



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR  
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**IORRANA JOYCE FEITOSA BRAGA TEIXEIRA**

**A INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE TURÍSTICA E DE FATORES CLIMÁTICOS  
NA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA E AREIA DE PRAIAS URBANAS  
DE FORTALEZA-CEARÁ**

**FORTALEZA**

**2025**

IORRANA JOYCE FEITOSA BRAGA TEIXEIRA

A INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE TURÍSTICA E DE FATORES CLIMÁTICOS NA  
QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA E AREIA DE PRAIAS URBANAS DE  
FORTALEZA-CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharela em Ciências Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Oscarina Viana de Sousa.

Coorientador: Me. Robério Mires de Freitas

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

T266i Teixeira, Iorrana Joyce Feitosa Braga.  
A INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE TURÍSTICA E DE FATORES CLIMÁTICOS NA  
QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA E AREIA DE PRAIAS URBANAS DE FORTALEZA-  
CEARÁ : Estudo exploratório laboratorial / Iorrana Joyce Feitosa Braga Teixeira. – 2025.  
52 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do  
Mar, Curso de Ciências Ambientais, Fortaleza, 2025.  
Orientação: Prof. Dr. Oscarina Viana de Sousa.  
Coorientação: Prof. Me. Robério Mires de Freitas.

1. coliformes termotolerantes. 2. granulometria da areia. 3. qualidade sanitária . 4. fluxo turístico. I.  
Título.

---

CDD 333.7

IORRANA JOYCE FEITOSA BRAGA TEIXEIRA

A INFLUÊNCIA DA SAZONALIDADE TURÍSTICA E DE FATORES CLIMÁTICOS NA  
QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA E AREIA DE PRAIAS URBANAS DE  
FORTALEZA-CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharela em Ciências Ambientais.

Aprovada em: 12/ 03/ 2025.

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Dra. Oscarina Viana de Sousa (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Me. Robério Mires de Freitas (Coorientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Dra. Fátima Cristiane Teles de Carvalho  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Me. Jade Oliveira Abreu  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus, minha fortaleza.

À minha mãe, Josirene, que renunciou a tantos sonhos para que eu pudesse realizar o meu.

E a todas as pessoas do interior que, diante das dificuldades, não puderam viver o sonho de se formar.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço este trabalho com a mais sincera gratidão, primeiramente a Deus, que foi minha força durante toda essa trajetória. Sem a minha fé, eu nada conseguiria.

À minha mãe e melhor amiga, Josirene Braga, que, com tanta positividade e à custa de muitas renúncias, me fez vivenciar este momento. De você, mãe, trago os melhores ensinamentos da vida, sobretudo o de que "não há nada que uma mulher não consiga".

Agradeço à Universidade Federal do Ceará, especialmente ao Programa de Residências Universitárias, em nome da assistente social Mônica Viana, que sempre se mostrou tão atenciosa com os residentes. Sou imensamente grata pelas políticas públicas da universidade, que me possibilitaram um lar durante minha jornada acadêmica. A permanência na UFC só foi possível graças a esse suporte, que me garantiu moradia, alimentação e dignidade para estudar. Sou grata pela oportunidade, pelo acolhimento e pelo impacto dessas políticas na minha vida. Foi através da residência 2216 que minha família pôde dormir todos os dias tranquilamente, sabendo que não me faltava nada.

À minha família em geral, com destaque para tia Mercês Braga, meu padrasto Fábio Gomes, minhas madrinhas Toinha Vasconcelos e Cristina Pontes, mãe Sé (Excelsa Vasconcelos), Fatinha ( Maria de Fátima Marques), e meus irmãos Yvini Braga, Yarlisson Braga e Iasmin Braga, que me têm como exemplo. Eu amo vocês! Obrigada por me incentivarem a ir tão longe por nós. Agradeço também à família do meu padrinho, que ansiosamente espera minhas viagens ao interior e sempre foi meu auxílio em tudo.

À dona Márcia Freitas, que é como uma mãe para mim e que, durante tantas madrugadas, acordava para me abençoar com suas palavras, aspergindo água benta em mim antes de eu pegar o táxi.

Minha sincera gratidão à minha orientadora, Oscarina Viana, que, com tanta maestria, me guiou durante toda a trajetória estudantil, juntamente com a Cris ( Cristiane Teles), uma mãe no laboratório. E, carinhosamente, ao meu coorientador, Robério Freitas, que, em tantos momentos de desespero, me disse: "Vai dar certo, mulher!". Você foi um pilar essencial nesse processo.

