram que, no município de Rio Branco, a quantidade de dias com precipitação no mês e a média mensal do nível do rio podem interferir na ocorrência da leptospirose, causando aumentos de, respectivamente, 4,0% e 7,0% nas incidências da doença. Essas variáveis podem representar indicadores para a predição de tendências na ocorrência dessa doença, neste e nos demais municípios da Região Amazônica, considerando-se que esses municípios apresentam ambiente e clima bastante semelhantes.

Sabe-se que chuvas fortes e inundações são, de fato, os principais responsáveis pelos surtos epidêmicos de leptospirose em países tropicais e subdesenvolvidos, especialmente quando combinados à poluição do ambiente e à presença de roedores.^{4,20,21} Entretanto, não se sabia até então o quanto esses fatores poderiam contribuir para esses surtos, especialmente naquela região do país. O Brasil é um país de dimensões continentais e, por conseguinte, ampla diversidade climática e ambiental entre suas diferentes regiões.

Em Rio Branco, essa situação torna-se especialmente preocupante porque as cheias do rio Acre ocorrem praticamente todos os anos.^{7,8} Durante essas inundações, as leptospirosas, que se concentraram no solo durante os períodos secos, se espalham para áreas distantes, atingindo grupos populacionais expostos às águas. Indivíduos residentes em áreas próximas aos focos, geralmente, entram em contato com o agente infeccioso de forma mais rápida e frequente, resultando nos típicos surtos presentes de 3 a 5 semanas após as enchentes, pois o período de incubação da doença costuma ser de 7 a 12 dias.^{1,4,22,23}

Este estudo também mostra que as incidências mensais de leptospirose têm aumentado consideravelmente na região. Entre 2011 e 2013, por exemplo, esse aumento foi geométrico, revelando uma situação de emergência e reforçando a necessidade de uma maior atenção às medidas de prevenção e controle da infecção. Atualmente, a leptospirose é considerada uma doença infecciosa emergente em todo o mundo, devido ao aumento substancial de sua incidência e sua dispersão geográfica.^{23,24} Pode ter contribuído para sua expansão o fato de a leptospirose ter sido negligenciada nas últimas décadas, dado seu impacto na sociedade ser baixo.²⁴

Importante ressaltar, também, que o presente trabalho associa aspectos de variabilidade climática e ambiental ao estudo da incidência da leptospirose em um contexto amazônico, onde a perspectiva das mudanças climáticas globais pode trazer exacerbação da vulnerabilidade e quadros epidemiológicos bastante

Tabela 1 – Médias mensais das variáveis climáticas e ambientais associadas com as incidências mensais de leptospirose no município de Rio Branco, Acre, 2008-2013

Variável	Modelo bivariado	Modelo com múltiplas variáveis
	RT ^a (IC _{95%} ^b), p-valor ^c	RT ^a (IC _{95%} ^b), p-valor ^c
Ano		
2008	Intercepto	Intercepto
2009	1,21 (0,57;2,58), 0,624	1,26 (0,60;2,65), 0,540
2010	0,97 (0,41;2,30), 0,948	0,97 (0,45;2,09), 0,929
2011	1,88 (0,86;4,12), 0,116	2,16 (1,06;4,42), 0,035
2012	4,36 (1,87;10,17), <0,001	4,22 (2,11;8,45), <0,001
2013	7,39 (3,11;17,55), <0,001	8,00 (4,07;15,71), <0,001
Nível do rio (em metros)	1,10 (1,03;1,17), 0,003	1,07 (1,02;1,14), 0,012
Número de dias com precipitação no mês	1,07 (1,00;1,15), 0,049	1,04 (1,00;1,07), 0,026
Precipitação total	0,76 (0,58;1,00), 0,047	–
Umidade compensada	0,98 (0,86;1,12), 0,757	–
Temperatura mínima	1,25 (0,54;2,92), 0,604	–
Temperatura compensada	0,73 (0,20;2,64), 0,628	–
Temperatura máxima	1,10 (0,68;1,79), 0,689	–
Θ ^d	0,19 (p=0,050)	0,19 (p=0,022)
σ ^e	0,16 (p=0,002)	0,18 (p=0,001)
AIC^f		399,50

a) RT: razão das taxas de incidência.

