

Caracterização físico-química e microbiológica da água do mar de praias do litoral de Pernambuco

Physicochemical and microbiological characterization of sea water from beaches on the coast of Pernambuco

Caracterización fisicoquímica y microbiológica de agua de mar de playas del litoral de Pernambuco

Recebido: 07/10/2022 | Revisado: 29/10/2022 | Aceitado: 02/11/2022 | Publicado: 08/11/2022

Alane Carvalho Barbosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9818-8950>
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
E-mail: alanecarvalho1@gmail.com

Aline Bezerra Cesar de Assis

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7991-9559>
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
E-mail: alinebcesar@hotmail.com

Ana Júlia Vaz de Melo Soares

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4174-7851>
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
E-mail: anajuliavaz5432@gmail.com

Everton José Feliz da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0589-7318>
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
E-mail: everton_jose2011@hotmail.com

Joaldi Soares de Paiva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4765-811X>
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
E-mail: joaldipaiva@hotmail.com

José Gabriel Lima de Alcântara Fortunato

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1008-3482>
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
E-mail: j.gabrielfortunato99@gmail.com

Maria Eduarda Pereira da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8961-7856>
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
E-mail: meduardaapds@gmail.com

Ákylla Fernanda Souza Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5186-8227>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: akyllafsouza@gmail.com

Uiara Maria de Barros Lira Lins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6007-9932>
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil
E-mail: uiaramaria@gmail.com

Sérgio Carvalho de Paiva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0934-7102>
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
E-mail: sergio.paiva@unicap.br

Galba Maria de Campos-Takaki

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0519-0849>
Universidade Católica de Pernambuco, Brasil
E-mail: galba.takaki@unicap.br

Resumo

Pernambuco é conhecido pela beleza de suas praias de altas temperaturas, que são frequentadas para realização de atividades de lazer. Desse modo, as praias tornaram-se um ambiente de grande circulação, além da expansão de indústrias, agricultura, pecuária e centros urbanos, contribuindo para o impacto dos ecossistemas. O conjunto desses fatores influenciam diretamente na ascensão da taxa de contaminação da água salina, em razão do descarte de resíduos inorgânicos no mar. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água do mar de praias do litoral de Pernambuco. As coletas foram realizadas nos meses de abril a maio de 2022 nas Praias de Candeias (P1 e P2) e na Praia do Paiva (P3) e foram submetidos a análises físico-químicas

e microbiológicas. Os parâmetros de acidez, alcalinidade, cloretos, sulfatos, cálcio, magnésio, dureza total, sódio, potássio, a série de sólidos, DQO e DBO, apesar de não serem controlados pela portaria 357/2005 do CONAMA para águas salinas classe 1,2 e 3, apresentam valores elevados, principalmente nos pontos (P1 e P2), indicando a presença de despejos de efluentes no litoral. As análises microbiológicas constaram a presença de coliformes totais, fecais em todos os pontos, sendo bactérias identificadas como *Escherichia coli* variedade I, *Enterobacter aerogenes* variedade I e *Enterobacter aerogenes* variedade II. Neste sentido, as análises microbiológicas evidenciaram a existência de um alto nível de contaminação nas praias do litoral Pernambucano, faz-se necessário um monitoramento das águas salinas contaminadas para garantir qualidade sanitária para uso.

Palavras-chave: Contaminação; Água do mar; Análises de água salina; Poluição da água salina.

Abstract

Pernambuco is known for the beauty of its beaches with high temperatures, which are frequented for leisure activities. In this way, the beaches have become an environment of great circulation, in addition to the expansion of industries, agriculture, livestock and urban centers, contributing to the impact of ecosystems. The set of these factors directly influence the rise in the rate of contamination of saline water, due to the disposal of inorganic waste at sea. Thus, the present study aimed to evaluate the physical-chemical and microbiological parameters of sea Pernambuco. The collections were carried out from April to May 2022 at Candeias beaches (P1 and P2) and Paiva beach and were subjected to physicochemical and microbiological analysis. The parameters of acidity, alkalinity, chlorides, sulfates, calcium, magnesium, total hardness, sodium, potassium, the series of solids, DQO, DBO, despite not being controlled by CONAMA ordinance 357/2005 for class 1,2 and 3 saline waters, have high values, mainly at points (P1 and P2), indicating the presence of effluent discharges on the coast. The microbiological analyzes shows the presence of total and fecal coliforms, where the existence of the bacteria *Escherichia coli* variety I, *Enterobacter aerogenes* variety I and *Enterobacter aerogenes* variety II were identified. However, microbiological analyzes showed the existence of a high level of contamination on the beaches of the Pernambuco coast, making it necessary to monitor the saline waters to guarantee their sanitary quality for use.

Keywords: Contamination; Pernambuco coast; Sea water; Saline water analyses; Pollution of saline water.