À equipe do LAMAP, muito obrigada! Vocês foram minha família em Fortaleza, em especial Daniel Borges Igor Dantas, Ariele Rodrigues, Raquel Soares e Alexandra Sampaio. Às noviças Beatriz Morais, Natiela Rodrigues, Vitória Maciel, Juliane Soares, Graziela Queiroz , Vitória Campos e Vitória Keller, que dividiram comigo por vários anos a rotina da residência. E, em especial, às minhas amigas Andréina e Tay, que tanto me

incentivaram e me auxiliaram com empenho na formatação do trabalho.

Agradeço também aos vigilantes — Seu Sergiano, Seu Mauro, Beto, Seu Marcelinho, Daniel e Seu Ferreira — que sempre me receberam com gentileza e cumpriram tão bem a tarefa de promover a segurança das residentes. E à auxiliar de serviços gerais, carinhosamente chamada de Chica, obrigada por manter nossa casa sempre limpa e por ser uma verdadeira amiga.

Aos meus amigos Ana Kelly Ferreira, Letícia Sá , Lucas Facundo, Madalena Vasconcelos, Manuela Vasconcelos, Marianna Almeida e Maria Lívia, que, antes mesmo da faculdade, sempre acreditaram no meu potencial de chegar até aqui. Obrigada por tantas vezes levantarem minha cabeça quando eu mesma não acreditava em mim.

Ao meu grupo Transambientais — Maxwell Cruz, Isabelle Teixeira, Vívian Rodrigues, Angélica Caetano e Mariana Lima — que tornaram a caminhada acadêmica muito mais leve e feliz.

Às meninas com quem trabalhei no PEAS, que tanto me ensinaram no ambiente profissional — Adrian, Thaynara Cardoso e Andressia Régia. E de uma forma muito especial, à minha amiga Larisse Carvalho, que, nos últimos 1 ano e 7 meses, foi meu guia em tantos momentos. Minha vida é muito mais feliz depois da nossa amizade. Achei que passaria por tudo sozinha, mas, ao lado dela, percebi que a amizade cura. E, a partir dela, conheci pessoas incríveis a quem também sou grata: os meninos do AP Talismã — Roniel, Lucas, Jonas e Briti — que me acolheram de forma singular.

A toda equipe de limpeza e segurança do LABOMAR, bem como aos funcionários do Restaurante Universitário, que sempre me receberam com tanto carinho, em especial Tio Chico, Reginaldo, Wagner, Dona Célia, Nirvana, Cláudia, Natália e Cleiton.

Por fim, mas não menos importante, meu sincero agradecimento a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta etapa tão importante da minha vida. Cada palavra de apoio, cada gesto de carinho e incentivo foram essenciais para que eu chegasse até aqui. E também àqueles que participaram e me auxiliaram, mas, em algum momento, escolheram não fazer mais parte desse sonho. Vocês moram no meu coração, e levarei cada um comigo em minha jornada.

“Nada é pequeno se feito com amor”  
- Santa Terezinha

## RESUMO

As cidades costeiras do Nordeste são atraentes para a atividade turística doméstica e internacional. No entanto, a maioria das praias urbanas não apresenta uma boa qualidade ambiental para os usuários, o que está intimamente relacionado com o saneamento das cidades, usos e pressões sobre esses ambientes costeiros. A cidade de Fortaleza - Ceará é um dos destinos mais procurados para viagens no Brasil, por isso, a pesquisa teve como principal objetivo acompanhar a qualidade microbiológica de água e areia das praias (considerando granulometria) fatores climáticos e frequência de turistas. As variáveis secundárias consideradas foram: temperatura do ar; índices de insolação e radiação; índices pluviométricos; e índices de balneabilidade divulgados. As coletas foram realizadas no intervalo de abril a outubro de 2023, configurando os períodos Antes da alta temporada (AAT), alta temporada (AT) e pós-alta temporada (PAT) turística da cidade de Fortaleza-CE. Os pontos de coleta compreenderam as praias de grande movimentação turística, sendo elas a Praia Caça e Pesca, Praia do Futuro, Praia de Iracema e Praia do Meireles. Foram coletadas amostras de água e areia em cada ponto. As maiores estimativas de coliformes termotolerantes foram observados nas águas das praias dos pontos P1 (Caça e Pesca) e P3 (Iracema). O mesmo padrão de concentração, de bactérias do grupo coliformes termotolerantes foi verificado na areia dessas praias, principalmente agregados aos grânulos de maior tamanho no período AAT. Aponta-se que a contaminação por coliformes termotolerantes em praias urbanas de Fortaleza está mais relacionada a ação de fatores climáticos, como o poder de carreamento dos microrganismos, pela precipitação pluviométrica, do que à sazonalidade turística. A análise dos dados secundários revelou que Fortaleza mantém um fluxo turístico significativo ao longo do ano, com taxas elevadas de ocupação em abril (71,8% no Observatório e 58,6% no Fórum de Operadores Hoteleiros do Brasil - FOHB) e julho (74,2% no Observatório e 71,4% no FOHB). Evidencia-se que mesmo fora do período tradicional de alta temporada, a cidade continua recebendo um grande número de visitantes. Foi verificado também que a areia apresentou maiores concentrações de coliformes do que a água, principalmente em partículas de granulometria média, sugerindo seu papel como reservatório microbiano. Foi perceptível que o aumento das chuvas proporcionou a dispersão de contaminantes para a zona costeira. Recomenda-se a importância do fortalecimento da infraestrutura de saneamento, o monitoramento da qualidade da água e areia e estudos futuros para compreender melhor a dinâmica de microrganismos no sedimento como forma de contribuição para atualização da legislação nacional para balneabilidade.

