**AVALIAÇÃO QUÍMICA E FÍSICO- QUÍMICA DA ÁGUA DA ZONA ESTUARINA DO RIO CAETÉ, BRAGANÇA- PA.**

Yasmim Oliveira dos Santos 1; Neuton Trindade Vasconcelos Júnior 2; Luiza de Cássia Santa

Brígida Gomes 3; Adaelson Campelo Medeiros 4; Rosivaldo de Alcantara Mendes 5; Kelson do Carmo Freitas Faial 6.

1Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade do Estado do Pará. yasmim.odsantos@aluno.uepa.br.

2Mestrado em Recursos Hídricos. Instituto Evandro Chagas. neutonjunior@iec.gob.br.

3Mestrado em Gestão Riscos e Desastres Ambientais na Amazônia. Instituto Evandro Chagas. luizasbgomes@gmail.com.

4Mestrado em Doenças Tropicais. Instituto Evandro Chagas. adaelsonmedeiros@iec.gov.br

5Doutorado em Química. Instituto Evandro Chagas. rosivaldomendes@iec.gov.br

6Doutorado em Química. Instituto Evandro Chagas. kelsonfaial@iec.gov.br

**RESUMO**

Os manguezais localizados no estado do Pará são ameaçados, principalmente por ações antrópicas e pelo crescimento demográficoda região, pelo crescimento demográfico, caso em que se insere a cidade de Bragança – PA. Expansão urbana costeira formou-se uma economia baseada, principalmente, nas atividades industriais, portuárias, metalúrgicas etc. Além disso, a falta de saneamento básico e limpeza são aspectos que estão afetando a qualidade de vida dos manguezais amazônicos. Tendo em vista isso, este estudo analisou parâmetros físico-químicos e concentrações de metais na água da Zona Costeira Amazônica, comparando-os com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005. Foram coletadas amostras de água em 12 pontos do rio Caeté, em novembro de 2023 e abril de 2024, em préodos chuvosos diferentes, podendo assim entender a influência da sazonalidade na concentração dos parâmetros, totalizando 48 amostras. As análises físico-químicas foram feitas *in loco* com uma sonda multiparamétricae e a análise de metais foi realizada no Laboratório de Geoquímica e Saúde do Instituto Evandro Chagas, utilizando o equipamento de Espectrometria de Emissão Ótica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP OES). Os metais que foram encontrados em maiores concentrações, foram alumínio (Al) e ferro (Fe), obtendo uma média de 0,222 mg/L e 0,655mg/L, respectivamente. Os metais zinco (Zn), manganês (Mn), e chumbo (Pb) apresentaram alguns valores acima do preconizado na legislação, porém foram valores pontuais e em meses distintos de coleta. Os valores médios obtidos foram: 0,047 mg/L, 0,145 mg/L e 0,002 mg/L, respectivamente. Em se tratando dos parâmetros físico-químicos, o pH teve uma variação entre 7,9 e 5,4; a condutividade elétrica (CE) entre 19,0 e 8.648,0 µS.cm-1; os sólidos totais dissolvidos (STD) entre 10,0 e 4.324,0 mg/L, o Potencial de Oxirredução (ORP) entre 220,9 e 417,3 mS; e o oxigênio dissolvido (OD) entre 0,4 e 5,2 mg/L. Esses resultados reforçam a necessidade de um monitoramento contínuo para mitigar riscos tanto à biota aquática do manguezal quanto à saúde da população local, que depende direta ou indiretamente dos recursos hídricos dessa região.

**Palavras-chave:** Monitoramento ambiental; Poluentes ambientais; Estudos de amostragem.

**Área de Interesse do Simpósio**: Saúde Pública e Meio Ambiente.

**1. INTRODUÇÃO**

Os manguezais são ecossistemas costeiros, típicos de regiões tropicais. Esses ecossistemas são como sustentáculos da cadeia biológica marinha, e podem sofrer variações devido o clima e nível do mar diminuindo ou expandindo, variando a proporção das diferentes espécies que utilizam seus recursos e, consequentemente, modificando a cadeia alimentar e acabando por interferir nas condições de vida da população humana que daí retira sua sobrevivência (De Melo Richieri, 2007).

