



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Análise Físico-química e Microbiológica das Águas Estuarinas da APA Planície Costeira do Guaibim, Baixo Sul da Bahia, Brasil

Silvana Silva dos Santos¹, Wanessa Gabrielly Silva Pacheco², Ingrid dos Santos Lemos³, Jandir Conceição Souza⁴, Edson dos Santos⁵, Thécia Alfenas Silva Valente Paes⁶ e Patrícia Oliveira dos Santos⁷

¹Especialista em Agroecologia e Meio Ambiente (IF Baiano) e Mestranda em Biologia Marinha e Ambientes Costeiros (UFF), silvanassbio@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0002-5577-8357> (autor correspondente). ²Graduanda em Licenciatura em Biologia (IF Baiano), wanessagabrielly29@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0007-1237-6047>. ³Graduanda em Licenciatura em Biologia (IF Baiano), 20202VAL05GL0008@alunos.ifbaiano.edu.br, <https://orcid.org/0009-0009-6384-508X>. ⁴Graduado em Química (UFBA) e Técnico de Laboratório em Química (IF Baiano), jandir.souza@ifbaiano.edu.br, <https://orcid.org/0009-0007-4330-3895>. ⁵M.Sc. Em Ecologia Humana e Gestão socioambiental (UNEB) e Assistente de Laboratório (IF Bahia), edson.biotec@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0535-8514>. ⁶Dr. Em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre (UFMG) e docente EBBT do IF Baiano, Campus Valença, thecia.paes@ifbaiano.edu.br, <https://orcid.org/0000-0003-2248-2680>. ⁷Dr. Em Biotecnologia (UFBA) e docente EBBT do IF Baiano, Campus Valença, patricia.santos@ifbaiano.edu.br, <https://orcid.org/0000-0002-7463-2196>.

Artigo recebido em 02/04/2023 e aceito em 24/07/2023

RESUMO

Em bacias hidrográficas costeiras, parte do rejeito dos esgotos domésticos são drenados para a região estuarina sem nenhum tratamento. A Área de Proteção Ambiental Planície Costeira do Guaibim (APA de Guaibim), Bahia, é considerada Área Prioritária para Conservação e, assim, o objetivo é fornecer o primeiro panorama da qualidade das águas estuarinas da APA. As coletas ocorreram no baixo estuário do Guaibinzinho, Mamucabo e Taquary durante seis meses. Foram analisados: pH, condutividade, salinidade, oxigênio dissolvido, saturação de oxigênio, fósforo total, amônia, nitrito, nitrato, clorofila e coliformes termotolerantes. Os três foram classificados como salinos classe 1 pela Resolução CONAMA 357/05. O oxigênio dissolvido esteve fora do estabelecido pela Resolução nas três áreas; no Taquary, o nitrato esteve 64 vezes acima do permitido em julho/2022; a amônia ultrapassou os limites apenas em julho /2022 para todos os estuários. Apenas o Guaibinzinho esteve fora dos limites de coliformes termotolerantes para classe 1 de águas salinas. O Mamucabo foi classificado como mesotrófico, o Taquary eutrófico e o Guaibinzinho como oligotrófico. Quanto à balneabilidade, apenas o Taquary foi considerado como próprio. Recomenda-se a não utilização do Guaibinzinho para atividade de pesca e balneabilidade e do Mamucabo para a balneabilidade, pelo risco iminente à saúde pública, já que a densidade de coliformes termotolerantes ultrapassa os limites das Resoluções CONAMA 357/05 e 274/00. Conclui-se que os estuários não estão integralmente em consonância com os padrões previstos, mas dentre os três, o Guaibinzinho e o Taquary são definidos neste estudo como áreas prioritárias nas ações de gestão.

Palavras-chave: Coliformes termotolerantes, qualidade da água, índice trófico, balneabilidade, unidade de conservação.

Physical-chemical and Microbiological Analysis of the Estuarine Waters of the APA Guaibim Coastal Plain, Lower South of Bahia, Brazil

ABSTRACT

In coastal watersheds, part of the waste from domestic sewage is drained to the estuarine region without any treatment. The Guaibim Coastal Plain Environmental Protection Area (APA of Guaibim), Bahia, is considered a Priority Area for Conservation, and thus, the objective is to provide the first panorama of the quality of estuarine waters of the APA. Samples were collected in the lower estuary of Guaibinzinho, Mamucabo and Taquary for six months. pH, conductivity, salinity, dissolved oxygen, oxygen saturation, total phosphorus, ammonia, nitrite, nitrate, chlorophyll and thermotolerant coliforms were analyzed. The three were classified as saline class 1 by Resolution CONAMA 357/05. Dissolved oxygen was outside the established by the Resolution in the three areas; in Taquary, nitrate was 64 times higher than allowed in July/2022; ammonia exceeded the limits only in July /2022 for all estuaries. Only the Guaibinzinho was outside the limits of thermotolerant coliforms for saline water class 1. Mamucabo was classified as mesotrophic, Taquary eutrophic and Guaibinzinho as oligotrophic. As for Balneability, only Taquary was considered as its own. It is recommended not to use Guaibinzinho for fishing activity and Balneability and Mamucabo for Balneability, due to the imminent risk to public health, since the density of thermotolerant coliforms exceeds the limits of Resolutions CONAMA 357/05 and 274/00. It

is concluded that the estuaries are not fully in line with the expected standards, but among the three, Guaibinzinho and Taquary are defined in this study as priority areas in management actions.

Keywords: Thermotolerant coliforms, water quality, trophic index, balneability, conservation unit.

Introdução

Os estuários são ecossistemas de transição localizados na interface continente-oceano. As particularidades desse ecossistema estão intimamente associadas aos processos naturais de dinâmica físico-química costeira, meteorológicas e oceanográficas (Bernardino, 2015) e são classificados como “essenciais para sustentar a vida terrestre, aquática e as comunidades humanas” (Soares et al., 2021).

Além dos processos naturais, a qualidade das águas estuarinas pode ser alterada por atividades antrópicas, por meio do enriquecimento de nutrientes como fósforo e nitrogênio, que em concentrações elevadas podem levar ao processo de eutrofização e aos estados de hipóxia e anóxia em corpos hídricos (Ponce e Fernandes, 2018; Nascimento, 2019). Parte da carga de poluentes das bacias hidrográficas costeiras, drenada para a região estuarina e manguezais, é lançada ao oceano com todo o rejeito dos esgotos domésticos e/ou industrial, sem nenhum tratamento (Schnack et al., 2018; Souza et al., 2019), podendo causar a mortalidade de organismos, diminuição da biodiversidade e mudanças no funcionamento dos ecossistemas pela perda de espécies-chave e de serviços prestados (Leão et al., 2022).

O processo de eutrofização é um dos graves problemas ambientais gerados pelo lançamento de efluentes, sem tratamento prévio, em corpos hídricos (Santos e Medeiros, 2023). A Bahia possui a maior extensão de costa do Brasil (932 km) e a eutrofização e a presença de resíduos sólidos constituem os principais problemas associados à contaminação da região litorânea (Leão et al., 2022). Assim, para a classificação dos graus de eutrofização de um ambiente aquático usa-se a aplicação de índices tróficos que avaliam a qualidade da água observando basicamente as concentrações de nutrientes e produtividade primária (CETESB, 2017), sendo a clorofila um dos parâmetros utilizado para determinar a biomassa algal e consequentemente inferir sobre os impactos causados por substâncias orgânicas, inorgânicas e outros distúrbios (CETESB, 2014).

Adicionalmente, quando se objetiva caracterizar um sistema aquático, análises microbiológicas são de extrema relevância e bactérias do grupo dos coliformes termotolerantes são organismos chaves amplamente pesquisados, por atestarem contaminação de origem fecal, sendo a precarização do saneamento básico local confirmada pela elevação da carga microbiana

desses microrganismos (Ponce e Fernandes, 2018). Apesar das bactérias do grupo dos coliformes não serem patogênicas, a presença em grande quantidade indica a possibilidade de haver outros microrganismos que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica como, por exemplo, a disenteria bacilar, febre tifoide e cólera (Specian et al, 2021; Matos et al., 2023).