**Palavras-chave:** coliformes termotolerantes; granulometria da areia; qualidade sanitária; fluxo turístico.

## ABSTRACT

The coastal cities of the Northeast are attractive to national and international tourism. However, the environmental quality of urban beaches for users is often suboptimal, a problem closely related to the basic sanitation of cities, their uses and pressures on these coastal environments. The city of Fortaleza, in the state of Ceará, is a prime example of a tourist destination of significant popularity in Brazil. The primary objective of the present study was to monitor the microbiological quality of the water and sand on the beaches, with particular attention to granulometry, in addition to climatic factors and the frequency of tourists. The secondary variables considered were: air temperature, insolation and radiation indices; rainfall index; and published bathing indices. The collection period was from April to October 2023, encompassing the tourist periods Before the High Season (BHS), High Season (HS) and After High Season (AHS) in the city of Fortaleza-CE. The collection points included the beaches with high tourist traffic, namely Praia Caça e Pesca, Praia do Futuro, Praia de Iracema and Praia do Meireles. Water and sand samples were collected at each site. The highest estimates of thermotolerant coliforms were observed in the water samples collected from points P1 (Caça e Pesca) and P3 (Iracema). The same concentration pattern of thermotolerant coliform bacteria was found in the sand of these beaches, mainly aggregated in the larger granules at the bottom. It appears that contamination by thermotolerant coliforms on Fortaleza's urban beaches is more related to the action of climatic factors, such as the power of rainfall to carry microorganisms, than to tourist seasonality. The analysis of secondary data revealed that Fortaleza maintains a significant tourist flow throughout the year, with high occupancy rates in April (71.8% in the Observatory and 58.6% in the Forum of Hotel Operators of Brazil - FOHB) and July (74.2% in the Observatory and 71.4% in the FOHB). It is evident that even outside the conventional high season, the city continues to receive a substantial number of visitors. Furthermore, it was determined that the sand exhibited higher concentrations of coliforms in comparison to the water, predominantly within medium-grained particles. This observation signifies the sand's potential function as a microbial reservoir. It was observed that an increase in rainfall led to the dispersion of contaminants in the coastal zone. It is recommended that the sanitation infrastructure be strengthened, that water and sand quality be monitored, and that further studies be conducted to enhance our understanding of the dynamics of microorganisms in the sediment, thereby contributing to the updating of national bathing legislation.

**Keywords:** thermotolerant coliforms; sand granulometry; sanitary quality; tourist flow

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Taxa de ocupação hoteleira para a cidade de Fortaleza (CE) no ano de 2023	30
Tabela 2 - NMP de coliformes termotolerantes em amostras de água coletadas em praias urbanas de Fortaleza (CE)	31
Tabela 3 - NMP de coliformes termotolerantes em amostras de areia coletadas em praias urbanas de Fortaleza (CE) e separadas de acordo com a granulometria	33
Tabela 4 - Análise do valor de NMP nas amostras de água e areia coletadas	35
Tabela 5 - Identificação bacteriana por teste IMViC	37
Tabela 6 - Coeficiente de correlação de Pearson dos resultados de NMP das amostras de água e areia com as condições ambientais registradas para Fortaleza (CE) no período de coleta	40
Tabela 7 - Análise Comparativa dos Parâmetros Climáticos nas Praias de Fortaleza (CE)	42