b) IC_{95%}: intervalo de confiança de 95%.

c) Probabilidade de significância.

d) Parâmetro da média móvel.

e) Parâmetro de dispersão.

f) AIC: Akaike Information Criterion.

preocupantes. Com tais mudanças climáticas em curso, prevê-se intensificação e aumento na frequência dos eventos climáticos e ambientais extremos no mundo.²⁵ Os modelos climáticos projetados para a Região Amazônica apontam para grandes aumentos de temperatura, contribuindo para um possível prolongamento da sobrevivência das bactérias no ambiente, ampliação dos *habitat* e aumento do número de espécies atuantes como reservatório da bactéria.²⁴⁻²⁶ Esse aumento da temperatura também poderá influenciar no regime de chuvas e na ocorrência de enchentes na região, devido ao aquecimento da superfície do Oceano Atlântico Sul Tropical,²⁷ levando a uma maior distribuição e exacerbação da leptospirose e das demais doenças de veiculação hídrica, sobretudo em contextos urbanos de vulnerabilidade.^{22,27}

É mister, igualmente, considerar a forma como se deu a urbanização da Amazônia Brasileira e seu papel na geração de condições favoráveis à transmissão da

doença.^{4,28} O aumento da migração do meio rural para o urbano, nas últimas décadas, acarretou um processo de urbanização sem o devido planejamento, um aumento das ocupações populacionais em torno dos rios e igarapés, em aglomerados subnormais, com infraestrutura e saneamento precários, e, como consequência, a instalação de um quadro de vulnerabilidade, reflexo da dimensão socioeconômica da leptospirose.^{3,11,29}

Os resultados desta pesquisa corroboram os da literatura, ao demonstrar que a incidência da leptospirose costuma ser maior em adultos e menor em crianças e idosos.^{2,30} Crianças têm contato limitado com o solo e água contaminados, principalmente durante a ocorrência de eventos ambientais extremos, quando é comum acontecerem os surtos. Além disso, crianças com menos de 10 anos de idade, normalmente, apresentam reações menos graves à infecção.³⁰ A menor incidência nos idosos deve-se, provavelmente, a uma menor exposição a ambientes contaminados e

ao desenvolvimento de um certo nível de imunidade, resultante de exposição prévia em áreas endêmicas.³⁰ Contudo, dados da literatura revelam maior letalidade por leptospirose em idosos.³⁰ Os adultos ficam mais expostos à doença em função de suas atividades laborais, e, por constituírem a população economicamente ativa, seu adoecimento e/ou morte acarreta perda para o trabalho e a produção social.

Sabe-se que estudos envolvendo dados secundários, apesar de fornecerem informações valiosíssimas para estudos ecológicos, estão sujeitos a diversas limitações. Uma das limitações mais importantes para os estudos que analisam séries temporais são as variações na qualidade da coleta e registro dos dados ao longo do tempo, concorrendo para erros em sua análise e na obtenção de resultados mais confiáveis. No presente estudo, utilizou-se um método estatístico que permite modelar vieses, como a correlação serial entre os dados e erros relativos à escolha da ordem dos modelos e de seleção das variáveis.

Estas análises não se basearam em dados socioeconômicos e características geográficas, de maneira que não houve caracterização dos grupos populacionais em situação de vulnerabilidade socioambiental à leptospirose. Também não foram avaliados os progressos alcançados pelos serviços de vigilância e saúde, no

acesso e aumento dos testes diagnósticos, o que pode ter contribuído para o impressionante crescimento na incidência basal da doença observado no período em questão.

