

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

ASSOCIAÇÃO ENTRE AS CONDIÇÕES SOCIOECONÔMICAS, SANEAMENTO AMBIENTAL E SAÚDE NA SUB-BACIA DO RIACHO BACURI, IMPERATRIZ – MARANHÃO

Ana Carolina de Araújo Mourão¹; Aichely Rodrigues da Silva²

AFILIAÇÃO

¹ Graduanda em Geografia. Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, anamourao.20200000625@uemasul.edu.br

² Professora adjunta do curso de Geografia. Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL. Rua Godofredo Viana, 1300 – Imperatriz-MA, aichely.rodrigues@uemasul.edu.br

RESUMO

Esta pesquisa objetivou avaliar a incidência das DRSAIs relacionada à falta de saneamento ambiental na sub-bacia do Riacho Bacuri entre os anos de 2010 e 2020. Também analisou a associação das condições de saneamento ambiental dos domicílios pelo Censo Demográfico (2010) e os casos de incidência das DRSAIs disponibilizados pela Secretaria Municipal de Saúde. Para isso, foi realizada a análise geoestatística com a aplicação do índice de Moran (LISA) e auxílio do *software GeoDA*. Conforme os resultados, foi perceptível, ao longo dos anos de 2010 a 2022, que os bairros Bacuri, Vila Nova, Vila Lobão e Redenção apresentaram as maiores médias das doenças relacionadas à falta de saneamento ambiental. Ainda está pesquisou objetivou avaliar os parâmetros de qualidade da água os pontos de amostragem foram: nascente (BA1), médio (BA2), foz (BA3) e RM (Riacho do Meio – afluente). Para isso, foi realizada coleta e análise de qualidade da água, utilizou-se da análise estatística descritiva e multivariada dos parâmetros físico e físico-químico e biológicos de qualidade. Em síntese, é necessária a universalização do saneamento básico, ações de educação ambiental e melhorias nas condições das moradias no município de Imperatriz.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da Água; Saneamento ambiental; Doenças Relacionadas ao Saneamento Inadequado; Riacho Bacuri.

INTRODUÇÃO

No meio urbano, o adensamento populacional, as condições precárias de moradia, a oferta irregular do abastecimento de água, as políticas ineficazes da gestão de resíduos sólidos e do tratamento de efluentes domésticos são fatores que causam patologias, tais como: diarreia por *Escherichia coli*, amebíase, cólera, leptospirose, hepatite A, esquistossomose, toxoplasmose, rotavírus, ascaridíase e arboviroses. As doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAI) se dividem em: (i) doenças de transmissão feco-oral; (ii) doenças transmitidas por inseto-vetor; (iii) doenças transmitidas pelo contato com a água; (iv) doenças relacionadas com a higiene; e (v) geo-helminthos e

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

teníases (Fonseca; Vasconcelos, 2011).

Em Imperatriz do Maranhão, demonstrou-se que 59,5% da população não dispõe de coleta e tratamento de esgoto, e 14,8% apresentaram soluções individuais, como as fossas sépticas, isto é, 74,3% da população não é atendida por esse serviço (TrataBrasil, 2021). Vale destacar que, nesse município, em 2021 ocorreram 198 internações em decorrência de doenças de veiculação hídrica. Além disso, o riacho sofre com as ocupações das margens pelas residências e a canalização de efluentes domésticos *in natura*.

Considerando todas essas questões, a pesquisa buscou avaliar a qualidade do meio ambiente e da saúde humana na sub-bacia do Riacho Bacuri, afluente do rio Tocantins, no município de Imperatriz-MA. Esse riacho é o mais urbanizado do município e está degradado pela falta de saneamento ambiental e do avanço da ocupação antrópica. Na sub-bacia do Bacuri, a área de urbanização ocupa 78% da sub-bacia (Silva, 2023.).