## **LISTA DE SIGLAS**

AAT	Antes da Alta Temporada
AT	Alta Temporad
CE	Ceará
CM	Centímetro
CNDUM	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DQÁ	Diretiva Quadro da Água
EC	Escherichia coli
FOHB	Fórum de Operadores Hoteleiros do Brasil
FUNCENE	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LABOMAR	Instituto de Ciências do Mar
LAMAP	Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado
MM	Milímetro
MR-VP	Methyl Red-Voges Proskauer
MS	Ministério da Saúde
MCS	Sociedade de Conservação Marinha
NMP	Número Mais Provável
ODS	Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PAT	Pós-Alta Temporada
PCD	Plataforma de Coleta de Dados
SEMAPE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará
SIM	Ágar Sulfeto-Indol-Motilidade
TSA	Ágar Triptona Soja
UFC	Universidade Federal do Ceará
UV	Ultravioleta

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	16
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	18
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b>	18
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b>	18
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	19
<b>3.1</b>	<b>Conceitos básicos</b>	19
<b>3.1.1</b>	<b><i>Definição de turismo costeiro e marinho</i></b>	19
<b>3.2</b>	<b>Importância da qualidade da água marinha para os ecossistemas e para a saúde pública</b>	19
<b>3.3</b>	<b>Poluição hídrica e atividades turísticas</b>	20
<b>3.4</b>	<b>Drenagem pluvial urbana</b>	21
<b>3.5</b>	<b>Indicadores de qualidade microbiológica das águas costeiras</b>	22
<b>3.6</b>	<b>Coliformes termotolerantes</b>	23
<b>3.7</b>	<b>Políticas e regulamentações nacionais e internacionais relacionadas à proteção da qualidade da água marinha</b>	24
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	26
<b>4.1</b>	<b>Obtenção e análise de dados secundários</b>	26
<b>4.2</b>	<b>Período e localização dos pontos de coleta</b>	26
<b>4.3</b>	<b>Coleta das amostras</b>	28
<b>4.3.1</b>	<b><i>Amostras de água</i></b>	28
<b>4.3.2</b>	<b><i>Amostras de areia</i></b>	28
<b>4.4</b>	<b>Processamento das amostras</b>	28
<b>4.4.1</b>	<b><i>Amostras de água</i></b>	28
<b>4.4.2</b>	<b><i>Amostras de areia</i></b>	28
<b>4.5</b>	<b>Colimetria pelo método de determinação do número mais provável</b>	30
<b>4.5.1</b>	<b><i>Prova presuntiva: etapa para indicar a presença de coliformes totais</i></b>	30
<b>4.5.2</b>	<b><i>Prova confirmatória: etapa para indicar a presença de coliformes termotolerantes</i></b>	30
<b>4.5.3</b>	<b><i>Isolamento e quantificação de Escherichia coli das amostras de água e areia</i></b>	30
<b>4.6</b>	<b>Classificação morfológica e bioquímica dos isolados</b>	31
<b>4.6.1</b>	<b><i>Coloração de Gram</i></b>	31
<b>4.6.2</b>	<b><i>Provas bioquímicas</i></b>	31

4.6.2.1	<i>Produção de Indol (SIM)</i>	31
4.6.2.2	<i>Teste de Voges-Proskauer (VP)</i>	31
4.6.2.3	<i>Teste de Vermelho de Metila (VM)</i>	32
4.6.2.4	<i>Teste de Citrato</i>	32
4.7	<b>Análises estatísticas</b>	32
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	33
5.1	<b>Ocupação hoteleira em Fortaleza</b>	33
5.2	<b>Colimetria das águas em praias urbanas de Fortaleza</b>	33
5.3	<b>Colimetria das amostras de areia em diferentes granulometrias</b>	35
5.4	<b>Identificação Fenotípica</b>	40
5.5	<b>Análise Comparativa dos Parâmetros Climáticos</b>	43
6	<b>CONCLUSÃO</b>	47
	<b>REFERÊNCIAS</b>	48

## 1 INTRODUÇÃO

O conceito de turismo é tido como o conjunto de atividades realizadas pelas pessoas durante suas viagens e estadas em lugares diferentes ao de seu entorno habitual, por um período de tempo menor que um ano (Dias, 2003). Com o objetivo de lazer, negócios e outros, não considerando períodos de realização de atividades remuneradas no local de visita (Organização Mundial do Turismo, 2001).

As cidades costeiras do Nordeste são atrativas para a atividade turística doméstica e internacional. A cidade de Fortaleza - Ceará (CE) é um dos destinos mais buscados para viagens no Brasil (Sena, 2023). Ao mesmo tempo, constata-se que praias que são atração turística nos diversos estados do Nordeste, não apresentam boa qualidade da água para os banhistas (Santos, 2023).