Resumen

Pernambuco es conocida por la belleza de sus playas con altas temperaturas, que son frecuentadas para actividades de ocio. De esta manera, las playas se han convertido en un ambiente de gran circulación, además de la expansión de industrias, agricultura, ganadería y centros urbanos, contribuyendo al impacto de los ecosistemas. El conjunto de estos factores influye directamente en el aumento de la tasa de contaminación de las aguas salinas, debido al vertido de en el mar. Así, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua de mar de las playas del litoral de Pernambuco. Las colectas se realizaron de abril a mayo de 2022 en Praia de Candeias (P1 y P2) y Praia do Paiva (P3) fueron sometidas a análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Los parámetros de acidez, alcalinidad, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio, dureza total, sodio, potasio, la serie de sólidos, DQO y DBO, mientras no estar controlados por la ordenanza CONAMA 357/2005 para aguas salinas clase 1,2 y 3, tienen valores elevados, principalmente en los puntos (P1 y P2), indicando la presencia de vertidos de efluentes en la costa. Los análisis microbiológicos mostraron la presencia de coliformes totales, fecales, donde se identificó la existencia de las bacterias *Echerichia coli* variedad I, *Enterobacter aerogenes* variedad I y *Enterobacter aerogenes* variedad II. Sin embargo, los análisis microbiológicos mostraron la existencia de un alto nivel de contaminación en las playas del litoral Pernambucano, siendo necesario monitorear las aguas salinas para garantizar su calidad sanitaria.

Palabras clave: Contaminación; Costa de Pernambuco; Agua del mar; Análisis de aguas salinas; Polución en agua salina.

1. Introdução

O litoral Pernambucano, conhecido por suas belas praias e seus inúmeros arrecifes, que servem como casa para a fauna marítima, é o ponto de destino de muitos roteiros turísticos, porém a diversidade desse ecossistema, entra em crise devido aos poluentes lançados diretamente na água. A área coberta por mares e oceanos é significativamente maior que a de terra, cobrindo mais de 71% da superfície do planeta. Nesse sentido, entende-se a importância da conservação marinha não só para a vida concentrada nas águas marinhas, mas também para todos os organismos associados à água salgada (dos Santos et al., 2021).

O mar é um ambiente cada vez mais procurado para realização de atividades de lazer, além da pesca e do turismo que, em alguns municípios, tornam-se a principal fonte de renda de famílias, sendo necessária a avaliação sanitária desses ecossistemas com o intuito de se ter um controle de qualidade das atividades realizadas no mar (Destro et al., 2020).

A contaminação da água do mar está relacionada a diversos aspectos, deixando a população sujeita a patologias diversas. A falta de tratamento, falta de higienização e a ausência de saneamento básico adequado são alguns desses fatores. Logo, há a necessidade de se realizar ações preventivas para melhorar a qualidade da água do mar, garantindo assim, uma melhor segurança desses ambientes (da Silva et al., 2022; Silva et al., 2020).

A expansão dos centros urbanos, das indústrias, da pecuária e da agricultura contribuem para a ascensão da taxa de contaminação dos mares, que ocorre através de diversos compostos orgânicos sintéticos como corantes, petroderivados, medicamentos, plástico, também chamados de compostos emergentes. Existem mais de 3 milhões desses compostos orgânicos sintéticos e pressupõe-se que são produzidos 200 milhões de toneladas por ano desses compostos, os quais chegam ao ambiente aquático cerca de 20 a 30% (Vettorello et al., 2017).

A chegada desses compostos emergentes nos ambientes aquáticos ocasiona problemas de saúde pública, sendo necessário conhecer os agentes patológicos presentes na água, pois estes agentes podem acometer crianças e adultos que frequentam esses ambientes, os quais podem desenvolver graves problemas de saúde, já que a água atua como reservatório desses micro-organismos, contribuindo para a dispersão desses genes resistentes (da Silva et al., 2022; dos Santos et al., 2021).

Diante da chegada do período seco no litoral pernambucano, há uma tendência do aumento do número de pessoas que frequentarão as praias, e conseqüentemente, aumentarão os riscos de contaminação do meio ambiente. Diante da diversidade de micro-organismos presente em águas salinas e as condições que favoreçam a manutenção dos mesmos no ambiente, observa-se alterações na quantidade de bactérias presentes em uma determinada área em virtude das variações presentes nos períodos dos anos (Brito, 2017; Paiva; Souza, 2018).

