

Análise Temporal da Incidência de Leptospirose e sua Relação com o Índice Pluviométrico na Cidade de Recife – PE, 2007 - 2016

**Jesy Karolayne Sales dos Santos¹, Carlos Raphael Araújo Daniel²,
André Luiz Pinto dos Santos³, Guilherme Rocha Moreira⁴**

1. Introdução

A leptospirose é um grande problema de saúde pública em países em desenvolvimento, inclusive no Brasil, devido ao crescimento desordenado do país, que leva ao surgimento de aglomerações de pessoas em locais de más condições sanitárias (BERNADI, 2012; MARTINS, 2012). A *leptospira* é uma bactéria que infecta os animais, principais transmissores da doença para o homem que, em contato com a área contaminada, torna-se receptor da bactéria desenvolvendo sintomas que podem levar à morte. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019).

Contudo, a proliferação da doença no estado brasileiro não se limita à inadequação da infraestrutura sanitária, outro fator preponderante são as inundações que ocorrem anualmente em cada região do país. A relação entre clima e saúde é destacada no estudo de Aleixo e Neto (2017, p. 83): “Quando na vinda dos Holandeses ao Brasil, Willen Piso, Médico de Maurício de Nassau, estudou em 1641 as inundações do Rio Capibaribe no Recife, que ocasionou muitas perdas de vidas humanas” apresentando em seguida uma discussão temporal entre doenças e clima dentro de um contexto histórico.

A região Sudeste, juntamente com a região Sul e Norte, registra os maiores índices pluviométricos e também os maiores números de casos de leptospirose no período de 10 anos (2007 a 2016). O Sudeste brasileiro registrou 13271 casos da doença, seguida da região Sul com 12748 casos. A região Nordeste foi à quarta em números de registros de leptospirose, com um total de 6040 neste período de tempo. O estado de Pernambuco é notório dentre todos os estados nordestinos, tendo acumulado 34% dos casos registrados na região. Só em 2017 foram 221 o número de pessoas diagnosticadas com a *leptospira* no estado e, destes indivíduos, 66% residiam na cidade de Recife (DATASUS, 2019).

Com o objetivo de verificar os padrões da leptospirose de acordo com os períodos de chuvas e inundações, medidas pelo índice pluviométrico (mm), alguns estudos foram realizados por meio da análise temporal dos casos da doença. Para o município de Fortaleza, Magalhães, Zanella e Sales (2010) em uma comparação entre casos da enfermidade e precipitação, concluíram que no primeiro semestre do ano (2004 a 2007), períodos de maiores precipitações registravam os maiores números de casos.

O estudo de Guimarães et al. (2014) considera a série histórica de leptospirose de 2007 a 2012, levando em consideração a ocorrência de desastres por inundações e mostrando que, para a cidade do Rio de Janeiro, a precipitação mensal apresentou-se como um fator fortemente correlacionado

¹ Departamento de Estatística e Ciência Atuarial - UFS. email: jesy.sales.comunic@gmail.com.

² Departamento de Estatística e Ciência Atuarial - UFS. email: raphael_crad@yahoo.com.br

³ Universidade Federal Rural de Pernambuco-PPGBEA-UFRPE. email: andrefensor@hotmail.com

⁴ Universidade Federal Rural de Pernambuco-PPGBEA-UFRPE. email: guirocham@gmail.com.

com o número de casos da enfermidade, utilizando a distribuição binominal negativa para modelar a taxa de leptospirose. Já no período de 2005 a 2015, Filho et al. (2018) verificaram para a cidade de Florianópolis uma associação temporal positiva entre os casos da doença e a quantidade de chuva, destacando dois períodos sazonais: os meses de abril a setembro com menores taxas de leptospirose, e os meses de outubro a março com maiores taxas da doença e maiores índices pluviométricos.