Dessa forma, a pesquisa pretende avaliar a incidência das doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado (DRSAIs) e à falta de saneamento ambiental na sub-bacia do Riacho Bacuri entre os anos de 2010 e 2020. A pesquisa pretende contribuir, portanto, com a produção de conhecimento sobre a gestão dos recursos hídricos localmente, no sentido de apoiar ações para a melhoria das condições ambientais do Riacho Bacuri e, consequentemente, para a prevenção da proliferação de doenças relacionadas ao saneamento ambiental na área da sub-bacia.

METODOLOGIA

Os dados referentes às doenças relacionadas à falta de saneamento inadequado (DRSAIs) foram disponibilizados pela Secretaria de Atenção à Saúde no setor de Vigilância Epidemiológica de Imperatriz-MA, a saber: diarreias (em crianças de 0 a 5 anos, dos anos de 2019 a 2022), dengue, hepatite A e leishmaniose tegumentar. Nesta pesquisa, foram utilizados os dados notificados entre os anos de 2010 e 2020. Para os dados dos domicílios dos setores censitários (abastecimento de água da rede, sem banheiro, com coleta de lixo) se basearam na Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD (<http://www.sidra.ibge.gov.br>) de 2010.

A análise exploratória de dados geoespaciais associados a feições de área foi baseada no Índice de Moran representada em mapas temáticos. A análise local das variáveis

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

foi dada pelo Moran *Local Indicators of Spatial Association* (LISA), com a aplicação do *k-neighborhood* (vizinhos mais próximos), que é um método não paramétrico. Nessa correlação local, o tipo “Alto-Alto” demonstrou elevados casos confirmados das DRSAIs e elevado indicador de saneamento dos domicílios; seguido de “Baixo-Baixo”, “Alto-Baixo” e “Baixo-Alto”. Nos mapas temáticos estão apenas as análises com nível de significância $p \leq 0,05$. Para aplicação dessas análises, foi utilizado o *software GeoDA* e o QGIS 3.14.

Para mensurar a qualidade da água foram realizadas três amostragem nos meses de dezembro de 2022) e fevereiro e junho de 2023, no riacho Bacuri em quatro pontos amostrais, a saber: BA1 (Nascente), BA2 (médio), BA3 (foz) e RM (Riacho do Meio - afluente), conforme metodologia de Strickland e Parsons (1972). Os parâmetros foram analisados foram: temperatura da água (°C), turbidez (NTU), Clorofila-*a* com a sonda multiparametros Hydrolab DS5 *in loco*. Já em laboratório foram analisadas a demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) pelo método respirometria; os nutrientes: fósforo total pelo método ácido ascórbico (PT), nitrogênio total método brucina (NT) e nitrogênio amoniacal (NH₄) pelo método clorimétrico em espectrofotômetro Nessler. O material particulado em suspensão (MPS). E os coliformes termotolerante e fecais as análises foram realizadas no Laboratório de Limnologia da UEMASUL seguindo o método Coli Lerte.

Para a representação dos resultados foram utilizados *box-plot* (diagramas de caixa). Seguido, da análise descritiva dos dados realizada pelo *software RStudio*, com o pacote *ggplot2*. Foi aplicado aos dados o teste Kolmogorov-Smirnov (K-S) para testar a normalidade das amostras com auxílio do pacote *nortest*. Para a análise de correlação foram utilizados os dados normalizados, representados por correlograma e significância ($p \leq 0,05$) elaborados com os pacotes *Hmisc* e *corrplot* no *R Studio*. A correlação foi testada, dado que o coeficiente de correlação (*r*) varia de -1 a 1. O sinal positivo (azul) ou negativo (vermelho) indica a relação das variáveis e o valor sugere a força da relação entre as variáveis.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo, as DRSAIs doenças detectadas na população residente na sub-bacia

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

do riacho Bacuri foram: diarreia, dengue, hepatite A e leishmaniose tegumentar. Foram detectados 137 casos no bairro Bacuri em 2022, e apenas 10 casos em 2020. O bairro Bacuri se destaca por apresentar o maior índice dessa patologia, com média de $71,5 \pm 59,4$ casos entre os anos de 2019 e 2022, seguido dos bairros Vila Nova e Vila Lobão. Ainda sobre a diarreia no bairro Vila Nova, foram 97 casos de crianças com essa doença em 2019, e 53 casos em 2022.

