



Variabilidade Climática e internações por Doenças respiratórias em Santarém/PA.

Edson Agnaldo Imbelloni Martins¹, Luana Karolina Cardoso Tavares², Beatriz de Souza Freitas³, Gabriela Cacilda Godinho dos Reis⁴, Ana Carla dos Santos Gomes⁵.

^{1,2,3}, Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociências/IEG, Santarém/Pará, Brasil

⁴Pós-graduanda do Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento/PPGSND, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém/Pará, Brasil

⁵Professora do Curso de Ciências Atmosféricas, Instituto de Engenharia e Geociências/IEG, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém/Pará, Brasil.

Resumo

As condições do clima podem afetar diretamente a saúde humana, causando cenários favoráveis para o surgimento de doenças do aparelho respiratório (DAR) que hoje é um dos maiores causadores de morbimortalidade no Brasil e no mundo, posto isto o objetivo deste trabalho é analisar a interação das variáveis meteorológicas (temperatura máxima e precipitação) no número de casos de internações por DAR na cidade de Santarém/PA no período de 2000 a 2019. Utilizou-se dados meteorológicos obtidos por meio do Banco de Dados Meteorológicos (BDMEP) em forma digital de series históricas da rede de estação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), os dados de internações por doenças respiratórias foram obtidos através do banco de dados do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Utilizando a estatística descritiva para resumir e descrever a série de dados, foi aplicada a correlação cruzada para medir a associação entre as variáveis. Os dados apontam os meses de maior precipitação pluviométrica,



altas temperaturas e altos índices de internações por DAR. A partir da análise dos dados nota-se que na época de transição do período chuvoso para o seco os casos de internações são visivelmente maiores. Todavia é importante que aja mais pesquisas sobre o tema abordado.

Palavras-Chave:

Biometeorologia, Clima e Saúde.

Abstract

Climate conditions can directly affect human health, causing favorable scenarios for the emergence of respiratory diseases (RDD), which today is one of the biggest causes of morbidity and mortality in Brazil and in the world, since the objective of this work is to analyze an interaction of the meteorological variables (maximum temperature and reserve) no number of cases of hospitalizations for DAR in the city of Santarém / PA in the period 2000 to 2019.

Meteorological data obtained through the Meteorological Database (BDMEP) in digital form of historical series of the stations network of the National Institute of Meteorology (INMET) were used, the data on admissions for respiratory diseases were obtained through the database of the Unified Health System (DATASUS). Using descriptive statistics to summarize and describe a series of data, cross-correlation was used to measure the correlation between the variables, the data indicate the months of greater rainfall, high temperatures and high rates of hospitalizations for DAR, based on data analysis it is notable that weather conditions noticeably affect the number of admissions. However, it is important that more research is carried out on the topic addressed.

Keywords:

Biometeorology, Climate and Health.



Resumen

Las condiciones climáticas pueden afectar directamente la salud humana, generando escenarios favorables para la aparición de enfermedades respiratorias (DDR), que hoy es una de las mayores causas de morbilidad y mortalidad en Brasil y en el mundo, ya que el objetivo de este trabajo es analizar la Interacción de variables meteorológicas (temperatura máxima y precipitación) en el número de hospitalizaciones por DAR en la ciudad de Santarém / PA en el período 2000 a 2019. Se utilizaron datos meteorológicos obtenidos a través de la Base de Datos Meteorológicos (BDMEP) en forma digital de serie histórica de la red de estaciones del Instituto Nacional de Meteorología (INMET), los datos de ingresos por enfermedades respiratorias se obtuvieron a través de la base de datos del Sistema Único de Salud (DATASUS). Utilizando estadística descriptiva para resumir y describir la serie de datos, se utilizó la correlación cruzada para medir la correlación entre las variables, los datos indican los meses de mayor precipitación, altas temperaturas y altas tasas de hospitalizaciones por DAR, con base en el análisis de datos se destaca que las condiciones meteorológicas inciden notablemente en el número de ingresos. Sin embargo, es importante que se realicen más investigaciones sobre el tema abordado.