Os recursos hídricos desempenham um papel significativo para as atividades turísticas, no entanto, estes precisam possuir qualidades com potencial de atrair e satisfazer os turistas e devem estar em conformidade com os limites de parâmetros indicadores estabelecidos para o uso de contato primário, conforme Silva (2015). Conclui-se que, para o sucesso de atividades turísticas relacionadas ao uso das águas, tais como turismo costeiro e marinho, a qualidade ambiental deve ser bem gerenciada.

O sucesso da atividade turística está intimamente relacionado com o saneamento das cidades. Uma vez que condições desfavoráveis podem propiciar o aumento da disseminação de microrganismos patogênicos e a proliferação de vetores de doenças, afirma Figueiredo (2021). Desse modo, a melhoria da infraestrutura e dos serviços de saneamento é fundamental para melhorar a qualidade de vida, a saúde pública e o desenvolvimento do turismo sustentável na região Nordeste.

Portanto, o turismo em cidades costeiras exerce pressão sobre a contaminação da água e questões ambientais. O turismo de massa convencional contribui para a poluição marinha por meio do descarte inadequado de resíduos (Grechinski; Goveia, 2021). Em estudos que avaliam a percepção dos moradores sobre os efeitos ambientais das atividades turísticas, a principal conclusão foi que a indústria turística não é "limpa", e os moradores dessas regiões são vistos como vítimas dos danos ambientais (Maracajá; Pinheiro, 2020).

Essa preocupação é mundial, tendo a Organização das Nações Unidas (ONU) definido entre os seus 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS), dois deles que podem auxiliar no alinhamento de um turismo mais sustentável: objetivos 06 e 14 que tratam da qualidade da água, bem como de seu entorno (Alisha; Rasoolimanesh; Cobanoglu,

2020; Boluk; Rasoolimanesh, 2022).

O objetivo 06 visa assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos, enquanto o ODS 14 foca na conservação e uso sustentável dos oceanos e recursos marinhos até 2030. Suas metas incluem a redução significativa da poluição marinha, especialmente de origem terrestre, como detritos e poluentes nutrientes. Além disso, visa aumentar os benefícios econômicos de alguns países visando uma gestão sustentável de pesca, aquicultura e turismo marinho (Nações Unidas Brasil, 2023).

Assim, ter acesso ao saneamento básico com tratamento eficiente de esgoto é um direito da população e está diretamente relacionada à qualidade de vida, indicadores de saúde e de desenvolvimento. O setor turístico precisa se alinhar como atividade sustentável, uma vez que esta atividade é responsável por movimentar um importante setor econômico que afeta diretamente várias camadas sociais (Alamineh *et al.*, 2023). Essas características apontam a importância de um gerenciamento sustentável de tais atividades, com o objetivo de manter os padrões aceitáveis da qualidade de água e de todo o seu entorno.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Estabelecer relação entre o número de coliformes termotolerantes em amostras de água e areia em praias urbanas com fatores climáticos, frequência de turistas na cidade de Fortaleza (CE) e a granulometria do sedimento.

### 2.2 Objetivos específicos

- Estabelecer o número mais provável (NMP) de coliformes em amostras de água e de areia classificadas por diferentes granulometrias coletadas em praias de Fortaleza (CE).
- Comparar as abundâncias de coliformes termotolerantes entre as diferentes granulometrias das amostras de areia.
- Comparar as abundâncias de coliformes termotolerantes entre as amostras de areia e água.
- Correlacionar variáveis climáticas e ambientais com a abundância de coliformes termotolerantes encontradas nas amostras de água e areia.
- Demonstrar a potencial relação entre a má qualidade das águas costeiras da cidade de Fortaleza (CE) com os níveis de ocupação em hotéis da orla da cidade.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Conceitos básicos**

##### ***3.1.1 Definição de turismo costeiro e marinho***

A zona costeira é a região geográfica de interface terra mar e atmosfera, além de ecossistemas marinhos e terrestres. Sua composição inclui falésias, baías, ilhas, praias, recifes, manguezais, dunas e restingas, entre outros elementos. (INEA,2019) A partir da segunda metade do Século XX, ocorreu o grande *boom* do turismo no entorno da zona costeira, motivado principalmente pelo aumento do poder de compra, e pelo grande incremento do uso dos transportes (Dias, 2003).

Segundo Barros (2005), a utilização dessas áreas para fins de extração de recursos naturais e de turismo alavancou a enorme concentração demográfica das áreas costeiras e consequentemente seu elevado valor imobiliário e turístico. Tais características presentes na interface terra-mar, tornam as cidades costeiras foco de graves problemas socioambientais, relacionados principalmente à degradação dos ecossistemas costeiros e marinhos.

