

Tendência temporal da leptospirose e sua associação com variáveis climáticas e ambientais em Santa Catarina, Brasil

Temporal trends in leptospirosis incidence and association with climatic and environmental factors in the state of Santa Catarina, Brazil

Ana Elisa Pereira Silva (<https://orcid.org/0000-0003-3646-6040>)¹

Maria do Rosário Dias de Oliveira Latorre (<https://orcid.org/0000-0002-5189-3457>)¹

Francisco Chiaravalloti Neto (<https://orcid.org/0000-0003-2686-8740>)¹

Gleice Margarete de Souza Conceição (<https://orcid.org/0000-0002-5930-9024>)¹

Abstract *Leptospirosis is a zoonosis with epidemic potential, especially after heavy rainfall causing river, urban and flash floods. Certain features of Santa Catarina's coastal region influence these processes. Using negative binomial regression, we investigated trends in the incidence of leptospirosis in the six municipalities with the highest epidemic peaks between 2000 and 2015 and the climatic and environmental variables associated with the occurrence of the disease. Incidence was highest in 2008 and 2011, and peaks occurred in the same month or month after disasters. Incidence showed a strong seasonal trend, being higher in summer months. There was a decrease trend in incidence across the six municipalities (3.21% per year). The climatic and environmental factors that showed the strongest associations were number of rainy days, maximum temperature, presence of flash floods, and river flooding. The impact of these variables varied across the municipalities. Significant interactions were found, indicating that the effect of river flooding on incidence is not the same across all municipalities and differences in incidence between municipalities depend on the occurrence of river flooding.*

Key words *Leptospira, Natural disasters, Regression analysis, Linear models*

Resumo *A leptospirose é uma zoonose que apresenta potencial epidêmico, principalmente após fortes chuvas que acarretam inundações, alagamentos e enxurradas. Algumas características da região costeira de Santa Catarina, localizada no Sul do Brasil, influenciam nesses processos. Portanto, a partir do estudo da leptospirose nos seis municípios do estado com as maiores incidências e picos epidêmicos de 2000 a 2015, buscou-se conhecer a tendência dessa doença e as variáveis climáticas e ambientais associadas à sua ocorrência, ajustando dois modelos com resposta binomial negativa. As maiores incidências foram encontradas em 2008 e 2011, com picos no mesmo mês ou no posterior aos eventos de desastres. A incidência apresentou forte comportamento sazonal, sendo maior nos meses do verão. Observou-se tendência de queda na incidência dos municípios estudados, estimada em 3,21% ao ano. Os fatores climáticos e ambientais mais fortemente associados foram o número de dias de chuva, a temperatura máxima e a presença de enxurrada e de inundação, com diferentes impactos entre os municípios. Houve interações significativas, indicando que o efeito de inundações na incidência não é o mesmo em todos os municípios e que as diferenças nas incidências entre os municípios dependem da ocorrência ou não de inundações.*

Palavras-chave *Leptospira, Desastres naturais, Análise de regressão, Modelos lineares*

¹ Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. Av. Dr. Arnaldo 715. 01246-904 São Paulo SP Brasil.
anaepsilva@hotmail.com

Introdução

A leptospirose é uma doença bacteriana que afeta seres humanos e animais. É a zoonose de maior distribuição mundial, ocorrendo em todo o globo, exceto nas regiões polares, sendo mais prevalente em regiões tropicais e subtropicais¹. É causada por bactérias do gênero *Leptospira*, presente na urina de animais infectados. O excesso de chuvas e a ocorrência de desastres naturais hidrológicos podem favorecer a ocorrência de surtos e epidemias de leptospirose^{1,2}. Com as fortes chuvas que podem causar inundações, alagamentos e enxurradas, essas bactérias, quando dispersas no ambiente, podem se misturar com as águas e provocar o contágio, uma vez que o homem entre em contato com essa água contaminada. Nessas situações, a doença pode se tornar epidêmica³. Também pode ocorrer a infecção humana pelo contato direto com a urina de animais contaminados⁴.

A transmissão aos seres humanos acontece por meio de cortes e lesões na pele, ou através das membranas mucosas dos olhos, nariz e boca, ou se a pele íntegra ficar imersa por longo período em água contaminada⁴. A leptospirose pode ocasionalmente também ser transmitida por meio da água de beber ou da ingestão de alimentos contaminados com a urina de animais infectados, frequentemente ratos. É rara a transmissão homem-a-homem¹.

Segundo estimativas geradas a partir de estudos e bases de dados publicados e semipublicados (*grey literature*) de janeiro de 1970 a outubro de 2008, estima-se que a leptospirose atinja 1,03 milhão de pessoas e cause 58.900 óbitos por ano em todo o mundo, a maioria em homens adultos com idade entre 20 e 49 anos. A morbidade e mortalidade são maiores nas regiões mais pobres do globo e em áreas onde a vigilância não é realizada rotineiramente, inclusive na região tropical da América Latina⁵.

Nos países de renda alta, a doença está associada principalmente a atividades ocupacionais, esportivas e de lazer no campo⁶. Nos países de renda média, como o Brasil, a ocorrência da leptospirose é sobretudo urbana e está associada a problemas ocupacionais, de moradia, falta de infraestrutura sanitária básica, densidade populacional e desastres naturais hidrológicos⁷⁻⁹. Além desses, fatores climáticos também têm sido associados à leptospirose, como chuva e temperatura, principalmente em estudos em que a análise é temporal, seja por semana ou por mês^{10,11}.

Segundo dados do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) do Ministério

da Saúde, para o período de 2001 a 2015, a região Sul apresentou a maior incidência acumulada de leptospirose do Brasil. Santa Catarina (SC) é o estado com a maior incidência na região e a terceira maior do Brasil, atrás apenas de Acre e Amapá¹².

O estado de SC, particularmente em sua região costeira, apresenta características geomorfológicas que favorecem a ocorrência de desastres naturais, como inundações, enxurradas e movimentos de massa. Condições climáticas, geológicas e de uso da terra contribuem para elevar o risco de ocorrência desses eventos. Chuvas intensas e inundações acontecem com frequência. Particularmente, em novembro de 2008, a região da Grande Florianópolis, o Vale do Itajaí e o Litoral Norte foram o cenário do maior desastre já ocorrido até então, quando vários recordes históricos de volume de chuva foram quebrados, ocasionando alagamentos, inundações e deslizamentos de terra¹³. Em 2011, um outro desastre ocorreu, afetando sobretudo o leste do Estado, reiterando a vulnerabilidade da população a esse tipo de evento. Nessas ocasiões, SC apresentou picos epidêmicos extremamente altos de leptospirose.