O objetivo do presente estudo foi comparar o desempenho de modelos de séries temporais na descrição do comportamento da leptospirose de acordo com os índices pluviométricos dentro do período de 2007 a 2016 na cidade de Recife - PE, verificando a qualidade dos modelos com previsões para o ano de 2017. É importante ressaltar o número limitado de estudos semelhantes utilizando técnicas estatísticas de modelagem e previsão para a região Nordeste e principalmente na cidade de Recife que, como discutido anteriormente, concentra a maior parte dos casos da região. Os casos confirmados notificados da leptospirose foram obtidos do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN) e, para o cálculo da incidência da doença, foi obtido para cada ano a população estimada da cidade de Recife pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os dados pluviométricos acumulados em milímetros foram obtidos do site da Agência Pernambucana de Águas e Climas, utilizando a média de registros dos seis postos de contagem localizados na cidade de Recife (Alto da Brasileira, Codecipe/Santo Amaro, Lamepe/Itep, Santo Amaro, Várzea e PCD).

2. Metodologia

Foi aplicado o método de análise temporal auto-regressivo integrado de médias móveis sazonais (SARIMA) para modelar a incidência de leptospirose. Uma série é dita sazonal quando similaridades na mesma ocorrem depois de s intervalos básicos de tempo. Tendo como exemplo, quando s é igual a doze e o intervalo básico de tempo for um mês, a cada doze meses um padrão é repetido. Dessa forma, o modelo SARIMA pode ser definido como um modelo estacionário ARIMA em que são incorporados componentes sazonais (BOX; JENKINS; RENSEL, 1994, p. 327). O modelo SARIMA é conhecido como SARIMA $(p,d,q)(P,D,Q)$ e cada um dos seus parâmetros foi definido em Morettin e Toloi (2006) da seguinte forma:

1. Parâmetro do processo auto-regressivo de ordem p : AR(p);
2. Parâmetro do processo de médias móveis de ordem q : MA(q);
3. d : Número de diferenças para tornar a série estacionária;
4. P : Parâmetro auto-regressivo sazonal de ordem P ;
5. Q : Parâmetro de médias móveis sazonal de ordem Q ;
6. D : Número de diferenças sazonais.

Para verificar a influência da precipitação de chuva na variação do comportamento da taxa de leptospirose, o modelo temporal dinâmico foi utilizado. Este modelo é denominado dinâmico, pois permite a inclusão de uma série temporal na estrutura de uma regressão, esta regressão além de considerar a variável de interesse e seus valores defasados, também incorpora o efeito da variável explicativa. A estimação dos parâmetros do modelo é determinada por mínimos quadrados ordinários (ZANINI, 2000).

Assim como no trabalho de FILHO (2017), assumindo que a série não apresenta uma variação muito grande decorrente de tendência, sugerindo que a componente sazonal explica a maior parte da

variabilidade e esta pode ser bem descrita pela pluviosidade, foi feito um ajuste ignorando a relação temporal a fim de verificar se um modelo usando apenas pluviosidade fornece melhores resultados na descrição da incidência. Para tanto, aplicou-se o modelo de regressão beta à taxa de incidência visto que a variável de interesse está no domínio da distribuição. Os modelos de regressão têm como objetivo modelar a variável resposta definidas no intervalo (0,1), por meio de uma estrutura de regressão que se baseia em uma função de ligação, covariáveis e coeficientes desconhecidos. Ferrari e Cribari-Neto (2004) propuseram a classe de modelos de regressão beta que é baseada na suposição de que a variável resposta segue uma distribuição beta e incorpora uma possível variação dos erros associada a cada variável dependente.

Para avaliação do desempenho das previsões obteve-se o Erro Médio Absoluto (MAE), que mede a magnitude média dos erros absolutos em um conjunto de valores estimados, portanto, quanto menor o erro médio absoluto maior a precisão do modelo.

Uma segunda medida utilizada para análise de erro foi o Erro Quadrático Médio (EQM), que quando na comparação de modelos permite identificar o mais eficaz de acordo com a média dos desvios ao quadrado. Para todas as análises deste trabalho, foi utilizado o software livre R versão 3.5.2 disponível em <http://www.R-project.org/>.