A saber, o monitoramento de sistemas aquáticos, por meio de parâmetros de qualidade da água, é considerado um instrumento de gestão pela PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos (Silveira, 2022), o qual permite determinar os usos múltiplos da água, seu estado de conservação e até mesmo identificar áreas críticas e prioritárias para gestão (Anjinho et al., 2020), sendo de extrema relevância para se compreender os impactos das ações antrópicas em regiões prioritárias para conservação, como a Área de Proteção Ambiental Planície Costeira do Guaibim (APA de Guaibim). Pertencente ao mosaico de APAs do Baixo Sul da Bahia, em 2018 o Ministério do Meio Ambiente (MMA) a considerou como Área Prioritária para Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade, classificando-a como de Importância Biológica e Prioridade de Ação Extremamente Altas.

Apesar da importância da APA de Guaibim para a conservação ambiental, seus atributos naturais estão vulneráveis devido à forma de ocupação desordenada ocorrida nos últimos anos com centro comercial, complexo hoteleiro, indústria de carcinicultura e outros, sendo que sustento da população provém da pesca artesanal e turismo (Lopes e Reuss-Strenzel, 2015).

Ações como a desenvolvida nesta pesquisa fazem parte de medidas prioritárias sugeridas pelo Ministério do Meio Ambiente para APA do Guaibim (MMA, 2018), que sugere também que seja realizado a redução de impacto de atividade degradante (e.g., controle da poluição), monitoramento (e.g., de ecossistema e serviços ecossistêmicos) e outros tipos de pesquisa (e.g., sobre o uso e ocupação por comunidades; e sobre mitigação, remediação e restauração de impactos).

No Brasil, apenas 50% da população dos municípios da Zona Costeira possuem coleta de esgoto (Tavares et al., 2022) e especificamente no município de Valença, o esgoto de 27% da população não é coletado (Instituto Água e Saneamento, 2023). Assim, pesquisas sobre a

conservação da biodiversidade, poluição costeira e marinha e exploração de recursos na costa da Bahia são necessárias e de extrema relevância (Leão et al., 2022). Nesse contexto, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar a qualidade das águas estuarinas da APA de Guaibim, localizada no litoral do estado da Bahia, e tem como hipótese que o estuário com maior urbanização no entorno é o que detém menor qualidade da água.

Material e métodos

Área de Estudo - A pesquisa foi realizada na Unidade de Conservação (UC) de uso sustentável denominada Área de Proteção Ambiental Planície Costeira do Guaibim (APA de Guaibim). A APA está localizada no território de identidade do Baixo Sul da Bahia, e integra os limites territoriais da cidade de Valença e determina o limite norte do Corredor Central da Mata Atlântica (Ayres et al., 2005).

Foram analisadas três áreas estuarinas: Taquary, Guaibinzinho e Mamucabo. O Guaibinzinho é a área mais urbanizada com a presença de diversas residências e pontos comerciais. O Taquary tem uma menor ocupação em relação à área anteriormente citada, mas possui ligação com canal de esgotamento de tanques de carcinicultura e teve sua drenagem hidrológica natural alterada; e o Mamucabo apresenta uma área mais afastada do centro urbano sem presença de habitações no entorno (Figura 1).

Não há indícios de aporte significativo de água fluvial nos três estuários, assim pode-se dizer que basicamente são alimentados por água doce pluvial e de drenagem. As marés de quadratura chegam com facilidade no Guaibinzinho e no Taquary, o que nem sempre ocorre no Mamucabo (Figura 1).

Amostragem - As coletas foram realizadas em novembro e dezembro de 2021 e janeiro de 2022 e de maio a julho de 2022. Todas as coletas foram na baixa-mar (maré baixa) e no baixo estuário, nas proximidades da desembocadura (Batista, 2017). Em cada área de amostragem, os seguintes parâmetros foram obtidos in situ, com auxílio de uma sonda Multiparâmetro Hanna® HI 9829: temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), saturação de oxigênio (%) e condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$). A salinidade foi obtida indiretamente por meio da conversão da condutividade elétrica pela fórmula presente em Science (2022): condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) $\wedge$ 1,0878 x 0,4665. O potencial hidrogeniônico (pH) foi obtido em laboratório utilizando o Phmetro de bancada.

Nos mesmos pontos foram coletadas amostras de águas superficiais, entre 0 e 30 centímetros da lâmina d'água, conforme Brandão et al. (2011) para a determinação de coliformes termotolerantes, clorofila *a* e nutrientes (amônia, nitrato, nitrito e fósforo total). Para o ensaio microbiológico a água foi recolhida, por imersão, diretamente em frascos de vidro (250 ml) esterilizados e devidamente identificados. O recipiente foi imediatamente vedado e acondicionado em caixa térmica contendo gelo para o transporte adequado. As coletas de água para a determinação do pigmento fotossintetizante (clorofila *a*) ocorreram por meio de garrafa PET protegida com papel alumínio para evitar a penetração de luz e consequentemente a degradação do pigmento.

Análises - Para a análise microbiológica de coliformes termotolerantes, foi utilizado o método da membrana filtrante conforme descrito em FUNASA (2013): Após a diluição das amostras a 10^{-2} , em água destilada fim de permitir a contagem das colônias, um volume de 100 mL foi filtrado no sistema a vácuo utilizando uma membrana filtrante com 47 mm de diâmetro e porosidade de 0,45 μm . As membranas com as amostras foram incubadas em placas de Petri invertidas contendo o meio de cultura M-TEC e incubadas por 2h a 35 °C e por 22h a 45 °C. As análises foram feitas em triplicatas e o resultado foi expresso em Unidade Formadora de Colônia (UFC)/100 mL de amostra.

A fim de determinar a concentração de clorofila *a*, as amostras foram homogeneizadas e 300 ml de cada amostra foram filtrados, em sistema a vácuo, utilizando membrana filtrante de 47 mm de diâmetro e 0,45 μm de porosidade. O filtro contendo o material retido, foi devidamente identificado e imediatamente colocado em frasco âmbar com sílica gel e congelado por até 28 dias até a análise de concentração, pelo método espectrofotométrico monocromático (Brandão et al., 2011); (CETESB, 2014). No dia da leitura da concentração, os filtros com as amostras foram colocados em tubos de ensaios contendo 5 ml de acetona 90% e depois macerados em mais 5 ml. O material macerado foi colocado, novamente, em tubo de ensaio de plástico e permaneceu refrigerado entre 2h a 6h até o processo de centrifugação que durou 20 minutos a 3000 rpm. O sobrenadante foi coletado e submetido à leitura no espectrofotômetro monocromático nos comprimentos de onda 664 nm e 750 nm. Logo após essas duas leituras, as mesmas amostras foram acidificadas com 20 μL de ácido clorídrico 0,1 M e lidas nos comprimentos de onda 750 nm e 665 nm.

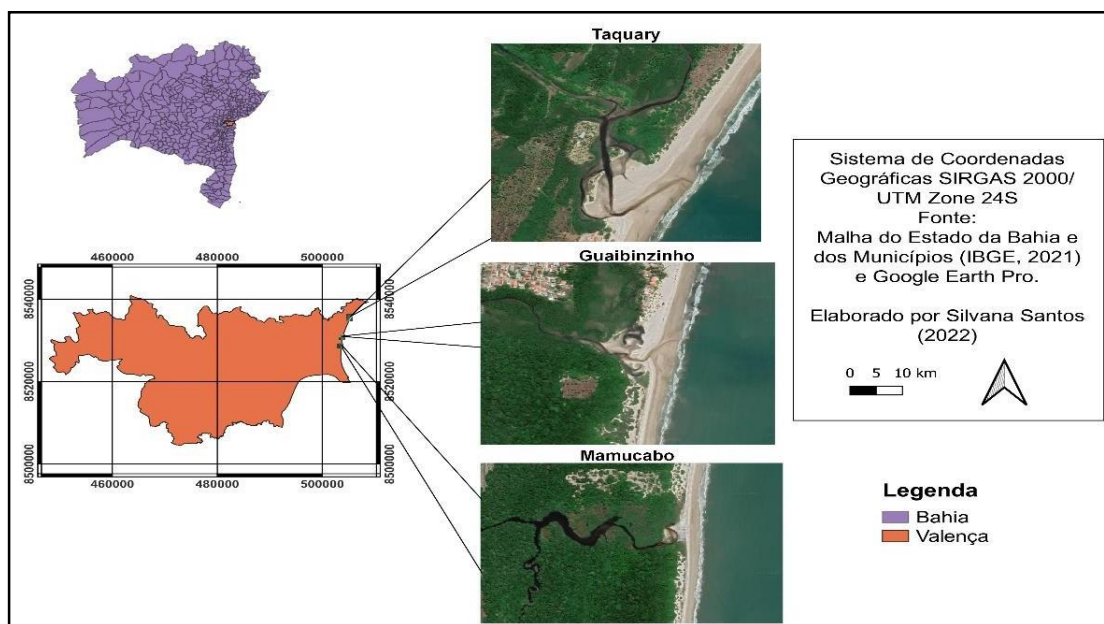


Figura 1. Localização geográfica dos estuários para a avaliação da qualidade da água na APA de Guaibim, Valença, Bahia. Fonte: IBGE, 2021 e Google Earth Pro.

