

## ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS DA LEPTOSPIROSE EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Alice Nardoni Marteli<sup>1</sup>, Laurindo Antonio Guasselli<sup>2</sup>, Guilherme Garcia de Oliveira<sup>3</sup>, Gabriele Ozório Wink<sup>4</sup>, Fernando Hepp Pulgati<sup>5</sup> e Décio Diamant<sup>6</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto (PPGSR) – Porto Alegre (RS), anm.nardoni@gmail.com; <sup>2</sup> UFRGS, PPGSR, laurindo.guasselli@ufrgs.br; <sup>3</sup> UFRGS, PPGSR, g.oliveira@ufrgs.br; <sup>4</sup>UFRGS, Instituto de Geociências, gabrieleowink@gmail.com; <sup>5</sup>UFRGS, Instituto de Matemática e Estatística, fpulgati@gmail.com; <sup>6</sup>Instituto de Infectologia Emilio Ribas (IIER) – São Paulo (SP), ddiament@terra.com.br.

### RESUMO

A leptospirose é uma doença tropical negligenciada, causada pelo contato da urina de roedores e que acomete populações mais vulneráveis. Este artigo propôs analisar possíveis tendências entre a série histórica de casos confirmados de leptospirose e a precipitação em bacias hidrográficas brasileiras. Para isso foram utilizados dados mensais de precipitação e de leptospirose, agregados por trimestre em 22 bacias hidrográficas brasileiras. A escolha das bacias teve como critério municípios com casos de leptospirose (entre 2007 e 2017) e que tiveram pelo menos uma ocorrência de inundação (entre 2013 e 2017). Os resultados identificaram tendências nas bacias de Manaus (AM), Rio Branco (AC) e Santarém (PA), e indica que apenas parte da variabilidade observada na leptospirose foi explicada pela variação da precipitação.

**Palavras-chave** - Doenças de veiculação hídrica, TRMM, SINAN, DATASUS, Modelos Lineares Dinâmicos.

### ABSTRACT

*Leptospirosis is a neglected tropical disease, caused by contact with rodent urine and which affects more vulnerable populations. This article proposed to analyze possible trends between the historical series of confirmed cases of leptospirosis and precipitation in Brazilian watersheds. For this, monthly rainfall and leptospirosis data were used, aggregated by quarter in 22 Brazilian watershed. The choice of watershed was based on municipalities with cases of leptospirosis (between 2007 and 2017) and which had at least one occurrence of flooding (between 2013 and 2017). The results identified trends in the Manaus (AM), Rio Branco (AC) and Santarém (PA) watershed and indicate that only part of the variability observed in leptospirosis was explained by rainfall variation.*

**Key words** - Waterborne diseases, TRMM, SINAN, DATASUS, Dynamic Linear Models.

### 1. INTRODUÇÃO

A leptospirose é uma doença bacteriana transmitida por meio do contato com a urina de roedores. Sua incidência pode ser

observada após ocorrências de eventos extremos de precipitação, que provocam inundações e alagamentos.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde [1], o número de casos em humanos no mundo não é preciso, mas estima-se que a incidência em climas tropicais úmidos varia entre 10 e 100 por 100.000 pessoas, aumentando durante os surtos em grupos de risco de alta exposição. Além disso, a doença é subnotificada pela dificuldade em distinguir os sinais clínicos de outras doenças endêmicas.

Casos de leptospirose são registrados em várias partes do mundo, e, no Brasil, é um dos problemas mais graves da saúde pública [2]. As maiores prevalências encontram-se nas regiões Sul e Norte do país. Dos 5.570 municípios, 2.600 tiveram casos confirmados de leptospirose entre 2007 e 2017, com uma média anual de 3.846 casos e prevalência de 1,9 a cada 100 mil habitantes [3].

As pesquisas voltadas à análise da leptospirose têm diferentes abordagens em cada área do conhecimento científico. Na área da saúde, a investigação se baseia em dados clínicos e sorológicos; nas ciências do sistema terrestre tem sido enfatizada a análise espaço-temporal da leptospirose em escalas municipais, regionais e nacionais. Poucos estudos foram encontrados na literatura com abordagens que considerassem a bacia hidrográfica como unidade de pesquisa [4–5].