3. Resultados

A incidência média de leptospirose no período estudado (2007-2016) foi de 8,01 casos por 100 mil habitantes, sendo os meses de maio, junho e julho aqueles com maior incidência média mensal. O índice pluviométrico médio para o período foi de 164,64 mm e os meses de maiores quantidades de chuva coincidem com os meses de maiores incidências da doença. Numa análise anual, é possível observar que o ano de 2011 apresentou os maiores valores de ambas variáveis. A taxa de leptospirose e os níveis pluviais apresentaram correlação positiva significativa (0,67), portanto é possível supor que há uma associação no aumento do número de casos de leptospirose com o aumento da quantidade de chuva.

A variação mensal da incidência de leptospirose e índice pluviométrico pode ser visualizada no Gráfico 1, que mostra a ausência de tendência em ambas as séries no período de análise, e a presença de padrões sazonais, ou seja, comportamentos que se repetem ao longo do tempo sempre no mesmo período do ano, o que pode ser observado pelo pico da série que se repete nos meses de maio, junho e julho.

Os resultados iniciais permitiram identificar e utilizar os padrões propostos para as análises posteriores. Num primeiro momento, a distribuição sazonal da incidência de leptospirose foi estimada pelo modelo SARIMA (1,0,0)(1,1,1), nomeado de M_1 , o mesmo permitiu captar o comportamento sazonal com base nas observações passadas. A Tabela 1 traz algumas medidas de qualidade do ajuste para comparação do modelo M_1 , assim como os próximos que serão discutidos na sequência.

O modelo linear dinâmico permite, através da regressão, ajustar modelos com observações que variam no tempo. Assim, foi obtido um modelo M_2 para a variável índice de leptospirose utilizando além dos dados anteriores também o índice pluviométrico. Pode-se verificar que ao incluir a quantidade de chuva para explicar a incidência da doença o modelo dinâmico pôde captar o comportamento sazonal, porém utilizando o ano de 2017 para fazer previsões foi detectado que o

padrão de sazonalidade antecipou dois meses em comparação aos valores originais como mostra o Gráfico 2.

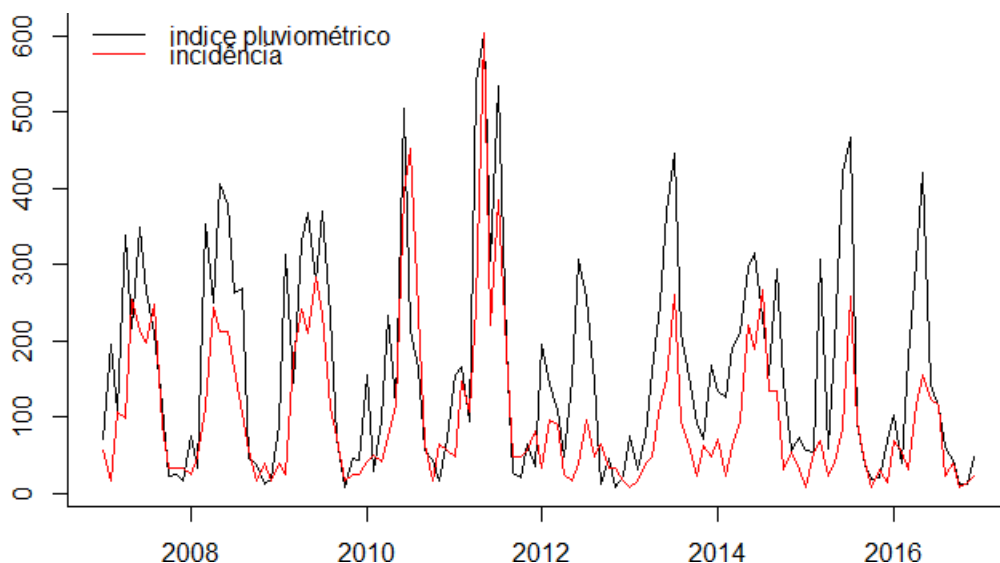


Gráfico 1 - Comportamento da incidência de leptospirose e índices pluviométricos no período de 2007 a 2016