Toda a metodologia descrita e os cálculos aplicados para a obtenção da concentração de clorofila *a* em μL estão presentes detalhadamente em CETESB (2014).

A concentração de Amônia seguiu os procedimentos descritos em APHA (2005) e foi obtida por titulometria utilizando ácido sulfúrico a 0,02 mol/L (padronizado) como padrão comparativo e indicador misto (vermelho de metila e verde de bromo cresol) para determinar o ponto final da titulação. Método aplicado após prévia destilação da amostra para eliminação de interferências. As amostras de água para análises dos demais nutrientes foram encaminhadas para o laboratório LEPETRO do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, o qual também adotou as metodologias contidas em APHA (2005).

Para a determinação do estado trófico, utilizou-se o Índice de Estado Trófico (IET), indicado para ambientes lóticos (CETESB, 2020). O IET é calculado com os valores de clorofila *a* (CL) e fósforo total (PT), ambos expressos em $\mu\text{g/L}$, aplicados nas fórmulas:

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - ((0,42 - 0,36 \times (\ln \text{PT})) / \ln 2)) - 20$$

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((-0,7 - 0,6 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) - 20$$

$$\text{IET} = (\text{IET (PT)}) + (\text{IET (CL)}) / 2$$

Onde: $\ln$ = Logaritmo natural; IET (PT) =

Índice do Estado Trófico do fósforo total – reflete o potencial de eutrofização do corpo hídrico; IET (CL) = Índice do Estado Trófico da clorofila *a* – reflete o nível de crescimento do fitoplâncton em resposta ao aporte de nutriente. A classificação do Estado Trófico a partir dos valores do IET consta na Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação do Índice de Estado Trófico (IET).

Estado Trófico	IET
Ultraoligotrófico	$\text{IET} \leq 47$
Oligotrófico	$47 < \text{IET} \leq 52$
Mesotrófico	$52 < \text{IET} \leq 59$
Eutrófico	$59 < \text{IET} \leq 63$
Supereutrófico	$63 < \text{IET} \leq 67$
Hipereutrófico	$\text{IET} > 67$

Fonte: CETESB, 2020.

Os valores dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos foram comparados com limites estabelecidos pela Resolução CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente) nº 357/05 (Tabela 2). Como os estuários ainda não possuem enquadramento aprovado, para fins de comparação com a Resolução seguiu-se a recomendação presente no Artigo 42 da Resolução.

Tabela 2 – Parâmetros da qualidade e da água e seus respectivos limites para corpos hídricos salinos de classe 1. Fonte: CONAMA, 2005.

Parâmetros	Limite
OD	≥ 6 mg/l
pH	$6,50 < \text{pH} < 8,50$
Fósforo Total	0,062 mg/l
Nitrato	0,40 mg/l
Nitrito	0,07 mg/l
Amônia	0,40 mg/l
Coliformes	1000
Termotolerantes	UFC/100 m/l

Fonte: CONAMA, 2005.

Como os três estuários são utilizados para recreação de contato primário, os resultados de coliformes termotolerantes também foram confrontados com os limites dispostos na Resolução CONAMA 274/00 para fins de enquadramento como próprios ou impróprios para a balneabilidade.

Análises Estatísticas – Além da estatística descritiva foram aplicados alguns testes para melhor interpretação dos dados. Para avaliar se houve diferenças significativas entre os estuários, primeiramente foi verificada a normalidade dos dados. Ao confirmar a não normalidade, utilizou-se o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, com significância de 95%, seguido do teste Post-Hoc de Dunn. O teste de correlação de *Spearman*, indicado para variáveis não normais, também foi aplicado. Os resultados do teste variam entre -1 e 1, onde o sinal indica se as variáveis estão correlacionadas positivamente ou negativamente e os valores, a intensidade da correlação.

Para a estatística multivariada utilizou-se a Análise de Componentes Principais (PCA) e a análise de agrupamento adotando a Distância Euclidiana e o método hierárquico Ward.D. Para Rodrigues Junior (2022), análises de agrupamento têm o objetivo de separar as áreas analisadas em grupos, com base nas características que as mesmas possuem.

Resultados

No Guaibinzinho o pH variou de 5,8 a 7,9 e apresentou temperatura média de 27,7 °C. As variáveis condutividade e salinidade, as quais são diretamente correlacionadas, tiveram maior

amplitude ao longo dos meses amostrados, em que a condutividade variou de 36,1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 6450 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e a salinidade de 23,1 a 6499. O oxigênio dissolvido e a saturação de oxigênio atingiram os menores valores nos meses de maio e julho, com números < 3 mg/L para oxigênio dissolvido e $< 35\%$ para a saturação. Já os maiores valores foram observados em novembro e dezembro com números $> 4,7$ mg/L e $> 59,5\%$ para oxigênio dissolvido e saturação, respectivamente (Tabela 3).

O estuário do Mamucabo o pH variou de 5,9 a 7,9 ficando com valor médio de 6,9 e a temperatura apresentou média de 28,2°C. A condutividade e a salinidade variaram, respectivamente, de 10,6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 2846 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e de 6,1 a 2666 (Tabela 3). Tanto o oxigênio dissolvido quanto a saturação de oxigênio atingiram menores valores ($< 2,5$ mg/L e $< 30\%$) em maio e julho. Os resultados mais elevados ($> 6,0$ mg/L e $> 86\%$) foram observados nos meses de dezembro e junho.

O pH apresentou leve variação, no Taquary, partindo de 6,3 a 7,7 e a temperatura apresentou média de 28,7°C. A condutividade e salinidade variaram, respectivamente, de 45,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 4144 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e de 29,9 a 4016. Valores $< 2,5$ mg/L, de oxigênio dissolvido, estiveram presentes de maio a julho. O mesmo resultado ocorreu para a saturação de oxigênio com resultados $< 38\%$ para os mesmos meses. O contrário ocorreu em novembro, dezembro e janeiro, os quais apresentaram os maiores resultados > 4 mg/L e $> 60\%$, para oxigênio dissolvido e saturação respectivamente.

Conforme a Figura 2, as análises de coliformes termotolerantes revelaram maiores médias para o estuário do Guaibinzinho ($3847,22 \pm 2232,7$ UFC/100 mL), o qual foi seguido do Mamucabo ($1661,11 \pm 2838,44$ UFC/100 mL) e do Taquary ($325 \pm 625,9$ UFC/100 mL). Os números de colônias variaram no Guaibinzinho de 1266,66 a 7300 UFC/100 mL, de 0,0 a 7400 UFC/100mL no Mamucabo e de 0,0 a 1600 UFC/100mL no Taquary.

As análises de nutrientes não foram realizadas em dezembro e janeiro por impossibilidade de envio das amostras. O limite de detecção das concentrações dos nutrientes é de $\geq 0,10$ mg/L para fósforo total, $\geq 0,25$ mg/L para nitrito e nitrato.

Tabela 3 – Resultados dos parâmetros da qualidade da água no estuário do Guaibinzinho, Mamucabo e Taquary na APA de Guaibim, Valença, Bahia.

Área	Parâmetros	Min.	Max.	Med.	Desv.Pad.
Guaibinzinho	pH	5,8	7,9	7	0,78
	Temp. (°C)	24,6	29,8	27,7	2,07
	Cond. (µS/cm)	36,1	6450	2926	2878,23
	Sal.	23,1	6499	2879	2904,74
	OD (mg/l)	2,3	5,7	3,7	1,29
	Sat. OD (%)	29,5	75,8	49,2	16,95
Mamucabo	pH	5,9	7,9	6,9	0,68
	Temp. (°C)	25,9	29,7	28,2	1,36
	Cond. (µS/cm)	10,6	2843	494	1150,55
	Sal.	6,1	2666	457	1082,12
	OD (mg/l)	1,7	6,9	4	2,16
	Sat. OD (%)	23,1	94,4	56,7	29,62
Taquary	pH	6,3	7,7	7	0,47
	Temp. (°C)	25,8	31,8	28,7	2,5
	Cond. (µS/cm)	45,2	4144	1212	1844,31
	Sal.	29,9	4016	1151	1779,68
	OD (mg/l)	1,6	6,7	3,6	1,89
	Sat. OD (%)	24,4	90,9	52,2	25,39

pH= potencial hidrogeniônico, Temp.= temperatura, Cond.= condutividade, Sal.= salinidade, OD= oxigênio dissolvido, Sat. OD= saturação de oxigênio, Coli.Term.= coliformes termotolerantes, Fos.T= fósforo total, Amôn.=amônia, Nitra.= nitrato. Min= menor valor encontrado; Max= maior valor encontrado; Med.= média; Desv.Pad.= desvio padrão da média.