Poucos estudos descrevem a tendência da leptospirose no Brasil e no mundo. Uma revisão sistemática de publicações em diversos países entre 1970 e 2008 não identificou tendências temporais significativas na morbimortalidade da doença no mundo⁵. Outras pesquisas indicaram, separadamente, tendência de aumento na incidência na Croácia e na Malásia, e diminuição na Tailândia e na Dinamarca¹⁴⁻¹⁷. No Brasil, a tendência foi avaliada em todo o território¹⁸ e em Belém do Pará, onde estudos mostraram uma tendência de queda da incidência de leptospirose no período de 2006 a 2013, apesar das altas letalidades observadas^{8,19}. Pesquisas também evidenciaram uma redução da mortalidade por leptospirose em Fortaleza^{20,21}. Assim como no Brasil e no mundo, existem poucos estudos anteriores sobre a evolução temporal da leptospirose em SC^{22,23}.

Este estudo tem por objetivo conhecer a tendência temporal da incidência de leptospirose em SC entre 2000 e 2015 e identificar fatores climáticos e ambientais associados à sua ocorrência.

Métodos

Área de estudo

O estado de Santa Catarina está localizado na Região Sul do Brasil, compreendendo uma área

total de 95.730.921 km² e dividido em 295 municípios²⁴. Foram selecionados para este estudo seis municípios que apresentaram os maiores picos epidêmicos da doença no período, e que tivessem população maior do que 50.000 habitantes: Blumenau (309.011), Camboriú (62.361), Gaspar (57.981), Itajaí (183.373), Jaraguá do Sul (143.123) e Navegantes (60.556)²⁵. Municípios com população pequena não foram escolhidos, pois poderiam apresentar grandes flutuações nos coeficientes de incidência, baseadas em pequenas alterações no número de casos da doença. A Figura 1 mostra a localização geográfica de Santa Catarina no Brasil, destacando os seis municípios e seus respectivos rios.

Em 2017, SC apresentou índice de desenvolvimento humano (IDH) considerado muito alto (0,808), ocupando o terceiro lugar no *ranking* brasileiro. Os seis municípios selecionados para este estudo apresentaram valores variando de alto (0,700 a 0,799) a muito alto (0,800 a 1) em 2010. Blumenau foi o mais desenvolvido entre eles (IDHM = 0,806, em 25º lugar no Brasil), seguido por Jaraguá do Sul (IDHM = 0,803, em 34º), Itajaí (IDHM = 0,795, em 56º), Gaspar (IDHM = 0,765, em 289º), Navegantes (IDHM = 0,736, em 876º) e Camboriú (IDHM = 0,726, em 1.133º)²⁶.

Dados sobre os casos

Para o período de 2000 a 2015, as informações sobre os casos de leptospirose nos seis municípios selecionados foram coletadas das Fichas de Investigação de Leptospirose do SINAN e fornecidas pela Secretaria de Estado da Saúde de Santa Catarina. Os casos de leptospirose investigados neste estudo foram confirmados por pelo menos um dos critérios preconizados pelo Ministério da Saúde²⁷. A partir dessas informações, foi obtido o número de casos em cada município, em bases mensais.

Dados sobre a população residente

O número de habitantes residentes em cada município, em bases anuais, foi obtido dos censos demográficos de 2000 e 2010 e das estimativas de população da Rede Interagencial de Informação para a Saúde (RIPSA)¹². Como as análises utilizaram dados em bases mensais, o tamanho da população em cada mês foi considerado como sendo igual ao tamanho da população no corrente ano.

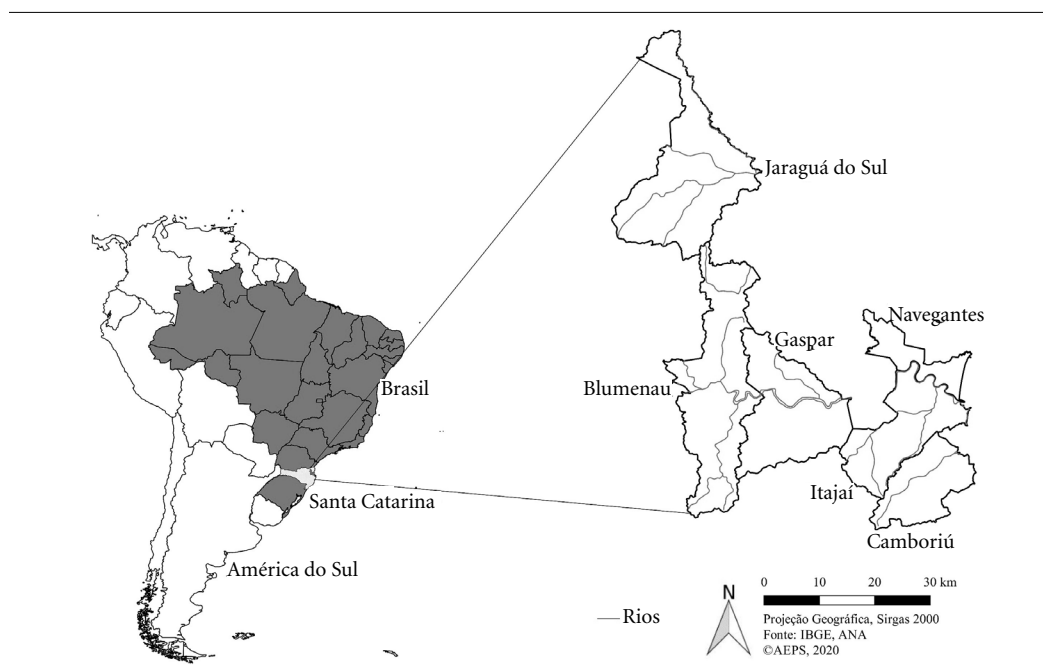


Figura 1. Localização dos seis municípios em Santa Catarina. Brasil, América do Sul.

Dados sobre as variáveis climáticas

Os dados de precipitação e temperatura do ar foram adquiridos do Climate Prediction Center (CPC) (www.cpc.ncep.noaa.gov), pertencente à National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Os dados de precipitação são baseados na análise diária global de mais de 30.000 estações, com ótima interpolação (método OI) em ponto de grade de 0,5 grau para todo o globo e que considera o relevo local²⁸. Foram extraídos os acumulados mensais mais próximos da localização geográfica da sede de cada município selecionado. Os dados de temperatura máxima e mínima da superfície terrestre são baseados em observação também diária e interpolados para o mesmo ponto de grade da precipitação, em todo o globo²⁹. A partir desses dados foram obtidos os valores mensais mínimos, médios e máximos mais próximos da localização geográfica da sede de cada município selecionado.

Dados sobre os desastres naturais

As informações de ocorrência dos desastres naturais de inundação, enxurrada e alagamento para os seis municípios deste estudo foram obtidas de arquivos digitais no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID – <https://s2id.mi.gov.br/>),. O número de eventos foi contabilizado por tipo e mês de ocorrência.

Análise estatística

Foram ajustados dois tipos de modelos lineares generalizados (MLG). O primeiro foi para avaliar a tendência da incidência nos seis municípios durante o período de estudo, o segundo para determinar os fatores climáticos e ambientais associados à leptospirose. Em ambos a variável resposta foi o número mensal de casos da doença e a população mensal em cada município foi utilizada como *offset*.

