

ANÁLISE ESPACIAL DA LEPTOSPIROSE NO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Victor Fernandez Nascimento ¹, Peterson Oliveira Silveira ², Laurindo Antônio Guasselli ³

¹Centro de Ciência do Sistema Terrestre, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Av. dos Astronautas, 158 - Jd. Granja, São José dos Campos – SP (E-mail: victor.nascimento@inpe.br); ²Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves, 9500 | Bairro Agronomia | CEP 91509-900 – Porto Alegre, (E-mail: petriz.oliveira@hotmail.com); ³Programa de Pós-graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 9.500, CEP 91.540-000, Porto Alegre, Brasil. (E-mail: laurindo.guasselli@ufrgs.br).

RESUMO

A leptospirose é uma das doenças zoonóticas mais incidentes no Brasil com cerca de 13 mil casos notificados por ano. Muitos aspectos socioambientais podem ser correlacionados com os casos de leptospirose e apenas uma variável não é capaz de explicar a incidência desta patologia, portanto vários fatores devem ser levados em consideração. Esse estudo realizou uma análise espacial das variáveis socioambientais, utilizando sistemas de informações geográficas e análise multi-critério de decisão para analisar a suscetibilidade de leptospirose a nível municipal para o estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Os resultados demonstraram que os municípios com maior suscetibilidade se encontram no litoral, nas regiões oeste e central do estado, além da região metropolitana da capital, Porto Alegre. Essa informação é importante para que tomadores de decisão da área da saúde incentivem campanhas preventivas e educacionais dando prioridade para estes municípios.

Palavras-chave — Análise multi-critério de decisão, AHP, SIG, Suscetibilidade.

ABSTRACT

Leptospirosis is one of the most common zoonotic diseases in Brazil with about 13,000 cases reported annually. Many socioenvironmental aspects can be correlated with leptospirosis and only one variable is not able to explain the this pathology incidence in the environment, therefore several factors must be taken into account. This study carried out a spatial analysis of the socioenvironmental variables, using geographic information systems and multi-criteria decision analysis to analyze the leptospirosis susceptibility at municipal level for the Rio Grande do Sul state in Brazil. The results showed that the municipalities with the highest susceptibility are found on the coast, in the western and central regions of the state, as well as in the metropolitan region of the capital Porto Alegre. This information is important for health decision makers to encourage preventive and educational campaigns focusing in these municipalities.

Key words — *multi-criteria decision analysis, AHP, GIS, Susceptibility.*

1. INTRODUÇÃO

A leptospirose é uma das doenças zoonóticas mais conhecidas mundialmente [1], com importância tanto na área médica como veterinária [2]. Nos seres humanos pode provocar diferentes sintomas como dores de cabeça e musculares, febre, falha de alguns órgãos internos e até mesmo mortes [3]. A bactéria da leptospirose é transmitida através de fluidos corporais, como por exemplo a urina ou a placenta e a infecção ocorre quando o patógeno penetra a pele através da membrana de algum ferimento [4].

Além disso, a leptospirose é uma doença reemergente que voltou a apresentar diversos casos tanto em animais como humanos devido as mudanças climáticas e ao alto crescimento populacional [5]. Enfatizando que as doenças zoonóticas, transmitidas de animais para humanos, são as que apresentam os maiores riscos a sociedade [6].

No mundo, existem anualmente cerca de 1 milhão de casos reportados de leptospirose em humanos, sendo que destes, aproximadamente 60 mil pessoas vêm a óbito e estão localizadas preferencialmente nos países do Sul [3]. No Brasil, a leptospirose apresenta em média 13 mil casos notificados por ano [1] e pode ser considerada uma doença endêmica [5], ou seja, que ocorre habitualmente no território nacional e tem incidência significativa na população. Diversos estudos associam a propagação da leptospirose aos aspectos ambientais [1, 5, 7–13] e aos aspectos sociais [1, 3, 15–21, 4, 5, 7, 8, 10, 12–14].

Deve-se enfatizar que uma variável apenas não é capaz de explicar a incidência de uma patologia tão complexa como a leptospirose, e portanto, vários fatores devem ser levados em consideração [12]. Os principais fatores relacionados à leptospirose são amplamente conhecidos; no entanto, a importância relativa de cada um dos fatores socioambientais que influenciam na transmissão da doença não são claros e podem variar de acordo com as características geográficas locais.