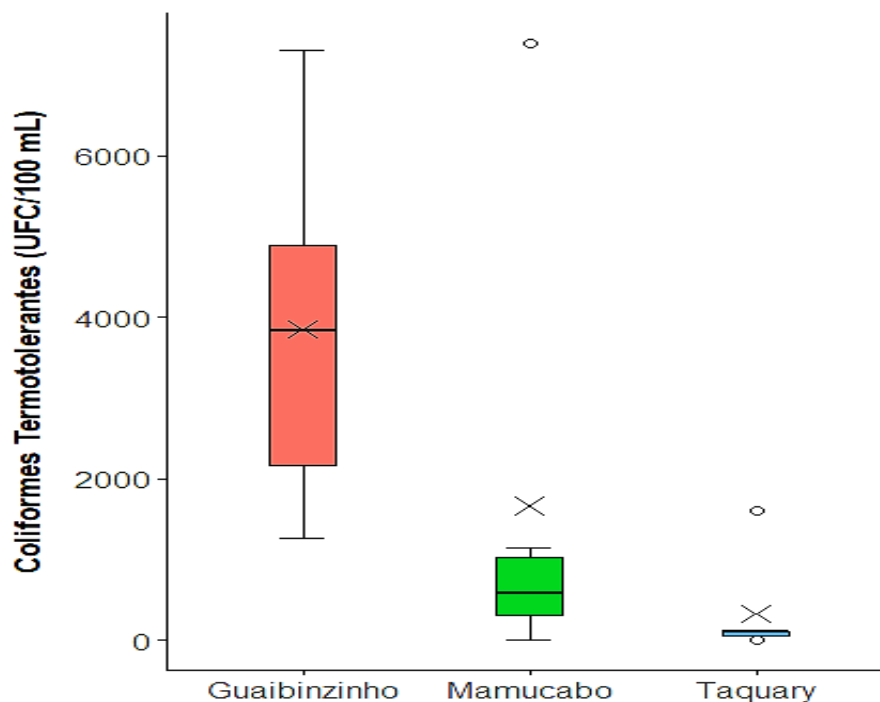


Figura 2. Unidades Formadoras de Colônias (UFC) de coliformes termotolerantes no estuário do Guaibinzinho, Mamucabo e Taquary na APA de Guaibim, Valença, Bahia. ×=média.

O nitrito esteve >0,25 mg/L apenas em julho no estuário do Mamucabo (0,50 mg/L) e Taquary (0,25 mg/L). Para a amônia, o maior

resultado foi obtido no Taquary (3,99 mg/L), seguido do Mamucabo (1,30 mg/L) e Guaibinzinho (0,96 mg/L). Dentre os meses

analisados, nitrato apresentou resultado $<0,25$ mg/L apenas em maio para o Taquary. As maiores concentrações foram observadas em julho no Taquary (25,60 mg/L) e no Mamucabo (21,80 mg/L) e em junho no Guaibinzinho (4,60 mg/L).

Conforme a Figura 3, a maior média de amônia foi observada no Guaibinzinho ($1,33 \pm 2,3$ mg/L) ficando os demais estuários com média $<0,50$ mg/L. Já o nitrato teve maior concentração média no Taquary ($14,75 \pm 15$) seguido do Mamucabo ($8,55 \pm 11,49$ mg/L), ficando o Guaibinzinho com média $<2,5$ mg/L.

O fósforo total esteve abaixo $<0,10$ mg/L apenas em julho no Mamucabo e no Taquary. Nos demais meses a concentração foi de $0,10$ mg/L com exceção de novembro, para o Mamucabo e de maio e junho, para o Guaibinzinho, os quais tiveram concentração de $0,20$ mg/L. O estuário do Taquary foi o que apresentou maior concentração de Clorofila *a*, com $55,24$ µg/L em dezembro e $527,47$ µg/L em maio e os demais estuários tiveram resultados $< 8,0$ µg/L. Os resultados do IET estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Classificação do Índice do Estado Trófico do estuário do Guaibinzinho, Mamucabo e Taquary.

IET	Estuário	Estado Trófico
51,23	Guaibinzinho	Oligotrófico
54,31	Mamucabo	Mesotrófico
62,51	Taquary	Eutrófico

Como a salinidade nos três estuários foi superior a 30, serão considerados como ambientes salinos e de classe 1 conforme o Artigo 42 da Resolução CONAMA 357/05.

A análise de balneabilidade, observando os limites de coliformes termotolerantes previstos na Resolução CONAMA 274/00, classificou as águas do Taquary, no período amostrado, como própria excelente ao apresentar em 83,3% das amostras até 1000 UFC. O Mamucabo e o Guaibinzinho foram classificados como impróprios por não atenderem os limites de coliformes de nenhuma das subdivisões da categoria própria.

O teste de Kruskal-Wallis constatou que os três estuários são diferentes estatisticamente e o teste Post-Hoc de Dunn verificou valores de $p < 0,05$ para condutividade e salinidade entre o Guaibinzinho e o Mamucabo e para coliformes termotolerantes entre o Guaibinzinho e o Taquary.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05, os três estuários atenderam os valores previstos para o pH, porém nenhum atendeu os limites de oxigênio dissolvido para a classe 1 de águas salinas. A amônia esteve em desconformidade apenas no mês de julho para todas as áreas. O fósforo total esteve acima do recomendado em novembro no Mamucabo e em junho no Taquary. Em relação aos coliformes termotolerantes, o Guaibinzinho excedeu o limite de 2500 UFC/ 100 mL em mais de 80% das amostras.

O nitrito esteve acima do limite previsto da Resolução, no mês de julho no Mamucabo e no Taquary. Para os demais meses não é possível concluir, pois o limite de detecção do método é de concentrações $>0,25$ mg/L e o limite máximo previsto na resolução é de $0,07$ mg/L. Em relação ao nitrato, todos os meses estiveram acima do permitido, com exceção de janeiro no Guaibinzinho e com destaque para o Taquary que apresentou em julho concentrações de nitrato 64 vezes superior ao limite previsto na legislação.

O teste de correlação de Spearman (Figura 4) constatou correlações positivas significativas entre: oxigênio dissolvido e temperatura ($r = 0,67$), saturação de oxigênio e temperatura ($r = 0,66$), oxigênio dissolvido e saturação de oxigênio ($r = 0,98$) condutividade e salinidade ($r = 1,00$), clorofila e amônia ($r = 0,67$).

As correlações significativas do tipo negativa deu-se entre: nitrato e pH ($r = -0,61$), clorofila e temperatura ($r = -0,59$), amônia e temperatura ($r = -0,80$), oxigênio dissolvido e clorofila ($r = -0,63$), oxigênio dissolvido e amônia ($r = -0,70$), saturação de oxigênio e clorofila ($r = -0,67$), saturação de oxigênio e amônia ($r = -0,71$) e entre fósforo total e nitrato ($r = -0,52$). Os coliformes termotolerantes apresentaram correlação positiva com o fósforo total, clorofila *a*, amônia, condutividade e com a salinidade, porém não foram correlações estatisticamente significativas.