Palabras-claves:

Biometeorología, Clima y Salud.

Introdução

O estudo do clima e a sua relação com a saúde humana, tem se tornado foco de muitos estudos nas últimas décadas, principalmente considerando o aceleramento das mudanças climáticas. Murara et., al (2013), menciona que a existência do buraco na camada de ozônio, clima urbano e ilhas de calor tem sido temas recorrentes de pesquisas, levando em consideração que o homem em permanente contato com a atmosfera se torna vulnerável a mudanças que ocorrem nela.

Segundo Toyoshima et al., (2005) as doenças que atingem as vias respiratórias são responsáveis por grande parcela do adoecimento e morte em adultos e crianças, dada as condições



de tempo e clima podem afetar os seres humanos de forma direta ou indireta. Dados da Agência Nacional de Saúde Suplementar do Ministério da Saúde informam que no Brasil, as doenças do aparelho respiratório em 2019 apresentaram o maior número entre as causas de internações hospitalares, demonstrando que os problemas respiratórios levaram a 506,9 mil internações, o que representa 5,9% das causas de internações no país (AGÊNCIA NACIONAL DE SAÚDE SUPLEMENTAR, 2020). Sabendo que essa relação existente entre os impactos adversos das condições climáticas na saúde não apresenta uma associação simples. Uma vez que a interação entre a exposição a um ou mais fatores de risco e o desenvolvimento de uma doença não é reconhecida facilmente. Especialmente quando se presume que a relação se dê também a partir de comportamentos sociais comuns, como o tipo de alimentação Gomes et al., (2013). Diversos são os fatores que podem ocasionar a ocorrência dessas doenças. (Beber et al., 2020). Destaca comportamentos humanos como tabagismo e ao ambiente como exposição a poluição atmosféricas como fortes influenciadores de incidências de doenças respiratórias, (Filho et al., 2013, Carvalho, 2016) afirma que há evidências de que existe relação direta entre as variações meteorológicas e a saúde da população. Configurando-se como elementos essenciais para entender as consequências que as mudanças climáticas podem ocasionar na saúde pública Carvalho et al. (2016).

Na região tropical do planeta, as adversas condições de tempo afetam diretamente o bem-estar da população, a associação entre clima e saúde é complexa devido aos diversos fatores envolvidos nessa interação Sales et al., (2018). Segundo Dubreuil, (2017). As principais mudanças verificadas na região amazônica estão ligadas a alterações no “pulso” do rio, ou seja, o ritmo de subida e descida das águas – o que tem implicado novos máximos e mínimos alcançados. Por esse motivo, estudos diferentes na região são necessários para melhorar o entendimento dessa relação (Zhao et al., 2017, Mandú et al., 2019). Com base no exposto, este estudo tem por objetivo analisar a relação existente entre as variáveis atmosféricas (temperatura máxima e precipitação) e o número de internações por doenças respiratórias no município de Santarém/PA no período de 2000 a 2019.

Material e Métodos



A área de estudo é a cidade de Santarém, oeste do estado do Pará. No ano de 2020, a população do município foi estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 306.480 habitantes, sendo então o terceiro município paraense mais populoso, ocupa uma área de 22.887.080 km². O clima da região é quente e úmido, com temperatura média anual variando de 25 a 28 °C com regime pluviométrico de aproximadamente 1.920 mm por ano. As temperaturas mais elevadas ocorrem nos meses de junho a novembro, enquanto o período de maior precipitação pluviométrica é de dezembro a maio (IBGE, 2021).