Nos MLG, a variável resposta pode seguir qualquer distribuição da família da exponencial, como a normal, a Poisson ou a binomial negativa, entre outras. Como o número de casos da doença é proveniente de um processo de contagem, é possível que outras distribuições que não a normal sejam mais adequadas aos dados, como a Poisson ou, na presença de superdispersão, a binomial negativa. Foram ajustados modelos considerando cada uma dessas distribuições e a mais adequada foi determinada pela análise de resíduos, neste caso a distribuição binomial negativa.

O primeiro modelo teve como variáveis explicativas o tempo (em anos, centrado no valor zero), uma variável *dummy* para cada município, além de termos para a interação entre tempo e municípios, e foi ajustado sem intercepto. Desse modo, os coeficientes para as variáveis *dummy* representando os municípios permitem obter estimativas para a incidência em cada município no meio do período de estudo (ano 2007,5) e compará-las entre si. A partir do coeficiente da variável tempo é possível obter o risco relativo (RR) da doença em um determinado ano em relação ao ano anterior, além da variação percentual anual (APC), expressa como $(RR-1)*100$. Os coeficientes das interações permitem avaliar se a tendência é a mesma em todos os municípios; se esses coeficientes não forem significativos, é possível concluir que a tendência é a mesma em todos os municípios. Interações não significativas não permaneceram no modelo final. Para avaliar se as tendências observadas nesse modelo dependiam de fatores climáticos e ambientais também tempo-dependentes, o modelo foi reajustado com essas variáveis utilizadas como controle.

O segundo modelo foi obtido por meio de um procedimento *stepwise forward*. Foram consideradas como variáveis explicativas os fatores climáticos (temperaturas mínima, média e máxima, precipitação e número de dias de chuva) e ambientais (variáveis indicadoras de desastres naturais: inundação, enxurrada e alagamento) em bases mensais, além de uma variável indicadora para cada município. É razoável considerar que a incidência da doença em um determinado mês pode ser consequência de temperatura, precipitação e desastres ocorridos não apenas no mesmo mês, mas no mês anterior. Para examinar a contribuição desses fatores, tanto no mês corrente quanto no anterior, e determinar a melhor forma de caracterizar seu efeito na incidência da doença, foram criadas variáveis com os valores observados no mês corrente, no mês anterior e a média móvel de dois meses (mês corrente e mês anterior) para cada fator climático. Para cada fator ambiental foram criadas variáveis para a ocorrência do evento no mês corrente, no mês anterior e em algum deles (mês corrente ou anterior). A seguir foram ajustados os modelos múltiplos, tendo como variável dependente o número de casos de leptospirose, e como independentes as variáveis climáticas e ambientais.

O modelo inicial teve por variável explicativa apenas os municípios. As demais variáveis explicativas foram inseridas passo a passo no modelo, da mais importante para a menos importante do

ponto de vista estatístico. A ordem de importância foi definida de acordo com o coeficiente de correlação de Spearman (do maior para o menor). A cada passo do procedimento, uma nova variável era inserida no modelo. Para determinar se a variável deveria permanecer no modelo foram observados: o p-valor do teste t para o seu coeficiente, o p-valor do teste da razão de verossimilhanças (que compara o modelo com esta variável com o modelo sem esta variável) e a influência dessa variável sobre as que já estavam no modelo. Se os p-valores fossem menores do que 0,05 e as variáveis já inseridas continuassem significativas, a variável deveria permanecer no modelo.

Após tal procedimento, foi avaliado se os efeitos das variáveis climáticas e ambientais que entraram no modelo eram os mesmos nos diferentes municípios. Para tanto, foram testadas as interações entre essas variáveis e os municípios. Apenas as interações significativas permaneceram, obtendo-se então o modelo final.

Resultados

A Figura 2 mostra, no lado esquerdo, a incidência mensal de leptospirose (em escala logarítmica) e, à direita, a precipitação mensal (em milímetros) ao longo do período de estudo em cada município. As linhas verticais indicam os meses em que ocorreram desastres naturais (inundação, enxurrada ou alagamento).

Na maior parte do período, Jaraguá do Sul e Gaspar apresentaram as maiores incidências, Camboriú e Navegantes, as menores. De modo geral, foram observados pequenos aumentos na incidência após períodos de maior temperatura e maior volume de chuvas. Em novembro de 2008, o volume de chuvas ficou em torno de 500 mm nos municípios, e as incidências, em dezembro, atingiram picos altíssimos. O mesmo foi observado em Jaraguá do Sul em janeiro de 2011. Particularmente nesses dois anos, os picos epidêmicos foram precedidos por desastres naturais ocorridos no mesmo mês ou no anterior.

A Figura 3 mostra a incidência média de leptospirose em SC distribuída nos meses do ano, em cada município, para o período de 2000 a 2015. A incidência apresenta forte comportamento sazonal, com picos nos meses do verão.

A Tabela 1 apresenta as estimativas do modelo de regressão para avaliar a tendência da incidência de leptospirose nos seis municípios. A incidência apresentou tendência de queda du-