Não obstante, o estudo conseguiu apresentar, pela primeira vez na Região Amazônica, as variáveis climáticas e ambientais associadas, de fato, à maior incidência da leptospirose e sua intensidade. Esse maior conhecimento sobre a distribuição temporal dos casos, sua relação com o clima e ambiente regionais somado à detecção do alto potencial de transmissão da doença em Rio Branco, pode contribuir para o planejamento e as tomadas de decisão visando à prevenção e mitigação dos impactos climáticos e ambientais na saúde da população da capital do Acre.

Contribuição dos autores

Duarte JL contribuiu na concepção e delineamento do estudo, análise e interpretação dos resultados, redação e revisão crítica do conteúdo do manuscrito. Giatti LL contribuiu na interpretação dos resultados, redação e revisão crítica do conteúdo do manuscrito. Ambos os autores aprovaram a versão final do manuscrito e são responsáveis por todos os seus aspectos, incluindo a garantia de sua precisão e integridade.

Referências

- Mwachui MA, Crump L, Hartskeerl R, Zinsstag J, Hattendorf J. Environmental and behavioural determinants of leptospirosis transmission: a systematic review. *PLoS Negl Trop Dis* [Internet]. 2015 Sep [cited 2018 Dec 27];17(9):1-15. Available in: <https://journals.plos.org/plosntds/article?id=10.1371/journal.pntd.0003843>. Doi: 10.1371/journal.pntd.0003843
- Haake DA, Levett PN. Leptospirosis in humans. *Curr Top Microbiol Immunol* [Internet]. 2015 Nov [cited 2018 Dec 27];387:65-97. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25388133>. Doi: 10.1007/978-3-662-45059-8_5
- Ministério da Saúde (BR). Portal da saúde [internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2017 [citado 2017 jul 04]. Disponível em: <http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/situacao-epidemiologica-dados>
- Barcellos C, Sabroza PC. The place behind the case: leptospirosis risks and associated environmental conditions in a flood-related outbreak in Rio de Janeiro. *Cad Saúde Pública* [Internet]. 2001 [citado 2018 dez 27];17(supl):59-67. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2001000700014. Doi: 10.1590/S0102-311X2001000700014
- Ministério da Saúde (BR). Sala de apoio à gestão estratégica (SAGE) [internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2017 [citado 2017 jul 04]. Disponível em: <http://sage.saude.gov.br/#>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades: Rio Branco [Internet]. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2018 [citado 2018 jun 23]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ac/rio-branco/panorama>
- Duarte AF. As chuvas e as vazões na bacia hidrográfica do rio Acre, Amazônia Ocidental: caracterização e implicações socioeconômicas e ambientais. *Amazônia: Ci & Desenv* [Internet]. 2011 jan-jun [citado 2018 dez 27];6(12):161-83. Disponível em: http://www.acrebioclima.pro.br/n12_chuvas_e_as_vazoes_AFDuarte.pdf