A média de casos de dengue foi maior no bairro Bacuri: $19,6 \pm 21,2$ entre 2010 e 2022. Nesse bairro, o ano com o maior número de notificações foi 2011, com 81 casos; por outro lado, em 2021, foi notificado apenas 1 caso, que pode ter sido devido à pandemia da COVID-19. Isso porque COVID-19 e dengue apresentam semelhanças clínicas e laboratoriais (Mascarenhas *et al.*, 2020). Os bairros com menos casos de dengue foram Jardim Lopes, União, Vila Parati e Palmeiras. Diante do exposto, os bairros que apresentaram maior incidência de dengue indicam falta de saneamento básico nessas áreas, propiciando assim a proliferação da doença.

No bairro Bacuri, foram notificados 15 casos de hepatite A em 2012. Os casos de hepatite A, dos 15 bairros analisados, Parque Amazonas e Vila Esmeralda não registraram nenhum caso dessa doença. Os bairros com maior média de indivíduos infectados foram: Bacuri ($6,4 \pm 5,4$) e Vila Lobão ($3,6 \pm 2,8$). No bairro Bacuri, em 2012, foram notificados 18 casos. Ao se analisar a notificação de casos de leishmaniose tegumentar americana (LTA), verificou-se que o bairro Bacuri obteve 6 casos em 2014, e 4 casos em 2022. Os bairros com menor registro foram: Jardim São Luís, Vila Esmeralda e CAEMA.

Doenças relacionadas ao saneamento inadequado (DRSAIs) e saneamento básico na sub-bacia hidrográfica do Riacho Bacuri

A relação de diarreia, dengue e hepatite A com a correlação dos domicílios com abastecimento de água da rede geral, indicada pelo Índice de Moran LISA, demonstrou correlação Alto-Baixo, com destaque para o bairro Vila Nova (2.813 residências são abastecidas pela rede geral de água, e 83 não dispõe desse serviço) e na Vila Lobão (5.685 residências estão ligadas à rede, e 137 não dispõe desse serviço). O bairro que apresentou índice Baixo-Baixo foi o Jardim São Luís (1.351 casas abastecidas têm água tratada, e 113 não dispõe desse serviço). No Maranhão, em 2018, foram internadas 42.188 pessoas com doenças de veiculação hídrica, sendo 91 óbitos (TrataBrasil, 2020). Com isso, água não tratada se torna vetor de transmissão de doenças infecciosas.

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

A relação das doenças citadas com domicílios sem banheiro Conforme o Índice de Moran LISA, a classe Baixo-Baixo está presente nos bairros Jardim Lopes e Jardim São Luís, onde não foram encontrados residenciais sem banheiro. Já na classificação Alto-Baixo, no bairro Vila Nova, na área na sub-bacia do Riacho Bacuri, foram encontradas 12 residências sem banheiro. O bairro da CAEMA, por sua vez, foi classificado como Baixo-Alto pelo índice, com 373 domicílios sem banheiro. Para a correlação de diarreia, dengue, hepatite A e domicílios com coleta de lixo, o bairro CAEMA apresentou classificação Baixo-Alto para todas as doenças.