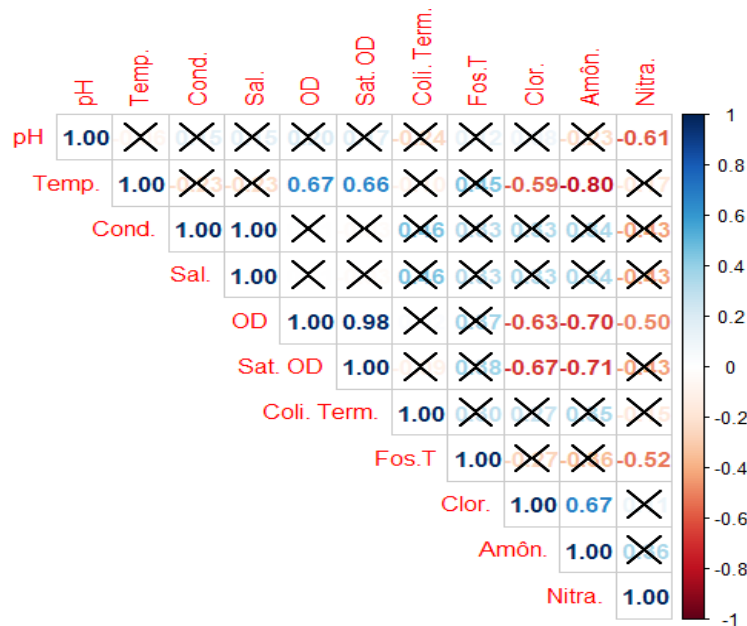


Figura 4. Matriz de correlação de *Spearman* entre os resultados das variáveis físico-químicas observadas nos estuários do Guaibinzinho, Mamucabo e Taquary na APA de Guaibim, Valença, Bahia. pH= potencial hidrogeniônico, Temp.= temperatura, Cond.= condutividade, sal.= salinidade, OD= oxigênio dissolvido, Sat. OD= saturação de oxigênio, Coli.Term.= coliformes termotolerantes, Fos.T= fósforo total, Amôn.=amônia, Nitra.= nitrato.

A análise de PCA foi aplicada às variáveis físicas e químicas que mais refletem a qualidade da água. O teste não paramétrico de *Spearman* foi aplicado nos Componentes Principais (PC) de maior significância, a fim de determinar a importância e a correlação entre as variáveis dentro de cada componente.

No PC 1 (eixo X), a condutividade e os coliformes termotolerantes foram os parâmetros que menos contribuíram, apresentando correlação de <50% com o componente. Já no PC 2 (eixo Y), os coliformes junto com a condutividade e a amônia foram os mais representativos, com correlação >50% (Tabela 5).

Os PC 1 e 2 representam juntos 63,6% da variabilidade dos dados, sendo o PC 1 o que melhor representou, com 39% (Figura 5). Na Figura 5, o estuário do Guaibinzinho localizou-se na porção superior do PC 2, indicando que o estuário tem a qualidade da água comprometida principalmente por coliformes termotolerantes e amônia.

Na PCA, a água do Taquary tem a qualidade associada ao nitrato e sem apresentar forte influência de coliformes termotolerantes e fósforo, mas também se encontra no quadrante

oposto às melhores condições de oxigênio dissolvido e saturação de oxigênio.

Ao observar os parâmetros de maior correlação com o PC 1 e PC 2, identifica-se que o estuário do Mamucabo está localizado no quadrante inferior direito. De modo geral, esse corpo hídrico possui valores de concentrações de oxigênio dissolvido e saturação de oxigênio melhores que os demais estuários. Observa-se também maior proximidade com o estuário do Taquary que com o Guaibinzinho.

Percebe-se na Figura 6, sob uma perspectiva multivariada dos parâmetros da qualidade da água, que os estuários que possuem mais similaridade entre si são o Taquary e o Mamucabo, com distância Euclidiana média de 40,84354. Os que apresentam maior dissimilaridade, ou seja, mais diferentes entre si são o Guaibinzinho e o Taquary com distância Euclidiana média de 65,43417. Entre o Guaibinzinho e o Mamucabo a dissimilaridade foi de 63,79649.

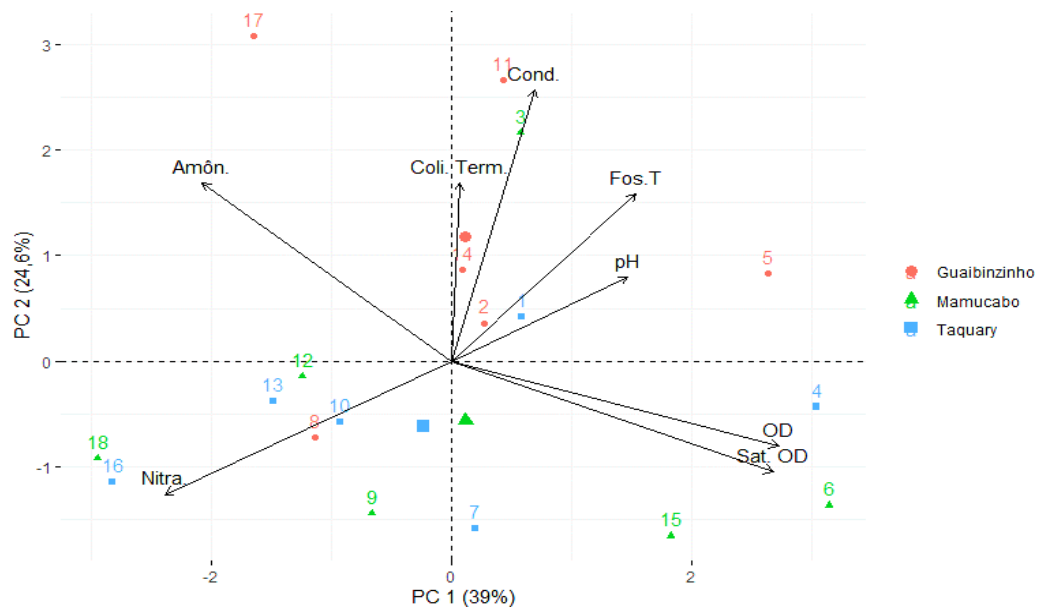


Figura 5. Análise de Componentes Principais (PCA) dos parâmetros da qualidade da água observados nos estuários do Guaibinzinho, Mamucabo e Taquary na APA de Guaibim, Valença, Bahia. PC 1= Componente Principal 1, PC 2= Componente Principal 2, pH= potencial hidrogeniônico, Cond.= condutividades, OD= oxigênio dissolvido, Sat. OD= saturação de oxigênio, Coli.Term.= coliformes termotolerantes, Fos.T= fósforo total, Amôn.=amônia, Nitra.=nitrato. Os meses são representados da seguinte forma: 1 a 3= novembro, 4 a 6= dezembro, 7 a 9= janeiro, 10 a 12= maio, 13 a 15= junho e de 16 a 18= julho.

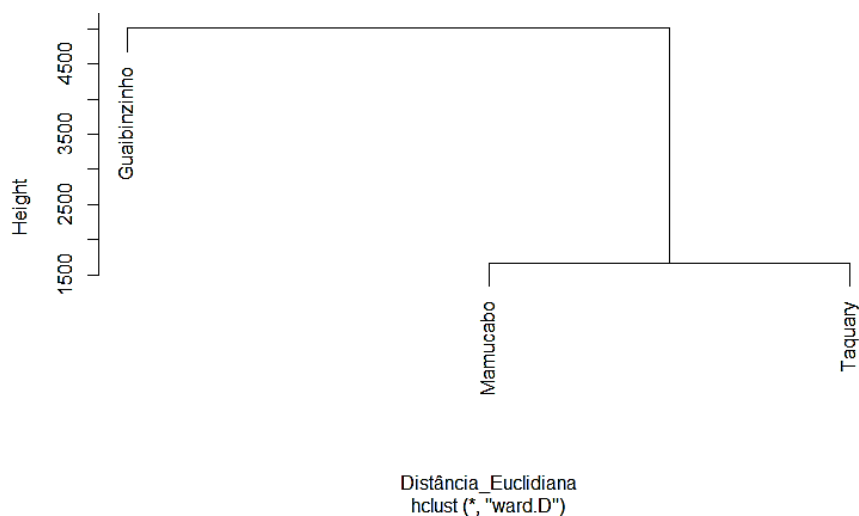


Figura 6. Dendrograma de análise de agrupamento de distância Euclidiana a partir das médias dos parâmetros da qualidade da água nos estuários do Guaibinzinho, Mamucabo e Taquary na APA de Guaibim, Valença, Bahia.

Discussão

A salinidade elevada nos estuários, ao ponto de serem considerados salinos pelo CONAMA 357/05 justifica-se por se localizarem na região Nordeste do Brasil, onde a evaporação é elevada, e recebem pouquíssima

contribuição de água doce fluvial, e conforme relatado por Potter et al. (2010), estuários com tais características tendem a apresentar maior salinidade. Além disso, a salinidade elevada na desembocadura do estuário, já era esperada pela devida proximidade com o mar.