As inundações, por exemplo, são respostas à precipitação volumosa e/ou intensa em uma bacia, logo, espera-se que a leptospirose seja explicada, pelo menos em parte, pela variabilidade da precipitação na bacia. Este artigo teve como objetivo analisar possíveis tendências entre a série histórica de casos confirmados de leptospirose e a precipitação em bacias hidrográficas brasileiras.

### 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os casos mensais de leptospirose foram obtidos do Ministério da Saúde pelo Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN). Consideramos casos confirmados por município de residência de dezembro/2006 a novembro/2017 [6]. Os dados foram tabulados e relacionados à malha municipal digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ArcGIS.

Para escolha das bacias hidrográficas foram considerados os municípios com casos de leptospirose e com ao menos uma ocorrência de inundação registrada pelo

Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID [7] entre janeiro/2013 e novembro/2017. A extração das bacias foi feita a partir dos dados SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) cuja resolução espacial é de 1 arco-segundo (~30 m), mas que foram reamostrados pelo Consórcio CGIAR [8] para ~500 m. As bacias selecionadas para análise estão ilustradas na Figura 1.

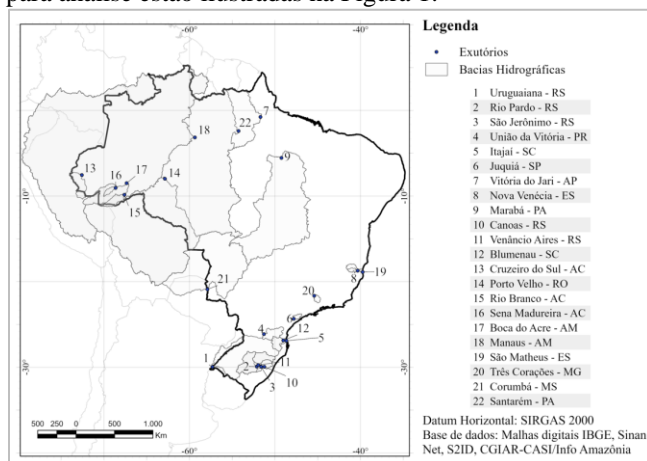


Figura 1. Localização das bacias hidrográficas selecionadas

Para cada bacia hidrográfica foram extraídos os dados mensais de precipitação obtidos a partir de estimativas do TRMM *Multi-satellite Precipitation Analysis* (TMPA/3B43)[9] que através da missão *Global Precipitation Measurement* fornece dados de múltiplos satélites. O TRMM permite o monitoramento e previsão de eventos climáticos extremos como secas, inundações e furacões, bem como o melhor conhecimento do ciclo da água na Terra e sua conexão com as mudanças climáticas. Os dados mensais de precipitação (de dezembro/2006 a novembro/2017) para cada bacia foram extraídos por meio da ferramenta *Zonal Statistics* do ArcGIS.

As variáveis foram agrupadas por trimestres em função da precipitação e do período de incubação da leptospirose, que varia entre 1 e 30 dias [10]. As análises de séries temporais foram realizadas com base nos Modelos Lineares Dinâmicos (MLD). Este modelo permite a análise de componentes principais, tais como valores médios, efeitos sazonais e os residuais [11]. A modelagem foi feita no pacote BATS (*Bayesian Analysis of Time Series*) desenvolvido para análises de séries temporais de modelos dinâmicos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das nove bacias hidrográficas da região Norte, apenas em Manaus (AM) foi identificada sazonalidade do modelo da leptospirose em função da sazonalidade da precipitação. Em Rio Branco (AC) e Santarém (PA) apesar da sazonalidade da precipitação, não teve resposta tão significativa.