A qualidade da água na sub-bacia hidrográfica do riacho Bacuri

O pH apresentou resultados entre 7 e 7,5, apenas o B3 (fz) com valores dispares na amostragem. Para essa variável o valor máximo encontrado foi no ponto RM que é afluente que resultou com a média de (pH 8,4) na terceira coleta e o mínimo foi 6,6 no ponto BA1, na primeira coleta. Contudo, os quatro pontos amostrais para o pH apresentou resultados dentro do estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 que estabelece valores entre 6 e 9. A temperatura analisada na figura 2, apresentou variações entre os pontos analisados. Nesta pesquisa, o valor máximo registrado de temperatura da água no Bacuri foi de 30°C no ponto BA3 (fz), período de estiagem. Por outro lado, o valor mínimo foi de 26°C no ponto BA1 (nascente).

De acordo com a figura 3, a turbidez no riacho Bacuri demonstrou máximo no ponto BA2 com 30 NTU. Conforme CONAMA 357/05 permite até 100 UNT, sendo assim, os resultados de turbidez dos pontos de amostragem todos estão dentro do aceitável pela legislação. A demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) é um parâmetro que indica a quantidade de matéria orgânica biodegradável através da quantidade de oxigênio.

Figura 1 - Diagrama de caixa (Box-plots) dos valores de pH encontrados nos pontos amostrais da sub-bacia do Riacho Bacuri, Imperatriz-MA.

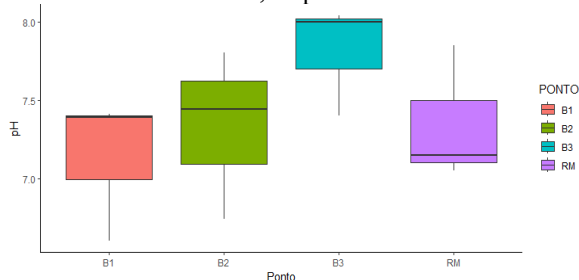
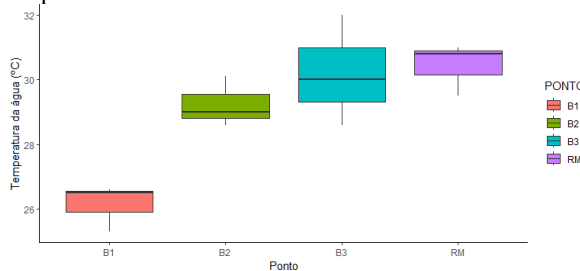


Figura 2 - Diagrama de caixa (Box-plots) dos valores de temperatura da água (°C) encontrados nos pontos amostrais da sub-bacia do Riacho Bacuri, Imperatriz-MA.



VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

Figura 3 - Diagrama de caixa (Box-plots) dos valores de turbidez (NTU) encontrados nos pontos amostrais da sub-bacia do Riacho Bacuri, Imperatriz-MA

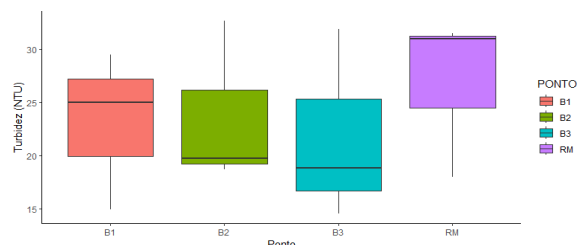
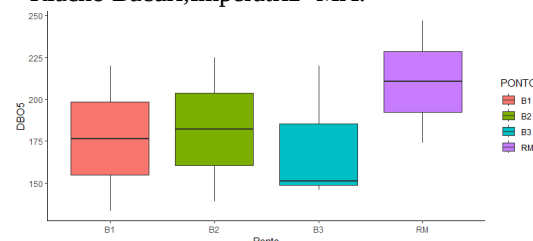


Figura 4 - Diagrama de caixa (Box-plots) dos valores demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) nos pontos amostrais da sub-bacia do Riacho Bacuri, Imperatriz -MA.