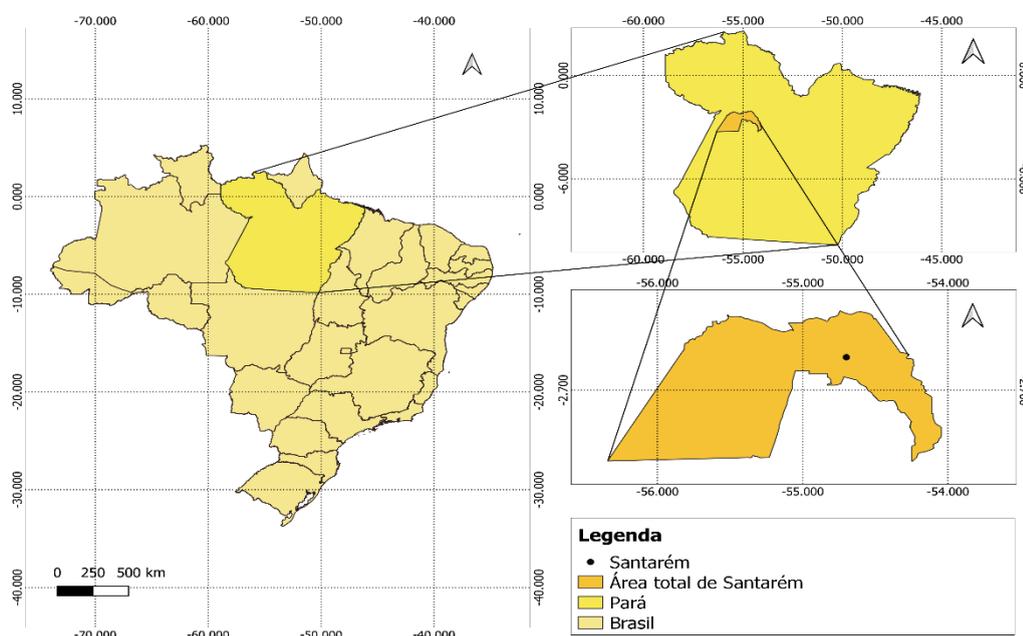


Figura 1 Localização geográfica da área de estudo. Fonte: autores

Foram utilizados dados mensais de temperatura máxima do ar (°C) e precipitação pluvial (mm), coletados pela Rede de Meteorologia da Aeronáutica (REDEMET) do Aeroporto Internacional de Santarém Maestro Wilson Fonseca, disponibilizados pelo Programa de Tecnologia da Informação para a Meteorologia (PROTIM) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em sua plataforma eletrônica e as informações sobre as interações por doenças do aparelho respiratório (DAR), código 165-179 da décima revisão da Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas relacionados à Saúde (CID10) disponibilizadas pelo banco de dados do Sistema Único de Saúde (DATASUS) no período de 2000 a 2019.

A etapa inicial ocorreu por meio da estatística descritiva que nos permite organizar, resumir e descrever o conjunto de dados. Para avaliar o tempo de associação utilizaram-se a função correlação cruzada, que mede a correlação entre as séries temporais em diferentes períodos

de tempos. De acordo com Chatfield (2004), o estimador da função correlação cruzada é dado pela fórmula (2):

$$P_{xy}^{(h)} = \frac{\sum_{t=1}^{n-h} (x_{t+h} - \bar{x})(y_t - \bar{y})}{n^{-1} \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2 \sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2}$$

(1)

em que x_t e y_t são as séries temporais; \bar{x} e \bar{y} são as médias; h é o coeficiente de defasagem entre as séries; e n é o número de observações.

Resultados e Discussão

Na tabela 01 a estatística descritiva mostra a amplitude das variáveis meteorológicas no período dos 20 anos estudados, a amplitude da temperatura foi de 4,94°C, da precipitação pluvial foi de 2316mm e das internações foram de 300.

Tabela 01: Estatísticas descritivas das variáveis em estudo em Santarém/PA no período de 2000 a 2019.