Na região norte do Brasil esta localizada mais de 80% das áreas de manguezais nacionais, concentrados nos estados do Amapá, Pará e Maranhão. Essa porção do país apresenta condições ótimas para o crescimento e desenvolvimento de manguezais, como a alta umidade o ano todo, numerosos rios que depositam e transportam matéria orgânica e sedimentos, regime de marés altas e temperaturas médias acima de 20ºC (Spalding et al., 2010).

Este movimento hidrodinâmico em que os manguezais estão inseridos devido as oscilações de maré e entre o continente e o oceano, quando associado a uma malha densamente povoada, propicia uma condução de materiais sólidos residuais descartados inadequadamente e que se acumulam na vegetação ciliar caracterizando um impacto ambiental negativo para o ecossistema e para o rio se tornando mais propício às ameaças por ações antrópicas. (Luz et al, 2019)

Os metais causam grande preocupação ambiental, pois são potencialmente tóxicos, biodegradáveis, alguns possuem pouca solubilidade na água e são facilmente adsorvidos e bioacumulados nos sedimentos dos manguezais. Além disso, metais como cobre (Cu), zinco (Zn), cobalto (Co) e arsênio (As) são elementos essenciais para o funcionamento da atividade fisiológica normal da biota aquática. O cádmio (Cd) e o mercúrio (Hg) apesar de não terem funções biológicas essenciais são tóxicos mesmo em baixas concentrações (Wang *et al*., 2016).

Para o enquadramento desses elementos como possíveis contaminantes na biota aquática dessas zonas de estuário, é utilizada a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que “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”.

Apesar da forte influência antropogênica na Zona Costeira Amazônica de Bragança-PA, os estudos sobre os níveis de contaminantes químicos são escassos. Sendo assim, neste trabalho foram realizados estudos de monitoramento ambiental com o objetivo de avaliar a dinâmica dos parâmetros químicos e físico-químicos na água da região, comparando os resultados obtidos com os Valores Máximos Permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, visando a conservação e desenvolvimento sustentável dos manguezais.

**2. MATERIAL E MÉTODOS**

2.1 Área de estudo

O Estudo foi desenvolvido em três áreas de manguezais localizadas na península de Bragança, no estuário do rio Caeté, Bragança, Pará, localizado no nordeste paraense, zona costeira do estado, distante 210 km da capital Belém-PA, com uma área de aproximadamente de 7.500 Km2 (SOUZA FILHO, 2005).

**Figura 1**- Localização dos pontos de coleta no município de Bragança- PA.

Mapa

Descrição gerada automaticamente

Para este estudo, foram realizadas duas campanhas em diferentes meses afim de observar a influência da sazonalidade nos parâmetros analisadoscoletas em diferentes condições, um em novembro de 2023 e outra em abril de 2024, mantendo as mesmas localizações dos 12 pontos de coleta de amostragem, totalizando 48 amostras.

2.2- Análise dos parâmetros Físico-Químicos

A determinação dos parâmetros físico-químicos (pH, Condutividade Elétrica (CE), Sólidos Totais Dissolvidos (STD), Oxigênio Dissolvido (OD) e Potencial de Oxirredução (ORP)) foi realizada, *in loco* com auxílio de uma sonda multiparamétrica modelo HI9828 da HANNA®.

2.3- Análise Química (Metais)

A concentração de metais foi determinada utilizando o equipamento de Espectrometria de Emissão Ótica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES), no Laboratório de Geoquímica e Saúde, da Seção de Meio Ambiente do Instituto Evandro Chagas.

Esta ferramenta analítica utiliza como fonte de excitação o plasma de argônio, para produzir em um jato gasoso da amostra, átomos excitados dos elementos nela presentes, que emitem radiações em comprimentos de onda específicos (Skoog *et al.,* 2006). Foram analisados os metais: Alumínio (Al), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Chumbo (Pb).