A qualidade da água afeta as atividades humanas e, conseqüentemente, a saúde da população. O papel da *Escherichia coli* como indicador de risco para a saúde da água marinha em vários estudos anteriores. Souza e Silva (2015), analisaram coliformes termotolerantes e totais na praia de Barra Grande, Salvador-BA. O estudo demonstrou que nos períodos de alta estação foram constatados altas concentrações de coliformes totais, atribuídas a sobrecarga das estações de tratamento de esgoto. Um outro estudo realizado por de Freitas, et al., (2022) em praias do município de Itanhaém, São Paulo-SP observaram uma melhora na qualidade da água, que pode ser um reflexo da melhoria dos serviços de saneamento.

Assim, é de grande importância avaliar a qualidade sanitária de águas salinas para se obter conhecimento a respeito do descarte correto do lixo, despejo do esgoto sanitário, para que através disso, sejam tomadas ações preventivas e impedir a contaminação do ecossistema marinho. Sendo assim, o presente estudo teve como objetivo a avaliação físico-química e microbiológica da água do mar de praias do litoral de Pernambuco.

2. Metodologia

2.1 Caracterização da área de amostragem

O litoral de Pernambuco possui 187 km de extensão e abrange 21 municípios, os quais concentram 56% da população do estado. Porém, na faixa litorânea encontram-se apenas 13 municípios de Pernambuco, os quais estão segmentados em Norte, Núcleo Metropolitano e Sul (Cerqueira et al., 2018).

As áreas de estudo incluíram os municípios de Jaboatão dos Guararapes (Núcleo Metropolitano) e Cabo de Santo Agostinho (Litoral Sul de Pernambuco), distante entre si 9 Km, escolhidas devido ao aparecimento de manchas escuras na água do mar nesta região. Apresentam clima tropical úmido, com temperatura média anual de 25° a 30°C. A região caracteriza-se por um período seco (setembro a fevereiro), e período chuvoso (março a agosto) (Pereira et al., 2017).

Para a coleta das amostras foram selecionados alguns pontos ao longo da faixa litorânea do litoral pernambucano utilizando a ferramenta do Google Earth na tentativa de estabelecer pontos equidistantes de modo a se obter o máximo padrão nas coletas. As coletas foram realizadas no período de abril a maio de 2022 na Praia de Candeias (P1 e P2) e na Praia do Paiva

(P3) considerando alta afluência de público e por apresentar maior risco potencial à saúde, devido ao despejo incorreto de esgoto sanitário (Figura 1).

Figura 1 - Imagens da área selecionada para coleta da água do mar do litoral de Pernambuco.



Fonte: Google Earth (2022).

Diante do exposto, as coordenadas e características dos três (03) pontos onde foram realizadas as coletas estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Características dos pontos amostrais selecionados.

Pontos	Latitude	Longitude	Umidade Relativa (%)	Temperatura (°C)	Pluviosidade (mm)
P1	8°12'21.7"S	34°55'02.0"W	65,2	25,5	5,9
P2	8°11'48.3"S	34°55'02.6"W	65,2	25,0	5,9
P3	8°16'15.6"S	34°56'44.0"W	52,2	25,5	4,9

Fonte: Autores.

2.2 Coleta das amostras

As amostras de água destinadas aos estudos foram coletadas de acordo com a metodologia descrita por Parron et al (2011). Foram coletados 1,5L da água superficial, utilizando 3 frascos coletores de plástico Polipropileno estéril de 500mL. A coleta foi realizada com a remoção da tampa, seguido de inversão da base inferior com a boca para baixo, mantendo nessa posição, realizando o mergulho do frasco na profundidade de 15 cm. Com o frasco submerso, virou-se para horizontal no sentido contrário a correnteza. Depois da coleta os fracos foram vedados, secos e identificados e acondicionados em caixa isotérmica, mantendo-se na temperatura 4°C. Em seguida, foi transportada ao Laboratório do Núcleo de Pesquisas em Ciências Ambientais e Biotecnologia - NPCIAMB da Universidade Católica de Pernambuco, onde imediatamente realizadas as análises físico-químicas e microbiológicas e posteriormente, o material coletado foi armazenado a uma temperatura de 4°C.

2.3 Análises

As análises foram realizadas de acordo com as técnicas recomendadas pela American Public Health Association (APHA, 2012). Neste trabalho, foram realizadas análises dos parâmetros físico-químicos e análise microbiológica.

2.3.1 Análise dos parâmetros físico-químicos:

Os parâmetros físico-químicos analisados foram: pH, utilizando um pHmetro modelo (TECNAL – TEC – 7); condutividade, utilizando um condutivímetro modelo (mCA 150); turbidez, utilizando um turbidímetro modelo (ALFAKIT); cor aparente, determinada usando colorímetro visual (DLNH-100).