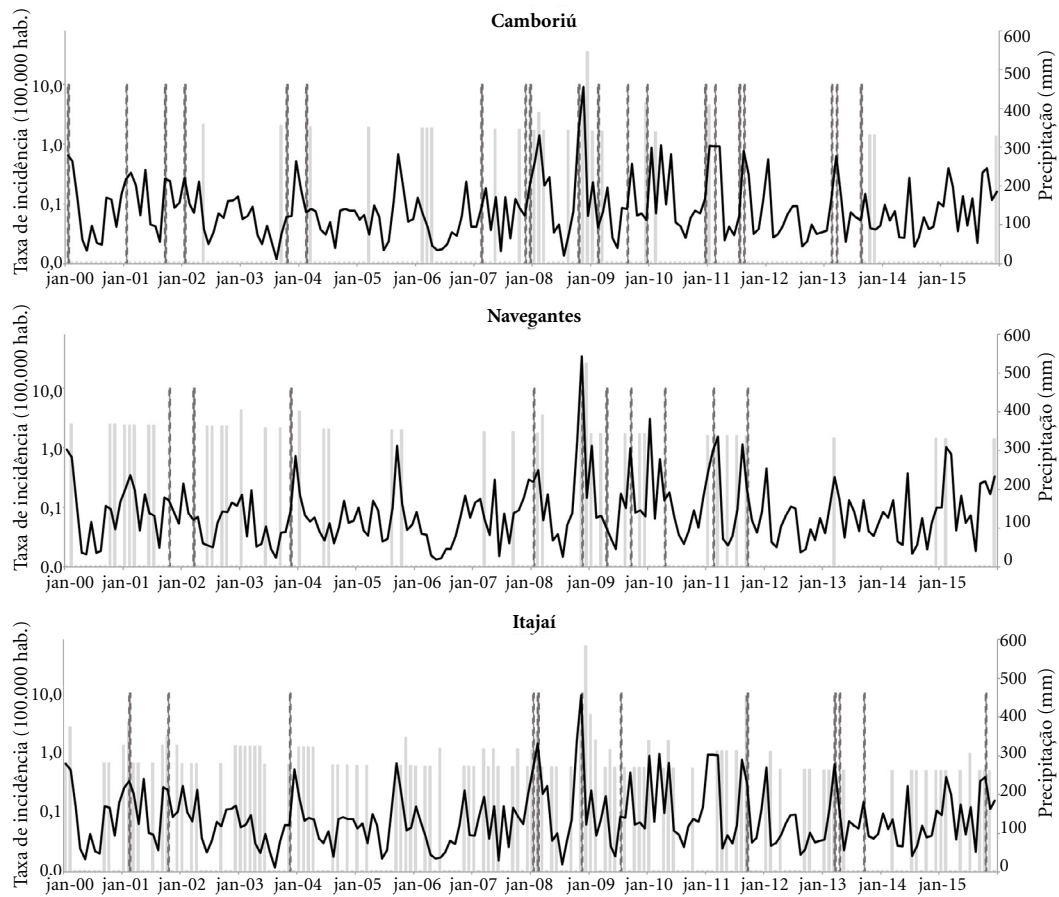
rante período de estudo ($RR = 0,97$; $p < 0,01$), mesmo após o ajuste para os fatores climáticos e ambientais. As interações entre municípios e ano não foram significativas, de modo que a queda na incidência foi a mesma em todos os municípios. O APC foi estimado em $-3,21\%$ ao ano ($IC = -5,4\%:-1,0\%$). As maiores incidências ocorreram nos municípios de Jaraguá do Sul ($1,86$; $IC = 1,49:2,33$) e Gaspar ($1,66$; $IC = 1,29:2,14$), independente das condições climáticas e ambientais.

Os coeficientes de correlação de Spearman entre a incidência e cada uma das variáveis em estudo foram significativas ($p < 0,01$), com exceção da variável ocorrência de alagamento. As maiores associações ocorreram com a temperatura máxima do mês corrente, a média móvel de dois meses do número de dias de chuva e da precipitação, além da ocorrência de inundação e enxurrada no mês corrente e/ou no anterior. Entre essas últimas, apenas a precipitação não permaneceu no modelo final de regressão, devido à sua alta correlação com o número de dias de chuva ($0,72$). As estimativas do modelo final são apresentadas na Tabela 2.

Segundo este modelo, para cada dia de chuva adicional em um determinado mês, o risco de doença aumenta 6% em média ($p < 0,001$, $RR=1,06$, $IC = 1,03:1,09$), independentemente das demais variáveis. Do mesmo modo, a cada aumento de $1^\circ C$ na temperatura, há um acréscimo de 12% no risco em média ($p < 0,001$, $RR = 1,12$, $IC = 1,08:1,16$). Além disso, o risco dobra na presença de enxurrada ($p < 0,001$, $RR = 2,05$, $IC = 1,53:2,76$).

Houve interações significativas entre os municípios e a ocorrência de inundação, indicando que o efeito de inundações na incidência da doença não é o mesmo em todos os municípios. Da mesma forma, as diferenças nas incidências entre os municípios dependem da ocorrência ou não de inundações. Dessa forma, o RR para a ocorrência de inundações foi apresentado para cada município; os RR comparando cada município com o município de referência (Camboriú) foi obtido na presença e na ausência de inundações.

Em alguns municípios, a ocorrência de inundação teve grande impacto no risco da doença. No município de Itajaí, esse risco na presença de inundação foi cerca de 16 vezes o risco na ausência da mesma ($IC = 4,33:56,72$). Em Camboriú, Navegantes e Blumenau, os RR variaram de 9,41 a 4,18. Em Gaspar e Jaraguá do Sul, as inundações não tiveram impacto no risco da doença ($p > 0,1$ em ambos os casos).



continua

Figura 2. Taxa de incidência de leptospirose em escala logarítmica, precipitação e ocorrência de inundação, enxurrada e alagamento, segundo os municípios. Santa Catarina, 2000-2015.

Considerando os períodos em que não houve inundação, o RR foi maior em todos os municípios quando comparados a Camboriú. Em particular, o risco em Gaspar e Jaraguá do Sul foram 8,17 (IC = 4,86:13,71) e 9,38 (IC = 5,72:15,37) vezes o risco em Camboriú, respectivamente. Entretanto, nos períodos em que houve inundação, apenas em Itajaí o risco da doença foi maior do que em Camboriú (RR = 4,10, IC = 1,32:12,74); nos demais municípios o risco foi semelhante ao de Camboriú.

Discussão

No presente estudo, foram observadas associações entre a incidência de leptospirose e fatores climáticos e ambientais. Nos seis municípios em questão, o risco da doença cresce a partir de au-

mentos na precipitação e na temperatura. Esses achados são corroborados por outros estudos que mostram associações com a temperatura mínima, média^{14,30,31} ou máxima¹⁰ e com a precipitação, usualmente quantificada em milímetros^{10,14,30,32-34}.

Nesta pesquisa, a incidência mostrou-se associada à precipitação, expressa tanto no volume de chuva quanto no número de dias de chuva. Dada a alta correlação entre ambas, optou-se por manter no modelo o número de dias de chuva, já que essa variável apresentou maior efeito na incidência do que a outra. Isso pode ter ocorrido porque tal variável reflete não apenas o volume de chuvas, mas sua frequência diária. Longos períodos com chuvas diárias, ainda que em baixo volume, podem facilitar a ocorrência de inundações, enxurradas e deslizamentos de terra³⁵.

Foram observadas associações entre a incidência e a ocorrência de desastres naturais. Nos