O enfoque nessas áreas costeiras abrange o turismo de praia e lazer realizado na costa, incluindo entre outros, banhos, passeio na areia e/ou quaisquer atividades recreativas realizadas no entorno, e para além dessas, todas as atividades de lazer ligadas a água como o mergulho, navegação, exploração subaquática e outras (Brito; Gouveia, 2021).

Nessas áreas, a alta densidade populacional, juntamente com o crescimento urbano, o turismo desordenado e a industrialização, representam as principais ameaças aos recursos naturais e à biodiversidade. Os efeitos do desenvolvimento não planejado causam instabilidade nos ecossistemas incluindo dunas e matas de restinga, assoreamento de rios, destruição de manguezais, e alterações no uso da terra. Resultando em demandas insustentáveis sobre os recursos naturais de maneira geral (Souto; Povinelli, 2013).

#### **3.2 Importância da qualidade da água marinha para os ecossistemas e para a saúde pública**

O equilíbrio trófico dos ecossistemas aquáticos como os oceanos, não se faz importante somente para manter a saúde e bem-estar do seu entorno, mas é um pilar intrinsecamente fundamental para manter a identidade da biodiversidade residente na costa, e

trazer efeitos benéficos para a manutenção e para a estabilidade de outros ecossistemas por meio dos serviços ecossistêmicos marinhos Barros (2005). Ainda de acordo com o autor, como exemplos dos benefícios podem ser mencionados, a regulação de nutrientes e do clima, o gerenciamento de poluentes e de recursos naturais, além de serem base para a elaboração de pesquisas que elucidam questões pertinentes na contemporaneidade.

Para Stewart *et al.* (2008), a manutenção destes ecossistemas em estados funcionais e saudáveis é essencial para o nosso bem-estar futuro, visto que, os ecossistemas oceânicos e estuarinos podem determinar em que medida os seres humanos estão expostos a agentes patogénicos microbianos, que incluem tanto os agentes patogénicos autóctones marinhos e contaminantes microbianos introduzidos externamente. Assim como exposto por Cardonha *et al.* (2004), a ausência de boas condições sanitárias faz com que o ambiente marinho se comporte como uma fonte de contaminação, podendo ocasionar as denominadas doenças de veiculação hídrica, causadas por microrganismos patógenos de origem entérica, e transmitidas primariamente por via fecal-oral por meio de contaminação fecal na água, diretamente ou em decorrência de fatores externos interligados ao meio.

### **3.3 Poluição hídrica e atividades turísticas**

Os diversos tipos de poluição são os principais causadores da redução da disponibilidade de água quando se refere aos aspectos qualitativos, onde quer que exista, a poluição sempre será um grave problema para o homem e para o meio ambiente (Moura, 2011). No mar, há condições e recursos que ajudam a neutralizar parte da poluição, mas a capacidade de recepção e de absorção é limitada e com a ocupação nas cidades litorâneas aumentando (Baines, 2001). O autor ainda salienta a preocupação que se torna cada vez maior uma vez que a descargas de efluentes e resíduos aumenta com o crescimento dos centros urbanos sobrecarregando a capacidade de depuração dos oceanos.

No que se refere às fontes poluidoras da água, diversas delas são facilmente destacadas como o despejo do esgoto no mar, o lixo doméstico e industrial, os rejeitos e outros também relacionados a derramamento de petróleo e seus derivados, advindos de diversos fatores, tais como embarcações (Porto, 2000). A questão é também enfatizada pela Sociedade de Conservação Marinha (MCS), que considera que o lixo marinho é oriundo de quatro principais fontes, quais sejam: (i) lixo recreativo e relacionado com o turismo; (ii) detritos de pesca; (iii) detritos relacionados a esgoto; e (iv) resíduos de transportes (Pollard; Davis; Harris, 1999).

De acordo com Santos e Lima (2003), categorizando essa poluição, pode-se defini-la como do tipo difusa e do tipo pontual. A poluição do tipo difusa é caracterizada como aquela que é difícil de controlar a origem, estando relacionada com as alterações que o homem provoca no meio ambiente e às primeiras chuvas, tendo como principais poluentes associados a este tipo de poluição, os sedimentos, sólidos flutuantes, carência de oxigênio, nutrientes, metais pesados, óleos e gorduras, agentes microbiológicos, e outras substâncias tóxicas. Ainda segundo o autor, já a poluição do tipo pontual é definida como toda e qualquer poluição que possua uma fonte de fácil localização e frequentemente com regime contínuo de produção, tendo como exemplo as águas residuárias, que abrangem os efluentes domésticos e as descargas industriais, que representam a maior fonte artificial de poluição pontual de corpos hídricos.