Para a determinação dos sólidos totais (ST) utilizou-se a metodologia descrita pelo instrumento de trabalho do MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2014), calculado através da seguinte equação:

Equação 1.

$$ST = \frac{(MS - MR) \times 1000}{Va}$$

Onde:

ST = Sólidos totais em mg/L

MS = Massa da amostra seca a 105°C, em mg

MR = Massa da capsula de porcelana em mg

VA = Volume da amostra em mL

Para calcular os sólidos fixos (SF) foi utilizado a seguinte equação:

Equação 2.

$$SF = \frac{(MC - MR) \times 1000}{Va}$$

Onde:

SF = Sólidos fixos em mg/L

MC = Massa cinza + massa capsula de porcelana em mg

MR = Massa da capsula de porcelana em mg

VA = Volume da amostra em mL

Para calcular sólidos voláteis (SV), foi utilizado a seguinte equação:

Equação 3.

$$SV = \frac{(ST - SF) \times 1000}{Va}$$

Onde:

SV = Sólidos voláteis em mg/L

ST = Sólidos totais em mg/L

SF = Sólidos fixos em mg/L

Para determinação do teor de cloretos empregou-se o método de Mohr já os sulfatos foram determinados através da turbidimetria. A determinação da dureza total foi realizada por titulação com EDTA (complexometria). O método de Kjeldahl foi utilizado para determinar o nitrogênio total, enquanto o sódio e o potássio foram determinados por fotometria. O teor de ferro total foi determinado por meio da espectrofotometria do UV-Vis.

A determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi realizada pelo método da diluição e incubação a 20°C – 5 dias, a Demanda Química de Oxigênio (DQO) foi determinada pelo método da digestão com dicromato em meio ácido e titulação com sulfato ferroso amoniacal e o Oxigênio Dissolvido (OD) foi determinado pelo método de Winkler.

2.3.2 Análise microbiológica:

Para a análise microbiológica das amostras, empregou-se o método dos tubos múltiplos de fermentação dividida em três fases sucessivas: presuntiva, confirmativa e complementar, permitindo assim, a quantificação por “número mais provável” (NMP) de organismos coliformes.

Na fase presuntiva foi realizada a homogeneização e transferências das amostras para 5 tubos de ensaios contendo, no fundo, tudo de Durhan em caldo lactosado duplo. Em seguida, inoculou-se 1mL da amostra de cada tudo com caldo lactosado simples (CSI). Foi realizada a transferência de 1mL das amostras para um tubo de diluição contendo 9mL de água estéril, dessa diluição, 1mL foi inoculado em cada tubo (5) de caldo lactosado simples restantes. Todos os tubos foram incubados a 35°C durante 24/48 horas.

Na fase confirmativa, foi realizado a transferência das amostras dos tubos presuntivos positivos para tubos contendo caldo verde brilhante. Todos os tubos foram incubados a 35°C durante 24/48 horas, posteriormente foi realizada a identificação dos tubos que tiveram crescimento de coliformes totais através da produção de gás nos tubos de Durhan.

A fase complementar foi realizada para identificação de coliformes fecais através da transferência dos tubos presuntivos para tubos contendo caldo *Escherichia coli* (E.C), os quais foram incubados a 44,5°C em banho-maria durante 24 horas. Também foi realizado um ensaio confirmativo em meio solidificado mediante a inoculação em placas de Petri contendo meio diferencial específicos para coliformes (Eosina Azul de Metileno - EMB; Endo, Mac Conkey ou outros) incubados a 35°C durante 24-48 horas.

3. Resultados e Discussão

3.1 Parâmetros físico-químicos

A Tabela 02 apresenta os resultados referentes as análises físico-químicas relacionadas aos pontos analisados que foram interpretados e comparados com o padrão de qualidade segundo a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005, relativo a águas salinas classe 1, 2 e 3.

Segundo Von Sperling (2007), a condutividade elétrica da água é um indicador importante de possíveis fontes poluidoras, no entanto, não discrimina quais íons estão presentes na água. A condutividade elétrica acima de 0,100 mS/cm, de acordo com a CETESB, indica características corrosivas da água e impactos ambientais por ações antrópicas. Neste estudo, de acordo com a Tabela 2, pode-se observar que o ponto P3 apresentou elevado pH e condutividade elétrica com 6,91 e 64,67 mS respectivamente, podendo ser justificado pela diluição de águas fluviais ao esgoto doméstico lançados no mar.

Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos dos pontos amostrais selecionados.