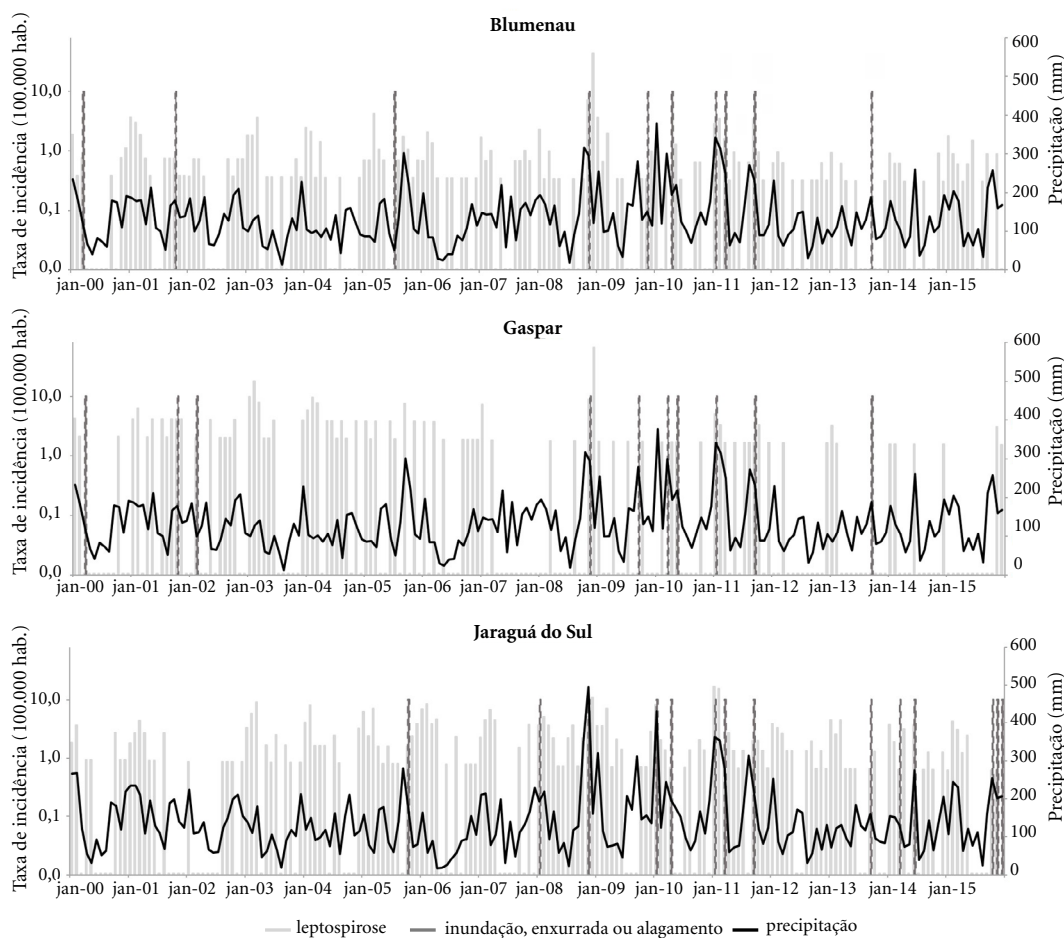


Figura 2. Taxa de incidência de leptospirose em escala logarítmica, precipitação e ocorrência de inundação, enxurrada e alagamento, segundo os municípios. Santa Catarina, 2000-2015.

Fonte: Autores.

seis municípios estudados, o risco da doença aumenta na presença de enxurradas. Entretanto, o efeito de inundações variou entre os municípios, tendo constituído um fator de risco importante em Itajaí, Camboriú, Navegantes e Blumenau, mas não em Gaspar e Jaraguá do Sul. Em Itajaí e Navegantes está localizada a foz do rio Itajaí-Açu, que recebe todo o volume de água da bacia hidrográfica e onde sua extensão é maior. Camboriú, especialmente sua área urbana, está próxima à foz do rio de mesmo nome, localizada no município vizinho de Balneário Camboriú. Inundações do rio Itajaí-Açu são diferenciadas, porque entre Blumenau e Itajaí o vale é plano e com grande largura e dimensão. Blumenau também pertence ao Médio Vale do Itajaí, que apresenta características peculiares que favorecem as

inundações. Segundo Klein, citado por Mattedi *et al.*³⁶, a montante de Blumenau o rio Itajaí-Açu apresenta corredeiras devido ao relevo, mas ao entrar nos limites urbanos do município, recebe ainda a contribuição de outros tributários e, num terreno mais plano, diminui sua velocidade e vazão, causando elevação brusca do nível do rio e seu espraiamento por sobre seu antigo leito, que foi estreitado pelo crescimento urbano. Não houve impacto de inundações na incidência nos municípios de Gaspar e Jaraguá do Sul. Gaspar, apesar de pertencer ao Médio Vale do Itajaí, recebe menor fluxo de água da bacia do Itajaí-Açu, quando comparado com os municípios da Foz. Jaraguá do Sul pertence à bacia hidrográfica do rio Itapocu, bem menor em área, extensão do canal principal e vazão, em comparação com a

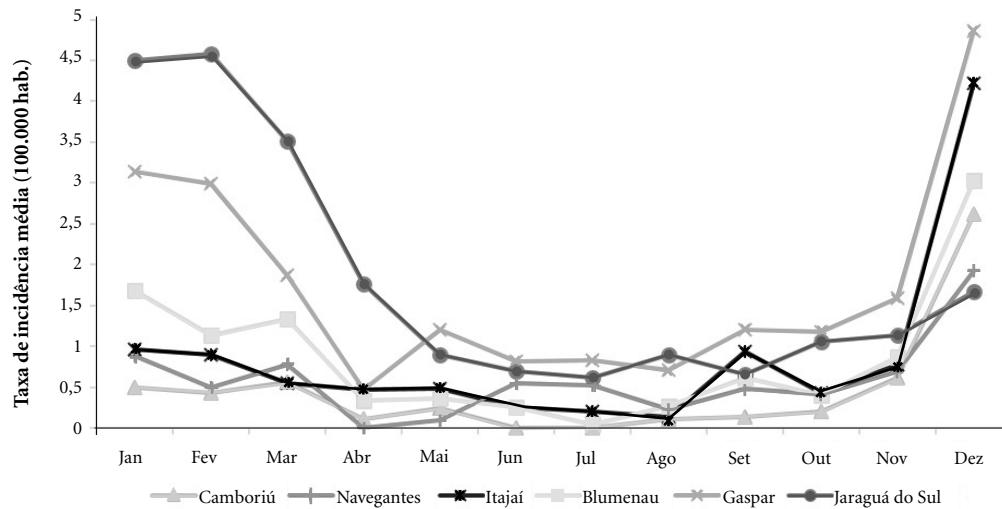


Figura 3. Taxa de incidência média de leptospirose por mês, para todo o período em cada município. Santa Catarina, 2000-2015.

Fonte: Autores.

Tabela 1. Estimativas do modelo de regressão para avaliar a tendência da incidência de leptospirose nos seis municípios. Santa Catarina, 2000-2015.

	Sem ajuste para fatores climáticos e ambientais [#]		Com ajuste para fatores climáticos e ambientais [#]	
	Estimativa	IC(95%)	Estimativa	IC 95%
Incidência (por 100.000) no ano 2007,5				
Camboriú	0,47*	(0,34:0,66)	0,01*	(0,002:0,013)
Navegantes	0,57*	(0,41:0,78)	0,01*	(0,004:0,021)
Itajaí	0,86*	(0,68:1,09)	0,01*	(0,006:0,028)
Blumenau	0,86*	(0,69:1,08)	0,02*	(0,007:0,032)
Gaspar	1,66*	(1,29:2,14)	0,03*	(0,015:0,071)
Jaraguá do Sul	1,86*	(1,49:2,33)	0,04*	(0,018:0,086)
Risco relativo				
Tempo (anos)	0,97*	(0,95:0,99)	0,97*	(0,95:0,99)

* p-valor < 0,001. [#]Fatores climáticos e ambientais: número de dias de chuva, temperatura máxima, ocorrência de inundação e enxurrada.

