Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação — REASE

doi.org/10.51891/rease.v12i11.32640

AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE BALNEABILIDADE EM PRAIAS DE SÃO LUÍS, MARANHÃO, POR MEIO DE INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS

ASSESSMENT OF SWIMMING CONDITIONS AT BEACHES IN SÃO LUÍS, MARANHÃO, USING PHYSICAL-CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL INDICATORS

EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES DE BAÑO EN LAS PLAYAS DE SÃO LUÍS, MARANHÃO,VMEDIANTE INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Gleicyellen Pimenta da Cruz[1]
Maria Eduarda Carvalho Coelho[2]
Andreina Oliveira Lisboa Moraes[3]
Sara de Oliveira Sousa[4]
Nívea Fernanda Maria Ferreira Costa[5]
João Octavio Santos Soeiro Silva[6]
Fabríccia Lúcia Fecury Braga[7]
Verônica Duarte da Silva[8]
Darlan Ferreira da Silva[9]
Maria Raimunda Chagas Silva[10]

RESUMO: Esse artigo buscou avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da água de praias da zona costeira de São Luís, Maranhão, considerando os parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Trata-se de um estudo experimental, de abordagem quantitativa, realizado em seis pontos distribuídos nas praias da Ponta da Areia, São Marcos e Litorânea, durante quatro campanhas de coleta em 2025. Foram analisados parâmetros físico-químicos, como pH, turbidez, condutividade elétrica, salinidade, nutrientes e dureza, além de análises microbiológicas para investigação de coliformes e isolamento bacteriano em meios de cultura específicos. Os resultados demonstraram variações físico-químicas entre os pontos e períodos, especialmente nos níveis de nutrientes, salinidade e turbidez. Nas análises microbiológicas, foi observado crescimento bacteriano em todos os pontos, com identificação de *Escherichia coli* e *Klebsiella spp*. Além disso, todos os seis pontos foram classificados como impróprios para banho durante as campanhas avaliadas. Conclui-se que as praias estudadas apresentaram alterações nas condições ambientais e microbiológicas, evidenciando a importância do monitoramento contínuo da qualidade da água e de medidas de vigilância ambiental para a proteção da saúde pública.

Palavras-chave: Saneamento básico. Contaminação. Saúde pública. Qualidade da água.

[1]Discente de Biomedicina, Universidade CEUMA.
[2]Discente de Biomedicina, Universidade CEUMA.
[3]Discente de Biomedicina, Universidade CEUMA.
[4]Discente de Biomedicina, Universidade CEUMA.
[5]Oceanógrafa pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e graduanda em Biomedicina pela Universidade CEUMA.
[6]Discente de Medicina na Universidade CEUMA.
[7]Discente do Mestrado em Meio Ambiente, Universidade Ceuma.
[8]Discente do Doutorado em Meio Ambiente, Universidade Ceuma.
[9]Doutor em Química Analítica, Universidade Ceuma.
[10]Orientadora. Professora da Universidade Ceuma. Doutora e Mestre em Química Analítica (USP).

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the physicochemical and microbiological quality of water from beaches along the coastal zone of São Luís, Maranhão, Brazil, considering the parameters established by CONAMA Resolution No. 357/2005. This was an experimental, quantitative study conducted at six sampling points distributed across Ponta da Areia, São Marcos, and Litorânea beaches, during four sampling campaigns in 2025. Physicochemical parameters such as pH, turbidity, electrical conductivity, salinity, nutrients, and hardness were analyzed, along with microbiological analyses to investigate coliforms and isolate bacteria using specific culture media. The results showed physicochemical variations among sampling points and periods, particularly in nutrient levels, salinity, and turbidity. Microbiological analyses revealed bacterial growth at all sampling points, with the identification of Escherichia coli and Klebsiella spp. Furthermore, all six sampling points were classified as unsuitable for bathing throughout the sampling campaigns. It is concluded that the studied beaches presented changes in their environmental and microbiological conditions, highlighting the importance of continuous water quality monitoring and environmental surveillance measures to protect public health.

Keywords: Basic sanitation. Contamination. Public health. Water quality.

RESUMEN: Este artículo tuvo como objetivo evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua de las playas de la zona costera de São Luís, Maranhão, Brasil, considerando los parámetros establecidos por la Resolución CONAMA n.º 357/2005. Se trata de un estudio experimental, de enfoque cuantitativo, realizado en seis puntos distribuidos en las playas de Ponta da Areia, São Marcos y Litorânea, durante cuatro campañas de muestreo en 2025. Se analizaron parámetros fisicoquímicos como pH, turbidez, conductividad eléctrica, salinidad, nutrientes y dureza, además de análisis microbiológicos para investigar coliformes y aislar bacterias en medios de cultivo específicos. Los resultados mostraron variaciones fisicoquímicas entre los puntos y los períodos, especialmente en los niveles de nutrientes, salinidad y turbidez. En los análisis microbiológicos, se observó crecimiento bacteriano en todos los puntos, con identificación de *Escherichia coli* y *Klebsiella* spp. Además, los seis puntos fueron clasificados como no aptos para el baño durante las campañas evaluadas. Se concluye que las playas estudiadas presentaron alteraciones en sus condiciones ambientales y microbiológicas, lo que evidencia la importancia del monitoreo continuo de la calidad del água y de las medidas de vigilancia ambiental para la protección de la salud pública.