Nesse contexto, quando é levado em consideração a poluição oriunda de atividades turísticas (independentemente do tipo, costeiro e marinho), esta pode ser classificada como poluição difusa, sendo, portanto, de difícil controle, visto que não há uma fonte de poluição de fácil localização.

### **3.4 Drenagem pluvial urbana**

Tucci (2008) descreve que em ambientes urbanos já consolidados, se faz necessária a implementação de uma série de medidas, que visam o controle do escoamento da água pluvial, antes de sua descarga nos corpos receptores.

O sistema de tubulações para condução de águas pluviais, ou a rede primária urbana, é nomeado de microdrenagem. Tal sistema é projetado para atender a drenagem de precipitações com risco moderado, e é constituído pelas redes coletoras de águas pluviais, poços de visita, bocas de lobo e meios-fios encontrados nas vias urbanas. Este sistema está conectado a outro sistema denominado macrodrenagem, destinado à condução final das águas captadas pela microdrenagem (drenagem primária), dando prosseguimento ao escoamento dos deflúvios oriundos das ruas, sarjetas, sarjetões, valas e galerias. (FUNASA; UFF; IBAM, 2016).

Nesse contexto, o Ministério da Saúde (MS) aponta que a drenagem é um fator essencial no escoamento da água para combater a propagação de doenças de veiculação hídrica (FUNASA, 2004). Em áreas ausentes de limpeza pública adequada, após uma chuva, o escoamento proveniente da lavagem das ruas pode ser tão danoso quanto o esgoto bruto. Em municípios costeiros esta drenagem pode prejudicar a balneabilidade das praias, afetando a

saúde pública. Isso acontece devido a capacidade que a água tem de carrear os dejetos urbanos. Uma vez que, a drenagem pluvial pode carrear além da contaminação fecal, diversas outras frações particuladas e dissolvidas, tais como sedimento e outros poluentes (Jartun et al., 2008; Jordão; Pessôa, 1995).

Nessa perspectiva, com os níveis de ocupação costeira crescendo cada vez mais, consequentemente mais resíduos no entorno da costa são criados e carreados para a faixa marítima levando em conta ainda o modelo de escoamento adotado pelo Brasil. O modelo utilizado é um sistema onde o esgoto é coletado separadamente da drenagem pluvial, comumente chamado de separador total, onde o esgoto coletado é transferido para estações de tratamento, e as águas pluviais são coletadas por outra rede independente (USEPA, 2004; Von Sperling; Chernicharo, 2005). Tal sistema enfrenta problemas, uma vez que a separação nunca é efetiva, podendo ocorrer falhas de operação, projetos inadequados, ligações irregulares (clandestinas) e outros, que permitem a mistura dos efluentes (USEPA, 2004).

Sendo assim, cada vez mais a costa brasileira, vem sendo impermeabilizada pela presença de centros urbanos, acarretando um aumento considerável do escoamento urbano despejado sobre os ecossistemas costeiros (Saes, 2014). Em decorrência disso, são ocasionados diversos problemas de saúde e bem-estar, visto que, segundo estudos, a drenagem pluvial é apontada como a maior fonte de contaminação fecal para as praias (Vieira et al., 2002; Vieira et al., 2011).

### **3.5 Indicadores de qualidade microbiológica das águas costeiras**

Desde o início do século XX, melhorias nas condições sanitárias no Brasil foram essenciais para a redução e, em alguns casos, erradicação de diversas doenças. Contudo, mesmo com esses avanços, doenças infecto-parasitárias associadas a condições precárias de vida, ainda representam uma parcela relevante da morbimortalidade da população. Doenças evitáveis com medidas adequadas de saúde pública e qualidade da água. (FUNASA, 2010).

O diagnóstico de qualidade das águas recreacionais acontece através da análise e monitoramento da presença de indicadores, aos quais são importantes para investigar os riscos que os microrganismos patogênicos podem trazer para a saúde dos usuários e para o ambiente (Pinto; Oliveira, 2011). Os indicadores da qualidade microbiana das águas das praias são bastante utilizados para verificar a saúde e segurança ambiental nas zonas balneares. Bactérias indicadoras, como coliformes termotolerantes e *Escherichia coli*, são utilizadas na maioria dos casos porque afetam a presença de patógenos fecais causadores de doenças nos seres

humanos (Brasil, 2000).

Estes microrganismos são um indicador confiável de poluição e uma visão geral da qualidade da água, especialmente em praias urbanas. Em uma cidade turística como Fortaleza (CE), o aumento do número de pessoas durante a alta temporada (AT) aumenta a poluição e precisa ser monitorado para garantir desde a proteção da vida marinha até a saúde dos seres humanos.