Parâmetros (unidade)	Ponto P1	Ponto P2	Ponto P3	CONAMA salina classe 1	CONAMA salina classe 2	CONAMA salina classe 3
COR aparente: (mg/L /Pt-Co)	40,0	2,0	0,0	Virtual. ausente	Virtual. ausente	Virtual. ausente
pH	6,65	6,23	6,91	Entre 6,5 e 8,5	Entre 6,5 e 8,5	Entre 6,5 e 8,5
C.E. (Micro S)	61.580,00	62.160,00	64.670,00	Água salina	Água salina	Água salina
Nitrato	ausente	ausente	ausente	Menor que 0,07	Menor que 0,07	Menor que 0,07
Nitrato	ausente	ausente	ausente	Menor que 0,40	Menor que 0,40	Menor que 0,40
Amônia	ausente	ausente	ausente			
Salinidade (mg/L ‰)	39,35	33,85	41,53	Água salgada	Água salgada	Água salgada
Acidez (mg/L CO ₂)	9,68	2,64	5,16			
Alcal. (CO₃²⁻) (mg/L CaCO ₃)	---	---	---			
Alcal. (HCO₃⁻) (mg/L CaCO ₃)	136,80	133,65	15,75			
Cloretos (mg/L Cl ⁻)	18.345,83	18.395,85	19.695,56			
Sulfatos (mg/L PO ₄ ³⁻)	2.443,82	2.342,08	2.723,01			
Cálcio (mg/L Ca ⁺⁺)	561,12	741,48	561,12			
Magnésio (mg/L Mg ⁺⁺)	1.215,50	2.589,02	1.409,98			
Dureza Total (mg/L CaCO ₃)	6.400,00	12.500,00	7.200,00			
Sódio (mg/L Na ⁺)	10.915,35	10.915,35	11.672,50			
Potássio (mg/L K ⁺)	667,11	667,11	667,11			
Ferro Total (mg/L Fe ⁺⁺⁺)	0,22	0,68	0,22	Vmp 0,3	Vmp 0,3	Vmp 0,3
Sólidos Totais (mg/L)	39.355,00	33.852,00	41.536,00			
Sól. Dissolvidos (mg/L)	38.610,00	25.972,00	41.848,00			
Sól. Suspensão (mg/L)	746,00	2.120,00	312,00	Virtual. ausente	Virtual. ausente	Virtual. ausente
Sólidos Fixos (mg/L)	31.382,00	29.752,00	41.228,00			
Sólidos voláteis (mg/L)	7.974,00	6.220,00	154,00	Matéria orgânica	Matéria orgânica	Matéria orgânica
Turbidez (mg/L SiO ₂)	51,88	24,07	0,00	Virtual. ausente	Virtual. ausente	Virtual. ausente
Nitrogênio total (mg/L N ₂)	0,17	0,15	0,12	Vmp 0,4	Vmp 0,7	Vmp 0,7
Oxigênio dissolvi. (mg/L O ₂)	6,51	8,20	8,35	Maior que 6,0	Maior que 5,0	Maior que 4,0
D Q O (mg/L O ₂)	183,00	293,00	105,66			
D B O (mg/L O ₂)	142,00	175,90	43,00			
Carbono orgânico (mg/L C)	1,09	1,22	0,50	Vmp 3,00	Vmp 5,00	Vmp 10,0

Fonte: Autores.

Segundo a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) N° 357/2005, o pH de águas salinas deve estar na faixa de 6,5 a 8,5, não devendo ocorrer variações naturais maior que 0,2 unidades. Neste trabalho, apenas o P2 se apresentou abaixo das especificações para águas salinas classe 1,2 e 3.

A caracterização físico-química da cor e turbidez dos pontos P1 e P2 excedeu os limites da Resolução CONAMA N° 357/2005 para águas salinas, apresentando 40,0 e 2,0 para cor e 51,38 e 24,07 para turbidez respectivamente. A turbidez é um parâmetro adicional a cor que indica a redução da intensidade dos raios luminosos que penetram no corpo d'água, influenciando nas características do ecossistema. Segundo Galvan et al. (2020), esgotos sanitários e efluentes industriais também provocam elevações nas determinações da turbidez. Considerando a turbidez encontrada nos pontos P1 e P2 é possível relacionar a altos índices pluviométricos, detritos orgânicos, algas, como também por ações antrópicas como despejo de esgoto sanitário e efluentes industriais (Viera et al, 2020).

De acordo com os dados obtidos através das análises nota-se a partir da Tabela 2 que os valores de sólidos dissolvidos são elevados em função dos altos teores de cloreto de sódio por se tratar de água salinas. Os resultados obtidos indicam valores

elevados de sólidos voláteis nos pontos P1 e P2, indicando presença de matéria orgânica proveniente da mistura de esgoto domésticos a águas fluviais tornando a área do estudo imprópria para utilização em contato primário e secundário, de acordo com o que preconiza a resolução 357/2005 do CONAMA. A disposição de resíduos industriais e domésticos em águas salinas torna-se um perigo para a saúde humana e animal, além de contaminar as águas favorece o aparecimento de doenças por veiculação hídrica (Leite et al., 2021).