8. Defesa Civil (BR). Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia [internet]. Belém: Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia; 2015 [citado 2015 fev 25]. Disponível em: <http://defesacivil.sudam.gov.br>
9. Duarte AF, Mascarenhas MDM. Manifestações do bioclima do Acre sobre a saúde humana no contexto socioeconômico da Amazônia. *Amazônia: Ci & Desenv* [Internet]. 2007 jul-dez [citado 2018 dez 27];3(5):149-62. Disponível em: http://acreibioclimate.net/C&D_Vol_V_Manifestacoes_Bioclim.pdf
10. Jesus MS, Silva IA, Lima KMS, Fernandes OCC. Cases distribution of leptospirosis in city of Manaus, State of Amazonas, Brazil, 2000-2010. *Rev Soc Bras Med Trop* [Internet]. 2012 Nov-Dec [cited 2018 Dec 27];45(6):713-6. Available in: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0037-86822012000600011. Doi: 10.1590/S0037-86822012000600011
11. Guerra MA. Leptospirosis: public health perspectives. *Biologicals* [Internet]. 2013 Sep [cited 2018 Dec 27];41(5):295-7. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23850378>. Doi: 10.1016/j.biologicals.2013.06.010
12. Ministério da Saúde (BR). Departamento de Informática do SUS - DATASUS [internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2014 [citado 2014 fev 2]. Disponível em: www.datasus.gov.br
13. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BR). Instituto Nacional de Meteorologia. BDMEP – Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa [Internet]. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; 2014 [citado 2014 mar 18]. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>
14. Agência Nacional das Águas (BR) [internet]. Brasília: Agência Nacional de Águas; 2014 [citado 2014 mar 18]. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>
15. Benjamin MA, Rigby RA, Stasinopoulos DM. Generalized autoregressive moving average models. *J Am Stat Assoc* [Internet]. 2003 Dec [cited 2018 Dec 27];98(461):214-23. Available in: ftp://est.ufmg.br/pub/glaura/Series%20Temporais/GLARMA/GARMA_JASA.pdf
16. Briët OJ, Amerasinghe PH, Vounatsou P. Generalized seasonal autoregressive integrated moving average models for count data with application to malaria time series with low case numbers. *PLoS One* [Internet]. 2013 Jun [cited 2018 Dec 27];8(6):e65761. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23785448>. Doi: 10.1371/journal.pone.0065761
17. Albarracin OYE, Alencar AP, Lee Ho L. CUSUM chart to monitor autocorrelated counts using negative binomial GARMA model. *Stat Methods Med Res* [Internet]. 2018 Sep [cited 2018 Dec 27];27(9):2859-71. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28093964>. Doi: 10.1177/0962280216686627
18. Akaike H. A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans Automat Contr*. 1974 Dec;19(6):716-23.
19. Efronson MA. Multiple regression analysis. In: Ralston A, Wilf HS, editors. *Mathematical methods for digital computers*. New York: John Wiley & Sons; 1960. p. 191-203.
20. Brasil. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. Resolução MS/CNS nº 510, de 7 de abril de 2016. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais cujos procedimentos metodológicos envolvam a utilização de dados diretamente obtidos com os participantes ou de informações identificáveis ou que possam acarretar riscos maiores do que os existentes na vida cotidiana, na forma definida nesta Resolução [Internet]. *Diário Oficial da União, Brasília (DF)*, 24 maio 2016 [citado 2018 nov 10]; Seção 1:44. Disponível em: <http://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/reso510.pdf>
21. Ahern M, Kovats RS, Wilkinson P, Few R, Matthies F. Global health impacts of floods: epidemiologic evidence. *Epidemiol Rev* [Internet]. 2005 Sep [cited 2018 Dec 27];27:36-46. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15958425>
22. Lau CL, Smythe LD, Craig SB, Weinstein P. Climate change, flooding, urbanization and leptospirosis: fuelling the fire? *Trans R Soc Trop Med Hyg* [Internet]. 2010 Oct [cited 2018 Dec 27];104(10):631-8. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20813388>. Doi: 10.1016/j.trstmh.2010.07.002
23. Costa E, Costa YA, Lopes AA, Sacramento E, Bina JC. Formas graves de leptospirose: aspectos clínicos, demográficos e ambientais. *Rev Soc Bras Med Trop* [Internet]. 2001 maio-jun [citado 2018 dez 27];34(3):261-7. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rsbmt/v34n3/4994.pdf>. Doi: 10.1590/S0037-86822001000300006
24. Vijayachari P, Sugunan AP, Shiram AN. Leptospirosis: an emerging global public health problem. *J Biosci* [Internet]. 2008 Nov [cited 2018 Dec 27];33(4):557-69. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19208981>