Nos três estuários, a média de pH esteve

dentro da faixa estabelecida pelo CONAMA. Analisando esse parâmetro de forma isolada, é um resultado positivo, já que valores mais ácidos podem prejudicar a dinâmica populacional dos organismos estuarinos (Mama et al., 2021). O pH sofre alteração pela da dissolução de rochas, gases atmosféricos, decomposição da matéria orgânica, fotossíntese e descargas de efluentes o que dificulta a explicação de sua variação durante o período de coleta, devido aos diversos fatores que podem influenciá-lo (Matos et al., 2023; Oliveira et al., 2022).

No Mamucabo, além das características acima, soma-se o fato desse ambiente não possuir ligação permanente com o mar, recebendo aporte de água marinha, provavelmente, apenas nas marés de sizígia. Essa observação pode ser constatada na Figura 1, onde mostra que ao contrário do Guaibinzinho e do Taquary, o mamucabo não apresentou conectividade com o mar no momento da captação da imagem. Isso corrobora com o constatado em campo e com a salinidade relativamente menor quando comparada com os demais estuários.

Por se tratar da forma intermediária entre a amônia e o nitrato e por ser facilmente oxidado, o nitrito é encontrado em concentrações naturalmente mais baixas (Wilkinson, 2017), fato esse que foi observado nas três áreas de estudo, com possibilidade de detecção apenas em julho, para dois dos três estuários.

As concentrações elevadas de nitrato no estuário do Taquary, hipoteticamente, estão associadas ao despejo dos efluentes de tanques de criação de camarão localizados acima do ponto de coleta, já que o nitrato é o nutriente inorgânico mais abundante em efluentes da carcinicultura (Tho et al., 2014; Suárez-Abelenda et al., 2014). As baixas concentrações de oxigênio dissolvido no Taquary podem estar associadas ao incremento de nutrientes, conforme também foi identificado por Hatje et al. (2016), em pesquisa realizada na Baía de Todos os Santos no estado da Bahia, ao analisarem a qualidade da água sob influência direta da carcinicultura. Essa associação deve-se à ação de bactérias aeróbicas, as quais consomem o oxigênio dissolvido no processo de nitrificação da amônia em nitrato (Vymazal, 2014). Em corpos hídricos com grande aporte de matéria orgânica, o oxigênio dissolvido tende a ter concentrações baixas, devido ao consumo do gás pela intensa atividade microbiana durante o no processo de

decomposição da matéria como observado por Matos et. al (2023) e Quinelato et al. (2021).

Uma parte da população do Guaibim utiliza de água de poços para diversos fins. O que torna as altas concentrações de nitrato no Taquary ainda mais preocupantes, pois o íon nitrato tem alta mobilidade e persistência na água subterrânea, além da capacidade de contaminar extensas áreas (Oliveira, 2023). Sendo que a ingestão de água com concentrações de nitrato maiores que 10 mg/L são inadequadas para consumo humano de acordo com a Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde (Brasil, 2021) pois, aumenta a probabilidade de ocorrência de doenças como a metahemoglobinemia (cianose) e câncer gástrico (CETESB, 2022).

O Guaibinzinho (estuário mais urbanizado) foi o que apresentou maior densidade de coliformes termotolerantes, indicando más condições sanitárias e contaminação por esgoto devido a precarização e/ou inexistência do saneamento básico. Condições ambientais insatisfatórias associadas à elevação na densidade de coliformes termotolerantes e à alta urbanização no entorno do corpo hídrico, também foram observadas por Gonçalves et al. (2020) ao avaliarem a qualidade das águas costeiras na APA de Tinaré-Boipeba, vizinha à APA de Guaibim e por Póvoas et al. (2020) e Quinelato et al. (2020) em pesquisas sobre a qualidade da água em rios no estado da Bahia. Peixoto et al. (2021) e Santos e Medeiros (2023) atestam que a urbanização desordenada e o déficit no saneamento básico, como observados no Guaibinzinho, contribuem de modo significativo para a degradação da qualidade dos recursos hídricos.

O estuário do Mamucabo também apresentou concentrações consideráveis de coliformes termotolerantes, apesar de estar dentro do limite da legislação vigente. Por não haver presença de habitações nas proximidades e pelo fato das bactérias do grupo dos coliformes termotolerantes serem enteropatogênicas, mas não exclusivas de humanos (Ponce e Fernandes, 2018), suspeita-se que provavelmente essa carga microbiana tenha origem em outros animais endotérmicos, como o gado. Mas faz-se necessária a investigação ao longo do estuário para melhor identificar e poder afirmar com maior precisão a origem da contaminação fecal.

Com fundamento na resolução CONAMA 357/05 e na 274/00, devido ao Guaibinzinho exceder o limite para coliformes termotolerantes,

ao menos o trecho referente ao seu baixo estuário encontra-se inapropriado para atividade de pesca, demais usos referentes à classe 1 de águas salinas e para a balneabilidade. O Mamucabo também está inapropriado para a recreação. Destarte, sabendo que os agentes patogênicos intestinais ou entéricos acometem a saúde humana por meio de alimentos e água contaminados (Ferreira Filho, 2018) as atividades de contato primário no Guaibinzinho e no Mamucabo devem ser evitadas, em resguardo à segurança alimentar e a saúde pública da população.

A classificação do Taquary como eutrófico, corpos d'água com alta produtividade em relação às condições naturais, decorrente do aumento da concentração de nutrientes (ANA, 2023), está fortemente ligado ao valor elevado do Índice do Estado Trófico da clorofila IET (CL) e não ao Índice do Estado Trófico do fósforo IET (P), já que esse foi o menor entre os demais estuários. Dessa forma, é muito provável que os nutrientes que estão atuando com maior potencial de eutrofização no Taquary são as formas inorgânicas de nitrogênio, como o nitrato, pois de acordo com Ponce & Fernandes (2018) concentrações elevadas desses elementos podem levar ao processo de eutrofização. Segundo Santos e Medeiros (2023), a eutrofização artificial (de origem antrópica) acarreta no rompimento do equilíbrio ecológico.

Em meio aquático, a temperatura interfere na disponibilidade do oxigênio dissolvido na água, pois a solubilidade desse gás tende a decair à medida que há o aumento da temperatura (Esteves, 1998). Neste estudo, o contrário foi observado na correlação de *Spearman*, em que houve correlação positiva entre os dois parâmetros. Vale salientar que a concentração de oxigênio dissolvido não é influenciada apenas pela temperatura, mas por um conjunto de fatores físicos, químicos e biológicos (Esteves, 1998; Gonçalves et al., 2013) e em ecossistemas costeiros ainda há a atuação do regime de marés (Gazzola, 2003).

A correlação negativa entre o oxigênio dissolvido e clorofila *a* pode ser explicada pela depleção desse gás em função da respiração pelas microalgas e decomposição da matéria orgânica (KAYOMBO, 2000 et al., Nezlín et al., 2009). Já a diminuição do oxigênio dissolvido em função da amônia e do nitrato, como observado na análise de correlação, deve-se provavelmente às reações de oxidação

presente no ciclo do nitrogênio (Vymazal, 2014).

De acordo com a resolução vigente, para águas salinas classe 1, nenhum dos três estuários está dentro da concentração mínima de oxigênio dissolvido necessária para a proteção das comunidades aquáticas. Isso é preocupante, já que estudos revelam que concentrações de oxigênio menores que 5 mg/l e menores que 2 mg/l, por períodos prolongados, podem causar alterações na estrutura e no metabolismo das comunidades e até morte da biota aquática (Chapman, 1996; Day JR. et al., 2012) ao diminuir a sobrevivência de diversas espécies durante os primeiros estágios de desenvolvimento, modificar as relações ecológicas dentro da teia alimentar (Breitburg et al., 2003), favorecer o aumento da biomassa de espécies tolerantes às baixas concentrações de oxigênio dissolvido (Duque et al., 2020) e dessa forma, ocasionar perda significativa da biodiversidade (Diaz e Rosemberg, 2008), já que o índice de riqueza de espécies está correlacionado positivamente com as concentrações de oxigênio dissolvido (Xu et al., 2014).

