Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS
UFGD Editora

Inter-relações entre variáveis ambientais e doenças de veiculação hídrica no município de Belém-PA

Interrelations between environmental variables and water-borne diseases in the municipality of Belém-PA

Interrelaciones entre variables ambientales y enfermedades transmitidas por el agua en el municipio de Belém-PA

Andrew Wallace Palheta Varela
Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Pará
andrewallace030@gmail.com

Francisco Carlos Lira Pessoa
Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Pará
fclpessoa@ufpa.br

Resumo: As variações espaço-temporal dos elementos climáticos, associadas ao agravamento dos problemas socioambientais, podem propiciar o aparecimento de doenças relacionadas à veiculação hídrica, como dengue e leptospirose. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é correlacionar variáveis ambientais a ocorrência de doenças de veiculação hídrica, no século XXI (2001 a 2019), no município de Belém-PA, bem como identificar as possíveis associações dos agravos à saúde oriundos das condições de saneamento básico da localidade. Para isso, realizou-se um levantamento da quantidade mensal de casos de dengue e leptospirose (SINAN e SESMA) e das variáveis precipitação, temperatura e umidade relativa do ar (INMET). Posteriormente, foram aplicadas as metodologias: estatística descritiva, correlação de Spearman (ρ), Análise de Componentes Principais (PCA), Análise de Regressão Múltipla, espacialização pela interpolação IDW e a avaliação das condições de saneamento básico. Os resultados mostram um comportamento mensal similar da precipitação, umidade, dengue e leptospirose; com maiores valores no período chuvoso da região, indicando correlação entre as variáveis estudadas neste trabalho. Observou-se, ainda, a precariedade nas condições de saneamento de alguns bairros de Belém, o que facilita a proliferação de vetores transmissores. Infere-se, portanto, que a sazonalidade tenha participação nos valores das doenças mencionadas, não se limitando somente a variável precipitação, mas a uma série de condições ambientais e climáticas referentes ao período de análise. Ademais, estima-se que este estudo sirva de referência para outras pesquisas e contribua no desenvolvimento de soluções que minimizem a problemática.

Palavras-chave: Elementos Climáticos. Meio Ambiente. Saneamento. Saúde.

Abstract: The space-time variations of climatic elements, associated with the worsening of socio-environmental problems, can lead to the appearance of diseases related to water transmission, such as dengue and leptospirosis. Thus, the objective of this work is to correlate environmental variables with the occurrence of waterborne diseases, in the 21st century (2001 to 2019), in the municipality of Belém-PA, as well as to identify the possible associations of health problems arising from sanitation conditions base of the locality. For this, a survey was carried out of the monthly number of cases of dengue and leptospirosis (SINAN and SESMA) and of the variables precipitation, temperature and relative humidity (INMET). Subsequently, the following methodologies were applied: descriptive statistics, Spearman correlation (ρ), Principal Component Analysis (PCA), Multiple Regression Analysis, spatialization by IDW interpolation and the evaluation of basic sanitation conditions. The results show a similar monthly behavior of precipitation, humidity, dengue and leptospirosis; with higher values in the rainy season in the region, indicating a correlation between the variables studied in this work. It was also observed the precariousness of sanitation conditions in some neighborhoods of Belém, which facilitates the proliferation of transmitting vectors. It is inferred, therefore, that seasonality plays a role in the values of the mentioned diseases, not being limited only to the precipitation variable, but to a series of environmental and climatic conditions related to the analysis period. Furthermore, it is estimated that this study will serve as a reference for other research and contribute to the development of solutions that minimize the problem.

Keywords: Climatic Elements. Environment. Sanitation. Health.

Resumen: Las variaciones espacio-temporales de los elementos climáticos, asociadas al agravamiento de los problemas socioambientales, pueden propiciar el surgimiento de enfermedades relacionadas con el tránsito hídrico, como el dengue y la leptospirosis. Así, el objetivo de este trabajo es correlacionar variables ambientales con la ocurrencia de enfermedades transmitidas por el agua, en el siglo XXI (2001 a 2019), en el municipio de Belém-PA, así como identificar las posibles asociaciones de problemas de salud derivados de condiciones de saneamiento base de la localidad. Para ello se realizó una encuesta del número mensual de casos de dengue y leptospirosis (SINAN y SESMA) y de las variables precipitación, temperatura y humedad relativa (INMET). Posteriormente, se aplicaron las siguientes metodologías: estadística descriptiva, correlación de Spearman (ρ), Análisis de Componentes Principales (PCA), Análisis de Regresión Múltiple, espacialización por interpolación IDW y evaluación de condiciones de saneamiento básico. Los resultados muestran un comportamiento mensual similar de precipitación, humedad, dengue y leptospirosis; con valores más altos en la época de lluvias en la región, lo que indica una correlación entre las variables estudiadas en este trabajo. También se observó la precariedad de las condiciones sanitarias en algunos barrios de Belém, lo que facilita la proliferación de vectores transmisores. Se infiere, por tanto, que la estacionalidad juega un papel en los valores de las mencionadas enfermedades, no limitándose solo a la variable precipitación, sino a una serie de condiciones ambientales y climáticas referentes al periodo de análisis. Además, se estima que este estudio sirva de referencia para otras investigaciones y contribuya al desarrollo de soluciones que minimicen la problemática.

Palabras clave: Elementos Climáticos. Medio ambiente. Saneamiento. Salud.

Submetido em: 24/03/2023
Aceito para publicação em: 17/11/2023
Publicado em: 20/11/2023

1. INTRODUÇÃO

As questões acerca da saúde e meio ambiente ganham cada vez mais destaque no meio científico, visto que o homem é sensível às condições ambientais e às alterações do meio que o cerca. Dessa forma, a temática é relevante para o bem-estar social, pois existe uma forte relação do homem com a natureza, em que as características e modificações no meio natural interferem na saúde e modo de vida do indivíduo (ALMEIDA; COTA; RODRIGUES, 2020).

O ambiente urbano é considerado um espaço orgânico em constante processo de desenvolvimento, com a manifestação de diversos fenômenos sociais e ambientais que intervém na qualidade de vida da população. Nesse cenário, o clima é um fator que tem conquistado notoriedade em estudos epidemiológicos, visto que os elementos climáticos, como: precipitação, umidade e temperatura do ar e da superfície; e suas variações espaço-temporal podem ser considerados condicionantes ambientais que influenciam direta e indiretamente no aparecimento de diversas doenças humanas e, desse modo, interferem no meio social urbano de forma geral (LIMA, 2018).

Paralelamente, o agravamento dos problemas socioambientais, ocasionados pela urbanização não ordenada, tais como: ausência de saneamento básico, desmatamento, impermeabilização do solo e, por consequência, assoreamento dos rios e alagamentos, etc.; tende a ocasionar diferentes níveis de exposição, vulnerabilidade e agravos à saúde nas diferentes esferas sociais em detrimento, também, das condições econômicas, de moradia, de faixa etária mais vulnerável, e outros fatores (SALES, 2019).

Em um contexto mais específico, na Região Amazônica, o município de Belém-PA passou por um intenso processo de urbanização desordenada, de 1960 a 1990, o que resultou na concentração de pessoas nas áreas periféricas e alagáveis, espaços sem infraestrutura e de péssima qualidade ambiental, tornando nítido a desigualdade e exclusão social (MOREIRA et al., 2019). Este município é caracterizado por um elevado índice pluviométrico, logo a variabilidade deste parâmetro pode favorecer eventos climáticos extremos, como inundações e alagamentos, tornando propício o aumento e migração de vetores patogênicos. Tais aspectos, somados aos problemas resultantes da urbanização intensa, proporcionam maior magnitude na incidência de epidemias de doenças de veiculação hídrica, especialmente em ambientes com condições precárias de saneamento básico (SIQUEIRA et al., 2020).

Variáveis ambientais como, por exemplo, mudanças de temperatura, variações na umidade relativa do ar e intensa variabilidade de precipitação, podem contribuir com inúmeros problemas de saúde (CASTRO; GOMES, 2019). De maneira mais específica, diversos estudos mostram que essas variáveis ambientais e a ausência de um saneamento básico adequado podem favorecer a aparecimento de doenças relacionadas à veiculação hídrica, ou seja, contribui para a proliferação da leptospirose (MOREIRA et al., 2019; DUARTE; GIATTI, 2019), bem como na disseminação da dengue (ALMEIDA; SILVA, 2017; ARAÚJO; UCHÔA; ALVES, 2019), doenças nas quais são consideradas um dos maiores problemas ambientais e sanitários nos grandes centros urbanos. Além disso, a aplicação de métodos estatísticos, tais como modelos de regressão múltipla (SILVA, 2017) e análise de componentes principais (PCA) (NOGAROTTO; LIMA; POZZA, 2020), tornam-se indispensáveis na determinação da proximidade entre os fatores ambientais e sociais.