Legenda: B1 (nascente), B2 (médio), B3 (foz) e RM (Riacho do Meio -Afluyente)Fonte: Autora (2023)

Ao analisar a figura 4, é possível analisar que o ponto RM obteve o valor máximo para DBO com valor de 250 mg/L, já o valor mínimo foi encontrado no ponto BA1 com 150 mg/L. Para os limites estabelecidos pela CONAMA a DBO₅ a 20°C até 5 mg/L O₂, isto é, os pontos amostrais estão acima do limite estabelecido.

Observa-se que o fósforo total representado na figura 5 apresentou valor máximo para o ponto RM (de 21, 4mg L⁻¹) na segunda coleta. O ponto B3 sofreu uma variação ao longo das três amostragens a média de PT foi de 4,6±7,2mg L⁻¹. Ao analisar esses dados de fósforo total conclui-se que não estão em conformidade com a resolução CONAMA nº 357/05 indica que o valor do fósforo total deve ser de 0,1 mg L⁻¹.

Figura 5 - Diagrama de caixa (Box-plots) concentração de Fósforo Total (PT), encontrados nos pontos amostrais da sub-bacia do Riacho Bacuri, Imperatriz-MA.

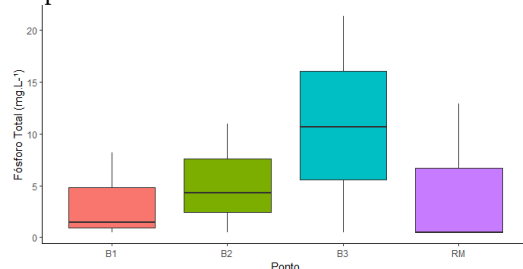
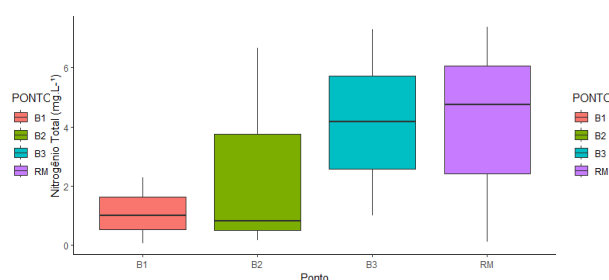


Figura 6 - Diagrama de caixa (Box-plots) concentração de Nitrogênio Total (NT), encontrados nos pontos amostrais da sub-bacia do Riacho Bacuri, Imperatriz -MA.



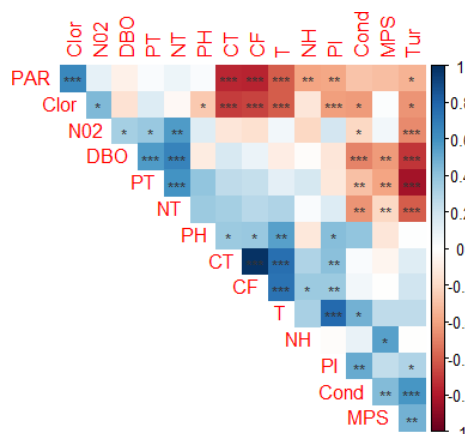
Legenda: B1 (nascente), B2 (médio), B3 (foz) e RM (Riacho do Meio -Afluyente)Fonte: Autora (2023)

Para o nitrogênio total conforme a figura 6, destaca-se valores elevados nos quatro pontos de amostragem. O valor máximo no ponto BA3 e RM foi de 6 mg L⁻¹ e mínimo no ponto BA1 com 2 mg L⁻¹, indicando a contaminação por esgotos domésticos e industriais. A distribuição do NH₄ que é o nitrogênio amoniacal que demonstrou variação apenas no seu afluente, o Riacho do Meio. Para tanto, a maior concentração de NH₄ foi localizado no

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

ponto RM com valor máximo para 30 mg. L⁻¹, valor mínimo no ponto BA 1 que resultou em uma média de (1,4 ±1,7 mg. L⁻¹). A CONAMA 357/05 determinado valor de até 1,0 mg/L N para pH entre 7,5 e 8,0.