2.4. Análise Multivariada

Com o intuito de estudar as relações entre os parâmetros, baseando-se nos resultados obtidos, as análises estatísticas multivariadas permitem correlacionar as diversas variáveis que caracterizam um conjunto de dados. Assim, para identificar identificar grupos de elementos com comportamentos similares e o comportamento geral dos dados, foram utilizadas duas técnicas quimiométricas, a análise de componentes principais (PCA) e a análise de agrupamentos (HCA) utilizando o programa computacional Minitab, versão 20.

**3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados apresentados (tabela 1 e tabela 2) contém uma média de todos os pontos de coleta realizados para as análises, bem como os valores máximo e mínimo encontrados em cada parâmetro o mínimo encontrado em cada parâmetro e ainda o valor máximo permitido estipulado pela legislação para auxiliar no estudo comparativo.

A tabela 1 apresenta os resultados da análise físico-química.

**Tabela 1**- Resultados da análise físico-química

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Parâmetros | Média | Máximo | Mínimo | VMP- CONAMA n° 357/2005 |
| pH | 7,9± 0,7 | 7,9 | 5,4 | 6,5- 8,5 |
| CE (μS/cm) | 1134±2214,7 | 8648,0 | 19,4 | - |
| STD (mg/L) | 730,5±1127,9 | 4324,0 | 10,0 | - |
| ORP (mV) | 287,8±57,1 | 417,3 | 220,9 | - |
| OD (mg/L) | 1,74±1,4 | 5,2 | 0,4 | > 5mg/L |

Fonte: Autora, 2024.

Notas: Valor Máximo Permitido (VMP)

Como observado na tabela 1, os valores de pH nao tiveram uma grande variação entre as amostras da primeira coleta, variando entre 6,5 e 8,5 como é preconizado na legislação. Entretanto, durante o mês de abril as amostras apresentaram uma característica mais ácida em decorrência ao período de chuva da região, sofrendo baixas oscilações o que é comum em uma área costeira (Santos *et al*., 2008). Durante a estação mais seca, quando as águas estuarinas são mais salinas, o pH varia do neutro a alcalino, enquanto na estação chuvosa varia do neutro ao ácido (Pamplona *et al*, 2013).

Os parâmetros da CE e STD não são preconizados na legislação vigente, entretanto, Von Sperling (2007) explica que águas com CE acima de 100 μS/cm não são consideradas de boa qualidade, pois é um indicativo de toxicidade na água ou presença de metais (LOPES, 2016).

Por se tratar de uma zona estuarina, os sedimentos das margens são carregados de matéria orgânica que explica o alto índice de OD estando fora do que é preconizado pela legislação, e consequentemente, de ORP em grande parte dos pontos. O OD é importante para as águas superficiais, já que, quando encontrado em concentrações baixas, geralmente está relacionado a processos de eutrofização, com possibilidade de ocorrência de mortandade de peixes e outros seres vivos (Piveli, 2005).

A tabela 2 apresenta os resultados da análise química.

**Tabela 2**- Resultados da análise química em mg/L

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Parâmetros (mg/L) | Média | Máximo | Mínimo | VPM- CONAMA n° 357 | LQ |
| Al | 0,222± 0,293 | 0,818 | 0,015 | 0,100 | 0,008 |
| Fe | 0,655±0,926 | 1,130 | 0,004 | 0,300 | 0,004 |
| Mn | 0,145±0,131 | 0,429 | 0,003 | 0,100 | 0,003 |
| Zn | 0,047±0,038 | 0,562 | 0,012 | 0,090 | 0,012 |
| Pb | 0,002±0,025 | 0,124 | 0,001 | 0,010 | 0,001 |

Fonte: Autora, 2024

Notas: Valor Máximo Permitido (VMP); Limite de Quantificação (LQ)

Conforme observado na tabela 2, as concentrações de Fe e Al obtiveram um aumento significativo durante o mês de abril, estando acima do preconizado na legislação em todos os pontos coletados. Por se tratar de um período mais chuvoso ocorre o carreamento de solos e há ocorrência de processo de erosão das margens aumentando a concentração desses elementos na água e estabelecendo uma relação entre os eventos de chuva e a concentração de alumínio (CETESB, 2005)