Não consta na legislação valores máximos ou mínimos estipulados para os parâmetros de cloretos, acidez, alcalinidade, dureza total, cálcio, magnésio, sulfatos, sódio e potássio. Entretanto, o ponto P3 apresentou resultado elevado para os valores de cloretos (Cl^-), Sulfatos (SO_4^{2-}) e sódio (Na^+) conforme demonstrado na Tabela 2. De acordo com de Souza, et al., (2018), a presença de cloretos, fósforo, nitritos e nitratos são fatores indicativos de eutrofização desse ecossistema, logo há maior produção de matéria orgânica do que seu consumo e decomposição. Podem ser provenientes de fontes naturais como composição das rochas e carregadas por escoamento superficial de águas pluviais, material particulado presente na atmosfera, como também de fontes artificiais, como esgoto doméstico, remoção de areia. Vale destacar que os pontos P1 e P2 passaram por processo de engorda na tentativa de conter o avanço do mar em 2013.

Os níveis encontrados de ferro no ponto 02 foi de 0,68 mg/L, acima do valor máximo permitido para ferro total em águas salinas, segundo o CONAMA N° 357/2005, que determina o valor máximo permitido de 0,3 mg/L. O alto teor de ferro na água do mar leva a inferir que há contaminação neste ambiente, tornando esta água imprópria para sua utilização, segundo a Legislação Ambiental. Para as análises realizadas para nitrogênio total, presença ou ausência de Nitrito, Nitrato e Amônio, todos os pontos (P1, P2 e P3) apresentaram valores dentro das especificações estabelecidas pela resolução N° 357/2005 do CONAMA.

A temperatura da água determinada foi de 25,5°C para os pontos P1 e P3 e de 25°C para o ponto P2. De acordo com Portella, (2021) e Arruda et al., (2015), a temperatura é um dos fatores abióticos mais importantes para a sobrevivência e o crescimento dos organismos marinhos, uma vez que quanto mais elevada for esta, menos oxigênio dissolvido a água possuirá. Não consta na legislação valores máximos ou mínimos estipulados para esta variável. Entretanto, os resultados obtidos para essa variável estão de acordo com a condição climática da região, cujo clima é considerado de transição entre os climas tropical e subtropical e as estações anuais não são bem definidas.

Os valores encontrados para o oxigênio dissolvido (OD) para os pontos P1, P2 e P3 foram 6,51, 8,02 e 8,35 mg/L respectivamente (Tabela 2), acima dos valores preconizados para a resolução N° 357/2005 do CONAMA para águas salinas que não deve ser inferior a 6,0 mg/L. Os resultados da demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) retratam grande quantidade de matéria orgânica nos pontos P1 e P2, confirmando assim, a presença de despejos de esgotos domésticos na área de estudo devido interferência fluvial e a proximidade dos pontos (P1 e P2) de bares e restaurantes, além disso, a CPRH (Agência Estadual de Meio Ambiente) identificou em março de 2022 o mau saneamento nestes pontos, cujo esgoto não tratado é lançado no mar de forma clandestina.

3.2 Análises microbiológicas

A classificação das praias baseia-se no que estabelece a Resolução CONAMA N° 274/00, que define padrões de qualidade da água destinada à balneabilidade. O critério de enquadramento é baseado nas concentrações de coliformes termotolerantes. As águas salinas destinados à recreação de conjunto primário são classificadas em: própria (quando 80% ou mais das amostras obtidas apresentar no máximo 1000 coliformes termotolerantes por 100 mL de amostra) e imprópria (quando não for atendido o critério para águas próprias ou apresentar mais de 2500 coliformes termotolerantes na última amostragem).

De acordo com a Tabela 3, pode-se observar 5 tubos positivos identificados com a presença de gás, confirmando a presença de coliformes totais na água nos pontos selecionados para a análise. Em um estudo realizado por Souza e Silva (2015), na praia de Barra Grande, Salvador-BA, nos períodos de alta estação foram constatados altas concentrações de coliformes totais,

corroborando com este estudo.

Tabela 3 - Resultado por amostra do Teste Presuntivo.

Pontos	Tubos inoculados	Tubos positivos Caldo Duplo		Tubos positivos Caldo Simples		Tubos positivos Calda Simples 1		Índice (NMP/100mL)
		n	%	n	%	n	%	
P1	5	5	100	5	100	5	100	1600
P2	5	5	100	5	100	5	100	900
P3	5	5	100	3	60	1	20	300

Fonte: Autores.

No meio EC, todos os tubos apresentaram produção de gás, sendo positivo para coliformes fecais conforme verificado na Tabela 4. De acordo com a Resolução CONAMA Nº 274/2000 e a Resolução CONAMA Nº 357/2005 as áreas analisadas (P1, P2 e P3) apresentam níveis elevados de coliformes totais e fecais e *E. coli* apresentando-se como impróprias para balneabilidade, sendo recomendando a interdição das áreas para lazer. As bactérias foram identificadas em: *Escherichia coli* variedade I (Grupo 1), *Enterobacter aerogenes* variedade II (Grupo 2) e *Enterobacter aerogenes* variedade I (Grupo 3).