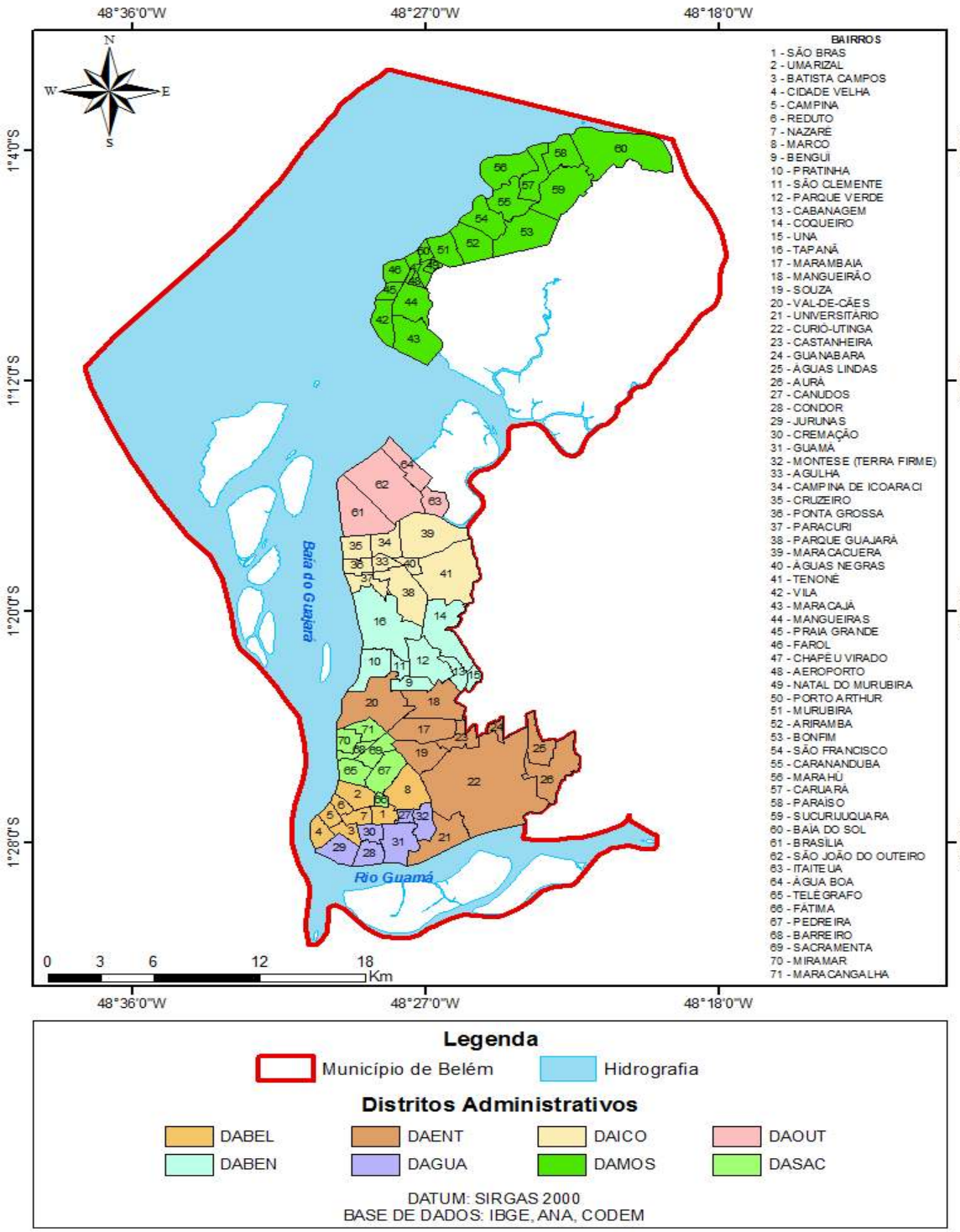
Portanto, partindo do pressuposto da influência das condições ambientais na saúde humana, o objetivo deste trabalho é correlacionar variáveis ambientais à ocorrência de doenças de veiculação hídrica no século XXI, período de 2001 a 2019, no município de Belém, estado do Pará, bem como identificar as possíveis associações dos agravos à saúde oriundos das condições de saneamento básico da localidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

O município de Belém está localizado no estado do Pará, região Norte do Brasil, e foi delimitado em oito distritos administrativos, o que inclui 71 bairros em toda a sua porção continental, descrito segundo a Lei Municipal nº 7.806/96, conforme observado na figura 1. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2022), este território possui uma extensão de 1.059,466 km² e uma população estimada em 1.506.420 habitantes, sendo considerado o município mais populoso do estado e o 11° do país, com um elevado Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,746 e o melhor índice do estado.

Figura 1 - Mapa de localização do município de Belém-PA, distritos administrativos e seus respectivos bairros.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Conforme a classificação climática de Köppen-Geiger descrita por Alvares et al. (2013), o clima do tipo Af representa uma predominância na região de Belém, caracterizando-a como zona tropical, sem estação seca, índices pluviométricos maiores ou iguais a 60 mm no mês

mais seco e, ainda, pode exceder 3000 mm anuais. A temperatura média anual é maior que 26 °C e a média anual da umidade relativa do ar que fica em torno de 85%.

A sazonalidade da região é definida por um período chuvoso, que ocorre de dezembro a maio com precipitação resultante da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e pelos efeitos da mesoescala, e um período menos chuvoso, que ocorre de junho a novembro com precipitações provocadas pelos efeitos locais, mais especificamente as brisas terrestres e marítimas, correntes dos ventos alísios e pelos fenômenos de mesoescala (VARELA, 2019).

Com o processo de urbanização desenfreado, sérios problemas de natureza ambiental e social tem afetado a população do município de Belém, especialmente levando em consideração a ausência de um planejamento urbano adequado de compatibilidade com as particularidades da área mencionada, o que intensifica cada vez mais problemas de alagamentos, descarte inadequado de resíduos sólidos, poluição dos canais e proliferação dos vetores de doenças (SERRÃO; BELATO; DIAS, 2019). Em razão disso, Belém foi considerada uma das 20 (vinte) cidades com saneamento básico mais precários do país, sendo listada na 96° posição do ranking em um total de 100 municípios analisados (BRASIL, 2021).

2.2. Dados Utilizados no Estudo

Os dados mensais de dengue e leptospirose do município de Belém-PA, no período de 2001 a 2019, foram obtidos no Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), da plataforma de Informações de Saúde (TABNET) do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Os casos absolutos de dengue e leptospirose, quantificados por bairros, foram requeridos através da Secretaria Municipal de Saúde (SESMA). Os dados mencionados foram solicitados no ano de 2020, tendo como informações completas até o ano de 2019, possibilitando, dessa forma, o enquadramento do respectivo período até a data mencionada, para avaliar a distribuição dessas doenças no século XXI.

Os dados das variáveis ambientais: índice pluviométrico (mm), temperatura máxima (°C), temperatura média (°C), temperatura mínima (°C) e umidade relativa do ar (%); foram coletados no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), referentes à estação meteorológica convencional denominada “Belém”, localização geográfica 1°26'09"S e 48°26'14"W.

Ademais, nesta pesquisa foram adquiridos dados de fontes secundárias e sem a violação de confidencialidade dos indivíduos na identificação quantitativa dos casos. Dessa forma, este estudo não recorre à necessidade de aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

2.3. Análises Estatísticas

Todas as variáveis foram submetidas ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965), constatando dados com distribuição não normal, sendo selecionados, portanto, os métodos correspondentes, bem como a adoção do nível de significância de 5%.

As avaliações temporais das variáveis ambientais e doenças de veiculação hídrica sucederam através da estatística descritiva, indicando valores máximos, mínimos, médios e desvio padrão, através do software Excel (versão 2019).