As duas análises multivariadas permitiram verificar o quão diferente é a qualidade da água entre cada estuário e quais os parâmetros que atuam mais fortemente na alteração da qualidade em cada um deles. E dessa forma, o estuário do Mamucabo, apesar de conter uma densidade de coliformes termotolerantes considerável, tem a qualidade da água mais similar ao do Taquary do que a do Guaibinzinho. Além dos coliformes, a condutividade elevada, o fósforo total e a amônia atuaram fortemente na separação do Guaibinzinho em um grupo distinto, indicando, a partir de uma perspectiva multidimensional, que a qualidade da água do Taquary e do Mamucabo, atualmente, encontra-se em melhor estado do que a do Guaibinzinho.

Leão e colaboradores (2022) pesquisando sobre as ciências marinhas na década do oceano no estado da Bahia, recomendam que para compreender e mitigar os problemas associados à contaminação dos ecossistemas costeiros são necessárias ações multi e interdisciplinares de longo prazo que identifiquem e quantifiquem as fontes de contaminação e os respectivos processos de controle e mitigação; ampliação do sistema de saneamento básico e efluentes domésticos e industriais, e ainda abordam a importância de aproximar as instituições de

ensino, órgãos governamentais, terceiro setor e as comunidades tradicionais em prol da comunicação científica, identificação e resoluções de problemas atuais e futuros.

Conclusão

A pesquisa permitiu obter o primeiro panorama, com dados científicos, da qualidade das águas estuarinas da APA de Guaibim, e assim poderá servir como instrumento, pelo corpo gestor, em ações de conservação desse recurso dentro da unidade de conservação. Os três estuários pesquisados possuem qualidade da água diferente e cada estuário é afetado, mais fortemente, por parâmetros distintos.

O Guaibinzinho tem a qualidade da água fortemente comprometida por coliformes termotolerantes provenientes de efluentes domésticos. Isso corrobora com a hipótese da pesquisa, em que previa a menor qualidade da água no estuário mais urbanizado devido ao despejo de efluentes domésticos. Não na mesma intensidade que no Guaibinzinho, o Mamucabo também é influenciado por coliformes termotolerantes e assim uma melhor investigação da origem da contaminação faz-se necessária, já que não foram observadas possíveis fontes de efluentes domésticos no entorno. O Taquary, apesar de não ter a qualidade comprometida por coliformes termotolerantes, está recebendo grande carga de matéria orgânica rica em compostos nitrogenados, o que está contribuindo para a queda da qualidade da água por meio da proliferação exacerbada do fitoplâncton e decaimento das concentrações de oxigênio. Para poder apontar a fonte de contaminação com mais veracidade, faz-se necessária uma investigação mais precisa neste estuário.

Diante do exposto, como os estuários da APA são utilizados também como áreas de recreação, recomenda-se a não utilização das águas do estuário do Guaibinzinho para pesca e também balneabilidade e do Mamucabo para fins de balneabilidade, pelo risco iminente à saúde pública, já que a densidade de coliformes termotolerantes ultrapassa o limite permitido pelas Resoluções CONAMA 357/05 e 274/00 para os referidos usos pela população.

Os estuários do Guaibinzinho e do Taquary são definidos neste estudo como ecossistemas críticos e que devem ter prioridade nas ações, da gestão da APA de Guaibim, em prol da mitigação e controle dos impactos ambientais sofridos por

esses corpos hídricos.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB, pelo financiamento da pesquisa e pela bolsa de Iniciação Científica (Edital 49/2021) e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, campus Valença.

Referências

- ANA. Agência Nacional Das Águas, 2023. Portal da Qualidade das Águas: Indicadores de Qualidade da Água – Índice do Estado Trófico. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>. Acesso: jan. 2023.
- Anjinho, P.S., Neves, G.L., Barbosa, M.A.G.A., Mauad, F.F., 2020. Análise da qualidade das águas e do estado trófico de cursos hídricos afluentes ao reservatório do Lobo, Itirapina, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 13, 364-376.
- APHA. American public health association, 2005. *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. Washington.
- Ayres, J.M., Fonseca, G.A.B., Hylands, A.B., Queiroz, H.L., Pinto, L.P. Masterson, D., Cavalcanti, R.B., 2005. Os Corredores Ecológicos das Florestas Tropicais do Brasil. Sociedade Civil Mimirauá. Disponível em: http://bibliotecafloral.ufv.br/bitstream/handle/123456789/3495/Livro_Corredores-ecol%C3%B3gicos-das-florestas-tropicais-do-Brasil_MMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Bernardino, A.F., Barros, F., Perez, L.F., Netto, S.A., Colling, L. A., Pagliosa, P.R., Lana, P.C., Maia, R.C., Christofolletti, R.A., Filho, J.S.R., Costa, T.M. Monitoramento de ecossistemas bentônicos estuarinos. In: Turra, A., Denadai, M., 2015. *Protocolos para o monitoramento de habitats bentônicos costeiros*. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil, 134-154. Disponível em: <https://doi.org/10.7476/9788598729251>.
- BRASIL. Portaria Nº 888, de 4 de Maio de 2021. Ministério da Saúde. Dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
- Brandão, C.J., Botelho, M.J.C., Sato, M.I.Z., Lamparelli, M.C., 2011. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos.

- CETESB/ANA. São Paulo/Brasília. Disponível em:
<https://capacitacao2.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/2211>.
- Breitburg, D. L., Adamack, A., Rose, K.A., Kolesar, S.E., Decker, M.B., Purcell, J.E., Keister, J.E., Cowan JR, J.H., 2003. The Pattern and Influence of Low Dissolved Oxygen in the Patuxent River, a Seasonally Hypoxic Estuary. Estuarine Research Federation. Estuaries and Coasts 26, 280-297. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02695967>.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2014. Determinação de Clorofila *a* e Feofitina *a*: Método Espectrofotométrico. Norma técnica L5.306. 3º edição. Disponível em: <https://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/normas/11/2013/11/L5306.pdf>.
- CETESB. Companhia Ambiental Do Estado de São Paulo, 2020. Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo 2019: Apêndice D - Índices de Qualidade das Águas. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2020/09/Apendice-D-Indices-de-Qualidade-das-Aguas.pdf>.
- CETESB. Companhia Ambiental Do Estado de São Paulo, 2022. Qualidade das águas subterrâneas no estado de São Paulo 2019-2021. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wp-content/uploads/sites/13/2023/06/QualidadeAguasSubterraneas-2019-2021_F.pdf.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2000. Resolução nº 274 de 29 de novembro de 2000.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2005. Resolução nº 357 de 17 de março de 2005.
- Chapman, D., 1996. Water Quality Assessments - A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring - Second Edition. 2nd ed. London: E&FN Spon - Chapman & Hall.
- Day JR., J. W., Crump, B. C., Kemp, W. M., Yáñez-Arancibia, A., 2012. Estuarine Ecology. 2 ed. p. 537.
- Diaz, R. J., Rosenberg, R., 2008. Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. Science 321, 926-929. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1156401>.
- Duque, G., Gamboa-García, D. E., Molina, A., Cogua, P., 2020. Effect of water quality variation on fish assemblages in an anthropogenically impacted tropical estuary, Colombian Pacific. Environmental Science and Pollution Research 27, 25740-25753. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08971-2>.
- Esteves, F.A. Fundamentos de Limnologia. 2ed. Rio de Janeiro: Interciência, 574p.
- Ferreira Filho, J.M., Feijó, F.M.C., Carvalho, R.G., Bergamo, G.C., Oliveira, P.V.C., Matos, T.M., Santos, C.S., 2018. Análise da balneabilidade das águas estuarinas da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão – Rio Grande do Norte, Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física 11, 1331-1342.
- FUNASA. Fundação Nacional de Saúde, 2013. Manual prático de análise de água. 4.ed. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/bitstream/handle/123456789/507/Manual%20pr%C3%A1tico%20de%20an%C3%A1lise%20de%20c%C3%A1gua%20%202013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Instituto Água e Saneamento., 2023 Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/ba/valenca>. Acesso: Jun. 2023.
- Gazzola, A.C., 2003. Efeitos da amônia e do oxigênio dissolvido na sobrevivência de alevinos de dourado, *Salminus brasiliensis*. Dissertação (mestrado). Santa Catarina, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Gonçalves, M.P., Silva, I.R., Ramos, A.B.D.S., Santos, R.A., Paixão, L.H. C., Alencar, C.M.M. D., Alva, J.C. R., 2020. Qualidade das Águas e Análise de Metais em Folhas de Mangue na APA Tinharé-Boipeba (BA). Engenharia Sanitária e Ambiental 25, 583-596. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020192874>.
- Gonçalves, J.C.S.I., Costa, D.J.L., Silveira, A., Gioretti, M. F., 2013. Reoxigenação Superficial e Sumidouro Físico de Oxigênio Dissolvido em um Tanque Agitado por Jatos. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos 18, 231-240.
- Hatje, V., Souza, M.M.S., Ribeiro, L.F., Eça, G.F., Barros, F., 2016. Detection of environmental impacts of shrimp farming through multiple lines of evidence. Environmental Pollution 2019, 672-684. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.06.056>.
- Kayombo, S., Mbvette, T.S.A., Mayo, A., Katima, J.H.Y., Jorgensen, S.E., 2000. Modelling diurnal variation of dissolved oxygen