25. Chen IC, Hill JK, Ohlemuller R, Roy DB, Thomas CD. Rapid range shifts of species associated with high levels of climate warming. *Science* [Internet]. 2011 Aug [cited 2018 Dec 27];333(6045):1024-6. Available in: <http://science.sciencemag.org/content/333/6045/1024>. Doi: 10.1126/science.1206432
26. Marengo JA, Borma LS, Rodriguez DA, Pinho P, Soares WR, Alves LM. Recent extremes of drought and flooding in Amazonia: vulnerabilities and human adaptation. *Am J Clim Change* [Internet]. 2013 Jun [cited 2018 Dec 27];2(2):87-96. Available in: <https://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=33496>. Doi: 10.4236/ajcc.2013.22009
27. Ronchail J, Cochonneau G, Molinier M, Guyot JL, Chaves AGM, Guimarães V, et al. Interannual rainfall variability in the Amazon basin and sea-surface temperatures in the equatorial Pacific and the tropical Atlantic Oceans. *Int J climatol* [Internet]. 2002 Nov [cited 2018 Dec 27];22(13):1663-86. Available in: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/Doi/abs/10.1002/joc.815>. Doi: 10.1002/joc.815
28. Williams BT. Assessing the health impact of urbanization. *World Health Stat Q*. 1990;43:145-2.
29. Freitas CM, Giatti LL. Environmental sustainability and health indicators in the Legal Amazonia, Brazil. *Cad Saúde Pública* [Internet]. 2009 Jun [cited 2018 Dec 27];25(6):1251-66. Available in: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2009000600008. Doi: 10.1590/S0102-311X2009000600008
30. Sethi S, Shrama N, Kakkar N, Taneja J, Chatterjee SS, Banga SS, et al. Increasing trends of leptospirosis in Northern India: a clinic-epidemiological study. *PLoS Negl Trop Dis* [Internet]. 2010 Feb [cited 2018 Dec 27];4(1):e579. Available in: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2797087/>. Doi: 10.1371/journal.pntd.0000579

Abstract

Objective: to analyze association between environmental variables and leptospirosis incidence in the municipality of Rio Branco, Acre, Brazil, 2008-2013. **Methods:** this was an ecological study of association between monthly average environmental variables and monthly leptospirosis incidence, according to generalized autoregressive score models and moving averages. **Results:** increases in the monthly average levels of the River Acre and days of precipitation per month were associated with a 7% increase (incidence rate ratio [RR] 1.07 – 95%CI 1.02;1.14) and a 4% increase (RR 1.04 – 95%CI 1,00;1,07) in the monthly incidence of leptospirosis, respectively; in 2013 leptospirosis incidence in the municipality was 8 times higher than in 2008 (RR 8.00 – 95%CI 4.07;15.71). **Conclusion:** this study showed a strong increase in leptospirosis incidence, over the years studied, and positive associations with environmental variables.

Keywords: Leptospirosis; Climate; Environmental Health; Floods; Climate Change

Resumen

Objetivo: analizar la asociación de variables ambientales con la incidencia de la leptospirosis en el municipio de Rio Branco, Acre, Brasil, de 2008 a 2013. **Métodos:** en este estudio ecológico se asociaron los promedios mensuales de variables ambientales con las incidencias mensuales de la leptospirosis, por los modelos generalizados autorregresivos y promedios móviles. **Resultados:** los aumentos en los promedios mensuales del nivel del río Acre y de los días de precipitación en el mes, estuvieron asociados a un aumento del 7% (razón de las tasas de incidencia [RT] 1,07 – IC_{95%} 1,02;1,14) y del 4% (RT 1,04 – IC_{95%} 1,00;1,07) en las incidencias mensuales de la leptospirosis, respectivamente; en 2013, la incidencia de leptospirosis en el municipio fue 8 veces mayor que en 2008 (RT 8,00 – IC_{95%} 4,07;15,71). **Conclusión:** este estudio mostró un fuerte aumento en las incidencias de leptospirosis, durante los años estudiados, y asociaciones positivas con las variables ambientales.

Palabras clave: Leptospirosis; Clima; Salud Ambiental; Inundaciones; Cambio climático.

Recebido em 04/10/2017
Aprovado em 14/12/2018