As demais bacias hidrográficas brasileiras selecionadas não são modeláveis por esta metodologia devido à ausência de padrão no surgimento dos casos de leptospirose no período

observado. Em Porto Velho (RO), por exemplo, foram identificados picos de leptospirose em períodos menos chuvosos (trimestre junho-julho-agosto). Os surgimentos de casos positivos nessas bacias podem ser devido a outras causas.

O nível médio da série decomposta oscilou em torno de valores nulos (zeros), revelando a forte capacidade de explicar a ocorrência da leptospirose a partir da leitura da precipitação nas bacias hidrográficas de Manaus, Rio Branco e Santarém (Figura 2). Os efeitos sazonais e residuais estão dentro do limite de confiabilidade, apesar de que apenas em Manaus os efeitos sazonais não contem zero e, os efeitos residuais estão menos dispersos com  $\sigma = \pm 2$  para  $\mu_0$ , indicando uma melhor confiabilidade.

A Figura 3 apresenta os gráficos de dispersão dos valores estimados e observados para as três bacias e, em Manaus, observa-se o melhor ajuste do modelo. Apesar das séries temporais da precipitação serem similares nas bacias hidrográficas da região norte, a resposta da leptospirose em Rio Branco e Santarém são diferentes em relação a Manaus.

Apesar de medidas de prevenção e controle da leptospirose e iniciativas dos governos federal, estadual e municipal [12-14] nas áreas que correspondem essas três bacias hidrográficas da região norte, segundo Relatórios de Situação do Ministério da Saúde para o ano de 2010, estavam entre os municípios prioritários, Rio Branco (36/45) [15], Manaus (32/41) [16] e Santarém (5/95) [17].

A Fundação de Vigilância em Saúde do Amazonas (FVS/AM) monitora os municípios prioritários com risco de enchentes no Amazonas, emitindo alertas a esses municípios. Além disso, a FVS desenvolve ações de capacitação de preparação e resposta no enfrentamento às inundações [14].

Segundo a SUSAM (Secretaria de Estado de Saúde do Amazonas) [14] em Manaus espaços como as margens dos igarapés e áreas de riscos à inundações foram ocupados devido ao crescimento populacional. Somado à infraestrutura inadequada, à falta de saneamento básico e ao acúmulo de lixo doméstico, há o aumento do risco de surtos de doenças de veiculação hídrica, como a leptospirose.

Ao considerar que a precipitação flui para o ponto de elevação mais baixo do terreno, o fluxo de água na bacia é um elemento importante para entendimento da sua dinâmica e, por conseguinte, entendimento das inundações. No entanto, não foram considerados nesse trabalho os níveis fluviométricos, covariável que pode ser um elemento fundamental para identificar o nível máximo atingido pelo rio por mês e assim analisar se houve extravasamento do leito do rio das bacias hidrográficas de Rio Branco e Santarém nos trimestres que tiveram casos confirmados da doença. Em estudos futuros pretende-se incluir o nível fluvial para entendimento e análises na epidemiologia da leptospirose.

Segundo a SEMSA (Secretaria Municipal de Saúde) de Rio Branco, entre 2008 e 2012, a leptospirose ocorreu em todos os meses [12], o que de fato foi confirmado pelos dados mensais do SINAN [6], mas que pela análise de séries temporais de modelos dinâmicos não foi possível identificar