Palabras clave: Saneamiento básico. Contaminación. Salud pública. Calidad del agua.

INTRODUÇÃO

Os ambientes costeiros desempenham importante papel ecológico, social e econômico, constituindo espaços destinados ao lazer, ao turismo e à geração de renda. Entretanto, a expansão urbana e o crescimento populacional nas regiões litorâneas, quando não acompanhados de infraestrutura adequada de saneamento básico, podem comprometer a qualidade ambiental desses ecossistemas. Entre as principais fontes de contaminação estão o lançamento de esgoto doméstico sem tratamento e o descarte inadequado de resíduos, que

favorecem a deterioração das condições sanitárias das praias e podem aumentar a exposição da população a agentes infecciosos durante as atividades recreacionais (Almeida; *et al*., 2024).

Nesse contexto, a balneabilidade representa um importante indicador de saúde pública, pois permite avaliar as condições microbiológicas da água destinada à recreação de contato primário, como a natação e o banho de mar. No Brasil, a Resolução nº 274/2000 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) estabelece os critérios para a classificação das águas quanto à sua adequação para essas atividades, considerando, entre outros parâmetros, a concentração de indicadores microbiológicos de contaminação fecal. A detecção de microrganismos como *Escherichia coli* fornece evidências de contaminação fecal e alerta para a possibilidade de exposição a agentes patogênicos associados a doenças gastrointestinais e outras infecções (Freitas et al., 2022).

Embora a qualidade microbiológica da água seja amplamente utilizada para avaliar as condições sanitárias das praias, a areia também pode atuar como reservatório de microrganismos de origem fecal, especialmente em locais sujeitos ao aporte de esgoto e ao acúmulo de resíduos. A persistência desses agentes depende de fatores ambientais, como umidade, temperatura e composição do substrato, podendo favorecer a manutenção de condições sanitárias inadequadas mesmo quando a água apresenta resultados satisfatórios. Assim, a avaliação da qualidade ambiental das praias deve considerar a dinâmica da contaminação microbiológica e as possíveis vias de exposição humana, sem restringir a análise exclusivamente às condições da água (CETESB, 2023).

Em São Luís, capital do Maranhão, as características ambientais e a infraestrutura urbana constituem aspectos relevantes para a compreensão da qualidade microbiológica das águas costeiras. A região apresenta regime de macromaré e sazonalidade pluviométrica acentuada, com concentração das chuvas no primeiro semestre do ano. O escoamento superficial durante os períodos chuvosos pode transportar matéria orgânica, resíduos e contaminantes provenientes de áreas urbanizadas para os ambientes costeiros, sobretudo quando há limitações nos sistemas de drenagem e saneamento. Esses processos podem contribuir para o aumento da carga microbiológica das águas e para a alteração das condições de balneabilidade (Vasconcelos, 2021).

Estudos realizados na zona costeira de São Luís evidenciam a relevância desse problema para a saúde pública. Ferreira *et al*. (2021) identificaram indicadores de contaminação microbiológica, incluindo *Escherichia coli* e *Enterococcus*, em concentrações superiores aos limites

estabelecidos para a balneabilidade em 87,5% das análises realizadas. Esses achados reforçam a necessidade de monitoramento sistemático da qualidade microbiológica das águas destinadas à recreação, considerando que a exposição a ambientes contaminados pode representar risco à saúde dos banhistas. Além disso, a produção de dados locais contribui para identificar condições sanitárias inadequadas e subsidiar medidas de prevenção da exposição a agentes potencialmente patogênicos.

A avaliação da qualidade físico-química e microbiológica das águas costeiras é fundamental para a vigilância ambiental e a proteção da saúde pública. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da água de praias da zona costeira de São Luís, Maranhão, considerando os parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

METODOS

ÁREA DE ESTUDO

Trata-se de um estudo experimental, de abordagem quantitativa, realizado na zona costeira de São Luís, Maranhão, em 2025. A coleta de água do mar foi realizada em quatro coletas, nos dias 24 de março, 21 de abril, 15 de setembro e 20 de outubro, abrangendo seis pontos distribuídos ao longo da orla: P1 (Ponta da Areia), P2 e P3 (São Marcos) e P4, P5 e P6 (Litorânea).

A seleção dos pontos de coleta considerou a distribuição espacial ao longo dos trechos estudados, buscando contemplar diferentes setores da orla e permitir a avaliação das variações da qualidade microbiológica da água entre os locais amostrados. Os pontos foram definidos de modo a abranger as áreas de Ponta da Areia, São Marcos e Litorânea, favorecendo a comparação das condições microbiológicas entre esses trechos costeiros.

COLETA E PRESERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras de água foram coletadas na camada superficial do mar, utilizando frascos estéreis de 250 mL destinados às análises microbiológicas. Para as análises físico-químicas, foram coletados aproximadamente 500 mL de água por ponto. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em caixas de isopor com gelo, sob refrigeração, para preservação das condições microbiológicas durante o transporte. Posteriormente, foram encaminhadas ao Laboratório de

Ciências Ambientais (LACAM) da Universidade CEUMA, para a realização das análises (Silva et al., 2022).

ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

A caracterização físico-química da água, incluindo a determinação do pH, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos (STD), salinidade e oxigênio dissolvido, foi realizada com o auxílio do sensor multiparâmetro Horiba U-10.