Nesse sentido o objetivo deste estudo é analisar espacialmente a partir da análise multi-critério de decisão diversos aspectos socioambientais relacionados à

leptospirose em escala municipal e elaborar um mapa de suscetibilidade para todo o estado do Rio Grande do Sul.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Análises espaciais são consideradas importantes componentes nos estudos epidemiológicos e de saúde pública [6, 17, 22–24]. Recentemente análises espaciais têm sido usadas para dar suporte ao sistema de saúde público contra doenças transmitidas pelo mosquito *aedes aegypti* como, por exemplo, a dengue, Chikungunya e Zika vírus [25], malária [26] e cólera [27]. Além disso, análises espaciais também têm sido utilizadas para mapear questões relacionadas com a leptospirose em diversos locais do mundo e do Brasil [1, 7, 8, 10–15, 19]. No entanto, nenhum destes estudos utilizou a Análise Hierárquica de Processos (AHP).

O método AHP pode auxiliar na tomada de decisões complexas pois através dele níveis de importância para cada uma das variáveis utilizadas podem ser comparadas entre si, através de uma escala de importância que varia de 1 a 9, onde 1 refere-se a mesma importância e 9 a extrema importância de uma variável em relação a outra. Além disso, a consistência dos valores do julgamento são testadas através do coeficiente de consistência (CR).

Este estudo, analisou espacialmente a partir da análise multi-critério de decisão sete aspectos socioambientais relacionados com a suscetibilidade de ocorrência de leptospirose a nível municipal no estado do Rio Grande do Sul, cada um deles e as fontes de onde foram obtidos estão descritos a seguir: (i) Eventos de inundações obtidos no Atlas de Desastres Naturais, (ii) Densidade Populacional obtidas na Fundação de Economia e Estatística (FEE), (iii) Áreas de planície obtidas no IBGE, (iv) Áreas de plantação de arroz obtidas na (FEE), (v) Índice de Desenvolvimento Socioeconômico (IDESE) obtido na (FEE), (vi) Áreas de banhado obtido na Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM), e (vii) Áreas de plantação de fumo obtidas na (FEE).

3. RESULTADOS

A partir da análise espacial dos aspectos socioambientais relacionados com a leptospirose utilizando análise multi-critério de decisão foi possível identificar classes de suscetibilidade de leptospirose para os 497 municípios do Rio Grande do Sul. Os resultados da análise espacial e da relação do número de casos de leptospirose registrado são apresentados a seguir.

Para realizar a análise espacial foram utilizados na análise hierárquica de processos sete variáveis e a intensidade de importância dada para cada uma das variáveis utilizando o AHP pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores de importância utilizados na AHP.

CR: 0,0061	Inundações	Densidade	Planície	Arroz	IDESE	Banhado	Fumo
Inundações	1	3	3	4	6	6	9
Densidade	1/3	1	2	4	6	8	8
Planície	1/3	1/2	1	2	4	3	8
Arroz	1/4	1/4	1/2	1	4	3	7
IDESE	1/6	1/6	1/4	1/4	1	2	2
Banhado	1/6	1/8	1/3	1/3	1/2	1	4
Fumo	1/9	1/8	1/8	1/7	1/2	1/4	1

Fonte: Elaboração própria.

Após a atribuição das influências calculadas utilizando o método AHP para cada uma das sete variáveis foi realizada a álgebra de mapas, e o resultado do mapeamento da suscetibilidade da leptospirose para os municípios do estado do Rio Grande do Sul pode ser observado na Figura 1. A quantidade de municípios consideradas de acordo com as classes de suscetibilidade de leptospirose pode ser analisada na Tabela 2.

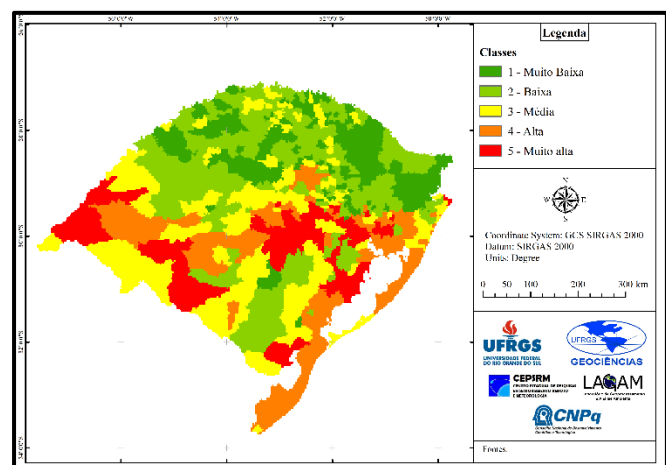


Figura 1 - Distribuição espacial da suscetibilidade de leptospirose para o estado do Rio Grande do Sul.