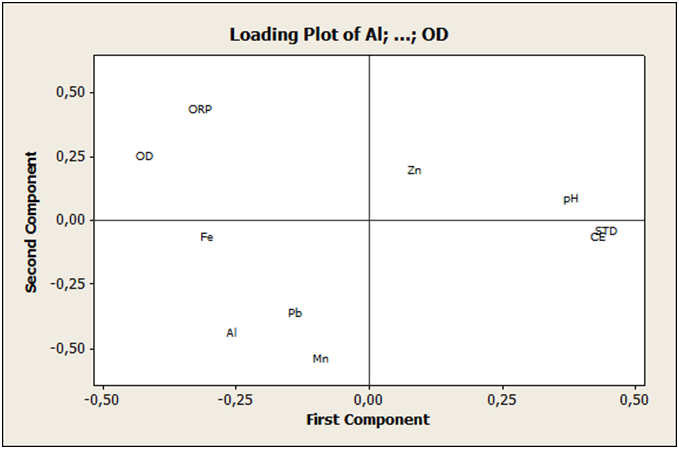
A concentração de Mn foi encontrada acima do VMP da legislação em alguns pontos de amostragem nas duas campanhas, estando presente de maneira pontual em período com e sem chuva. De acordo com a CETESB (2014), o Mn pode ser encontrado naturalmente em águas superficiais, porém ações antropogênicas são também responsáveis pela contaminação da água.

O Zn esteve em desconformidade com a legislação em 6 pontos de amostragem durante a campanha do mês de novembro. Não há evidências do motivo dessa alteração nas concentrações deste metal, mas em sua maioria estão relacionadas com ações antrópicas, como a poluição oriunda de esgotamento doméstico (Rocha, 2023).

A quantidade de Pb foi encontrada acima do valor máximo permitido (VMP) pela legislação em apenas dois pontos de amostragem, obtendo contaminação de fontes pontuais que não foram identificadas. Em um meio ácido, é um elemento preocupante para o ambiente e para a saúde da população, pois possui efeito cumulativo dentro da cadeia trófica (Baird, 2002).

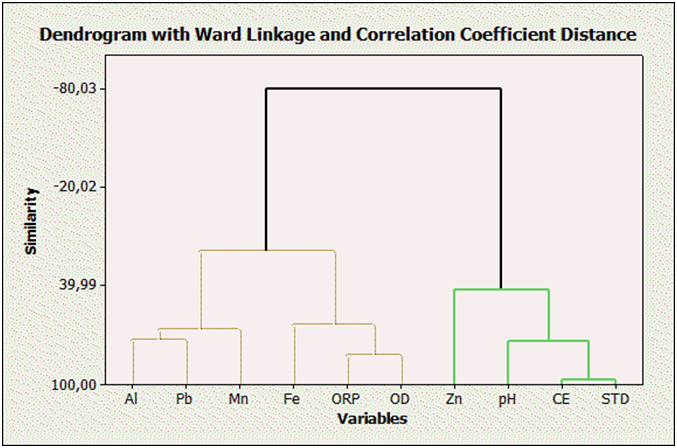
Após a obtenção dos dados das análises realizadas, foram feitas as análises multivariadas, PCA e HCA, obtendo os gráficos apresentados a seguir.

**Figura 2-** Gráfico dos escores da PCA correspondente aos dados obtidos das análises.

****

Fonte: Autora, 2024.

**Figura 3-** Dendograma da HCA correspondente aos dados obtidos das análises.

****

Fonte: Autora, 2024.

O dendrograma de HCA (Figura 3) e o gráfico dos escores da PCA (Figura 2) fornecem informações sobre os agrupamentos e as relações entre variáveis ambientais em estudo. No dendrograma, observa-se a formação de dois grandes grupos de variáveis. O primeiro grupo, composto por Al, Pb, Mn, Fe, ORP e OD, indica uma associação entre metais e parâmetros de oxidação e redução. A proximidade entre Al e Pb, assim como entre Mn e Fe, sugere que esses elementos compartilham origens ou condições ambientais semelhantes, possivelmente relacionadas à geologia local ou a influências antropogênicas.