As concentrações de nitrato e nitrito foram determinadas a partir de 5 mL de amostra, mediante a utilização de reagentes específicos, como ácido fosfórico, sulfanilamida e alfa-naftilamina. A leitura foi efetuada em fotômetro, no comprimento de onda de 525 nm. Para a análise de fósforo total, foram utilizados 10 mL de amostra, aos quais foram adicionados molibdato de amônio, tartarato de antimônio e ácido ascórbico. As leituras foram realizadas nos comprimentos de onda de 610 nm para fósforo e 525 nm para fosfato.

A determinação da dureza de cálcio e magnésio foi conduzida por meio de titulação com NaOH 0,1 M e EDTA, utilizando Murexida como indicador para cálcio e Negro de Eriocromo T para magnésio. As amostras permaneceram em repouso durante cinco minutos antes da análise. As determinações foram realizadas com o fotômetro Hanna HI83200, seguindo os procedimentos descritos no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017).

ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As análises microbiológicas foram efetuadas logo após a chegada das amostras ao laboratório. A pesquisa de coliformes totais e termotolerantes foi realizada por meio do método cromogênico Colitest, conforme as orientações do fabricante. Após a incubação, a confirmação dos coliformes termotolerantes ocorreu mediante a realização do teste de indol, utilizando reagente específico em tubos contendo caldo lactose, sendo considerada positiva a reação que apresentou coloração característica (Muniz et al., 2020).

Para o isolamento dos microrganismos, as amostras foram inoculadas nos meios de Ágar MacConkey e EMB (Eosina-Azul de Metileno). Em seguida, as placas foram mantidas a 37 °C durante 24 a 48 horas. Após esse período, colônias com características representativas foram selecionadas para as etapas posteriores de identificação e caracterização (Silva et al., 2022).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Os parâmetros físico-químicos da água das praias da zona costeira de São Luís, Maranhão, foram avaliados em seis pontos durante os meses de abril, maio, agosto e setembro de 2025. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros físico-químicos da água das praias da zona costeira de São Luís, Maranhão.

					Abril/2025			
Parâmetros		**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**CONAMA 357/05**
pH		7,52	7,13	6,67	6,35	7,47	7,10	6,5 - 8,5
Turb (UNT)		33,2	31,5	28,7	29,7	30,9	30,1	-
CE (μS/cm)		5,35	30,64	7,31	26,76	4,27	2,97	1-100 μS/cm
TSD (mg/L)		3,78	21,64	5,24	19,73	3,62	3,83	< 500 mg L
Salinidade (%)		31,74	30,52	29,81	29,84	30,85	30,26	0,5 a 30%
NO_2^- (mg/L)		1,25	1,09	1,48	1,77	0,98	1,52	< 0,70 mg L
NO_3^- (mg/L)		13,63	12,98	15,21	16,78	11,74	12,83	< 0,20 mg L
PT (mg/L)		0,52	0,22	0,32	0,33	0,26	0,29	< 0,186 mg L
Dureza. (mg/L)	Ca^{2+}	35,12	38,73	33,11	36,92	40,83	36,82	-
Dureza (mg/L)	Mg^{2+}	19,92	20,62	18,43	21,81	23,71	19, 32	-
					Maio/2025			
pH		7,33	6,54	7,10	7,37	7,57	6,26	6,5 - 8,5
Turb (UNT)		28,3	46,7	32,3	55,2	25,7	47, 2	-
CE (μS/cm)		48,23	27,63	45,24	29,11	50,24	26,82	1-100 μS/cm
TSD (mg/L)		30,27	19,42	28,8	18,6	31,62	28,51	< 500 mg L
Salinidade (%)		21,31	21,68	16,36	21,33	24,24	26,91	0,5 a 30%
NO_2^- (mg/L)		0,35	0,21	0,24	0,29	7,71	10,91	< 0,70 mg L
NO_3^- (mg/L)		9,31	7,42	6,64	5,24	0,57	1,09	< 0,20 mg L
PT (mg/L)		16,41	1,63	0,53	1,33	0,02	0,53	< 0,186 mg L
Dureza. (mg/L)	Ca^{2+}	311	112	166	165	784	119	-
Dureza (mg/L)	Mg^{2+}	118	166	120	211	0,88	0,94	-
					Agosto/2025			
pH		7,60	8,10	7,80	7,90	8,00	7,50	6,5 - 8,5
Turb (UNT)		18,90	21,50	19,80	24,00	18,20	21,60	-
CE (μS/cm)		52,45	48,75	50,20	48,40	53,15	49,65	1-100 μS/cm
TSD (mg/L)		36,20	32,70	35,50	33,40	36,10	34,20	< 500 mg L
Salinidade (%)		34,40	33,90	34,60	32,50	35,90	33,20	0,5 a 30%
NO_2^- (mg/L)		0,70	1,80	0,90	1,50	1,00	1,20	< 0,70 mg L
NO_3^- (mg/L)		10,60	11,10	10,30	12,60	9,90	10,80	< 0,20 mg L
PT (mg/L)		0,18	0,16	0,21	0,19	0,12	0,23	< 0,186 mg L
Dureza. (mg/L)	Ca^{2+}	42,90	44,60	44,20	46,00	41,80	44,10	-
Dureza (mg/L)	Mg^{2+}	22,70	23,50	23,60	24,30	21,90	23,20	-
					Setembro/2025			
pH		8,35	8,65	8,72	8,78	8,30	7,60	6,5 - 8,5
Turb (UNT)		4,65	4,42	3,75	4,20	18,30	20,50	-
CE (μS/cm)		45,25	46,65	43,60	44,35	53,10	49,60	1-100 μS/cm