Tabela 2 - Número de municípios de acordo com a classe de suscetibilidade a leptospirose.

Classes de Suscetibilidade	Número de Municípios	Porcentagem dos Municípios por Classes de Suscetibilidade	Número de casos de Leptospirose
1 – Muito Baixa	129	25,96	1154
2 - Baixa	184	37,02	1316
3 - Média	101	20,32	1665
4 - Alta	48	9,66	1647
5 – Muito Alta	35	7,04	1687
Total	497	100	7469

4. DISCUSSÃO

Dentre as sete variáveis socioambientais utilizadas na análise espacial da suscetibilidade de ocorrência de leptospirose para o estado do Rio Grande do Sul, destaca-se que os eventos de inundações foram os que tiveram a maior influência, com 38%. Esta variável também é adotada em estudos como, por exemplo: [1, 4, 5, 7–10, 12]. As inundações representam um dos principais problemas ambientais no Rio Grande do Sul [28, 29] principalmente do ponto de vista das grandes magnitudes e do baixo tempo de retorno. Normalmente, esses eventos são seguidos por um quadro de alta incidência de casos de leptospirose, com cerca de 10 casos por 100 mil habitantes, superior à média do país de 3,5 casos por 100 mil habitantes [10].

A segunda variável mais importante, foi a de densidade populacional, com a influência de 26%. Como o intuito deste estudo foi o de analisar a suscetibilidade de leptospirose em humanos, a densidade populacional aumenta consideravelmente esta suscetibilidade. Diversos estudos também associaram a densidade populacional como uma das variáveis mais importantes para se analisar a leptospirose [4, 7, 8, 12, 14–17]. Além disso, uma peculiaridade da leptospirose no estado do Rio Grande do Sul, é que a incidência desta doença é oito vezes maior na população rural do que na população urbana [30]. Esta informação justifica o uso da densidade populacional ao invés do número total de habitantes por município, o que poderia mascarar os resultados e fazer que municípios altamente populosos fossem classificados como de alta suscetibilidade, erroneamente.

Portanto na análise espacial realizada neste estudo, tem-se uma variável do aspecto ambiental, eventos de inundação, e uma variável do aspecto social, densidade populacional, consideradas como as duas variáveis mais importantes, que

somadas referem-se a 64% das influências atribuídas a análise de suscetibilidade da leptospirose para o Rio Grande do Sul. Além disso, cerca de 47,5% dos municípios brasileiros sofreram com eventos de inundações pelo menos uma vez entre 2003 e 2016, totalizando aproximadamente 7,7 milhões de pessoas afetadas por alagamentos, enxurradas e inundações [31].

O resultado final da análise espacial da leptospirose para os municípios do Rio Grande do Sul, pode ser observado na Figura 1. Do ponto de vista hidrológico, os municípios onde a suscetibilidade a leptospirose é muito alta e alta estão distribuídos entre as três principais bacias hidrográficas do estado: bacia do rio Uruguai, do Guaíba e do Litoral. Porém, estão concentrados nos municípios onde os eventos de inundações são mais frequentes e mais intensos. Além disso, destaca-se também que estes municípios estão localizados na planície litorânea, na depressão central e no extremo oeste do planalto meridional. No entanto, quase todos os municípios do norte do Rio Grande do Sul, apresentaram muito baixa ou baixa suscetibilidade a leptospirose.

De acordo com a Tabela 2, a maioria dos municípios do estado do Rio Grande do Sul, aproximadamente 63% se enquadram nas classes mais baixas de suscetibilidade, cerca de 20% dos municípios foram classificados como média suscetibilidade e apenas 35 dos 497 municípios, totalizando 16% apresentaram alta e/ou muito alta suscetibilidade a leptospirose. Nestes municípios classificados como alta e/ou muito alta suscetibilidade, cerca de 3334 casos de leptospirose foram reportados, o que é referente a mais de 44% do total de casos reportados.