Medidas	Temperatura Máxima do Ar (°C)	Precipitação Pluvial (mm)	Internações DAR
Mínima	29,48	21,00	33
Mediana	31,34	693,00	133
Média	31,72	786,90	138
Máxima	34,42	2337,00	333
Desvio Padrão	1,263	571,647	48,95

Na figura 2 as taxas de internações por DAR na cidade de Santarém-PA são maiores nos meses de março a agosto. Maio apresenta os maiores números de internações com uma variabilidade que vai de 150 a mais de 200 casos registrados, com a média aproximada de 180, o seu máximo superior é 250, obtendo uma pequena diferença nos resultados de (GOMES et al, 2016) constata-se que o maior número de internações de crianças por causas respiratórias em 2010 ocorreu no mês de junho. Contudo à outliers superiores nos meses de junho, julho, setembro e

outubro, em junho temos o valor mais discrepante sendo superior a 300, o mês de fevereiro registra a menor taxa de internações com a média aproximada à 100, dezembro tem um outliers inferior que registra um valor abaixo de 50.

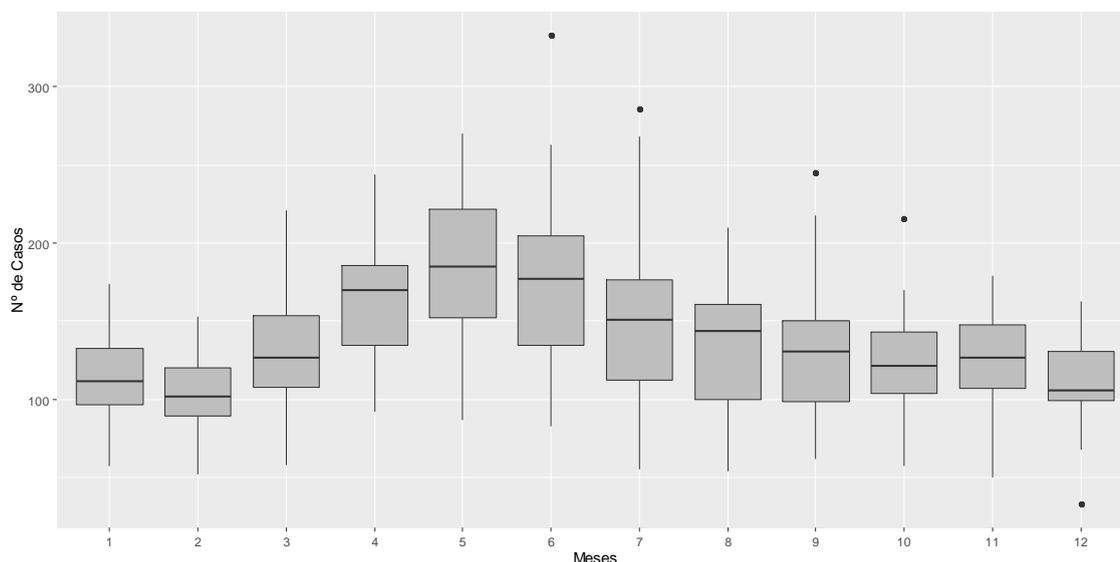


Figura 2. Boxplot mensal das internações por DAR em Santarém/PA no período de 2000 a 2019.

Na análise da figura 3 (a) o período com temperaturas mais amenas é de fevereiro a maio, fevereiro aponta um outliers com o valor de $31,6^{\circ}\text{C}$ e março tem o valor mais discrepante com aproximadamente $32,8^{\circ}\text{C}$, em maio a temperatura apresenta taxas mais elevadas, começando o período de transição para as temperaturas altas, em agosto já podemos observar as diferenças de temperaturas superiores a 30°C , contudo o mês mais quente é outubro que tem sua variabilidade entre $33,2^{\circ}\text{C}$ e $33,7^{\circ}\text{C}$ obtendo sua média entorno de $33,4^{\circ}\text{C}$, novembro registra a maior máxima $34,4^{\circ}$. Todavia, dezembro apresenta a maior variabilidade entre $31,7^{\circ}\text{C}$ e $32,8^{\circ}\text{C}$.