O coeficiente de correlação de Spearman (ρ) foi aplicado, através do software PAST (versão 2.17c), com a finalidade de determinar a existência de correlação de cada variável ambiental desta pesquisa com as doenças de veiculação hídrica. Este coeficiente pode ser representado, conforme Reganha (2021), pela equação 1, com resultados que alternam de -1 a 1, indicando uma correlação negativa e positiva, respectivamente, em que a magnitude, conforme Schober, Boer e Schwarte (2018), é definida como: muito forte (0,90 a 1,00), forte (0,70 a 0,89), moderada (0,40 a 0,69), fraca (0,10 a 0,39) e insignificante (0,00 a 0,10).

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{n} d_i^2}{n^3 - n} \quad (1)$$

em que n é o número de pares (xi, yi), e di é igual aos postos de xi dentro dos valores de x subtraindo os postos de yi dentro dos valores de y.

A Análise de Componentes Principais (PCA), executada no PAST (versão 2.17c) e IBM SPSS Statistics (versão 20), examinou um grande número de variáveis ao mesmo tempo, com a intenção de estabelecer o grau de importância das variáveis ambientais deste estudo com relação as doenças de veiculação hídrica, visto que é uma metodologia estatística multivariada com a função de reduzir a dimensão da base amostral para gerar novos componentes que captam as dependências entre as variáveis (GOBBI, 2020), em que o número de componentes principais (CP), suficientemente capaz de representar o conjunto de dados originais, pode ser definido ao explicar 80% da variância total do conjunto de dados (SOUZA JÚNIOR, 2021).

A Análise de Regressão, no modelo linear, realizada no Excel (versão 2019), tem o intuito de desenvolver um modelo que propicie uma projeção ou previsibilidade das doenças de veiculação hídrica, em função das variáveis ambientais deste estudo, visto que analisa a relação entre a variável dependente (Y) e uma ou mais variáveis independentes (X1, X2, X3, ..., Xn), onde seu modelo matemático, desenvolvido pelo método dos mínimos quadrados, conforme descrito por Januario (2021) e Gonçalves (2014), é explicado pela equação 2:

$$Y = b0 + b1.X1 + b2.X2 + \ldots + bn.Xn \quad (2)$$

em que Y são as doenças de veiculação hídrica, b0 é uma constante, bn são coeficientes angulares das retas de regressão.

Para a verificação do ajuste dos modelos matemáticos de regressão aos dados observados, foram adotados os critérios do coeficiente de determinação (R^2), coeficiente de determinação ajustado (R^2aj), bem como os erros Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) e Erro Absoluto Percentual Médio (MAPE) (STOLLE et al., 2018; FUNARI, 2021; SOUZA, 2021).

2.4. Espacialização dos Dados

Os dados de dengue e leptospirose foram espacializados, no software QGIS, nos limites dos bairros do município de Belém, através do Inverso da Distância Ponderada (IDW), método de interpolação utilizado para estimar os valores de locais com ausência de informações, pela média ponderada de um conjunto de dados das estações adjacentes. O peso maior é atribuído a estação mais próxima, reduzindo o peso com o aumento da distância, gerando a conversão dos dados de observações pontuais para campos contínuos (RABELO, et al., 2018).

2.5. Avaliação do Saneamento Básico

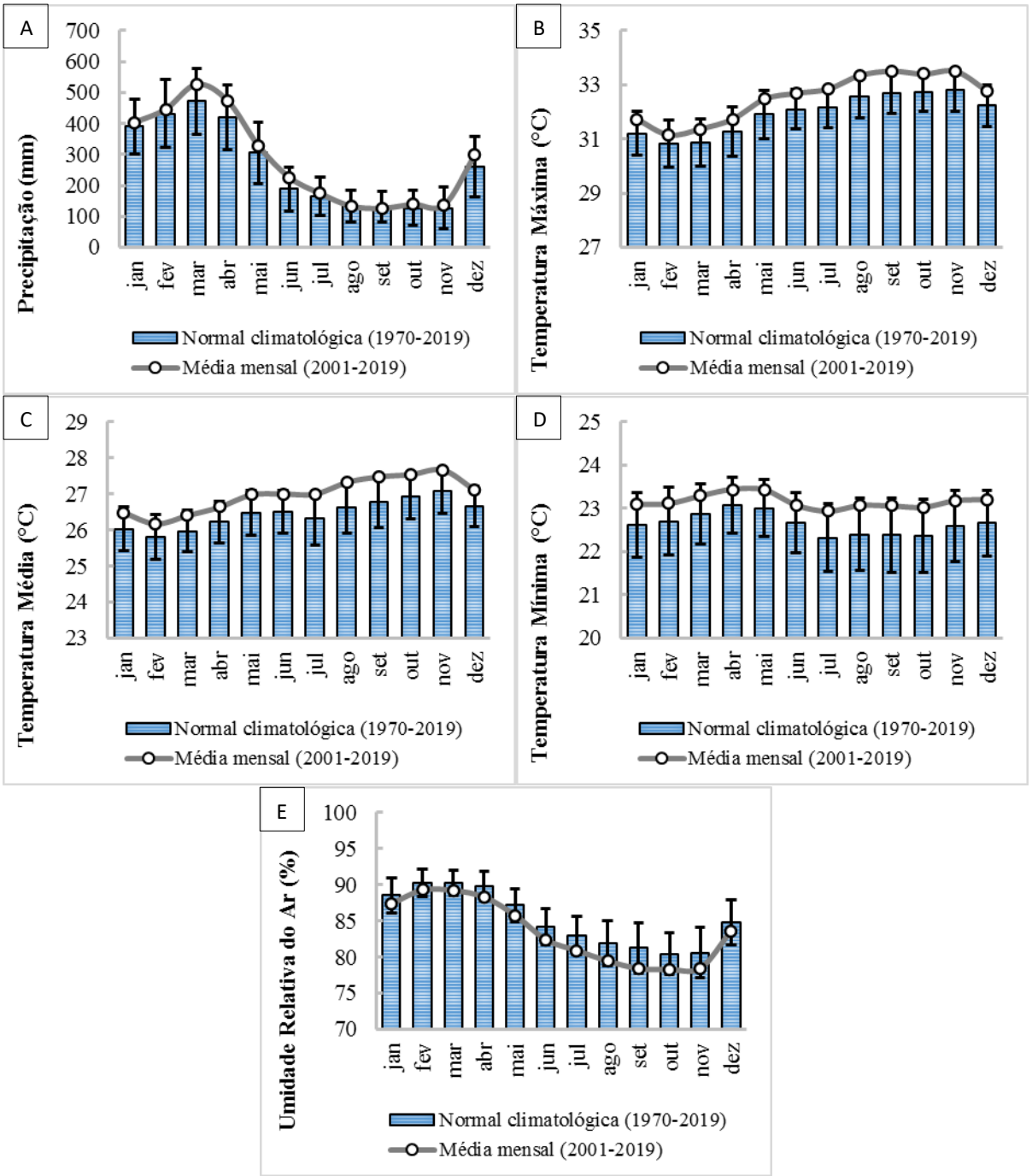
A partir da espacialização dos dados, foi feito um levantamento, *in loco*, da situação de salubridade urbana a fim de compreender as possíveis influências sobre essas doenças. Ou seja, a análise das relações das condições de saneamento básico local e doenças de veiculação hídrica teve cunho subjetivo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise Temporal das Variáveis

A avaliação dos resultados médios mensais das variáveis ambientais (Figura 2), do período de 2001 a 2019, evidenciou uma precipitação com variação de 127,17 mm, no mês de setembro, a 525,67 mm, no mês de março, com média de 284,58 mm ± 148,05. A temperatura máxima apresentou variação de 31,14 °C, no mês de fevereiro, a 33,51 °C, no mês de setembro, com média de 32,54 °C ± 0,86. A temperatura média apresentou variação de 26,18 °C, no mês de fevereiro, a 27,66 °C, no mês de novembro, com média de 26,99 °C ± 0,47. A temperatura mínima apresentou variação de 22,95 °C, no mês de julho, a 23,44 °C, no mês de abril, com média de 23,16 °C ± 0,15. A umidade relativa do ar apresentou variação de 78,26%, no mês de outubro, a 89,29%, no mês de fevereiro, com média de 83,45% ± 4,41.

Figura 2 - Distribuição das médias mensais no período de estudo (2001 a 2019) e normais climatológicas (1970 a 2019) das variáveis ambientais: precipitação (A), temperatura máxima (B), temperatura média (C), temperatura mínima (D) e umidade relativa do ar (E).