Fonte: Próprio autor

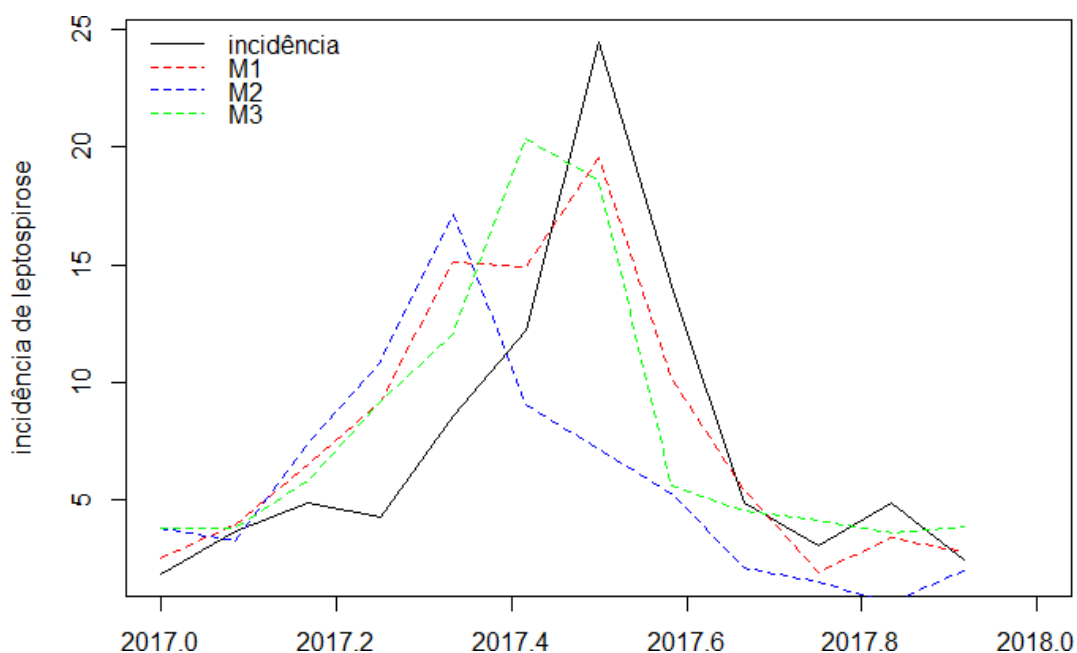
Numa terceira proposta, a modelagem da incidência de leptospirose ocorre por meio da regressão beta. Dado a forma que a incidência é calculada, sua variação pertence ao domínio da distribuição. O resultado observado demonstra que a regressão beta conseguiu uma descrição semelhante aos ajustes anteriores, possivelmente porque a correlação temporal dos dados não foi alta e ainda observa-se que a associação com os dados de pluviosidade foi suficiente para explicar a maior parte da dispersão da série.

Dentre os modelos apresentados, percebe-se pelos critérios para análise de erro que o modelo M_1 apresenta menor erro quadrático médio de previsão visto que o padrão sazonal foi bem ajustado, contudo este modelo não pôde aproximar-se das taxas mais altas da série original, dessa forma subestima os meses de maio, junho e julho. O modelo M_2 , por sua vez, apresenta menor média dos desvios absolutos em relação aos valores observados, isto é devido a maior aproximação dos valores previstos com os valores originais, apesar de este modelo descrever o padrão sazonal da série original, ele não o descreve no mesmo período, com isso os picos de incidência que na série original se dão no segundo trimestre do ano, na previsão são antecipados um mês, o que explica o alto valor do erro quadrático médio, tal comportamento pode ser visualizado no Gráfico 2. Com o modelo dado pela regressão beta, identifica-se que o mesmo apresenta os padrões similares aos modelos temporais e consegue prever a incidência com maior precisão que o modelo dinâmico.