Fonte: Autores.

bacia do rio Itajaí-Açu, além de estar localizada no começo da bacia².

Entre os desastres investigados neste estudo, apenas a ocorrência de alagamento não se mostrou associada à incidência da leptospirose. Alagamentos estão relacionados ao acúmulo de água por problemas de drenagem³⁷. Todos os seis municípios estudados são cortados por rios, o

que faz de seus transbordamentos um desastre de inundação, evento mais frequente nesses municípios do que alagamento.

Assim, as diferenças observadas na incidência da doença entre os seis municípios refletem, em parte, vulnerabilidades distintas a fatores climáticos e ambientais. Em estudo realizado na Co-reia, observou-se que o aumento na temperatura

Tabela 2. Estimativas do modelo final de regressão (risco relativo e respectivo intervalo de confiança) para determinar os fatores climáticos e ambientais associados à leptospirose nos seis municípios. Santa Catarina, 2000-2015.

Variáveis Explicativas	RR	IC 95%
Número de dias de chuva	1,06**	(1,03:1,09)
Temperatura máxima (°C)	1,12**	(1,08:1,16)
Ocorrência de enxurrada	2,05**	(1,53:2,76)
Ocorrência de inundação, para cada município		
Camboriú	9,41**	(4,26:20,79)
Navegantes	4,75*	(1,15:19,71)
Itajaí	15,67**	(4,33:56,72)
Blumenau	4,18*	(1,20:14,58)
Gaspar	2,77	(0,77: 9,95)
Jaraguá do Sul	1,21	(0,34:4,37)
Município, em períodos sem inundação		
Camboriú	1,00	
Navegantes	2,06*	(1,16: 3,65)
Itajaí	2,46**	(1,48: 4,10)
Blumenau	3,50**	(2,12: 5,77)
Gaspar	8,17**	(4,86:13,71)
Jaraguá do Sul	9,38**	(5,72:15,37)
Município, em períodos com inundação		
Camboriú	1,00	
Navegantes	1,04	(0,28:3,87)
Itajaí	4,10*	(1,32:12,74)
Blumenau	1,55	(0,52: 4,61)
Gaspar	2,40	(0,77:7,43)
Jaraguá do Sul	1,21	(0,39:3,71)

* p < 0,050; **p < 0,010.

Fonte: Autores.

mínima (1°C) em defasagem de 11 semanas foi associado a 22,7% de aumento de casos de leptospirose³⁰. Além disso, com a mudança climática global, eventos extremos, como ciclones e inundações, devem ocorrer com mais frequência e intensidade e podem resultar em um aumento na incidência de leptospirose, bem como na magnitude dos surtos da mesma. O monitoramento contínuo na fase pós-desastre é essencial para avaliar os impactos de longo prazo da leptospirose após as inundações³⁸. Outros fatores também influenciam na dinâmica da doença, como o saneamento, além de fatores ambientais e sociais³⁹. Quanto aos indicadores socioeconômicos disponíveis, não existem grandes discrepâncias

entre esses municípios que possam justificar as diferenças na incidência²⁵.

A incidência média mensal observada no período, bem como a ajustada em julho de 2007 (por 100.000 habitantes por mês), variou entre os seis municípios de 0,5 (em Camboriú) a 1,9 (em Jaraguá do Sul), o que corresponde a médias anuais de 6,0 a 22,8 (por 100.000 habitantes por ano), respectivamente. Tais médias são bem maiores do que aquelas observadas no período de 2001 a 2015 no estado de SC (0,5 por 100.000 habitantes por ano) e no Brasil (1,9 por 100.000 habitantes por ano)¹². Particularmente, em 2008, ano em que ocorreu o desastre, a incidência em SC foi de 16 por 100.000 habitantes por ano, e os seis municípios registraram valores muito superiores, sendo o maior deles em Itajaí, com 72 por 100.000 habitantes por ano. Taxas semelhantes à do Brasil (por 100.000 habitantes por ano) foram encontradas, em 2014, na América Latina (2,0) e em alguns países desta mesma região do continente, como a Colômbia (2,6) e Cuba (2,1)⁴⁰.

Foi observada uma tendência de queda na incidência nos seis municípios, estimada em 3,21% ao ano. Outros estudos realizados no Brasil também apontam para quedas na incidência. No estado de SC, entre 2008 e 2011, a incidência de leptospirose apresentou queda média anual de 14,9%²³. Quando estudada ao longo do ano, a tendência para o período de 2005-2015 foi de queda entre os meses de abril e setembro²². Em Belém, entre 2006 e 2011, também foi observada uma tendência de queda, de 1,33% ao ano, possivelmente devido ao subregistro de casos¹⁹. No Brasil, entre 2008 e 2012, não foi verificada tendência de crescimento periódico dos casos, quando ajustada pela sazonalidade¹⁸.

Algumas hipóteses podem ser consideradas para justificar a tendência decrescente observada neste estudo. Uma delas seria a melhora nas condições de saneamento básico. Em SC, de 2000 para 2010, a proporção de domicílios com saneamento adequado passou de 61% para 66,3%, a de inadequados diminuiu de 10,5% para 4,1%, e houve discreto aumento na de semiadequados. Em cinco dos seis municípios estudados houve aumento na proporção de domicílios com saneamento adequado e diminuição na de semiadequados e inadequados; a exceção foi Itajaí. Em 2010, a proporção de domicílios com saneamento adequado nesses municípios variou de 77 a 87%²⁵.

A melhora nas condições socioeconômicas em SC e nos seis municípios estudados pode ter contribuído para a queda na incidência de lep-

tospirose. De 2000 para 2010 a taxa de analfabetismo da população de 15 anos ou mais diminuiu no estado (de 6,3 para 4,1%), assim como nos seis municípios²⁵. Nesse período, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), tanto em SC quanto nos seis municípios, melhorou em relação a renda, longevidade e educação, passando a apresentar valores altos a muito altos²⁶.

A maior conscientização da população sobre os riscos da doença, principalmente após a ocorrência de enchentes, pode ter contribuído para a queda na incidência. A partir de dezembro de 2011, foi criado o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), que informa às defesas civis sobre as condições meteorológicas, hidrológicas e geológicas quando há iminência de algum desastre. É possível ainda que tenha havido alguma melhora nas ações de prevenção por parte dos órgãos governamentais responsáveis, no preparo dos profissionais da saúde para a investigação epidemiológica do paciente, bem como no diagnóstico e na intervenção, tanto aqueles que fazem visita em domicílio quanto os que trabalham nas unidades básicas de saúde.