TSD (mg/L)		2271	2274	2252	2320	36,20	33,00	< 500 mg L
Salinidade (%)		25,65	21,35	26,85	28,25	35,10	34,30	0,5 a 30%
NO_2^- (mg/L)		0,72	0,48	0,85	0,92	0,60	1,70	< 0,70 mg L
NO_3^- (mg/L)		9,45	7,35	4,85	3,50	10,10	10,60	< 0,20 mg L
PT (mg/L)		5,45	14,85	6,85	7,65	0,22	0,13	< 0,186 mg L
Dureza. (mg/L)	Ca^{2+}	253	243	222	209	41,80	45,20	-
Dureza (mg/L)	Mg^{2+}	142	190	118	149	22,10	24,20	-

Legenda: Turb (Turbidez), CE (Condutividade Elétrica), TSD (Total de Sólidos Dissolvidos), NO_2- (Nitrito), NO_3- (Nitrato), PT (Fosforo Total), Ca^{+2} (Cálcio), Mg +2 (Magnésio) e O.D (Oxigênio Dissolvido). - = Sem limite estabelecido. **Fonte:** Elaborado pelo autor (2026)

Os resultados demonstram variações temporais e espaciais dos parâmetros da água nos seis pontos da zona costeira de São Luís, Maranhão. Essas variações indicam diferenças nas condições ambientais ao longo das coletas, principalmente em relação à presença de material particulado, à concentração de sais dissolvidos e ao enriquecimento por nutrientes. A avaliação desses parâmetros permite compreender aspectos da dinâmica da água e identificar possíveis alterações relacionadas aos processos naturais e às atividades desenvolvidas no entorno das praias. Estudos realizados em praias brasileiras também demonstram a importância do monitoramento físico-químico para caracterizar as condições ambientais desses ecossistemas (Tomazi; Diniz, 2024; Rodrigues et al., 2025).

O pH apresentou valores entre 6,26 e 8,78 durante o período analisado. Em abril, P4 registrou 6,35, enquanto em maio P6 apresentou 6,26, ambos abaixo da faixa de 6,5 a 8,5 indicada na tabela. Em agosto, todos os pontos permaneceram dentro dessa faixa, com valores entre 7,50 e 8,10. Entretanto, em setembro, P2 (8,65), P3 (8,72) e P4 (8,78) ultrapassaram o limite. A presença de valores próximos à neutralidade e levemente alcalinos é compatível com as águas costeiras, cuja composição carbonática e as trocas de dióxido de carbono com a atmosfera influenciam o equilíbrio ácido-base. A elevação do pH pode estar relacionada à atividade fotossintética, que consome CO_2 dissolvido, enquanto valores mais baixos podem decorrer da entrada de matéria orgânica e de processos de decomposição. Em estudo realizado na Praia de Ponta Negra, em Natal (RN), foram registrados valores de pH entre 7,73 e 8,03, caracterizando águas levemente alcalinas. Na Praia do Caripi, no Pará, também foram investigadas variações desse parâmetro, considerando a influência das condições ambientais e da sazonalidade (Rodrigues et al., 2025; Tomazi; Diniz, 2024).

A turbidez apresentou variação expressiva entre os períodos de coleta. Em abril, os valores permaneceram entre 28,7 e 33,2 UNT, enquanto em maio ocorreu aumento,

principalmente em P4 (55,2 UNT), seguido de P6 (47,2 UNT) e P2 (46,7 UNT). Em agosto, houve redução das concentrações, com valores entre 18,20 e 24,00 UNT. Em setembro, os pontos P1 a P4 apresentaram valores inferiores a 5 UNT, enquanto P5 e P6 registraram 18,30 e 20,50 UNT. A turbidez está relacionada à presença de partículas suspensas, como sedimentos, matéria orgânica, algas e outros materiais que reduzem a transparência da água. O aumento observado em maio pode estar associado ao carreamento de partículas pelo escoamento superficial, à ressuspensão de sedimentos e à movimentação da água. Já a redução em setembro nos pontos P1 a P4 indica menor concentração de material em suspensão durante essa campanha. Na Praia de Ponta Negra, em Natal, foram observados valores de turbidez inferiores a 5 UNT em estudo realizado em 2023, enquanto na Praia do Caripi foram identificadas variações físico-químicas entre campanhas influenciadas pela sazonalidade e pelas condições de maré (Lima et al., 2024; Tomazi; Diniz, 2024).

A condutividade elétrica apresentou valores entre 2,97 e 30,64 μS/cm em abril, entre 26,82 e 50,24 μS/cm em maio, entre 48,40 e 53,15 μS/cm em agosto e entre 43,60 e 53,10 μS/cm em setembro. Esse parâmetro expressa a capacidade da água de conduzir corrente elétrica, sendo influenciado principalmente pela concentração e pela mobilidade dos íons dissolvidos. Os maiores valores registrados em agosto e setembro indicam maior capacidade de condução elétrica das amostras nesses períodos. Os sólidos dissolvidos totais também apresentaram variações, com destaque para setembro, quando P1, P2, P3 e P4 registraram 2.271, 2.274, 2.252 e 2.320 mg/L, respectivamente, enquanto P5 e P6 apresentaram 36,20 e 33,00 mg/L. Esses resultados indicam diferenças na concentração de materiais dissolvidos entre os pontos, que podem estar relacionadas à composição iônica da água e à contribuição de fontes naturais ou antrópicas. Na Praia de Ponta Negra, no Rio Grande do Norte, foram registrados valores elevados de condutividade elétrica, característica associada à composição salina da água marinha. Na Praia do Caripi, a condutividade e outros parâmetros físico-químicos também foram utilizados para caracterizar a composição da água e suas variações entre períodos de coleta (Lima et al., 2024; Tomazi; Diniz, 2024).