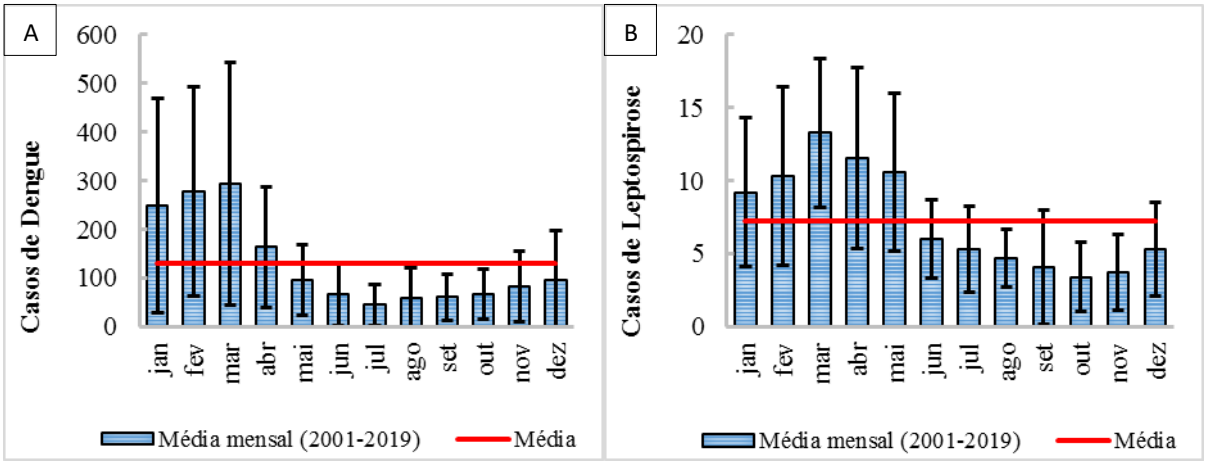
Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

É constatado, na figura 2, que a precipitação, umidade relativa do ar e temperatura mínima apontaram maiores valores no período de dezembro a maio e menores, de junho a novembro. Os valores de temperatura máxima e média evidenciam os maiores resultados no período de agosto a dezembro e os menores, de janeiro a julho. Com isso, determina-se uma

climatologia peculiar ao município de Belém, destacando o período chuvoso, que acontece de dezembro a maio, e o período menos chuvoso, que vai de junho a novembro. O estudo de Alencar et al. (2019) corrobora os períodos mencionados.

A média mensal de dengue e leptospirose no município de Belém (Figura 3), também, evidenciou um comportamento similar às variáveis ambientais: precipitação, umidade relativa do ar e temperatura mínima, em que a maior e menor quantidade de casos ocorreu no período chuvoso e menos chuvoso, respectivamente. Durante o período de estudo, a variação média de dengue oscilou de 45,21 casos, no mês de julho, a 294,58 casos, no mês de março, com média de 129,92 casos ± 92,46. A variação média de leptospirose oscilou de 3,41 casos, no mês de outubro, a 13,28 casos, no mês de março, com média de 7,29 casos ± 3,47.

Figura 3 - Distribuição das médias mensais no período de estudo (2001 a 2019) dos casos de dengue (A) e leptospirose (B).



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Conforme os estudos de Brito et al. (2020) e Siqueira et al. (2018), os resultados de dengue e leptospirose denotam maiores valores no período de dezembro a maio, coincidindo com o período chuvoso da região. Segundo os autores, nesse período decorrem uma série de problemas socioambientais oriundos das fortes chuvas, especialmente os alagamentos que favorecem a proliferação dos vetores transmissores, afetando, principalmente, as áreas com maior precariedade de saneamento básico. Na presente pesquisa, isso pode ser observado no mês de março, o qual concentrou a maior quantidade de casos de dengue e leptospirose, justificado pelo fato deste mês apresentar o maior valor de precipitação e umidade relativa do ar, sendo considerado o mês mais intrínseco ao período chuvoso.

Em contrapartida, em outubro, considerado um dos meses menos chuvosos da região, houve o menor número de casos de leptospirose e baixos valores de dengue, quando comparado aos demais meses, corroborando a discussão de Martins e Spink (2020) e Alves et al. (2021) os quais apontam uma redução na quantidade de casos, em razão de uma climatologia característica do período menos chuvoso, destacando uma possível influência da sazonalidade na distribuição das doenças mencionadas.

3.2. Análise da Correlação das Variáveis

Segundo Patrício, Loureiro e Caramelo (2017), o coeficiente de correlação de Spearman (ρ) é baseado em cálculos destinados a dados sem distribuição normal, o que corresponde ao conjunto de dados da presente pesquisa. Os resultados deste coeficiente podem ser observados na tabela 1.

Tabela 1 - Resultado do coeficiente de correlação de Spearman (ρ) entre as doenças de veiculação hídrica e as variáveis ambientais.

Variável Ambiental	Dengue	p-valor	Leptospirose	p-valor
Precipitação	0,31	<0,001	0,59	<0,001
Temperatura Máxima	-0,47	<0,001	-0,61	<0,001
Temperatura Média	-0,32	<0,001	-0,59	<0,001
Temperatura Mínima	-0,04	0,60	0,03	0,62
Umidade Relativa do Ar	0,35	<0,001	0,62	<0,001

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Para os resultados da correlação com a variável dengue, conforme a tabela 1, é verificado que, apenas, a correlação entre dengue e temperatura mínima denotou um p-valor >0,05, indicando que essa correlação, para o período amostral selecionado neste trabalho, não é considerada significativa. As demais correlações evidenciaram um p-valor <0,05, corroborando com a hipótese de que existe uma correlação significativa entre as variáveis.

A correlação entre a variável dengue com as variáveis ambientais: precipitação e umidade relativa do ar; tiveram correlação fraca positiva, ou seja, existe uma suave influência diretamente proporcional, em que conforme ocorre o incremento nos valores dessas variáveis, maior será a incidência de dengue no município de Belém. Por outro lado, a correlação entre a variável dengue com as variáveis ambientais: temperatura máxima e

temperatura média; apresentaram correlação moderada negativa e fraca negativa, respectivamente, isto é, as variáveis se movem em direções opostas. Logo, o incremento nos valores dessas variáveis ocasiona a redução do número de casos de dengue no município em questão, sendo a temperatura máxima a variável de maior influência.

Almeida et al. (2022) e Stolerman, Maia e Kutz (2019) mostram em seus estudos que, de maneira geral, o padrão de incidência da dengue coincide com o aumento de chuvas e a maior temperatura, bem como destaca, ainda, a influência da umidade relativa do ar sobre os casos de dengue no município de Toledo, Paraná. No presente estudo, a temperatura máxima foi a única variável de correlação satisfatória com a dengue, visto que evidenciou magnitude moderada e as demais, fracas ou insignificantes.

Corroborando esses resultados, o estudo de Benítez et al. (2019) denota que a temperatura é o fator abiótico que mais exerce influência direta e indireta sobre o agente, isto é, o mosquito *Aedes Aegypti*, contribuindo para o desenvolvimento das larvas, replicação e maturação do vetor e, consequentemente, na disseminação da dengue.

No que se refere à correlação com a variável leptospirose, conforme a tabela 1, é constatado resultados semelhantes aos da variável dengue, em que, apenas, a correlação entre leptospirose e temperatura mínima denotou um p-valor >0,05, indicando que essa correlação, para o período amostral selecionado neste trabalho, não é considerada significativa. As demais correlações evidenciaram um p-valor <0,05, corroborando com a hipótese de correlação significativa entre as variáveis.

Analisando a correlação entre a variável leptospirose e as variáveis ambientais: precipitação e umidade relativa do ar; é verificada uma correlação moderada positiva. O coeficiente entre a variável leptospirose e as variáveis ambientais: temperatura máxima e temperatura média; é conceituado como uma correlação moderada de fator negativo.

Nessa análise, verificou-se uma maior influência das variáveis ambientais sobre a propagação dos casos de leptospirose em comparação à dengue, visto que, conforme FOPPA (2019), a bactéria *Leptospira* não possui resistência ao calor acima de 42 °C, entretanto sobrevive em ambientes úmidos, temperatura média de 28 °C e são persistentes por até 180 dias na água, sendo disseminadas, principalmente, em regiões com altos índices pluviométricos, que ocasionam alagamentos e o contato com a água contaminada torna-se inevitável, corroborando com os resultados da presente pesquisa.