Figura 7 – Correlograma das variáveis de qualidade da água na sub-bacia do riacho Bacuri



Nível de significância = *0,001, **0,01, ***0,05

Legenda: Protocolo de avaliação rápida (PAR), clorofila-a (Clor), N02 (nitrito), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), fósforo total (PT), nitrogênio total (NT), pH, coliformes termotolerantes (CT), coliformes fecais (CF), temperatura (T), nitrogênio amoniacal (NH₄), fósforo inorgânico (PI), condutividade (Cond), e material particulado em suspensão (MPS) Fonte: Autora (2023)

Nesta pesquisa o teste de normalidade para variáveis não-paramétricas de qualidade da água conforme o teste de Kolmogorov-Smirnov demonstrou valores de D: 0,102 e p: 0,98. As variáveis que se correlacionaram positivamente forte (azul) foram PAR e clorofila, e fósforo total (PT) e nitrogênio total (NT), na figura 7. A correlação positiva de protocolo de avaliação rápida que é a análise da condição ambiental do meio e nutrientes e clorofila-*a* pode indicar processo de eutrofização na sub-bacia do Bacuri.

CONCLUSÃO

Perante os resultados obtidos, constatou-se que o índice de doenças infecciosas está relacionado à falta de saneamento ambiental. Neste estudo foi encontrada correlação positiva entre os bairros com falta de saneamento ambiental e as DRSAIs. Os resultados demonstraram que, de 2010 a 2022, os bairros Bacuri, Vila Nova, Vila Lobão e Redenção apresentaram as maiores médias das doenças relacionadas à falta de saneamento ambiental. Neste estudo foi possível encontrar a relação das incidências das DRSAIs e a falta de saneamento ambiental que atinge os bairros mais populosos e com pior infraestrutura, como bairros Bacuri, CAEMA e Redenção I e II.

Para os parâmetros de qualidade notou-se que a temperatura foi bastante elevada no

VI Semana Acadêmica de Pesquisa, Inovação e Extensão da UEMASUL
07 a 09 de novembro de 2023- Imperatriz - MA

ponto BA3 causando a dissolução do oxigênio. A turbidez, DBO₅ e o nitrogênio total, também apresentaram resultados acima do estabelecido pela CONAMA 357/2005. Esses valores elevados são resultados do lançamento de esgoto sem tratamento no riacho Bacuri. Em relação a qualidade da água constatou-se que a temperatura foi de 30°C no ponto BA3 (fz), período de estiagem. Essa elevada temperatura pode provocar anóxia no ambiente aquático causando a morte de peixes. Esse fato é corroborado com as concentrações de nitrogênio total e nitrogênio amoniacal que apresentaram elevadas concentrações no riacho Bacuri. Assim, é importante que haja monitoramento desses parâmetros físico, físico-químicos e biológicos para se ter equilíbrio ambiental e prevenir doenças por veiculação hídrica na população ribeirinha.

APOIO FINANCEIRO

FAPEMA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº357, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências de 17 de março de 2005. Brasília, 2005.

FONSECA, F. R.; VASCONCELOS, C. H. Análise espacial das Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado no Brasil. **Cad. Saúde Colet.**, v. 19, n. 4, p. 448 – 453, 2011.

MASCARENHAS, M. D. M.; BATISTA, F. M. de A.; RODRIGUES, M. T. P.; *et al.* Simultaneous occurrence of COVID-19 and dengue: what do the data show? **Cad. Saúde Pública**, v. 36, n. 6, p. 1-10, 2020.

SILVA, A. R. da. Análise da paisagem em um afluente do Rio Tocantins no município de Imperatriz-MA. **Revista Contexto Geográfico**, v. 7, n. 15, p. 134-146, 2022.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG; 1996 452p.

TRATA BRASIL. **Painel do Saneamento**. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/localidade/index?id=210530> Acesso em: 21 de nov. 2022.