No segundo grupo, que inclui Zn, pH, CE e STD, observa-se uma correlação entre parâmetros físico-químicos, especialmente entre CE e STD. Essa relação sugere que a condutividade elétrica da água é fortemente influenciada pela quantidade de sólidos dissolvidos presentes. Além disso, o pH e o Zn se associam a essas variáveis, possivelmente devido ao comportamento químico do zinco, que pode ser afetado por condições específicas de pH.

A análise de componentes principais (PCA) reforça essa separação entre características ambientais. A primeira componente principal (PC1), responsável por 40,4% da variabilidade, é mais fortemente associada aos valores de OD e ORP, indicando um gradiente ligado à oxigenação e aos processos redox. Em contraste, CE, STD e pH apresentaram cargas negativas em PC1, sugerindo que essa componente também distingue condições de salinidade e mineralização da água. Já a segunda componente (PC2), explicando 18,8% da variabilidade, é influenciada principalmente por Mn e Al, refletindo a presença de metais no ambiente, o que pode ser atribuído a fatores geológicos ou a atividades humanas.

**4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A comparação dos resultados deste estudo com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005 revelou a presença de contaminantes químicos em várias áreas de amostragem, especialmente metais como Al, Fe, Mn. Embora alguns desses metais ocorram naturalmente devido aos sedimentos da região, concentrações elevadas indicam possíveis fontes de contaminação externa, o que impacta negativamente o manguezal. A influência antropogênica parece intensificar essas concentrações, representando um risco à biota aquática e à população local por bioacumulação. Assim, este estudo reforça a necessidade de monitoramento e identificação das fontes de contaminação para preservar a qualidade ambiental e a saúde humana.

**5. REFERÊNCIAS**

BAIRD, C. Química ambiental. Porto Alegre: Bookmam, 2002.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/>.

DE MELO RICHIERI, Sonia Maria. Avaliação do impacto das mudanças climáticas globais nos mangues tropicais. **Brazilian Journal of Environmental Sciences** (RBCIAMB), n. 06, p. 14-20, 2007.

LUZ, GCB da; TEIXEIRA, Simone Ferreira. Importância do manguezal e das barreiras físicas na contenção de resíduos sólidos nas margens de um estuário urbano. **Ciência Geográfica**, v. 23, p. 790-803, 2019.

LOPES, S.M.F. Influência do uso da terra na qualidade da água em bacias hidrográficas com usos distintos, em Itajaí - GO e Canápolis - MG. 229 f. Tese (Doutorado) – Curso de Geográfica, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, 2016.

SPALDING, Bianca Batista da Costa; LORSCHEITTER, Maria Luisa. **Palinologia de sedimentos da turfeira do Banhado Amarelo**, São Francisco de Paula, Rio Grande do Sul, Brasil: gimnospermas e angiospermas. Hoehnea, v. 37, p. 419-434, 2010.

SANTOS, M.R.S., Júnior, C.N.S. 2012. Caracterização ambiental dos recursos hídricos no município de Bragança, Pará. In: III. Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, Goiânia 1-5. Disponível: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/VIII-004.pdf>. Acesso: 10 Fev. 2020.

SOUZA FILHO, P.W. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. Revista Brasileira de Geofísica. vol.23 n.4, 2005.

SKOOG, D. A. et al. **Fundamentos de Química Analítica**. Ed. São Paulo: Editora Thomson, 2006.

PAMPLONA, F.C., Paes, E. T., NEPUMOCENO, A. 2013. Nutrient fluctuations in the Quatipuru river: A macrotidal estuarine mangrove system in the Brazilian Amazonian basin. **Estuarine, Coastal and Shelf Science 133**, 273-284. DOI:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2013.09.010>.

PIVELI, R.P.; KATO, M.T. Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 285 p.

ROCHA, A.B.A., BOAVENTURA,G.R., TONHÁ, M.S., Barbosa, R.F., Almeida,S.M., Garnier,J. 2023. Estudo de indicadores da contaminação do rio Melchior pela ocupação da bacia hidrográfica pelo uso urbano. Geociências,42, 2, 41 – 252.