Assim como no presente estudo, as pesquisas realizadas por Santos e Araújo (2021) e Silva et al. (2022), também, encontraram associações entre a incidência de leptospirose e fatores ambientais, identificando correlações moderadas com as variáveis precipitação e temperatura e, portanto, representa um aumento do risco da doença conforme a intercorrência das variáveis mencionadas. Essas informações são ratificadas nas pesquisas de Habus et al. (2017) e Joshi, Kim e Cheong (2017), que mostram as associações com as temperaturas média, máxima e precipitação.

3.3. Análise de Componentes Principais (PCA) das Variáveis

A PCA da relação entre a variável dengue com as demais variáveis ambientais mostra que os dois primeiros componentes foram responsáveis por explicar 81,49% da variância total dos dados. O componente principal 1 (PC1), o qual correspondeu a 61,72% da variância total, teve maior influência das variáveis temperatura máxima, temperatura média, umidade relativa do ar, precipitação e dengue. O componente principal 2 (PC2), que evidenciou uma resposta de 19,77% da variância total, teve maior influência da temperatura mínima e, posteriormente, da temperatura média e precipitação. Os valores de cada uma das variáveis, em seus respectivos componentes principais, podem ser observados na tabela 2.

A PCA da relação entre a variável leptospirose com as demais variáveis ambientais estabelece que os dois primeiros componentes principais foram responsáveis por explicar 84,26% da variância total dos dados. O componente principal 1 (PC1), o qual correspondeu a 64,39% da variância total, teve maior influência das variáveis temperatura máxima, temperatura média, umidade relativa do ar, precipitação e leptospirose. O componente principal 2 (PC2), que evidenciou uma resposta de 19,87% da variância total, teve maior influência da temperatura mínima e, posteriormente, da temperatura média e precipitação. Os valores individuais, nas componentes principais 1 e 2, podem ser observados na tabela 2.

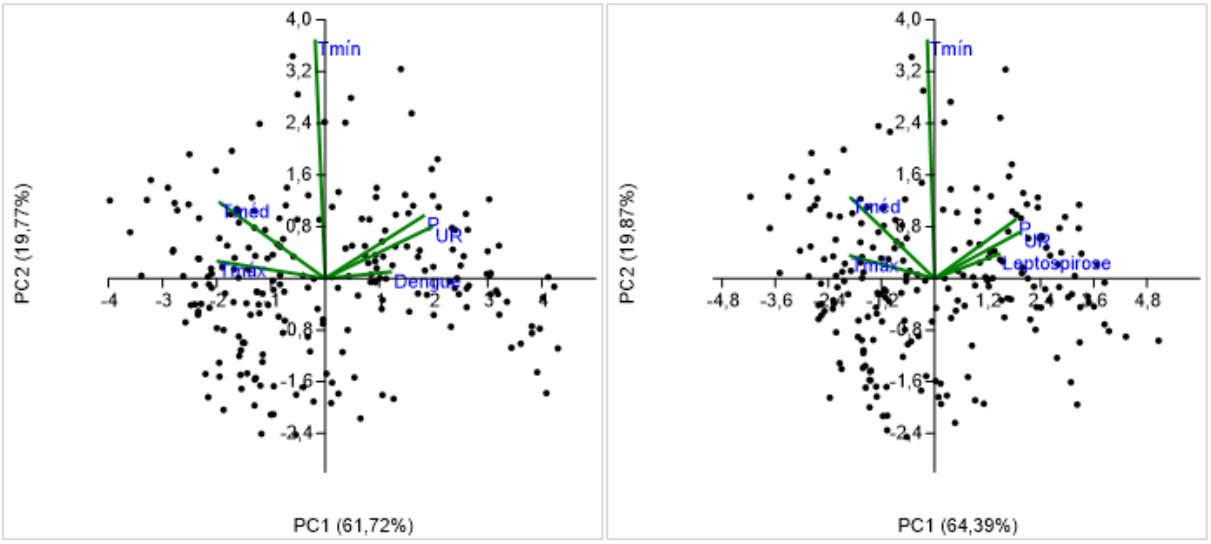
Tabela 2 - Resultado da variância total de cada variável nos componentes principais 1 e 2.

PCA	VARIÁVEL	PC1	PC2
Dengue e Variáveis Ambientais	Dengue	**0,30**	0,03
	Precipitação	**0,45**	0,24
	Temperatura Máxima	**-0,49**	0,07
	Temperatura Média	**-0,48**	0,29
	Temperatura Mínima	-0,04	**0,90**
	Umidade Relativa do Ar	**0,49**	0,20
Leptospirose e Variáveis Ambientais	Leptospirose	**0,36**	0,09
	Precipitação	**0,45**	0,22
	Temperatura Máxima	**-0,47**	0,09
	Temperatura Média	**-0,47**	0,31
	Temperatura Mínima	-0,04	**0,90**
	Umidade Relativa do Ar	**0,48**	0,18

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A configuração biplot apresentada na figura 6, mostra a variabilidade dos dados e a representatividade das variáveis ambientais em relação a dengue e leptospirose, baseada nas componentes principais: PC1 e PC2.

Figura 6 - Configuração biplot, da representatividade das variáveis ambientais em relação a dengue (A) e a leptospirose (B), baseada nas componentes principais 1 e 2.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Conforme observado na figura 6, ratificando a discussão anterior, o padrão identificado nos componentes principais em destaque denota uma configuração similar para ambas as doenças, evidenciando uma correlação inversamente proporcional para a

temperatura máxima e temperatura média, diretamente proporcional para precipitação e umidade relativa do ar, e, ainda, insignificante para temperatura mínima, resultados dos quais se baseiam nas estatísticas para um conjunto de dados referentes ao período de 2001 a 2019 e ao município de Belém.

Contudo, é perceptível maior atuação das variáveis em questão sobre a leptospirose, justificado, principalmente, conforme Santos e Araújo (2021), pela circunstância favorecida por essas variáveis, as quais propiciam condições ambientais favoráveis a disseminação das doenças mencionadas.

3.4. Análise de Regressão das Variáveis

A análise de regressão compreendeu o método de eliminação backward, conforme a abordagem de Pagliarussi (2018) e Oliveira, Tonin e Vicenzi (2020), onde ocorre a inclusão de todas as variáveis ambientais mencionadas e, posteriormente, são retiradas as variáveis que não apresentam significância, através da análise do teste t para significância dos coeficientes individuais, e, posteriormente, pelo teste F para significância global da regressão.

A análise de regressão para a variável dependente dengue com as demais variáveis ambientais apontou, pelo teste t, que a temperatura média e temperatura mínima não apresentaram valores significativos. Apesar do resultado, o modelo apresentou significância estatística, pelo teste F (<0,05). Com a remoção da variável temperatura mínima, as demais variáveis tiveram p-valores significativos, pelo teste t, e os modelos obtiveram significância estatística, pelo teste F (<0,05).

Com relação à variável dependente leptospirose, o p-valor, através do teste t, denotou que nenhuma das variáveis independentes foram significativas, contudo, em conjunto, evidenciaram um modelo com significância estatística, pelo teste F (<0,05). Foi necessário, portanto, realizar várias combinações para identificar um modelo em que todas as variáveis fossem significativas. E, ainda, aplicou-se um modelo de regressão linear simples com a variável precipitação. Todos esses modelos apontaram significância estatística pelo teste F (<0,05) e podem ser observados na tabela 3.

Tabela 3 - Modelos matemáticos de regressão da distribuição dos casos de dengue e leptospirose.

Variável Dependente	N°	Modelo Matemático	R^2 (%)	R^2aj (%)	RMSE	MAPE (%)
Dengue	1	= 430,45 - 0,40.P - 116,55.Tmáx + 96,50.Tméd - 13,14.Tmín + 15,62.UR	32,46	30,86	129,03	190,72
	2	= 692,37 - 0,39.P - 112,95.Tmáx + 76,65.Tméd + 13,83.UR	32,41	31,14	129,07	191,88
	3	= 44,74 + 0,30.P	9,47	9,05	149,38	232,41
Leptospirose	1	= 58,69 + 0,01.P - 0,76.Tmáx - 2,04.Tméd + 0,82.Tmín + 0,09.UR	36,15	34,65	4,25	68,00
	2	= 59,51 + 0,01.P - 1,69.Tmáx	35,19	34,59	4,28	69,24
	3	= 76,89 + 0,01.P - 2,70.Tméd	34,76	34,15	4,29	70,12
	4	= 14,87 - 1,31.Tmáx + 0,42.UR	35,20	34,60	4,28	70,01
	5	= 16,88 - 1,82.Tméd + 0,47.UR	34,41	33,80	4,30	71,67
	6	= 2,17 + 0,02.P	30,10	29,77	4,44	73,99

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Nesse caso, conforme a tabela 3, o modelo 1, para dengue e leptospirose, mesmo apresentando variáveis que não foram estatisticamente significativas, quando analisadas conjuntamente, é o modelo mais indicado para prever a distribuição das doenças, visto que resultou nos maiores valores dos coeficientes R^2 e R^2aj, bem como nos menores erros RMSE e MAPE. Apesar disso, para o desenvolvimento de um modelo matemático aceitável, denota-se a necessidade de aumentar o período amostral da análise ou, até mesmo, a inclusão de novas variáveis, visando elevar o desempenho dos modelos.