Tabela 4 - Resultado do Teste Confirmativo.

Pontos	Tubos Inoculados	Tubos positivos EC		Índice (NMP/100mL)	Faixa
		n	%		
P1	5	5	100	23/100mL	<8,1 a > 59,5
P2	5	5	100	12/100mL	< 4,3 a > 27,1
P3	5	5	100	23/100mL	< 4,3 a >27,1

Fonte: Autores.

Todavia a presença de coliformes totais e fecais e de *Escherichia coli* no meio marinho pode ser devido a contaminação microbiana de origem fecal, logo é indicativo de condições sanitárias inadequadas. Kochinski (2020) e Destro et al. (2020), concluíram em seu estudo que, a presença de animais, despejo de esgoto sanitário, mudança de estação do ano, e muitos banhistas contribuem para a sobrevivência e dispersão de micro-organismos patogênicos em águas salinas.

As análises físico-químicas demonstraram que, o apenas as variáveis de nitrogênio total (N₂) e nitrito (NO₂⁻), nitrato (NO₃⁻) e amônio (NH₄⁺) estavam dentro dos parâmetros especificados pela legislação em todos os pontos (P1, P2 e P3) analisados.

Ao analisar os parâmetros microbiológicos observou-se que na quantificação de coliformes totais e fecais em todos os pontos (P1, P2 e P3) encontravam-se com índices acima do controle de qualidade. No teste confirmativo para *Escherichia coli* 100% das amostras apresentaram valores acima dos limites toleráveis de contaminação.

Neste contexto, as áreas analisadas em praias do litoral de Pernambuco apresentam qualidade físico-química e microbiológica insatisfatória, não atendendo aos padrões de qualidade estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 274/2000 e da Resolução CONAMA Nº 357/2005.

4. Conclusões

Além da preocupação com a saúde humana, os resultados também alertam para os possíveis danos ambientais decorrentes do lançamento de nutrientes e outros poluentes carreados por esgotos parcialmente ou não tratados. Esses danos podem incluir eutrofização, redução da biodiversidade. Segundo Tommasi (1979), o esgoto urbano é o principal responsável pela degradação do ecossistema em águas costeiras no Brasil devido a estações de tratamento ineficientes e infra-estrutura de saneamento inadequada. Os resultados deste estudo confirmam a significativa influência do esgoto no ambiente marinho, que orienta as decisões de gestão ambiental para a saúde recreativa, biodiversidade marinha e práticas socioeconômicas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a pesquisa integradas do Curso de Engenharia Química, ao trabalho realizado com o apoio dos técnicos Pamello Pablo Martins e CAPES (Processo Nº 88887.703430/2022-00) e CNPq (Processo Nº 314422/2018-8) pelo apoio financeiro.