Entretanto, a queda observada pode estar relacionada a um possível aumento na subnotificação da doença, diante do aumento da incidência de outras doenças sazonais, como a dengue, que pode ser confundida com a leptospirose nos primeiros sintomas. Assim como a leptospirose, a dengue ocorre mais frequentemente nos meses chuvosos. Mesmo na estação seca, quando a leptospirose ocorre independentemente das chuvas, por outros meios de transmissão, pode haver subnotificação, porque nessa estação não há uma busca tão ativa da doença por agentes de saúde¹⁸. Segundo Soares e colaboradores⁷, no período seco de 1998 a 2006, ocorreu alta incidência de leptospirose em locais de piores níveis socioeconômicos no município de São Paulo.

A incidência de leptospirose nos seis municípios estudados apresentou comportamento sazonal, indicando maior ocorrência da doença nos meses do verão, especialmente no mês de dezembro. Ghizzo Filho⁴¹, ao estudar a incidência de leptospirose em SC de 2005 a 2015, observou maior incidência de outubro a março, com risco relativo maior que o dobro quando comparado aos meses de abril a setembro. O Vale do Itajaí, subdividido nas regiões do Alto Vale, Médio Vale e Foz, acompanhou os resultados encontrados em SC, com as maiores incidências registradas nos meses de outubro a março. Com exceção de

Jaraguá do Sul, os demais municípios pertencem ao Médio Vale e à Foz do Itajaí.

Mesmo tendo sido observada uma tendência de decréscimo na incidência de leptospirose, a doença ainda constitui um problema de saúde pública em SC, e cuja magnitude é altamente influenciada por fatores climáticos e ambientais, com especial vulnerabilidade a eventos hidrológicos extremos. Este estudo produziu informações relevantes sobre a leptospirose em seis municípios de SC que, se incorporadas ao serviço da vigilância epidemiológica, podem contribuir para o planejamento de ações de prevenção e controle da doença, sobretudo em situações de desastres naturais.

Conclusões

As maiores incidências de leptospirose em SC ocorreram em Gaspar, Itajaí, Blumenau, Camboriú, Navegantes e Jaraguá do Sul, tendo sido extremamente altas nesses municípios em 2008 e em Jaraguá do Sul em 2011. Em geral, os picos de incidência ocorreram no mesmo mês ou no mês posterior a eventos de desastres. A incidência apresentou forte comportamento sazonal, sendo maior nos meses do verão, em especial em dezembro, em todos os municípios. A leptospirose apresentou tendência de queda estimada em 3,21% ao ano em todos os municípios durante o período de estudo. Os fatores climáticos e ambientais associados à incidência foram o número de dias de chuva, a temperatura máxima, a presença de inundação, que causou diferente impacto entre os municípios, e a ocorrência de enxurrada. As inundações tiveram impacto no risco da doença nos municípios de Itajaí, Camboriú, Navegantes e Blumenau. O maior risco da doença na presença de inundação foi encontrado em Itajaí, seguido por Camboriú, Navegantes e Blumenau. Em Gaspar e Jaraguá do Sul, as inundações não tiveram impacto no risco da doença. Nos períodos em que não houve inundação, o RR foi maior em todos os municípios, quando comparados a Camboriú. Nos períodos em que houve inundação, apenas em Itajaí o risco da doença foi maior do que em Camboriú; nos demais municípios, o risco foi semelhante ao de Camboriú. Os resultados observados neste estudo podem contribuir para melhorar as ações de vigilância e prevenção da leptospirose em nível municipal, nesses e em outros municípios que apresentem características semelhantes de vulnerabilidade a eventos hidrológicos.

Colaboradores

AEP Silva: concepção e delineamento, análise e interpretação dos dados, redação do artigo e aprovação da versão a ser publicada. MRDO Latorre: análise e interpretação dos dados, revisão crítica do artigo e aprovação da versão a ser publicada. F Chiaravalloti Neto: concepção, revisão crítica do artigo e aprovação da versão a ser publicada. GMS Conceição: concepção e delineamento, análise e interpretação dos dados, redação e revisão crítica do artigo e aprovação da versão a ser publicada.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de doutorado de Ana Elisa Pereira Silva.

Referências

1. World Health Organization (WHO). Report of the first meeting of the leptospirosis burden epidemiology reference group [Internet]. 2010. [acessado 2019 Mai 20]. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44382>
2. Santos LBL, Assis MC, Silva AEP, Angelis CF. Sobre risco, ameaça e vulnerabilidade à leptospirose em situações pós-alagamentos, inundações e enxurradas: reconstruindo o episódio do Vale do Itajaí (2008-2009). In: *Anais do Congresso Brasileiro sobre Desastres Naturais*; 2012; Rio Claro. p. 1-10.
3. Centers for Disease Control and Prevention. *Hurricanes, floods and leptospirosis* [Internet]. 2018. [acessado 2019 Jul 19]. Disponível em: <https://www.cdc.gov/leptospirosis/exposure/hurricanes-leptospirosis.html>
4. Brasil. Ministério da Saúde (MS). *Doenças infecciosas e parasitárias: guia de bolso*. 8. ed. rev. Brasília: MS; 2010.
5. Costa F, Hagan JE, Calcagno J, Kane M, Torgerson P, Martinez-Silveira MS, Stein C, Abela-Ridder B, Ko AI. Global morbidity and mortality of leptospirosis: a systematic review. *PLoS Negl Trop Dis* 2015; 9(9):e0003898.
6. Pijnacker R, Goris MG, Te Wierik MJ, Broens EM, Van der Giessen JW, De Rosa M, Wagenaar JA, Hartskeerl RA, Notermans DW, Maassen K, Schimmer B. Marked increase in leptospirosis infections in humans and dogs in the Netherlands, 2014. *Euro Surveill* 2016; 21(17):pii=30211.
7. Soares TSM, Latorre MRDO, Laporta GZ, Buzzar MR. Análise espacial e sazonal da leptospirose no município de São Paulo, SP, 1998 a 2006. *Rev Saude Publica* 2010; 44(2):283-291.
8. Gonçalves NV, Araújo EN, Sousa Júnior AS, Pereira WMM, Miranda CSC, Campos PSS, Matos MWS, Palácios VRCM. Distribuição espaço-temporal da leptospirose e fatores de risco em Belém, Pará, Brasil. *Cien Saude Colet* 2016; 21(12):3947-3955.
9. Pal M, Hadush A. Leptospirosis: an infectious emerging waterborne zoonosis of global significance. *Air Water Borne Dis* 2017; 6:133.
10. Masi E. *Análise de intervenção em séries temporais de dengue e leptospirose da cidade de São Paulo: influência de fatores políticos, administrativos, técnicos e ambientais* [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2012.
11. Dutra FRLS, Quadro MFL, Müller GV, Valadão RC. Associações entre a zona de convergência do Atlântico Sul e o El Niño e sua influência sobre a distribuição espaçotemporal da leptospirose em Minas Gerais. *Hygeia* 2018; 14(27):1-13.
12. Departamento de Informática do SUS. *Informações de Saúde (Tabnet)*. [acessado 2019 Maio 10]. Disponível em: <http://www2.datasus.gov.br/datasus/index.php?area=02>
13. Silva MAFD, organizador. *As chuvas de novembro de 2008 em Santa Catarina: um estudo de caso visando à melhoria do monitoramento e da previsão de eventos extremos*. Nota técnica INPE-INMET-EPAGRI. São José dos Campos; 2009.
14. Habus J, Persic Z, Spicic S, Vince S, Stritof Z, Milas Z, Cvetnic Z, Perharic M, Turk N. New trends in human and animal leptospirosis in Croatia, 2009-2014. *Acta Trop* 2017; 168:1-8.