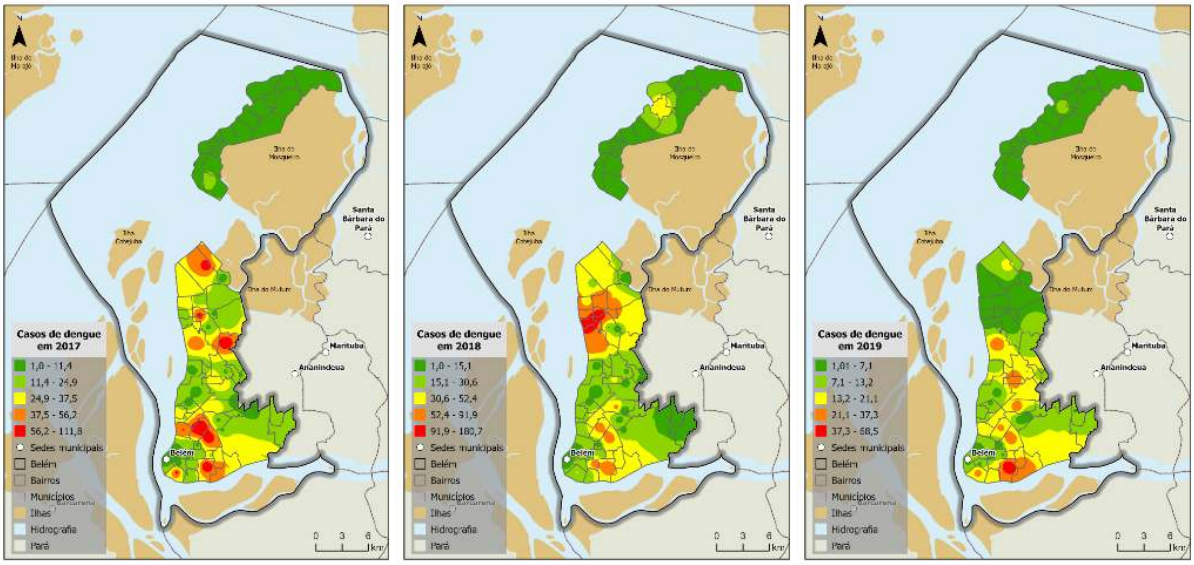
Reafirmando os resultados, conforme Valladares et al. (2019), cujo estudo evidenciou a aplicação de regressão linear em variáveis ambientais e de saúde, os modelos com as variáveis precipitação e temperatura máxima tiveram uma resposta de 66% e 57%, respectivamente, sendo considerados satisfatórios. Diferentemente, o modelo com a variável temperatura média apontou uma resposta de 34%, classificando-o como inferior e menos satisfatório. No estudo de Souza et al. (2019), a relação entre precipitação e dengue nas mesorregiões do estado do Pará, mais especificamente os municípios de Itaituba e Benevides, obteve um modelo satisfatório, de maneira oposta aos municípios de Oriximiná e Soure onde a relação, praticamente, não existe, sendo necessário, igualmente na presente pesquisa, considerar condições ambientais e, ainda, sociais.

Segundo Silva et al. (2021), verifica-se que no Brasil ocorre uma associação generalizada de que dengue e leptospirose decorrem da variação pluviométrica, contudo, bem como observado no presente estudo, a variável precipitação, isoladamente, não foi suficiente para explicar a disseminação das doenças mencionadas. Dessa forma, a incidência dessas doenças não deve ser avaliada considerando somente uma única variável, mas um sistema complexo, incluindo variáveis, como infraestrutura sanitária e acesso aos serviços públicos, renda familiar e/ou per capita, índice de vulnerabilidade social, etc., isto é, variáveis correlatas às vertentes ambientais, econômicos, sociais, entre outras.

3.5. Análise do Saneamento Básico X Dengue e Leptospirose

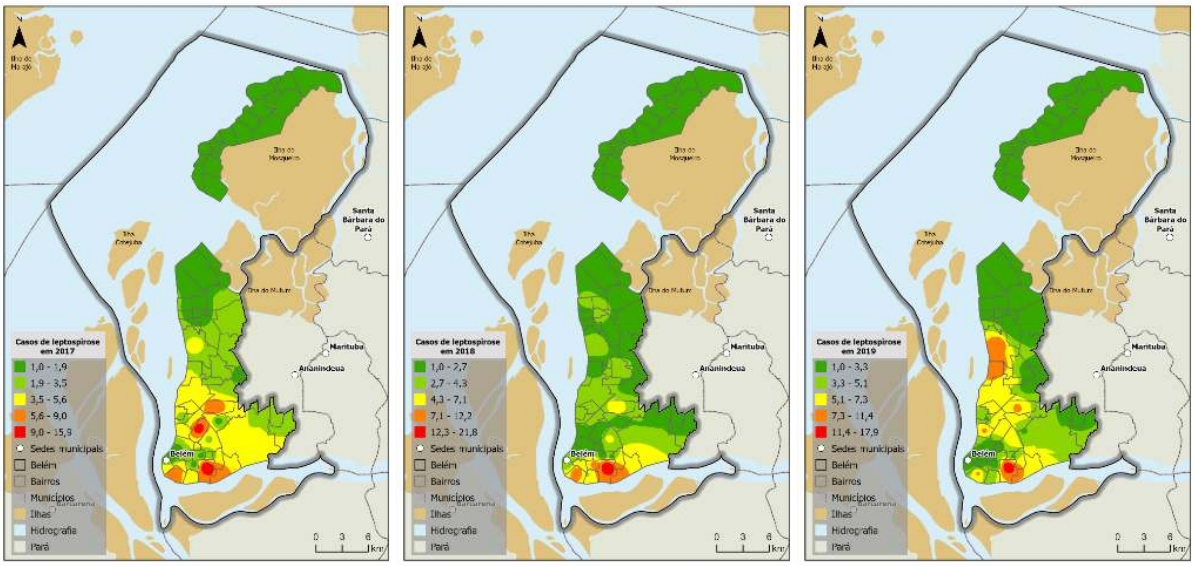
As figuras 7 e 8 evidenciam a distribuição espacial dos casos de dengue e leptospirose nos bairros de Belém, no período de 2017 a 2019, conjunto de dados disponibilizados pela secretaria de saúde do município de Belém. Estas figuras apontam uma configuração colorimétrica, onde as áreas em vermelho indicam as regiões que tiveram a maior incidência dessas doenças no respectivo ano, e as áreas em verde, com tonalidade mais escura, indicam as regiões com menor incidência das mesmas.

Figura 7 - Distribuição espacial dos casos de dengue, no período de 2017 a 2019, nos bairros de Belém.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Figura 8 - Distribuição espacial dos casos de leptospirose, no período de 2017 a 2019, nos bairros de Belém.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Nota-se, portanto, a queda do número total de casos no município de Belém, a qual é justificada pela redução de dengue e leptospirose em bairros específicos, tais como: Curió Utinga, Nazaré e Umarizal; enquanto outros bairros continuam com altos índices dessas doenças, tais como: Guamá, Jurunas e Marco.

Diversos motivos podem justificar os resultados apresentados, como a cobertura e atendimento nas unidades de saúde de determinados locais, número de campanhas de notificação dos casos clínicos e, até mesmo, o acesso aos serviços públicos de saneamento básico (LOPES et al., 2021), como, por exemplo, o esgotamento sanitário que, conforme o estudo feito por Siqueira et al. (2020), demonstrou um avanço no decorrer de 2001 a 2017, motivo favorável a redução das doenças de veiculação hídrica. Contudo, estes serviços podem estar concentrados em regiões específicas, sendo que as áreas periféricas não recebem o mesmo suporte e são as mais afeadas por essa problemática.