Referências

- APHA, AWWA, WEF. (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (22a ed.): Associação Americana de Saúde Pública, APHA.p. 1360 pp.
- Arruda, K. E. C., & Barreto, A. M. F. (2015). Índice de Geodiversidade do Município de Araripina-PE, Brasil. *Estudos geológicos*, 25(1), 103-117.
- Brito, M. A. (2017). Criação de microscópio utilizando materiais alternativos como metodologia para trabalhar o ensino de doenças veiculadas pela água nas séries finais do ensino fundamental.
- Carqueira, A. C., Milani, I. C. B., & Pinheiro, A. A. L. (2018). Mapeamento das estruturas de defesa litorânea e mitigação de processos erosivos em Pernambuco-Brasil.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Variáveis de qualidade de água. São Paulo, 2009. < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>>.
- de Freitas, G. S., Arruda, R. D. O. M., Rosini, E. F., & Osti, J. A. S. (2022). Análise da balneabilidade das praias de Itanhaém (São Paulo, Brasil): percepções de uma série de dados de monitoramento de longo prazo. *Research, Society and Development*, 11(4), e14911427107-e14911427107.
- da Silva, C. D. M. B., Costa, D. R., Costa, H. P., do Carmo, S. J. M., Ferreira, J. E. D. S. M., de Sousa Dantas, D. R., & Garcia, C. V. L. C. (2022). Avaliação da qualidade da água consumida em comunidades rurais do Brasil: revisão bibliográfica. *Estudos Avançados sobre Saúde e Natureza*, 6.
- de Souza, N. M., Araújo, W. P. D. O. C., Rodrigues, E. H. C., & Silva, M. R. C. (2018). Spatial and temporal evaluation of the water quality index and trophic state index of the Curuçá River, Maranhão, Brazil. *Ciência e Natura*, 40(Special Edito), 58-70.
- Destro, J. O., Rosa, V. T., Pinto, F. S. T., & Soares, C. J. (2020). Qualidade Microbiológica Das Areias De Praia Do Litoral Norte Gaúcho. *scientia Prima*, Rio Grande Do Sul, 6, (1), 48-58.
- dos Santos, A. R., de Oliveira, H. C., da Conceição Silva, A. M., Alves, R. R., de Andrade, B. R. D., & da Silva, M. L. R. B. (2021). Identificação e caracterização de bactérias potencialmente patogênicas isoladas de duas praias do litoral norte de Pernambuco. *Research, Society and Development*, 10(11), e184101119402-e184101119402.
- Galvan, K. A., Medeiros, R. C., Neto, R. P. M., Liberalesso, T., Golombieski, J. I., & Zanella, R. (2020). Análise ambiental macroscópica e a qualidade da água de nascentes na bacia do Rio São Domingos/SC, Brasil. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 11(1), 165-176.
- Kochinski, T., Barbosa, P., & Romanello, L. (2020). Detecção De Bactérias Potencialmente Patogênicas Em Areias De Praças Públicas No Município De Universidade São Vitória- Paraná. *Luminária, União Da Vitória*, 23, (1), 27-34.
- Leite, N. M. G., da Silva Pinheiro, A. R., Madeira, C. S. R., de Brito, R. M., de Souza, M. O. A. J., Araújo, C. H. D. N. L., & do Nascimento Ribeiro, G. (2021). A influência da disposição final dos resíduos sólidos nos recursos hídricos: uma revisão sistemática. *Brazilian Journal of Development*, 7(2), 12997-13006.
- Mapa - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrumento de trabalho, Goiás/GO: 2014. <Downloads/IT%20POA%20422%20%20Determina%C3%A7%C3%A3o%20de%20S%C3%B3lidos%20Totais%20em%20C3%81gua%20de%20Abastecimento%20e%20Gelo.pdf>.
- Paiva, R. F. D. P. D. S., & Souza, M. F. D. P. D. (2018). Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação hídrica no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 34.
- Parron, L. M., Muniz, H. D. F., & Pereira, C. M. (2011). Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.

Pereira, M. L. T., Soares, M. P. A., Silva, E. A., Montenegro, A. A. A., & Souza, W. M. (2017). Variabilidade Climática No Agreste De Pernambuco E Os Desastres Decorrentes Dos Extremos Climáticos. *Journal Of Environmental Analysis And Progress*, 02, (04), 394- 402.

Portella, A. C., Arsentales, A. D., Cavallari, D. E., & Smith, W. S. (2021). Efeito da sazonalidade na reprodução de peixes Characiformes em um rio Neotropical. *Iheringia. Série Zoologia*, 111.

Resolução CONAMA n° 357 de 17 de março de 2005. < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>>

Resolução CONAMA n° 274 de 29/11/2000. <Resolução CONAMA n° 274 de 29/11/2000 (normasbrasil.com.br)>

Souza, J. L. D., & Silva, I. R. (2015). Avaliação da qualidade ambiental das praias da ilha de Itaparica, Baía de Todos os Santos, Bahia. *Sociedade & Natureza*, 27, 469-483.

Silva, T. R., Parente, M. F., Moreira, L. V. L., Brigida, R. T. S. S., Watanabe, A. K.T., Almeida, R. V. C., Trindade, E. L., Siravenha, L. Q., & Bezerra, N. V. (2020). Contaminação Ambiental Por Enteroparasitas Presentes Em Areias Na Praia Do Amor, Distrito De Outeiro, Belém, Pará, Brasil. *Brazilian Applied Science Review*, 4, (3), 1334-1342.

Souza, J. L. D., & Silva, I. R. (2015). Avaliação da qualidade ambiental das praias da ilha de Itaparica, Baía de Todos os Santos, Bahia. *Sociedade & Natureza*, 27, 469-483.

Tommasi, L. R. (1979). Considerações ecológicas sobre o sistema estuarino de Santos, SP.

Vettorello, G., Brandt, V. V., Dallazen, M. C., Kuhn, D., Etgeton, H. P., Spellmeyer, J. G., & Hoehne, L. (2017). Micropoluentes em água–o novo desafio emergente. *Revista Caderno Pedagógico*, 14(1).

Vieira, I. F. B., Rolim Neto, F. C., Carvalho, M. N., Caldas, A. M., Costa, R. C. A., Silva, K. S. D., & Pissarra, T. C. T. (2020). Water Security Assessment of Groundwater Quality in an Anthropized Rural Area from the Atlantic Forest Biome in Brazil. *Water*, 12(3), 623.

Von Sperling, M. (1996). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos* (Vol. 1). Editora UFMG.