A salinidade apresentou os menores valores em maio, variando de 16,36 a 26,91, enquanto em agosto foram registrados os maiores valores, entre 32,50 e 35,90. Em setembro, P5 e P6 mantiveram concentrações elevadas, de 35,10 e 34,30, respectivamente, enquanto P2 apresentou o menor resultado do mês (21,35). A salinidade representa a concentração de sais dissolvidos e constitui um importante indicador da influência marinha e continental em ambientes costeiros.

Sua variação pode ocorrer em função da precipitação, da entrada de água doce, da evaporação e da dinâmica das marés. A redução observada em maio, especialmente em P3, pode indicar maior influência de águas continentais, enquanto os valores mais elevados em agosto sugerem maior contribuição marinha ou menor diluição por água doce. Em estudo realizado na Praia de Ponta Negra, foram identificados valores de salinidade entre 26,64 e 27,13 g/L durante o período chuvoso de 2025, demonstrando a relevância desse parâmetro na caracterização de águas utilizadas para recreação. A influência da sazonalidade e das condições de maré sobre a composição físico-química da água também foi observada na Praia do Caripi, no Pará (Rodrigues et al., 2025; Tomazi; Diniz, 2024).

As concentrações de nitrito apresentaram diferenças expressivas entre os pontos e os períodos avaliados. Em abril, os valores variaram de 0,98 a 1,77 mg/L, enquanto em maio houve aumento acentuado em P5 (7,71 mg/L) e P6 (10,91 mg/L). Em agosto, as concentrações permaneceram entre 0,70 e 1,80 mg/L, e em setembro P6 apresentou 1,70 mg/L. O nitrito é uma forma intermediária do ciclo do nitrogênio, resultante de processos de transformação da matéria nitrogenada, como a oxidação da amônia e a redução do nitrato. Sua presença em concentrações elevadas pode indicar aporte de matéria orgânica, lançamento de efluentes e alterações nos processos de transformação do nitrogênio no ambiente aquático. Para o nitrato, os maiores valores foram observados em abril, com destaque para P4 (16,78 mg/L), e em agosto, quando as concentrações variaram de 9,90 a 12,60 mg/L. O nitrato constitui uma forma mais oxidada do nitrogênio e pode ser incorporado pelos organismos produtores, participando da produtividade primária. Entretanto, em concentrações elevadas, pode contribuir para o enriquecimento nutricional da água. Em estudo realizado no estuário do Rio Capibaribe, foram discutidas as contribuições de efluentes domésticos, urbanos e industriais para o enriquecimento por nutrientes, com identificação de alterações nas condições ambientais do sistema estuarino (Nascimento et al., 2023).

O fósforo total apresentou comportamento variável entre as campanhas, com concentrações mais elevadas em maio e setembro. Em maio, P1 registrou 16,41 mg/L, enquanto P2, P3, P4 e P6 apresentaram 1,63, 0,53, 1,33 e 0,53 mg/L, respectivamente. Em setembro, destacaram-se P2 (14,85 mg/L), P4 (7,65 mg/L), P3 (6,85 mg/L) e P1 (5,45 mg/L). Em agosto, por outro lado, os valores variaram de 0,12 a 0,23 mg/L, demonstrando redução expressiva em relação às campanhas anteriores. O fósforo é um nutriente essencial para o metabolismo dos organismos aquáticos, participando de processos como a transferência de energia e a formação

de estruturas celulares. Entretanto, seu enriquecimento pode estimular o crescimento excessivo de algas e contribuir para a eutrofização, especialmente quando associado à disponibilidade de nitrogênio e às condições favoráveis de luminosidade e temperatura. Em ambientes costeiros urbanos, o aporte desse nutriente pode estar relacionado ao lançamento de efluentes domésticos e ao escoamento superficial. No estuário do Rio Capibaribe, o enriquecimento por nutrientes foi associado à influência de fontes de poluição urbana, com destaque para as contribuições de efluentes domésticos e industriais (Nascimento et al., 2023).