A coleta pública de resíduos domiciliares, por exemplo, atende 96% da população, ou seja, 4% não dispõe desse serviço (SNIS, 2020). Logo, embora este serviço atenda uma maior parcela dos cidadãos, segundo Baia et al. (2021), em áreas onde não há pavimentação asfáltica ou o acesso é mais complicado, o caminhão de coleta tem dificuldade de recolher o material, causando transtornos a comunidade e, portanto, põe em destaque a necessidade de desenvolver alternativas para a referida coleta, principalmente, pelo fato do grau dos riscos

ambientais se manter mais elevado quando o lixo é acondicionado de forma incorreta, visto que, além de atrair vetores transmissores de doenças, se torna uma barreira física nas galerias pluviais, muitas vezes ineficientes, agravando as situações de inundações e alagamentos.

Somado a isso, dado que a região de Belém apresenta um elevado regime pluviométrico e um constante processo de urbanização e impermeabilização do solo, em consonância com Silva et al. (2021), a capacidade absortiva do solo torna-se, cada vez mais, reduzida e, por consequência, dificulta a infiltração da água da chuva, aumentando o escoamento superficial, agravando a problemática dos alagamentos e casos de dengue e leptospirose, visto que as maiores taxas dessas doenças ocorrem em locais mais suscetíveis às inundações, o que pode justificar os elevados valores nos bairros do Guamá, Jurunas e Marco.

Mediante visita in loco, realizada no período menos chuvoso, foi possível identificar as características ambientais locais e entender as condições de saneamento vivenciadas pelos moradores de alguns bairros com altos índices de dengue e leptospirose, tais como: Guamá, Jurunas e Marco. Observou-se, nesse caso, áreas sem infraestrutura, ausência de coleta pública de resíduos sólidos com acúmulo dos mesmos nas ruas e canais, precariedade nos sistemas de drenagem pluvial, canais de drenagem sem estruturas de proteção, poças de água, entre outras intempéries, como pode ser visualizado na figura 9.

Figura 9 - Problemas de infraestrutura sanitária em alguns bairros com maior número de casos de dengue e leptospirose.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

O estudo feito por Brito et al. (2020) identificou problemas semelhantes no mesmo município, evidenciando um sistema de microdrenagem deteriorado, com tampas quebradas ou vedadas por resíduos, vegetação no interior, meios-fios obstruídos, indicando a necessidade de manutenção. Este autor aponta dois aspectos preponderantes na contribuição de tais problemas, sendo eles: o descarte inadequado de resíduos e o baixo percentual de rede coletora de esgoto, comprometendo as águas do ponto de vista sanitário e favorecendo a proliferação de doenças de veiculação hídrica.

Em diálogo com os moradores das áreas periféricas, nos bairros do Marco e Guamá, foi relatado que a coleta dos resíduos não é regular e, muitas vezes, não há tal coleta. Outras queixas são referentes ao despejo inadequado de resíduos sólidos nas ruas e canais por outros moradores, ocasionando mau cheiro, transbordamento dos canais e alagamentos, salientado o conhecimento insuficiente dos conceitos relacionados a sustentabilidade.

Dessa forma, bem como abordado por Viana e Marisco (2019), a ausência de educação e conscientização ambiental, também, são aspectos que contribuem para os impactos negativos ao ambiente e ao ser humano. Constata-se, então, que não somente as variáveis ambientais, mas a inclusão de variáveis sociais, econômicas e, principalmente, relacionadas aos aspectos sanitários, justificam, de forma mais abrangente e completa, os possíveis resultados de dengue e leptospirose e, consequentemente, seus efeitos na saúde humana.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As variáveis estudadas neste trabalho indicaram a existência de correlação em níveis distintos, em que a doença leptospirose teve uma variabilidade mais suscetível às mudanças ambientais quando comparada a dengue, razão que pode ser justificada por diversos fatores locais, inclusive pela sazonalidade que evidenciou uma possível contribuição nos valores das doenças mencionadas, especialmente no período chuvoso, propiciando o aumento do número de casos. Contudo, para o município de Belém, este fator não se limita a variável precipitação, mas a uma série de condições ambientais e climáticas do período analisado.

Com relação aos modelos de regressão, aqueles mais completos, isto é, com maior quantidade de variáveis, foram considerados, estatisticamente, os mais satisfatórios para

realizar a previsibilidade de casos de dengue e leptospirose. Entretanto, ressaltam-se as limitações dos resultados encontrados, uma vez que as técnicas de regressão linear se baseiam em pressupostos restritivos, isto é, pressupõe que existe relação direta entre a variável dependente e independente. Portanto, além da importância de incluir informações socioeconômicas nos modelos, com o intuito de aumentar o desempenho na previsibilidade, denota-se a necessidade de aplicar metodologias não lineares para fundamentar, ainda mais, as relações entre as variáveis discutidas neste trabalho.

Constatou-se, ainda, que as condições sanitárias e socioeconômicas afetam, de forma assertiva, na saúde da população, visto que apesar da redução dos casos de dengue e leptospirose nos últimos anos, alguns bairros continuam a apresentar altos índices dessas doenças, explicitamente os bairros da periferia, considerados os alagáveis, com precariedade no sistema de coleta pública de resíduos e no sistema de drenagem, acentuando a necessidade de um olhar diferenciado, no campo das políticas públicas, para esta população.

Nesse sentido, denota-se que a dengue e leptospirose apresentam causas multifatoriais, uma vez que somente os fatores ambientais não estimaram, com alta precisão, as variações quantitativas dessas doenças no município de Belém. Ademais, estima-se que este estudo sirva de referência para outras pesquisas, na intenção de identificar os principais agentes que interferem no quantitativo das doenças mencionadas e, dessa forma, desenvolver modelos de previsibilidade mais precisos, bem como contribuir para a elaboração e aplicação de políticas públicas que sejam capazes de minimizar esta problemática e promover maior bem-estar social.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, Vívian Evelyne Silva Araújo Alencar *et al.* Análise de Parâmetros de Qualidade da Água em Decorrência de Efeitos da Precipitação na Baia de Guajará – Belém – PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 2, p. 661-680, 2019.

ALMEIDA, Caio Américo Pereira de; SILVA, Richarde Marques da. Spatial modeling of the dengue cases and socio-environmental variables in João Pessoa, Cabedelo and Bayeux, Paraíba State. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 5, p. 1455-1470, 2017.

ALMEIDA, Daniela S. de *et al.* Estudo da relação entre variáveis meteorológicas e ocorrência de casos de dengue em Londrina – PR. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 7, p. 3857-3866, 2022.

ALMEIDA, Lorena Sampaio; COTA, Ana Lídia Soares; RODRIGUES, Diego Freitas. Sanitation, Arboviruses, and Environmental Determinants of Disease: impacts on urban health. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, n. 10, p. 3857-3868, 2020.

ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ALVES, Antônia Doraci Guedes *et al.* Análise do controle do vetor da dengue no distrito administrativo da Sacramenta em Belém do Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 14955-14978, 2021.

ARAÚJO, Roberto Alan Ferreira; UCHÔA, Natália Macêdo; ALVES, José Maria Brabo. Influência de Variáveis Meteorológicas na Prevalência das Doenças Transmitidas pelo Mosquito Aedes Aegypti. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 3, p. 439-447, 2019.

BAIA, Raymundo David Pinheiro Fernandes *et al.* Qualidade de saneamento básico e saúde de moradores do entorno de áreas alagáveis no município de Belém/PA. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 41267-41280, 2021.

BELÉM. **Lei Municipal nº 7.806, de 30 de julho de 1996**. Delimita as áreas que compõem os bairros de Belém, revoga a lei nº 7.245/84, e dá outras providências. Disponível em: <https://cm-belem.jusbrasil.com.br/legislacao/581764/lei-7806-96>. Acesso em: 18 abr. 2021.

BENÍTEZ, Yusselfy Márquez *et al.* Influencia de la temperatura ambiental en el mosquito Aedes spp. y la transmisión del virus del dengue. **CES Medicina**, v. 33, n. 1, p. 42-50, 2019.

BRASIL. Instituto Trata Brasil. **Ranking do Saneamento 2021**. 2021. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/estudos/estudos-itb/itb/novo-ranking-do-saneamento-2021>. Acesso em: 22 abr. 2021.

BRITO, Fábio Sergio Lima *et al.* Drenagem urbana e sua influência na epidemiologia de leptospirose na cidade de Belém-Região Amazônica do estado do Pará. **Revista de Geografia**, v. 37, n. 3, 2020.