Segundo [6], mapas de dispersão epidemiológicos normalmente superestimam as áreas de alta suscetibilidade, devido que os organismos transmissores das doenças não necessariamente se espalham pela área que eles estariam aptos de ocupar, no entanto estes mapeamentos são importantes para identificar as potenciais áreas que a enfermidade poderia a vir se espalhar. Neste estudo a análise multicritério de decisão se demonstrou uma excelente metodologia para identificar quais municípios do estado do Rio Grande do Sul foram considerados com alta suscetibilidade de se contrair a leptospiroses.

5. CONCLUSÕES

Os resultados apresentados demonstraram que os municípios com maior suscetibilidade a leptospirose se encontram no litoral, nas regiões oeste e central do estado, além da região metropolitana de Porto Alegre. Essa informação é importante para que tomadores de decisão da área da saúde incentivem campanhas preventivas e educacionais focados nos municípios que foram classificados neste estudo como de alta e muito alta suscetibilidade a se contrair a leptospirose.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Gonçalves, N. V. *et al.*, “Distribuição espaço-temporal da

- leptospirose e fatores de risco em Belém, Pará, Brasil,” *Cien. Saude Colet.*, vol. 21, no. 12, pp. 3947–3955, 2016.
- [2] Jorge, S. *et al.*, “Human and animal leptospirosis in Southern Brazil: A five-year retrospective study,” *Travel Med. Infect. Dis.*, vol. 18, pp. 46–52, 2017.
- [3] Costa, F. *et al.*, “Global Morbidity and Mortality of Leptospirosis: A Systematic Review,” *PLoS Negl. Trop. Dis.*, vol. 9, no. 9, pp. 0–1, 2015.
- [4] Barragan, V.; Olivas, S.; Keim, P.; and Pearson, T., “Critical Knowledge Gaps in Our Understanding of Environmental Cycling and Transmission of *Leptospira* spp.,” *Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 83, no. 19, pp. 1–10, 2017.
- [5] Pelissari, D. M.; Maia-Elkhoury, A. N. S.; Arsky, M. de L. N. S.; and Nunes, M. L., “Revisão sistemática dos fatores associados à leptospirose no Brasil, 2000-2009,” *Epidemiol. e Serviços Saúde*, vol. 20, no. 4, pp. 565–574, 2011.
- [6] Rogers, D. J. and Randolph, S. E., “Studying the global distribution of infectious diseases using GIS and RS,” *Nat. Rev. Microbiol.*, vol. 1, no. 3, pp. 231–237, 2003.
- [7] Londe, L. de R.; da Conceição, R. S.; Bernardes, T.; and Dias, M. C. de A., “Flood-related leptospirosis outbreaks in Brazil: perspectives for a joint monitoring by health services and disaster monitoring centers,” *Nat. Hazards*, vol. 84, no. 2, pp. 1419–1435, 2016.
- [8] Barcellos, C. and Sabroza, P. C., “Socio-environmental determinants of the leptospirosis outbreak of 1996 in western Rio de Janeiro: A geographical approach,” *Int. J. Environ. Health Res.*, vol. 10, no. 4, pp. 301–313, 2000.
- [9] Nava, A.; Shimabukuro, J. S.; Chmura, A. A.; and Luz, S. L. B., “The Impact of Global Environmental Changes on Infectious Disease Emergence with a Focus on Risks for Brazil,” *ILAR J.*, no. January 2018, pp. 1–8, 2017.
- [10] Barcellos, C.; Lammerhirt, C. B.; de Almeida, M. A. B.; and dos Santos, E., “Distribuição espacial da leptospirose no Rio Grande do Sul, Brasil: recuperando a ecologia dos estudos ecológicos,” *Cad Saude Publica*, vol. 19, no. 5, pp. 1283–1292, 2003.
- [11] Lau, C. L.; Clements, A. C. A.; Skelly, C.; Dobson, A. J.; Smythe, L. D.; and Weinstein, P., “Leptospirosis in American Samoa - estimating and mapping risk using environmental data,” *PLoS Negl. Trop. Dis.*, vol. 6, no. 5, 2012.
- [12] Gracie, R.; Barcellos, C.; Magalhães, M.; Souza-Santos, R.; and Guimarães Barrocas, P. R., “Geographical scale effects on the analysis of leptospirosis determinants,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 11, no. 10, pp. 10366–10383, 2014.