A dureza relacionada ao cálcio apresentou diferenças expressivas entre os períodos de coleta. Em abril, os valores variaram de 33,11 a 40,83 mg/L, enquanto em agosto permaneceram entre 41,80 e 46,00 mg/L. Em maio, entretanto, foram observadas concentrações elevadas, especialmente em P5 (784 mg/L), seguido de P1 (311 mg/L). Em setembro, P1 a P4 também apresentaram valores elevados, variando de 209 a 253 mg/L, enquanto P5 e P6 registraram 41,80 e 45,20 mg/L. O cálcio é um dos principais cátions presentes em águas naturais e participa de processos relacionados ao equilíbrio mineral, à formação de estruturas biológicas e à composição química da água. Sua concentração pode ser influenciada pela dissolução de minerais, pela interação entre água e sedimentos e pela contribuição de águas com diferentes características iônicas. O magnésio apresentou comportamento semelhante em setembro, com valores entre 118 e 190 mg/L nos pontos P1 a P4, enquanto P5 e P6 registraram 22,10 e 24,20 mg/L. Em maio, entretanto, P5 e P6 apresentaram concentrações muito inferiores, de 0,88 e 0,94 mg/L. A análise desses dois elementos é importante para compreender a composição mineral das águas costeiras, uma vez que cálcio e magnésio estão entre os principais íons associados à dureza. Na Praia do Caripi, no Pará, a dureza total, de cálcio e de magnésio foi investigada como parte da caracterização físico-química da água, sendo observadas diferenças entre as campanhas de coleta (Tomazi; Diniz, 2024).

De modo geral, os resultados demonstram variações temporais e espaciais na qualidade físico-química da água das praias avaliadas, com destaque para as alterações de turbidez, salinidade, nutrientes e dureza. As concentrações de nitrito, nitrato e fósforo total indicam enriquecimento nutricional em diferentes pontos e períodos, especialmente em maio e setembro. Esse cenário merece atenção considerando a influência das atividades urbanas sobre os ambientes costeiros de São Luís. Pesquisas realizadas nas praias de Ponta d'Areia, São Marcos, Calhau e Olho d'Água identificaram problemas relacionados à qualidade ambiental e à influência de fatores externos, como a precipitação, sobre as condições de balneabilidade.

Além disso, estudos realizados nos rios Anil, Tibiri e Paciência apontaram alterações na qualidade da água associadas às atividades antrópicas e ao lançamento de efluentes (Oliveira dos Santos et al., 2023; Neres; Neres, 2022).

QUALIDADE MICROBIOLÓGICA E CONDIÇÕES DE BALNEABILIDADE

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises microbiológicas da água, durante as campanhas realizadas em abril, maio, agosto e setembro de 2025. São apresentadas as contagens de unidades formadoras de colônias (UFC/mL) obtidas nos meios de cultura MacConkey e EMB, utilizados para o isolamento e a avaliação de grupos bacterianos, permitindo comparar a distribuição do crescimento microbiano entre os pontos e os períodos amostrados.

Tabela 2 – Resultados das análises para o mês de abril/2025.

Ponto	MacConkey (UFC/mL)	EMB (UFC/mL)
Abril/2025		
P1	$1{,}8 \times 10^2$	$1{,}6 \times 10^2$
P2	$1{,}9 \times 10^2$	$1{,}8 \times 10^2$
P3	$5{,}1 \times 10^2$	$4{,}2 \times 10^2$
P4	$4{,}3 \times 10^2$	$3{,}4 \times 10^2$
P5	$5{,}0 \times 10^2$	$3{,}8 \times 10^2$
P6	Incontáveis	Incontáveis
Maio/2025		
P1	$2{,}0 \times 10^2$	$1{,}8 \times 10^2$
P2	$2{,}1 \times 10^2$	$1{,}9 \times 10^2$
P3	Incontáveis	Incontáveis
P4	$3{,}9 \times 10^2$	$3{,}5 \times 10^2$
P5	$5{,}6 \times 10^2$	$5{,}1 \times 10^2$
P6	Incontáveis	Incontáveis
Agosto/2025		
P1	$1{,}7 \times 10^2$	$1{,}5 \times 10^2$
P2	$1{,}8 \times 10^2$	$1{,}6 \times 10^2$
P3	$4{,}9 \times 10^2$	$4{,}5 \times 10^2$
P4	$4{,}0 \times 10^2$	$4{,}1 \times 10^2$
P5	$5{,}4 \times 10^2$	$5{,}6 \times 10^2$
P6	Incontáveis	$1{,}5 \times 10^2$
Setembro/2025		
P1	$1{,}2 \times 10^2$	$1{,}0 \times 10^2$
P2	$1{,}3 \times 10^2$	$1{,}2 \times 10^2$
P3	$2{,}4 \times 10^2$	$2{,}2 \times 10^2$
P4	$2{,}5 \times 10^2$	$2{,}4 \times 10^2$
P5	$2{,}6 \times 10^2$	$2{,}5 \times 10^2$
P6	$2{,}8 \times 10^2$	$2{,}6 \times 10^2$

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

Os resultados das análises microbiológicas evidenciaram a presença de bactérias nos seis pontos avaliados ao longo das quatro campanhas, com variações na intensidade do crescimento entre os períodos. Em abril, as contagens em ágar MacConkey variaram de 1,8 x 10^2 a 5,1 x 10^2 UFC/mL, com crescimento incontável no P6. Em maio, observou-se aumento expressivo em P3 e P6, que apresentaram crescimento incontável nos dois meios de cultura, enquanto P5 também registrou contagens elevadas. Em agosto, as contagens permaneceram elevadas em P3, P4 e P5, além do registro de crescimento incontável em um dos pontos. Em setembro, embora as contagens tenham sido menores em comparação aos meses anteriores, ainda houve crescimento bacteriano em todos os pontos. Esse comportamento demonstra que a presença de bactérias não se limitou a episódios isolados, mas foi observada durante todo o período de monitoramento, indicando uma condição microbiológica persistente na área estudada. Resultados semelhantes foram observados em praias brasileiras, nas quais a distribuição dos indicadores microbiológicos apresentou diferenças entre pontos de coleta, evidenciando a influência das condições sanitárias locais e das possíveis fontes de contaminação que alcançam o ambiente costeiro (Ferreira et al., 2021; Tiusso et al., 2023).