Tabela 1 - Medidas de erro do ajuste da serie da incidência de leptospirose

	MAE	EQM
M_1	3,27	10,03
M_2	3,21	63,69
M_3	3,45	18,12

Fonte: Próprio autor

Gráfico 2 - Comparação dos valores previstos entre os modelos M_1 , M_2 e M_3

Fonte: próprio autor

4. Conclusões

Levando em consideração que as previsões foram calculadas para um intervalo de 12 meses no futuro e que, em um contexto mais realista, o modelo seria constantemente reajustado com os dados mais recentes, os resultados obtidos, principalmente pelos modelos M_1 e M_3 , foram satisfatórios tanto por fornecerem aproximações razoáveis para os valores reais quanto pela possibilidade de identificar quando a incidência deve aumentar, permitindo que medidas preventivas sejam tomadas a tempo. Os resultados observados neste trabalho corroboram o que a literatura apresenta em outras regiões partindo de uma abordagem diferente ao considerar modelos dinâmicos e utilizar regressão beta no tratamento da incidência de leptospirose.

Referências Bibliográficas

ALEIXO, N; NETO, J, Clima e saúde: diálogos geográficos, **Revista Geonorte**, Amazonas, V.8,n. 30, p.78-103, 12 nov. 2017.

APAC. Meteorologia. **Base de dados do monitoramento pluviométrico**. Disponível em: < <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia> >. Acesso em: 26 de fev. de 2019.

BERNARDI, I. **Leptospirose e saneamento básico**. Florianópolis, SC: UFSC, 2012. Monografia (Especialização em Saúde Pública)

BOX, G.; JENKINS, G.; REINSEL, G. **Time Series analysis: forecasting and control**. 3rd ed. New Jersey: Prantice hall, 1994.

DATASUS. Ministério da Saúde. Base de dados. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/>>. Acesso em: 26 de fev. de 2019.

FERRARI, S. L. P; CRIBARI-NETO, F. (2004), **Beta regression for modelling rates and proportions**, Journal of Applied Statistics n.31, p. 799–815.

FILHO, J. **Tendência 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**, Palhoça: UNISUL, 2017. Dissertação (Mestrado Ciências da saúde).

FILHO et al. Análise temporal da relação entre leptospirose, níveis pluviométricos e sazonalidade, na região da grande Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, 2005-2015, **Arq. Catarin Med.** Santa Catarina, V. 47, n. 3, p. 116-132, jul-set. 2018.

GUIMARÃES, R. M. et al. Análise temporal da relação entre leptospirose e ocorrência de inundações por chuvas no município do Rio de Janeiro, Brasil, 2007-2012. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 9, p. 3683-3692, 2014.

MAGALHÃES, G.; ZANELLA, M.; SALES, M. A ocorrência de chuvas e a incidência de leptospirose em Fortaleza-CE, **Hygeia: Revista brasileira de geografia médica e da saúde**, Uberlândia, V. 5, n. 9, p. 87-97, 02 fev. 2010.

MARTINS, K. G. **Expansão Urbana Desordenada e Aumento dos Riscos Ambientais à Saúde Humana: Caso Brasileiro**, Planaltina: Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília, 2012. Monografia (Bacharelado em Gestão Ambiental).

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Leptospirose. Disponível em: <<http://portalms.saude.gov.br/saude-de-a-z/leptospirose>>. Acesso em: 26 de fev. 2019.

MORETTIN, P.; TOLOI, C. **Análise de séries temporais**: 2. ed. São Paulo: Egard Blucher, 2006.

ZANINI, A. **Redes Neurais e regressão dinâmica: um modelo híbrido para previsão de curto prazo da demanda de gasolina automotiva no Brasil**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica: Teoria de Controle e Estatística)

R CORE TEAM. (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.