Na figura 3 (b) observamos que no período analisado a temperatura anual de Santarém tem um comportamento diferente para cada ano, contudo mantendo a variação da temperatura entre 30°C e 34°C , os anos que registraram uma maior variação foram 2001, 2008, 2009, 2011, 2015 e 2017, Costa (2018) afirma que é necessário investigar climas urbanos e devem ser difundidos, considerando que 2009 identificou-se ilhas de calor com intensidade máxima no município de Santarém/PA, 2015 foi o ano com a maior máxima $34,42^{\circ}\text{C}$. De acordo com Muñoz (2016), superou qualquer anomalia de aquecimento observada na última década que eventos extremos ‘um em um século’ (por exemplo, secas de 2005 e 2010). A análise dos registros de

temperatura de longo prazo sugere que 2015 tenha sido o ano mais quente da Amazônia no século passado devido aos efeitos combinados das condições do El Niño e da tendência de aquecimento regional. Em 2008 registrou-se a mais baixa com 29,48°C, e o ano de 2000 foi registrado a menor média com 30,6°C.

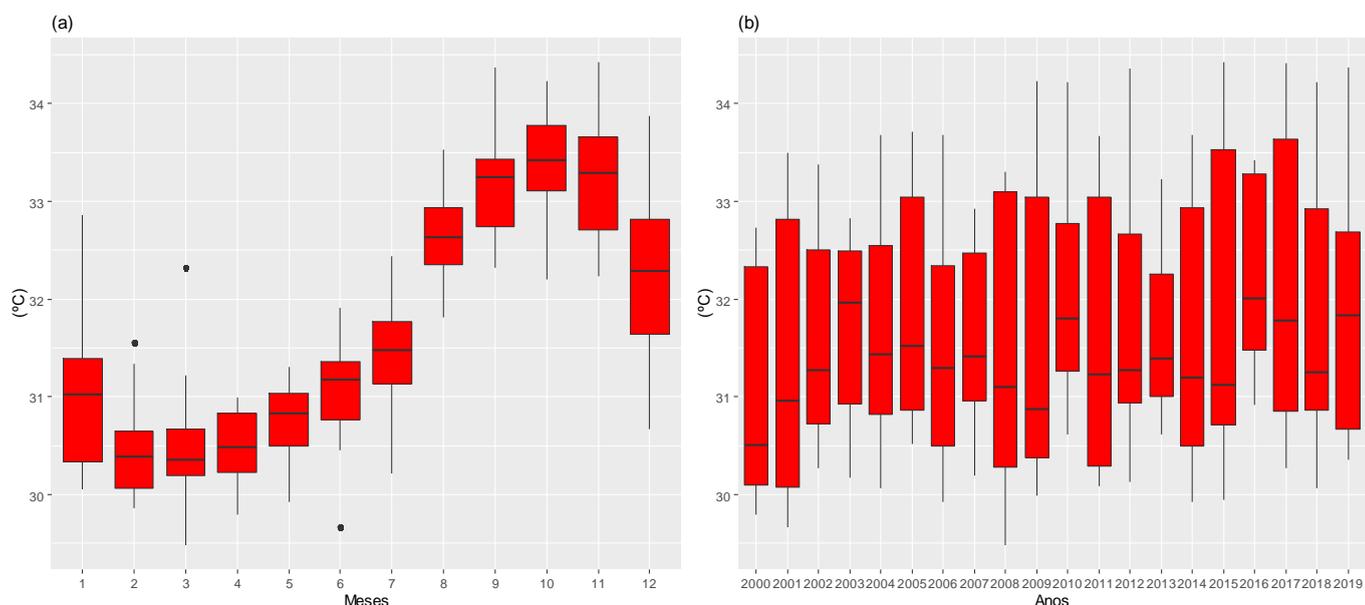


Figura 3. Boxplot mensal (a) e anual (b) da Temperatura máxima do ar em Santarém/PA no período de 2000 a 2019