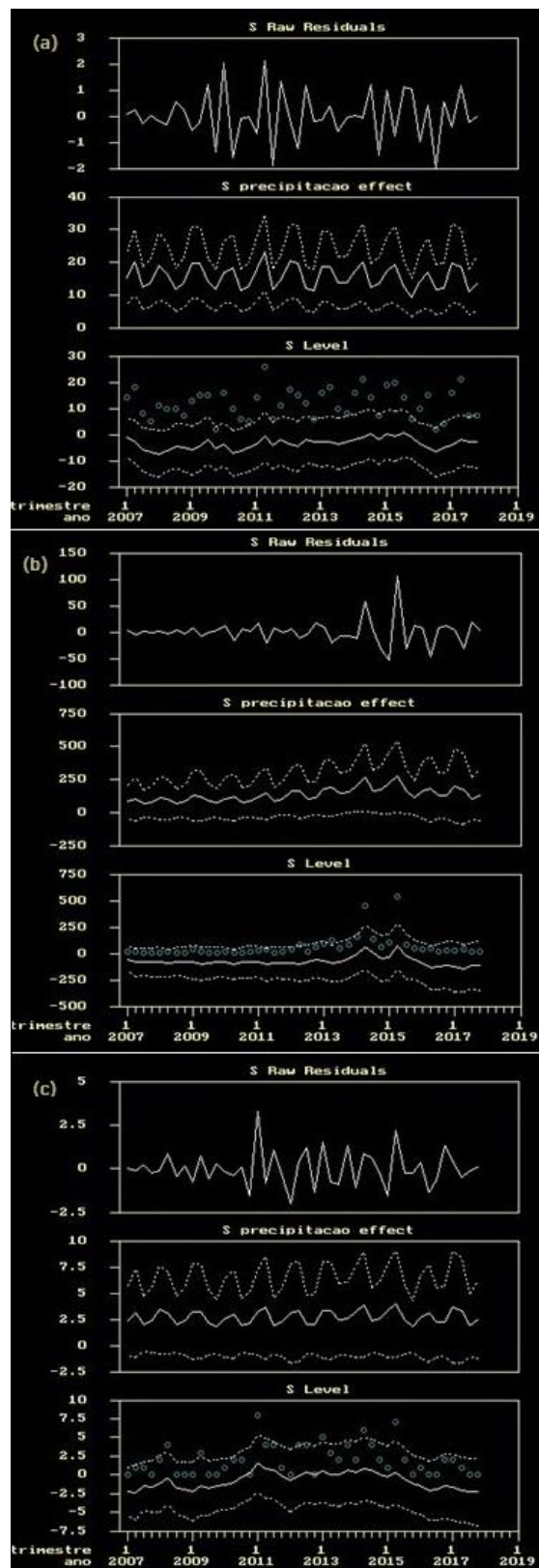


Figura 2. Resíduos, efeitos sazonais (precipitação) e níveis médios das bacias hidrográficas de (a) Manaus, (b) Rio Branco e (c) Santarém respectivamente.