A ocorrência de *Escherichia coli* merece atenção especial por sua importância como indicador de contaminação fecal. Embora nem todas as linhagens dessa bactéria sejam patogênicas, sua detecção em águas destinadas à recreação sugere a entrada de material fecal de origem humana ou animal, podendo indicar a presença concomitante de outros microrganismos associados a infecções gastrointestinais. Em ambientes costeiros urbanos, esse aporte, pode estar relacionado ao lançamento de efluentes domésticos, à deficiência dos sistemas de esgotamento sanitário e ao transporte de contaminantes por canais de drenagem e escoamento superficial. A relevância desse achado é reforçada por estudo realizado nas praias de Ponta d'Areia, São Marcos, Calhau e Olho d'Água, em São Luís, no qual foram identificadas diferentes linhagens de *E. coli*, incluindo cepas diarreiogênicas dos grupos enterotoxigênico, entero-hemorrágico e enteroagregativo. Esse antecedente demonstra que a contaminação microbiológica das praias ludovicenses pode envolver não apenas indicadores fecais, mas também linhagens com potencial patogênico, ampliando a preocupação quanto à exposição dos banhistas (Almeida et al., 2012; Ferreira et al., 2021).

A identificação de *Klebsiella* também é relevante para a interpretação da qualidade microbiológica da água. Bactérias desse gênero pertencem à família *Enterobacteriaceae* e podem ser encontradas no trato intestinal de humanos e animais, mas também em ambientes naturais,

como solo, vegetação e água. Por esse motivo, sua presença não deve ser interpretada isoladamente como comprovação de contaminação fecal recente, diferentemente do significado indicador atribuído à *E. coli*. Entretanto, a ocorrência conjunta desses microrganismos reforça a necessidade de atenção às condições sanitárias do ambiente, especialmente em praias urbanas sujeitas à influência de efluentes e drenagens. Estudos realizados em praias brasileiras também identificaram enterobactérias associadas à contaminação microbiológica das águas marinhas, demonstrando que a avaliação da qualidade sanitária deve considerar a diversidade de bactérias presentes, e não somente um grupo indicador (Almeida et al., 2012; Tiusso et al., 2023).

A variação das contagens entre os pontos sugere que a contaminação microbiológica apresenta distribuição espacial heterogênea. Em abril, por exemplo, os maiores valores foram observados em P3, P4 e P5, enquanto P6 apresentou crescimento incontável. Em maio, a situação mais expressiva ocorreu em P3 e P6, indicando que determinados trechos podem estar submetidos a maior aporte de matéria orgânica e microrganismos. Essa distribuição pode estar associada à proximidade de canais de drenagem, áreas urbanizadas, pontos de lançamento de efluentes e circulação de banhistas, embora essas fontes não possam ser confirmadas apenas pelos resultados microbiológicos. Uma comparação pertinente é o estudo realizado na praia do Guaiúba, em Guarujá (SP), que identificou concentrações mais elevadas de *E. coli* e *Enteroccocus* nos canais de água doce que chegam à praia do que nos pontos de água marinha. Os autores destacaram que esses canais podem funcionar como vias de transporte de contaminantes para o ambiente costeiro, contribuindo para a deterioração das condições sanitárias da praia (Tiusso et al., 2023).

A relação entre os resultados microbiológicos e os parâmetros físico-químicos pode contribuir para compreender as condições ambientais que favorecem a ocorrência e a persistência das bactérias. Alterações na turbidez, por exemplo, podem estar associadas à presença de partículas em suspensão e matéria orgânica, que eventualmente oferecem superfícies de adesão e proteção para microrganismos. Da mesma forma, o aporte de nutrientes pode acompanhar a entrada de efluentes e águas de drenagem, indicando influência de fontes externas sobre a qualidade da água. No entanto, essas relações devem ser interpretadas como possíveis associações ambientais, uma vez que os dados disponíveis não permitem estabelecer causalidade entre as alterações físico-químicas e o crescimento bacteriano. Estudos em praias brasileiras demonstram que a avaliação microbiológica ganha maior consistência quando

considerada em conjunto com as características ambientais e as possíveis fontes de contribuição continental, especialmente em áreas costeiras urbanizadas (Tiusso et al., 2023).

Tabela 3 – Classificação da balneabilidade por ponto e período.

Ponto	Abril	Maio	Agosto	Setembro
P1	Imprópria	Imprópria	Imprópria	Imprópria
P2	Imprópria	Imprópria	Imprópria	Imprópria
P3	Imprópria	Imprópria	Imprópria	Imprópria
P4	Imprópria	Imprópria	Imprópria	Imprópria
P5	Imprópria	Imprópria	Imprópria	Imprópria
P6	Imprópria	Imprópria	Imprópria	Imprópria

Fonte: Elaborado pelo autor (2026)

A classificação apresentada na Tabela 3 indica que todos os pontos foram considerados impróprios para banho nos períodos avaliados. Esse resultado é particularmente relevante porque demonstra que, mesmo diante da redução das contagens observada em setembro, não houve mudança na condição de balneabilidade atribuída aos locais estudados. Portanto, a diminuição do crescimento bacteriano em determinada campanha não deve ser interpretada, isoladamente, como recuperação da qualidade sanitária da água. A presença de *E. coli*, associada aos resultados microbiológicos obtidos, reforça a preocupação com a exposição dos banhistas durante atividades de contato primário, nas quais pode ocorrer ingestão acidental de água contaminada. Em estudo realizado na praia do Araçagi, também em São Luís, 87,5% das análises microbiológicas foram consideradas acima dos limites estabelecidos para recreação, evidenciando que a contaminação microbiológica constitui uma preocupação recorrente na zona costeira da capital maranhense (Ferreira et al., 2021).