Na figura 4 (a) O período chuvoso na cidade de Santarém/PA é bem definido ocorrendo no primeiro semestre do ano, tendo seu início em janeiro e atingindo seu máximo em março sendo o mês com a maior precipitação mensal e taxas superiores a 2300mm, em maio a precipitação começa a diminuir, entretanto apresenta sua máxima acima de 2000mm, dando início ao período de transição para o período mais seco do ano, agosto tem um outliers superior de 700mm, setembro é o mês mais quente com registros próximos a 00mm e seu máximo aproximado a 300mm, agosto apresenta uma variabilidade um pouco maior que setembro e o seu máximo superior ao do mês anterior dando início ao período de transição do seco para o chuvoso, aumentando sua precipitação aos poucos no decorrer dos próximos meses, dezembro apresenta a maior variabilidade e a maior máxima de chuva em comparação aos meses anteriores.

Na figura 4 (b) os anos que obtêm os maiores registros de precipitação foram os de 2008, 2009, 2011 e 2018. O ano de 2008 foi o que mais precipitou na cidade de Santarém/PA em relação

aos demais anos estudados, atingindo a marca de 2337mm e com a média pouco abaixo de 1000mm, 2010 apresenta um outlier superior atingindo números superiores a 2000mm, um número considerável em comparação a sua máxima registrada no ano que foi inferior a 1500mm, já o ano de 2015 registrou a menor mínima do período estudado de 21mm. Segundo Nascimento (2017) essa tendência pode estar associada aos efeitos do fenômeno El Niño, que atuou em 2015, influenciando o padrão de chuvas em grande parte do Brasil. Na região Amazônica, as precipitações da estação chuvosa verificadas no último trimestre de 2015, diminuiram cerca de 50% em relação à média e continuaram abaixo da média pelo primeiro semestre de 2016, deixando a região ainda mais seca.

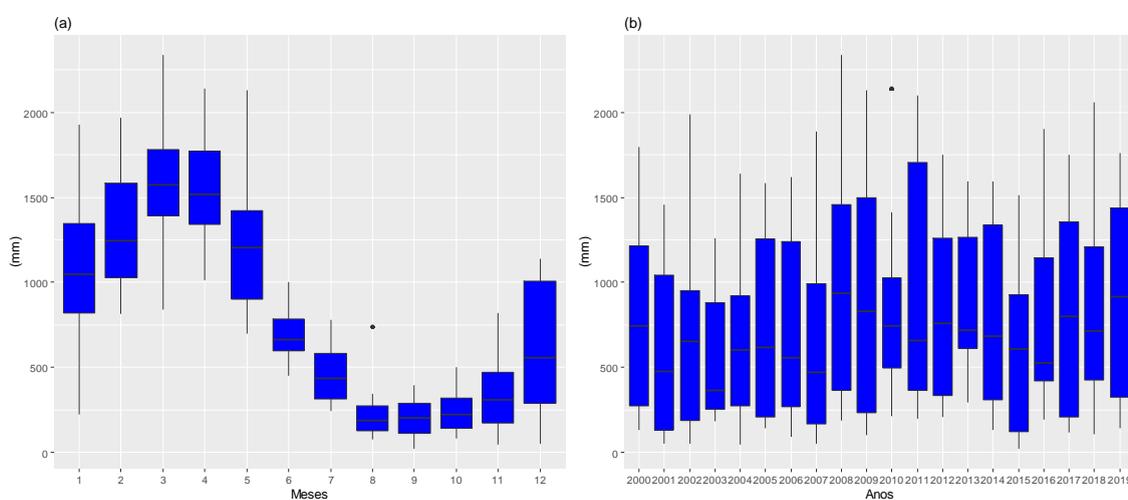


Figura 4. Boxplot mensal (a) e anual (b) da precipitação pluvial em Santarém/PA no período de 2000 a 2019.