15. Benacer D, Thong KL, Min NC, Verasahib KB, Galloway RL, Hartskeerl RA, Souris M, Zain SNM. Epidemiology of human leptospirosis in Malaysia, 2004-2012. *Acta Trop* 2016; 157:162-168.
16. van Alphen LB, Lemcke Kunoe A, Ceper T, Kahler J, Kjelso C, Ethelberg S, Krogfelt KA. Trends in human leptospirosis in Denmark, 1980 to 2012. *Euro Surveill* 2015; 20(4):33-41.
17. Thipmontree W, Suputtamongkol Y, Tantibhedhyan-gkul W, Suttinont C, Wongswat E, Silpasakorn S. Human leptospirosis trends: Northeast Thailand, 2001-2012. *Int J Environ Res Public Health* 2014; 11:8542-8551.
18. Pereira CAR, Barata MML, Costa Neto C, Monteiro GTR. Leptospirosis's trend and seasonality in Brazil: statistical analysis of notified cases between 2008 and 2012. *Saude e Pesquisa* 2014; 7(3):395-402.
19. Lima RJS, Abreu EMN, Ramos FLP, Santos RD, Santos DD, Santos FAA, Matos LM, Saraiva JMB, Costa ARF. Análise da distribuição espaço-temporal da leptospirose humana em Belém, estado do Pará, Brasil. *Rev Panamazonica Saude* 2012; 3(2):33-40.
20. Daher EF, Carvalho GSG, Soares DS, Mendes MH, Parente Filho SLA, Rocha HAL, Silva Junior GB. Changing patterns in leptospirosis: a three-decade study in Brazil. *Int J Infect Dis* 2017; 60:4-10.
21. Daher EF, Silva Junior GB, Lima RSA, Mota RMS, Rocha HAL, Abreu KLS, Barreto AGC, Pereira EDB, Araújo SMHA, Libório AB. Different patterns in a cohort of patients with severe leptospirosis (Weil Syndrome): effects of an educational program in an endemic area. *Am J Trop Med Hyg* 2011; 85(3):479-484.
22. Ghizzo Filho J, Nazário NO, Freitas PF, Pinto GA, Schlindwein AD. Temporal analysis of the relationship between leptospirosis, rainfall levels and seasonality, Santa Catarina, Brazil, 2005-2015. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo* 2018; 60:e39.
23. Ghizzo Filho J, Nazário NO, Freitas PF, Pinto GA, Nunes RD, Schlindwein AD. Tendência temporal da incidência por leptospirose na população do estado de Santa Catarina no período de 2005 a 2015. *Rev Assoc Med Rio Grande do Sul* 2019; 63(4):374-379.
24. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Estados@*. [acessado 2019 Jun 6]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/panorama>
25. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Censo Demográfico 2010*. [acessado 2019 Mar 13]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9662-censo-demografico-2010.html>
26. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; Fundação João Pinheiro; Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2020. [acessado 2020 Nov 13]. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/ranking>
27. Brasil. Ministério da Saúde (MS). *Guia de vigilância em saúde*. 2. ed. Brasília: MS; 2017.
28. Chen M, Shi W, Xie P, Silva VBS, Kousky VE, Higgins RW, Janowiak JE. Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global daily precipitation. *J Geophys Res* 2008; 113:D04110.
29. Fan Y, Van den Dool H. A global monthly land surface air temperature analysis for 1948-present. *J Geophys Res* 2008; 113:D01103.
30. Joshi YP, Kim EH, Cheong HK. The influence of climatic factors on the development of hemorrhagic fever with renal syndrome and leptospirosis during the peak season in Korea: an ecologic study. *BMC Infect Dis* 2017; 17:406.
31. Mohammadinia A, Alimohammadi A, Saeidian B. Efficiency of geographically weighted regression in modeling human leptospirosis based on environmental factors in Gilan Province, Iran. *Geosciences* 2017; 7:136.
32. Kupek E, Faversani MCSS, Philippi JMS. The relationship between rainfall and human leptospirosis in Florianópolis, Brazil, 1991-1996. *Braz J Infect Dis* 2000; 4(3):131-134.
33. Coelho MSZS, Massad E. The impact of climate on leptospirosis in São Paulo, Brazil. *Int J Biometeorol* 2012; 56:233-241.
34. Ghizzo Filho J, Freitas PF, Nazário NO, Pinto GA, Nunes RD, Schlindwein AD. Análise temporal da relação entre leptospirose, níveis pluviométricos e sazonalidade, na região da grande Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2005-2015. *Arq Catarin Med* 2018; 47(3):116-132.
35. Tominaga LK, Santoro J, Amaral R, organizadores. *Desastres naturais: conhecer para prevenir*. São Paulo: Instituto Geológico; 2012.
36. Mattedi M, Ludwig L, Ávila MRR, organizadores. *Desastre de 2008+10 no Vale do Itajaí: água, gente e política: aprendizados*. Blumenau: Edifurb; 2018.
37. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). *Mapeamento de risco em encostas e margens de rios*. Brasília: Ministério das Cidades; 2007.
38. Lau CL, Smythe LD, Craig SB, Weinstein P. Climate change, flooding, urbanisation and leptospirosis: fuelling the fire? *Trans R Soc Trop Med Hyg* 2010; 104:631-638.
39. Wiwanitkit, V. Climate change and leptospirosis. *Cien Saude Colet* 2012; 17(12):3451.
40. Schneider MC, Leonel DG, Hamrick PN, Caldas EP, Velásquez RT, Mendigaña Paez FA, Arrebato JCG, Gerger A, Pereira MM, Aldighieri, S. Leptospirosis in Latin America: exploring the first set of regional data. *Rev Panam Salud Publica* 2017; 41:e81.
41. Ghizzo Filho J. *Tendência temporal da incidência por leptospirose e a sua relação com os níveis pluviométricos na população do estado de Santa Catarina no período de 2005 a 2015* [dissertação]. Palhoça: Universidade do Sul de Santa Catarina; 2017.

Artigo apresentado em 01/09/2020

Aprovado em 05/01/2021

Versão final apresentada em 07/01/2021

Editores-chefes: Romeu Gomes, Antônio Augusto Moura da Silva