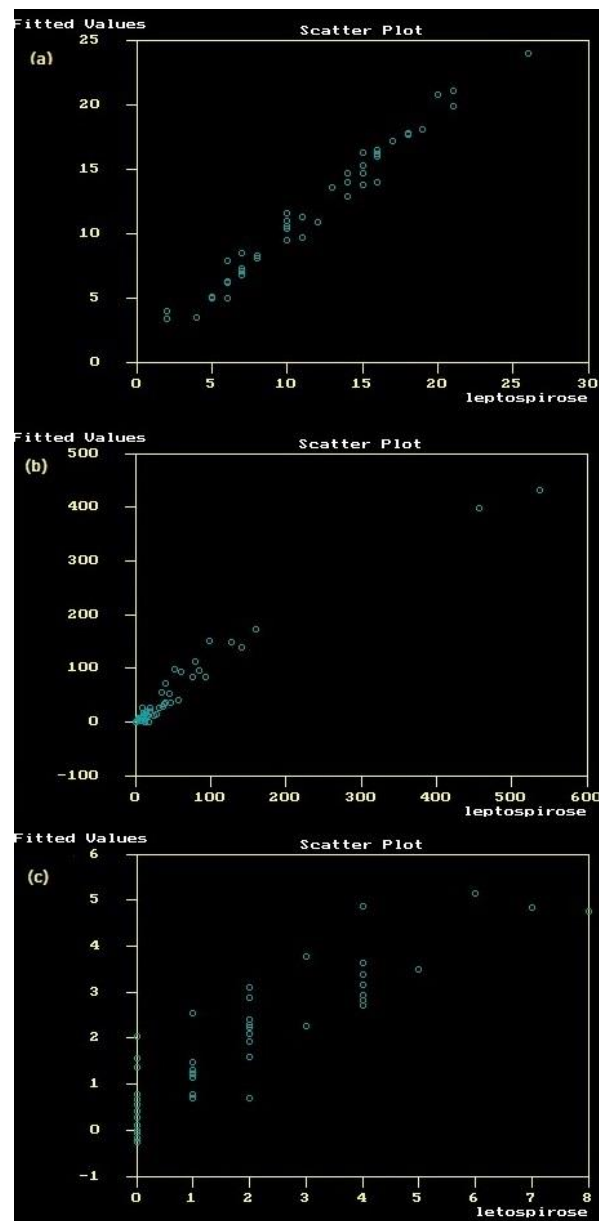


Figura 3. Gráficos de dispersão dos valores estimados e observados para as bacias hidrográficas de (a) Manaus, (b) Rio Branco e (c) Santarém respectivamente.

sazonalidade dos casos.

Nesse sentido, outra questão que deve ser considerada é o fato da subnotificação da doença no Brasil. Vários trabalhos trazem os vieses da subnotificação existente no setor público de saúde e da dificuldade clínica de diagnóstico semelhantes a outras doenças tropicais negligenciadas [18-19]. A maioria das notificações no SINAN são de casos moderados e graves, com icterícia e disfunções orgânicas que levam a passagens em prontos-socorros e internações hospitalares. Isso faz com que as formas leves da leptospirose não são diagnosticadas e a verdadeira prevalência da doença é desconhecida.

Pelos motivos elucidados, pressupõe-se que em Manaus o atendimento médico hospitalar pode ser mais eficaz que em



Rio Branco e Santarém, permitindo respostas diferentes da leptospirose ou em Rio Branco e Santarém há dificuldades no sistema de saúde em detectar os casos de leptospirose.

#### 4. CONCLUSÕES

Concluimos que parte da variabilidade observada nos casos de leptospirose foi explicada pela variação da precipitação na bacia hidrográfica de Manaus. Em Rio Branco e Santarém, não foi possível estabelecer essa covariação.

A ausência de frequência de leptospirose nas bacias hidrográficas Boca do Acre (AM), Cruzeiro do Sul (AC), Sena Madureira (AC), Porto Velho (RO), Marabá (PA), Vitória do Jari (AP), Juquiá (SP), São Mateus (ES), Nova Venécia (ES), Corumbá (MS), Três Corações (MG), União da Vitória (PR), Itajaí (SC), Blumenau (SC), Rio Pardo (RS), Venâncio Aires (RS), Canoas (RS), São Jerônimo (RS) e Uruguaiana (RS) mostra que não é possível sua modelagem utilizando séries temporais com modelos dinâmicos. É necessário investigar melhor os casos particulares da doença nessas áreas de estudo, sendo necessários mais elementos que não foram contemplados no estudo para entender as respostas diferentes da leptospirose e assim permitir antecipar surtos da doença.

O presente trabalho foi realizado com apoio da CAPES, Código de Financiamento 001.

#### 5. REFERÊNCIAS

[1] World Health Organization. *Human leptospirosis: guidance for diagnosis, surveillance and control*. WHO, pp. 109, Malta, 2003.

[2] L. R. Londe, R. S. Conceição, T. Bernardes, and M. C. A. Dias. Flood-related leptospirosis outbreaks in Brazil: perspectives for a joint monitoring by health services and disaster monitoring centers. *Nat Hazards*, v.84(2), pp.1419–35, 2016. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11069-016-2493-8>

[3] A. N. Marteli, L. V. Genro, D. Diament, and L. A. Guasselli. Análise espacial da leptospirose no Brasil. *Saúde em Debate*. 2020 Sep; Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-1104202012616>

[4] A. N. Marteli, L. B. L. Santos, L. R. Londe, and J. R. Angelo. Sobre receptividade e vulnerabilidade no contexto de Leptospirose e redes de drenagem sintéticas. In: *Seminário Nacional sobre População, Espaço e Ambiente - Big data e análises espaciais nos estudos de população*. Limeira: FCA/UNICAMP, 2017. Disponível em: <https://ivseminariopopea.wordpress.com/sessao-de-posteres/>