Os gráficos na figura (5) apresentam forte sazonalidade na associação, o tempo de associação entre precipitação versus interações aponta que dado que a chuva começa a diminuir a partir do segundo e terceiros mês temos mais interações, já na temperatura versus interações mostra que no mesmo momento em que ocorre oscilação na temperatura temos um aumento nos casos de interações por DAR.

Ao analisar os gráficos observa-se que há uma sazonalidade bastante marcante na região e que os números de casos por DAR começam a aumentar em março que também é o mês que ocorre a maior precipitação mensal, porém o número de interações atinge seu pico em maio que

coincide com o início do período de transição. No qual é caracterizado por apresentar maiores temperaturas, diminuição no regime de chuvas, da umidade relativa e aumento da precipitação atmosférica, Santos et al., (2021)

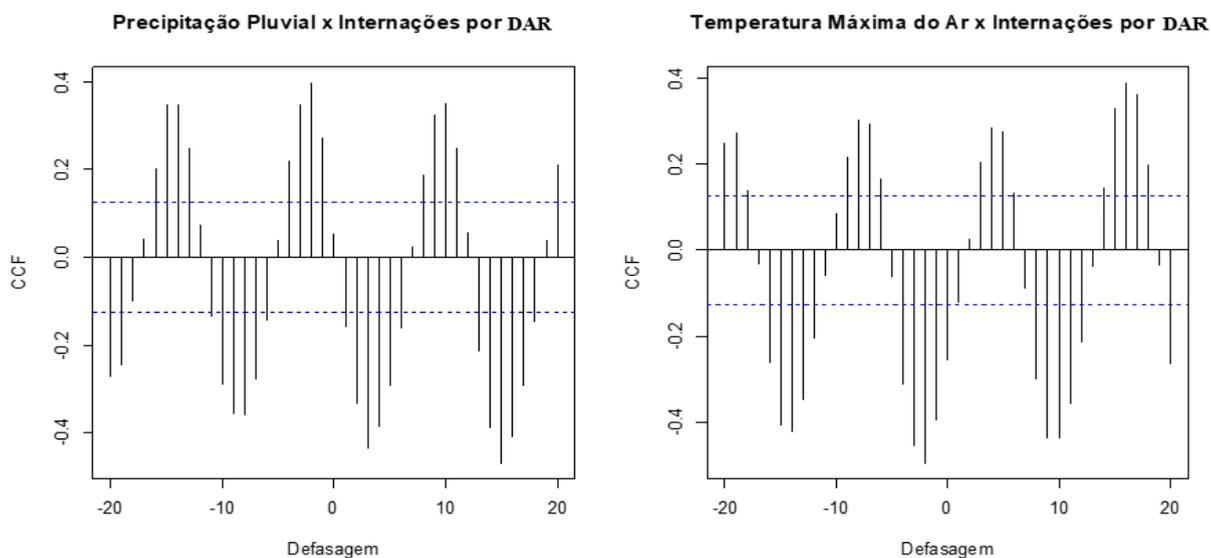


Figura 5. Correlação Cruzada entre a Precipitação pluvial, temperatura máxima do ar e as internações por DAR em Santarém/PA no período de 2000 a 2019.

Conclusão

Os dados mostram que as variáveis agem diretamente nos números de internações por DAR na cidade de Santarém mais necessariamente no período de transição, sendo maio o mês que obtêm nos maiores números de casos por DAR e é também o mês em que a chuva começa a diminuir e a aumentar a temperatura, logo vemos que o aumento da temperatura combinado com a diminuição das chuvas são causadores de maiores casos de doenças do aparelho respiratório. A partir da análise feita no presente trabalho, notamos que as condições climáticas têm ação direta na saúde humana, sendo assim são necessários mais estudos para entendermos de forma mais compreensiva a relação entre clima e saúde.

Referências Bibliográficas

Agência Nacional de Saúde Suplementar. **Em 2019, beneficiários de planos de saúde realizaram 1,62 bilhão de procedimentos.** Ministério da Saúde. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/ans/pt-br/assuntos/noticias/numeros-do-setor/em-2019-beneficiarios-de-planos-de-saude-realizaram-1-62-bilhao-de-procedimentos>>. Acessado em: 22-10-2021.