- [13] Reis, R. B. *et al.*, “Impact of environment and social gradient on *Leptospira* infection in urban slums,” *PLoS Negl. Trop. Dis.*, vol. 2, no. 4, pp. 11–18, 2008.
- [14] SARKAR, U. *et al.*, “Population-based case-control investigation of risk factors for leptospirosis during an urban epidemic,” *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, vol. 66, no. 5, pp. 605–610, 2002.
- [15] Robertson, C.; Nelson, T. A.; and Stephen, C., “Spatial epidemiology of suspected clinical leptospirosis in Sri Lanka,” *Epidemiol. Infect.*, vol. 140, no. 4, pp. 731–743, 2012.
- [16] Vitale, M. *et al.*, “Human leptospirosis cases in Palermo Italy. The role of rodents and climate,” *J. Infect. Public Health*, vol. 11, pp. 209–214, 2017.
- [17] Fecht, D.; Beale, L.; and Briggs, D., “A GIS-based urban simulation model for environmental health analysis,” *Environ. Model. Softw.*, vol. 58, pp. 1–11, 2014.
- [18] Felzemburgh, R. D. M. *et al.*, “Prospective Study of Leptospirosis Transmission in an Urban Slum Community: Role of Poor Environment in Repeated Exposures to the *Leptospira* Agent,” *PLoS Negl. Trop. Dis.*, vol. 8, no. 5, 2014.
- [19] Vanasco, N. B.; Schmeling, M. F.; Lottersberger, J.; Costa, F.; Ko, A. I.; and Tarabla, H. D., “Clinical characteristics and risk factors of human leptospirosis in Argentina (1999–2005),” *Acta Trop.*, vol. 107, no. 3, pp. 255–258, 2008.
- [20] Pappas, G.; Papadimitriou, P.; Siozopoulou, V.; Christou, L.; and Akritidis, N., “The globalization of leptospirosis: worldwide incidence trends,” *Int. J. Infect. Dis.*, vol. 12, no. 4, pp. 351–357, 2008.
- [21] Lau, C. L.; Smythe, L. D.; Craig, S. B.; and Weinstein, P., “Climate change, flooding, urbanisation and leptospirosis: Fuelling the fire?,” *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.*, vol. 104, no. 10, pp. 631–638, 2010.
- [22] Graham, A. J.; Atkinson, P. ; and Danson, F. , “Spatial analysis for epidemiology,” *Acta Trop.*, vol. 91, no. 3, pp. 219–225, 2004.
- [23] Kistemann, T.; Dangendorf, F.; and Schweikart, J., “New perspectives on the use of Geographical Information Systems (GIS) in environmental health sciences,” *Int. J. Hyg. Environ. Health*, vol. 205, no. 3, pp. 169–181, 2002.
- [24] Cromley, E. K. and McLafferty, S. L., *GIS and Public Health Book*. 2012.
- [25] Curtis, A.; Quinn, M.; Obenauer, J.; and Renk, B. M., “Supporting local health decision making with spatial video: Dengue, Chikungunya and Zika risks in a data poor, informal community in Nicaragua,” *Appl. Geogr.*, vol. 87, pp. 197–206, 2017.
- [26] Bui, Q.; Nguyen, Q.; Manh, P. Van; Hai, P. M.; and Tuan, T. A., “Understanding spatial variations of malaria in Vietnam using remotely sensed data integrated into GIS and machine learning classifiers,” *Geocarto Int.*, vol. 6049, no. May, pp. 1–26, 2018.
- [27] Xu, M.; Kan, B.; and Wang, D., “Identifying environmental risk factors of cholera in a coastal area with geospatial technologies,” *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 12, no. 1, pp. 354–370, 2015.
- [28] Saito, S. M.; Sausen, T. M.; Lacruz, M. S. P.; Madruga, R.; and Lima Junior, E. R., “Avaliação dos desastres naturais ocorridos no Rio Grande do Sul em 2008,” *An. XV Simpósio Bras. Sensoriamento Remoto - SBSR*, vol. 29, no. 3, pp. 413–427, 2008.
- [29] Wollmann, C. A., “Enchentes no Rio Grande do Sul do século XXI,” *Mercator*, vol. 13, no. 1, pp. 79–91, 2014.
- [30] Schneider, M. C. *et al.*, “Leptospirosis in Rio Grande do Sul, Brazil: An Ecosystem Approach in the Animal-Human Interface,” *PLoS Negl. Trop. Dis.*, vol. 9, no. 11, pp. 1–20, 2015.
- [31] ANA, “Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil - 2017,” 2017.