- in waste stabilization ponds. *Ecological Modelling* 127, 21-31. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(99\)00196-9](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(99)00196-9).
- Leão, Z. M., Schiavetti, A., Silva, G. O. M., Dominguez, J. M.L., Kikuchi, R. K. P., Hatje, V., 2022. As ciências marinhas no estado da Bahia na década do oceano. Disponível em: http://cienciasbahia.org.br/webinarios/wp-content/uploads/2022/05/acb_GT_ciencias_marinhas.pdf.
- Lopes, E.R.N., Reuss-Strenzel, G.M., 2015. Geoprocessamento aplicado à caracterização da ocupação de unidades de conservação – um olhar sobre a Área de Proteção Ambiental de Guaibim, Bahia, Brasil. *Revista de Geografia (UFPE)* 32, 43-59.
- Mama, A. C., Bodo, W. K. A., Ghepdeu, G. F. Y., Ajonina, G. N., & Ndam, J. R. N., 2021. Understanding seasonal and spatial variation of water quality parameters in mangrove estuary of the Nyong River using multivariate analysis (Cameroon Southern Atlantic Coast). *Open Journal of Marine Science*, 11, 103-128. Disponível em: <https://doi.org/10.4236/ojms.2021.113008>
- Matos, A.S., da Silva Júnior, N. F., Medeiros, M. S., Júnior, C. I. D. O., & Goulart, S. M., 2023. Caracterização Da Qualidade Da Água Dos Afluentes Do Córrego Trindade Em Itumbiara-Go. *Revista Ifes Ciência*, 9, 01-10. Disponível em: <https://doi.org/10.36524/ric.v9i1.1798>.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente, 2018. 2ª Atualização das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/servicosambientais/ecossistemas-1/conservacao-1/areas-prioritarias/2a-atualizacao-das-areas-prioritarias-para-conservacao-da-biodiversidade-2018>.
- Nascimento, R.C.M., 2019. Análise da qualidade da água de um estuário urbano. Dissertação (mestrado). Pernambuco, Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Nezlin, N.P., Kamer, K., Hyde, J., Stein, E.D., 2009. Dissolved oxygen dynamics in a eutrophic estuary, Upper Newport Bay, Califórnia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 82, 139–151. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2009.01.004>.
- Oliveira J. C. I., Cardoso, A. T., Goulart, A. C., Oliveira, M. A., Santos, J. P. V., & Goulart, S. M. (2022). Determination of pesticides in soybean seeds incorrectly discarded near a spring of the Paranaíba River, GO-Brazil. *Chemistry & Biodiversity*, 19, e202100560. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/cbdv.202100560>.
- Oliveira, R. M. D., 2023. Nitrato nas Águas Subterrâneas de Fortaleza: Ocorrências, Causas e Riscos à Saúde da População. Tese (Doutorado). Fortaleza, Universidade Federal do Ceará.
- Peixoto, F. D. S., Soares, J. A., & Ribeiro, V. S., 2022. Conflicts over water in Brazil. *Sociedade & Natureza*, 34. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-59410>.
- Ponce, F.A.M., Fernandes, D., 2018. Análise físico-químico e biológico da água no estuário do Rio Cocó – Ceará/BR. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento* 03, 71-85.
- Potter, I.C., Chuwen, B.M., Hoeksema, S.D., Elliot, E., 2010. The concept of an estuary: A definition that incorporates systems which can become closed to the ocean and hypersaline. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 87, 497-500. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.01.021>.
- Póvoas, L V., Leão, J.O., Silva, J.M.S., Mariano, A. P.M., Carvalho, L.R., Campos Filho, P.C., 2020. Avaliação Físicoquímica e Microbiológica da Qualidade da Água do rio Cachoeira, Bahia, BR. *Brazilian Journal of Development* 6, 61258-61269. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-516>.
- Quinelato, R.V., Farias, E.S., de Brito, J.M. S., Virgens, W.A., Pires, L.C., 2020. Análise Espaço Temporal da Qualidade da Água dos Rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia. *Scientia Plena* 16, 1-12. Disponível em: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2020.071701>
- Quinelato, R. V., Okumura, A. T. R., Bifano, R. B. A., da Silva Farias, E., De Brito, J. M. S., Ferreira, C. D. S. V. A., ... & Silva, A. G., 2021. Determinação da qualidade da água superficial e sua compatibilidade com os múltiplos usos: estudo de caso do estuário do rio Caraíva. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14, 037-057.
- Rodrigues Junior, J.C., Paiva, A.L.R., Motteran, F., Oliveira, L.M.M., Silva Filho, J.O., Pessoa, J.O., 2022. Variância de parâmetros de qualidade da água e análise de agrupamentos na bacia hidrográfica do rio Goiana, Pernambuco. *Revista Brasileira de Geografia Física* 15, 3013-3031.
- Santos, E. O, e Medeiros, P. R. P., 2023. Anthropogenic Action and the Eutrophication Process in the Paraíba do Meio River. *Sociedade &*

- Natureza, 35, e 66441. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-66441x>
- Schnack, C.E., De Menezes, C.T.B., Ceni, G., Munari, A.B., 2018. Qualidade da água no estuário do Rio Urussanga (SC, Brasil): um ambiente afetado pela drenagem ácida de mina. *Revista Brasileira de Biociência* 16, 98-106.
- Science, 2022. Disponível em: <http://pt.scienceaq.com/Physics/100401154.html>. Acesso: Set. 2022.
- Soares, M. D. O., Campos, C. C., Carneiro, P. B. M., Barroso, H. S., Marins, R. V., Teixeira, C. E. P., ... & Garcia, T. M., 2021. Challenges and perspectives for the Brazilian semi-arid coast under global environmental changes. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 19, 267-278. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.06.001>.
- Souza, A.P.S., Souza, I.S., Olavo, G., Lobão, J.S.B., São José, R.V., 2019. Mapeamento e identificação de vetores responsáveis pela supressão do manguezal na Zona Costeira do Baixo Sul da Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 12, 2503-2521.
- Suárez-Abelenda, M., Ferreira, T.O., Camps-Arbestain, M., Riveramonroy, V.H., Macías, F., Nuto Nóbrega, G., OTERO, X.L., 2014. The effect of nutrient-rich effluents from shrimp farming on mangrove soil carbon storage and geochemistry under semi-arid climate conditions in northern Brazil. *Geoderma* 213, 551-559. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.08.007>.
- Specian, A. M., Specian, A. M. P., do Nascimento, A. L., Dal Col, R., Daros, V. D. S. M. G., de Mattos, E. C., & da Silva, V. R., 2021. Ocorrência de bactérias heterotróficas, coliformes totais e *Escherichia coli* em amostras de água de abastecimento público de dois municípios do Estado de São Paulo. *BEPA. Boletim Epidemiológico Paulista*, 18, 205.
- Tho, N., Merckx, R., Ut, V.N., 2014. Impacts of saline water irrigation and shrimp pond discharges on the surrounding waters of a coastal district in the Mekong delta of Vietnam. *Environmental Earth Sciences* 71, 2015-2027. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2603-9>.
- Tôres Silveira, N., Silveira, H.T., Tibúrcio, I.M., Galvínio, J.D., 2022. Avaliação da qualidade da água do reservatório Nilo Coelho, Terra Nova, Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 15, 2866-2877.
- Vymazal, J., 2014. Constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters: A review. *Ecological Engineering* 73, 724-751. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.09.034>.
- Wilkinson, G.M., 2017. Eutrophication of Freshwater and Coastal Ecosystems. *Encyclopedia of Sustainable Technologies* 4, 145-152.
- Xu, G., Zhong, X., Wang, Y., Warren, A., & Xu, H., 2014. A multivariate approach to the determination of an indicator species pool for community-based bioassessment of marine water quality. *Marine Pollution Bulletin*, 87, 147-151. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.07.068>.