CASTRO, Marcos Lobato; GOMES, Ana Carla Santos. Previsão das internações de crianças por bronquite e bronquiolite aguda em Porto Alegre-RS, via variáveis climáticas. **Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente**, v. 7, n. 3, p. 87-104, 2019.

DUARTE, Juliana Lúcia; GIATTI, Leandro Luiz. Leptospirosis incidence in a state capital in the Western Brazilian Amazon and its relationship with climate and environmental variability, 2008-2013. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 28, n. 1, e2017224, 2019.

FOPPA, Larissa Casagrande. **Análise espacial da suscetibilidade de bovinos a leptospirose, RS**. 2019. 45 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

FUNARI, Lizandra Mistrello. **Motivações e métodos de previsão de demanda aplicados a eventos**. 2021. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

GOBBI, Vitor Antonio Soukef. **Análise dos componentes principais para características de desempenho e carcaça de ovinos mestiços Suffolk**. 2020. 45 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Universidade de Uberaba, Uberaba, 2020.

GONÇALVES, Mariane Furtado. **Regionalização e estimativa de chuvas do estado do Pará**. 2014. 176 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

HABUS, Josipa *et al.* New trends in human and animal leptospirosis in Croatia, 2009–2014. **Acta tropica**, v. 168, p. 1-8, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/belem/panorama>. Acesso em: 10 jun. 2022.

JANUARIO, Ana Paula Ferrari. **Análise estatística da produção de vitelão Mertolengo**. 2021. 93 f. Dissertação (Mestrado em Modelação Estatística e Análise de Dados) – Universidade de Évora, Évora, 2021.

JOSHI, Yadav Prasad; KIM, Eun-Hye; CHEONG, Hae-Kwan. 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 infectious diseases**, v. 17, n. 1, p. 1-11, 2017.

LIMA, Joeslan Rocha. **Dinâmica climática, queimadas e doenças respiratórias em Palmas – TO**. 2018. 102 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2018.

LOPES, Maria do Socorro Bezerra *et al.* Uso de indicadores de saneamento ambiental, na bacia hidrográfica do Tucunduba, visando a redução das doenças de veiculação hídrica. **Nature and Conservation**, v.14, n.1, p.107-115, 2021.

MARTINS, Mário Henrique da Mata; SPINK, Mary Jane Paris. A leptospirose humana como doença duplamente negligenciada no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, n. 3, p. 919-928, 2020.

MOREIRA, Fernanda da Silva de Andrade *et al.* Caracterização da urbanização e seu impacto nas variáveis socioambientais: Guamá e Nazaré em Belém, Pará. **InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 5, n. 17, p. 01-27, 2019.

MOREIRA, Fernanda da Silva de Andrade *et al.* Variability temporal space of precipitation in the City of Belém-PA and its relation with the incidence of Leptospirosis. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 1, p. 071-080, 2019.

NOGAROTTO, Danilo Covaes; LIMA, Marla Rubia Garcia de; POZZA, Simone Andréa. Análise de componentes principais para verificar relação entre variáveis meteorológicas e a concentração de MP10. **Holos**, v. 1, p. 1-17, 2020.

OLIVEIRA, Letícia de; TONIN, Paulo César; VICENZI, Silvana Lígia. Comportamento dos custos totais de produção no segmento da avicultura de postura no estado do Paraná: estudo baseado na análise de regressão linear múltipla. **Revista Produção Online**, v. 20, n. 1, p. 28-46, 2020.

PAGLIARUSSI, Marcelo Sanches. O ensino do modelo clássico de regressão linear por meio de simulação de Monte Carlo. **Revista de Contabilidade e Organizações**, v. 12, p. e152100-e152100, 2018.

PATRÍCIO, Miguel; LOUREIRO, Marisa; CARAMELO, Francisco. **Bioestatística com SPSS abordagem prática**. Lisboa: Plátano Editora, 2017.

RABELO, Ana Emília Carvalho de Gusmão da Cunha *et al.* Espacialização dos Parâmetros de Equações de Chuvas Intensas para a Região Metropolitana do Recife. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 4, p. 1542-1554, 2018.

REGANHA, Diogo Miguel Azeitona. **Estudo de caso sobre a correlação existente entre a performance financeira das sociedades anónimas desportivas e a performance desportiva dos clubes**. 2021. 112 f. Dissertação (Mestrado em Gestão e Empreendedorismo) – Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Lisboa, Lisboa, 2021.

SALES, Denise Marques. **Clima e doenças respiratórias:** inter-relações no município de Belo Horizonte (MG). 2019. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

SANTOS, Fernanda Flores Silva dos; ARAÚJO, Hélio Mário de. Clima e fatores socioambientais na configuração espacial da leptospirose em Aracaju/SE. **Revista Equador**, v. 10, n. 01, p. 303-328, 2021.

SCHOBER, Patrick; BOER, Christa; SCHWARTE, Lothar A. Correlation Coefficients: Appropriate Use and Interpretation. **Anesthesia and Analgesia**, v. 126, n. 5, p. 1763-1768, 2018.

SERRÃO, Sérgio Luis Cardoso; BELATO, Leoni De Souza; DIAS, Rafael Pompeu. The natural and environmental vulnerability of the municipality of Belém (PA). **Nature and Conservation**, v. 12, n. 1, p. 36-45, 2019.

SHAPIRO, Samuel Sanford; WILK, Martin B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591, 1965.

SILVA, Ana Elisa Pereira *et al.* Tendência temporal da leptospirose e sua associação com variáveis climáticas e ambientais em Santa Catarina, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 27, n. 03, p. 849-860, 2022.

SILVA, Igor Rojahn da. **Relação entre variáveis ambientais e problemas respiratórios em crianças da cidade de Canoas, Rio Grande do Sul**. 2017. 101 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2017.

SILVA, Talita Ribeiro *et al.* Rainfall changes and incidence of leptospirosis in humans in the State of Minas Gerais, Brazil, from 2001 to 2017. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e58410112089, 2021.

SIQUEIRA, Ionara Santos *et al.* Análise dos condicionantes Sócio-Ambientais na incidência de dengue na cidade de Belém / PA: Aplicação do Modelo de Regressão Linear Múltipla. **Braz. J. of Develop.**, v. 6, n. 10, p. 80979-80991, 2020.

SIQUEIRA, Ionara Santos *et al.* A relação da incidência de casos de dengue com a precipitação na área urbana de Belém-PA, 2007 a 2011, através de modelos multivariados de séries temporais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 2, p. 380-389, 2018.

SNIS. **Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento**. 2020. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/>. Acesso em: 10 jun. 2022.

SOUZA JÚNIOR, Marcelo Félix de. **Avaliação da qualidade da água de abastecimento humano do sistema integrado de Araçagi/Tauá**. 2021. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2021.

SOUZA, Francicleide Geremias da Costa. **Previsão de evasão e retenção escolar no ensino médio profissional:** uma abordagem baseada em redes neurais artificiais. 2021. 64 f. Dissertação (Mestrado em Educação Profissional e Tecnológica) – Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Salgueiro, 2021.

SOUZA, Marcelo Williams Oliveira de *et al.* A incidência de casos de dengue e sua relação com a precipitação nas mesorregiões de um estado da Amazônia brasileira. **International Journal of Development Research**, v. 9, n. 11, p. 31624-31631, 2019.

STOLERMAN, Lucas M.; MAIA, Pedro D.; KUTZ, J. Nathan. Forecasting dengue fever in Brazil: An assessment of climate conditions. **PloS one**, v. 14, n. 8, p. e0220106, 2019.

STOLLE, Lorena *et al.* Modelos hipsométricos para um povoamento jovem de Khaya ivorensis A. Chev. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 3, n. 2, p. 231-236, 2018.

VALLADARES, Gustavo Souza *et al.* Influência de variáveis ambientais na ocorrência da dengue utilizando geoprocessamento em Teresina, Piauí. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 15, n. 34, p. 102–114, 2019.

VARELA, Andrew Wallace Palheta. Qualidade da água e índice de estado trófico no Rio Guamá, município de Belém (Pará, Brasil). **R. gest. sust. ambient.**, v. 9, n. 4, p. 695-715, 2020.

VIANA, Natália Lima; MARISCO, Gabriele. A importância da conscientização ambiental sobre o descarte de resíduos animais em trabalhos científicos e nos espaços educacionais. **Scientia Amazonia**, v. 8, n. 3, p. 43-54, 2019.