Em conjunto, os resultados demonstram que a qualidade microbiológica das águas avaliadas representa um aspecto relevante para a saúde pública e para a gestão ambiental da orla de São Luís. A identificação de *E. coli* e *Klebsiella*, somada à ocorrência de crescimento bacteriano em todos os pontos e à classificação de impropriedade para banho durante as quatro campanhas, evidencia a necessidade de monitoramento contínuo e de investigação das possíveis fontes de contaminação. A persistência desse cenário reforça a importância de ações voltadas à melhoria do saneamento básico, ao controle do lançamento de efluentes e à fiscalização das estruturas de drenagem que podem conduzir contaminantes aos ambientes. Dessa forma, a avaliação

microbiológica não apenas permite caracterizar as condições de balneabilidade, mas também fornece subsídios para ações de vigilância e prevenção de riscos à população que utiliza essas praias (Tiusso et al., 2023; Ferreira et al., 2021).

CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo demonstraram variações nas características físico-químicas e alterações na qualidade microbiológica das águas das praias avaliadas na zona costeira de São Luís, Maranhão. As diferenças observadas entre os pontos e períodos de coleta demonstram a dinâmica das condições ambientais ao longo da orla, com destaque para as alterações nas concentrações de nutrientes, salinidade, turbidez e dureza da água.

Do ponto de vista microbiológico, a identificação de *E. coli* e *Klebsiella spp.*, associada ao crescimento bacteriano observado em todos os pontos durante as campanhas, reforça a preocupação com as condições sanitárias desses ambientes. Destaca-se que todos os seis pontos foram classificados como impróprios para banho nos quatro períodos avaliados, demonstrando a persistência de condições inadequadas de balneabilidade durante o monitoramento.

Dessa forma, os achados evidenciam a importância do acompanhamento sistemático da qualidade da água nas praias de São Luís, considerando os possíveis riscos à saúde da população que utiliza esses ambientes para atividades recreativas. Ressalta-se, ainda, a necessidade de fortalecer as ações de vigilância ambiental, ampliar o monitoramento microbiológico e investigar possíveis fontes de contaminação, especialmente aquelas relacionadas ao lançamento de efluentes e às limitações do saneamento básico. Essas medidas são fundamentais para subsidiar estratégias de proteção à saúde pública e conservação da zona costeira.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA AA, et al. Detecção de enteropatógenos e teste de susceptibilidade a agentes sanitizantes de cepas diarreiogênicas de Escherichia coli isoladas das praias de São Luís – Maranhão. Revista de Patologia Tropical, 2012; 41(3).

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed. Washington, DC: American Public Health Association; 2017.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). Qualidade das praias litorâneas no Estado de São Paulo: relatório 2023. São Paulo: CETESB; 2024.

FERREIRA LT, et al. Qualidade microbiológica da água da praia do Araçagi – São Luís – MA, Brasil. Referências em Saúde do Centro Universitário Estácio de Goiás, 2021; 4(1): 39-49.

FREITAS GS, et al. 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, 2022; 11(4): e14911427107.

LIMA MK, et al. Avaliação de amostras da água da Praia de Ponta Negra – importante ponto turístico de Natal RN (2023). Qualidade Ambiental Urbana: análise dos espaços urbanos e reflexo na qualidade de vida das populações, 2024: 65-76.

MUNIZ JN, et al. Limnological quality: seasonality assessment and potential for contamination of the Pindaré River watershed, pre-Amazon region, Brazil. Water, 2020; 12(3): 851.

NERES RL, NERES DASL. Condições de balneabilidade das praias de São Luís/Maranhão. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, 2022; 11(22): 114-125.

OLIVEIRA DOS SANTOS TI, et al. Avaliação da qualidade d'água de corpos hídricos monitorados pela Agência Nacional de Água em São Luís – MA. Revista Interfaces: Saúde, Humanas e Tecnologia, 2023; 11(3): 2829-2838.

RODRIGUES ABL, et al. Aspectos físico-químicos de água da engorda – Praia de Ponta Negra Natal/RN em tempos de mudanças climáticas (2025). Mudanças Climáticas: Impactos, Adaptações e Soluções Sustentáveis, 2025: 35-49.

SILVA VD, et al. Isolamento de bactérias Gram-negativas em amostras de sedimento de manguezal em São Luís, Maranhão. Research, Society and Development, 2022; 11(3): e12011326483.

TIUSSO SPP, et al. Condições sanitárias e qualidade microbiológica das águas marinhas e canais de água doce da praia do Guaiúba, Guarujá, SP-Brasil. Revista Geociências – UNG-Ser, 2023; 22(1): 45-59.

TOMAZI PS, DINIZ VWB. Avaliação físico-química das águas da Praia do Caripi – Barcarena/PA. Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology, 2024; 28(1).