[5] A. N. Marteli, L. A. Guasselli, G. G. Oliveira, and D. Diament. Relação Entre Registros de Leptospirose e Precipitação em Bacias Hidrográficas Brasileiras. In: Galoá, Editor. *Anais Do 11º Congresso Brasileiro De Epidemiologia*. Fortaleza: Campinas, 2021. Disponível em: <https://proceedings.science/epi-2021/papers/relacao-entre-registros-de-leptospirose-e-precipitacao-em-bacias-hidrograficas-brasileiras>

[6] Ministério da Saúde (Brasil). Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. Doenças e Agravos de Notificação - de

2007 em diante (SINAN) Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde – DATASUS. *Leptospirose: Casos confirmados por município de residência de 2007 – 2017*. Brasília - DF, 2019.

[7] Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID) e Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC). *Casos registrados por evento (2013-2017)*. 2017.

[8] CGLAR-CSI/InfoAmazonia. SRTM ~30m reamostrados pelo Consórcio CGIAR para ~500m. 2019.

[9] Goodard Earth Sciences (GES) and Data Information Services Center (DISC). Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) (2011), TRMM (TMPA/3B43) Rainfall Estimate L3 1 month 0.25 degree x 0.25 degree V7. 2011.

[10] A. V. Lomar, D. Diament, and J. R. Torres. Leptospirosis in Latin America. *Infect Dis Clin North Am*, v. 14(1), pp. 23–39, 2000.

[11] M. West, and J. Harrison. *Baysean Forecasting and Dynamics Models*. 2nd ed, Springer-Verlag, New York, 1997.

[12] Secretaria Municipal de Saúde de Rio Branco. *Plano Municipal de Saúde 2014-2017*. Rio Branco, pp.202, 2013. Disponível em: <http://portalcgm.riobranco.ac.gov.br/portal/wp-content/uploads/2015/02/PLANO-MUNICIPAL-DE-SAUDE-2014-2017.pdf>

[13] FIOCRUZ. Ocorrência da leptospirose em Manaus é mapeada. 2011. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/ocorrencia-da-leptospirose-em-manaus-e-mapeada>

[14] Governo do estado do Amazonas. *Plano Estadual de Saúde Amazonas 2016-2019 - SUSAM*. Departamento de Planejamento (DEPLAN/SUSAM), pp. 258. Disponível em: [http://www.saude.am.gov.br/docs/pes/pes\\_2016-2019.pdf](http://www.saude.am.gov.br/docs/pes/pes_2016-2019.pdf)

[15] Ministério da Saúde. *Sistema Nacional de Vigilância em Saúde Relatório de Situação Acre*. Brasília - DF, pp. 39, 2011. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/sistema\\_nacional\\_vigilancia\\_saude\\_ac\\_5ed.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/sistema_nacional_vigilancia_saude_ac_5ed.pdf)

[16] Sistema Nacional de Vigilância em Saúde. *Relatório de Situação Amazonas*. Brasília - DF, pp. 43, 2011. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/sistema\\_nacional\\_vigilancia\\_saude\\_am\\_5ed.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/sistema_nacional_vigilancia_saude_am_5ed.pdf)

[17] Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. *Sistema Nacional de Vigilância em Saúde, Relatório de Situação, Pará*. 5ª edição, Brasília - DF, pp. 43, 2011. Disponível em: [https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/sistema\\_nacional\\_vigilancia\\_saude\\_pa\\_5ed.pdf](https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/sistema_nacional_vigilancia_saude_pa_5ed.pdf)

[18] Ministério da Saúde. *Guia de Vigilância em Saúde*. 3rd ed. Coordenação-Geral de Desenvolvimento da Epidemiologia em Serviços. Brasília - DF: Ministério da Saúde, pp.740, 2019.

[19] F. Costa, J. E. Hagan, J. Calcagno, M. Kane, P. Torgerson, M. S. Martinez-Silveira, et al. Global Morbidity and Mortality of Leptospirosis: A Systematic Review. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 9(9), 2015. Disponível em: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pntd.0003898>