BEBER, Lílian Corrêa Costa et al. Fatores de risco para doenças respiratórias em crianças brasileiras: revisão integrativa. **Revista Interdisciplinar de Estudos em Saúde**, v. 9, n. 1, p. 26-38, 2020

Brasil, Ministério da Saúde. Banco de dados do Sistema Único de Saúde-DATASUS. Disponível em <http://www.datasus.gov.br>

CARVALHO, Enyedja Kerlly Martins de Araujo; DANTAS, Renilson Targino; DE CARVALHO, José Ribamar Marques. Análise da influência entre as variáveis meteorológicas e doenças respiratórias na cidade de Campina Grande, PB. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, 2016.

Chatfield C. (2004). The analysis of time series: An introduction. 5. ed. Chapman and Hall/CRC.

COSTA, A. C.; RODRIGUES, H. J. B.; COSTA, J. L. O.; SOUZA, P. F. S.; SILVA JÚNIOR, J. A.; FEITOSA, A. C. L.. Variações termo-higrométricas e estudo de Ilha de Calor Urbana na cidade de Bragança-PA e circunvizinhança. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.9, n.2, p.571-584, 2016.

DUBREUIL, Vincent et al. Local rainfall trends and their perceptions by Amazonian communities. **Climatic Change**, v. 143, n. 3, p. 461-472, 2017.

FILHO, Valdir Soares de Andrade et al. Aerosols from biomass burning and respiratory diseases in children, Manaus, Northern Brazil. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, p. 239-247, 2013.

GOMES, AC dos S.; LUCIO, P. S.; SPYRIDES, M. H. C. Influence of pollution from particulate matter at the hospitalizations of asthmatic children in area of Great São Paulo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 4, 2013.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Classificação climática de Köppen. 1936.



MANDÚ, Tiago Bentes et al. Efeito de condições meteorológicas em doenças respiratórias em capitais de diferentes dimensões no Norte e Nordeste do Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 5, n. 1, p. 86-100, 2019.

MUÑOZ, Juan C Jiménez. et al. Aquecimento recorde e seca extrema na floresta amazônica durante o El Niño 2015–2016. **Relatórios científicos** , v. 6, n. 1, pág. 1-7, 2016.

MURARA, P. G.; MENDONÇA, M.; BONETTI, C. **O clima e as doenças circulatórias e respiratórias em Florianópolis/SC**. Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde. 2013

NASCIMENTO, João Aldecy Pereira et al. Classificação climatológica relacionando a variabilidade de índices de instabilidade da energia potencial convectiva disponível (CAPE), índice K (K) e precipitação na região de Santarém-PA. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Oeste do Pará

SALES, Denise Marques; ASSIS, Wellington Lopes; FONSECA, Bráulio Magalhães. Clima urbano e saúde: elementos climáticos e doenças respiratórias observadas no município de Belo Horizonte (MG

SANTOS, Maria Roseane Pereira dos et al. Dinâmica espaço-temporal: condições atmosféricas versus manifestações de doenças respiratórias no Baixo Amazonas e Sudoeste do Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 05, p. 2790-2805, 2021.

TOYOSHIMA, Marcos Tadashi Kakitani; ITO, Gláucia Munemasa; GOUVEIA, Nelson. Morbidade por doenças respiratórias em pacientes hospitalizados em São Paulo/SP. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 51, p. 209-213, 2005...

ZHAO, Q.; ZHANG, Y.; ZHANG, W.; LI, S.; CHEN, G.; WU, Y.; QIU, C.; YING, K.; TANG, H.; HUANG, J. A. Ambient temperature and emergency department visits: time-series analysis in 12 Chinese cities. *Environ. Pollut.* v.224, n.1, p.310–316, 2017) entre 2013 e 2014. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, 2018.