É muito importante detectar enterobactérias em águas salgadas e quentes, como em Fortaleza (CE), onde a presença desses microrganismos está relacionada ao impacto das atividades humanas e ao tratamento inadequado dos resíduos domésticos (Silva; Carvalho; Oliveira, 2021). Desse modo, monitorar a qualidade microbiológica da água e da areia contribui se faz muito necessário para compreensão dos impactos ambientais e de saúde relacionados ao turismo, uma parte importante do desenvolvimento urbano.

A análise microbiológica e os indicadores de controle da poluição por lixo nas praias urbanas fornecem informações valiosas para apoiar políticas balneares e de saúde pública. Segundo Vieira e Nascimento (2020), a utilização destes indicadores pode avaliar a aptidão da área para atividades recreativas e garantir que medidas preventivas sejam tomadas quando necessário para propiciar o turismo. Para uma cidade como Fortaleza (CE), estas atividades de monitoramento são um grande apoio para a promoção da saúde ambiental e a proteção das praias para atividades recreativas seguras, bem como a oportunidade de melhorar a qualidade do turismo e o bem-estar dos moradores locais.

### **3.6 Coliformes termotolerantes**

Os coliformes termotolerantes, podem ser definidos como coliformes fecais, que são por sua vez, um grupo de bactérias que vivem no intestino de animais e que são usados para avaliar a contaminação fecal das águas. Segundo Von Sperling “os coliformes termotolerantes são um subconjunto dos coliformes totais, capazes de fermentar a lactose a 44,5°C, característica associada à origem fecal.” . Assim, quando encontradas em águas naturais quer dizer que existe a possibilidade de risco microbiológico à saúde humana.

Nesse sentido, para além da atuação enquanto indicadores microbiológicos, há, ainda, colaboração dos coliformes termotolerantes para aferição de eficiência de procedimento de tratamento de esgoto, sendo que o decréscimo de sua quantidade em efluentes tratados remete a um regime eficiente de procedimento. Conforme Silva e Araújo (2011, p. 67), “a contagem de coliformes termotolerantes antes e após o tratamento é uma prática consolidada na verificação da remoção de carga biológica nos sistemas de

saneamento”. Deste modo, não somente tais microrganismos contribuem para o diagnóstico ambiental, como também para o avanço das tecnologias relacionadas ao saneamento básico.

Considera-se, assim, que o monitoramento de coliformes termotolerantes é de extrema relevância no que se refere à verificação da qualidade sanitária em águas destinadas ao uso humano, recreação ou pesca, entre outros. Como ressaltam Bastos e Gontijo (2010, p. 45), “o uso desses microrganismos como bioindicadores permite inferir a presença de patógenos de origem entérica, como vírus e protozoários”. Desse modo, fazer essa avaliação nas águas, é um meio eficiente para se prevenir a poluição e ajudar na prevenção de doenças em decorrência dessa água contaminada.

A presença de coliformes termotolerantes é um ponto crucial para a segurança sanitária e ambiental, uma vez que esses microrganismos denotam a presença de matéria orgânica não tratada. De acordo com Tavares et al. (2012, p. 88), “a análise microbiológica das águas, com foco nos coliformes termotolerantes, é uma exigência dos órgãos de controle ambiental e de vigilância sanitária”. Portanto, é essencial a continuidade do monitoramento para prevenção de surtos de enfermidades e preservação da saúde pública.

### **3.7 Políticas e regulamentações nacionais e internacionais relacionadas à proteção da qualidade da água marinha**

A preservação da qualidade da água marinha depende de um conjunto de normas e regulamentações nacionais e internacionais que visam proteger os ecossistemas aquáticos e garantir o uso sustentável dos recursos hídricos. Em nível global, a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNDUM) estabelece diretrizes para a gestão responsável dos oceanos, abrangendo desde a delimitação das águas territoriais até a preservação dos recursos marinhos e o controle da poluição (Nações Unidas, 1982).

Na Europa, a Diretiva Quadro da Água (DQÁ) impõe normas rigorosas para garantir a qualidade da água nos países da União Europeia, buscando reduzir a poluição e proteger os ecossistemas aquáticos. Nos Estados Unidos, a Lei da Água Limpa estabelece padrões ambientais para evitar a contaminação dos rios, lagos e oceanos, limitando emissões de resíduos industriais e incentivando práticas mais sustentáveis (Environmental Protection Agency, 1972). No Brasil, a Lei nº 9.433/1997, que criou a Política Nacional de Recursos Hídricos, define princípios para a gestão eficiente da água, como a outorga para o uso dos recursos hídricos e a cobrança pelo seu aproveitamento (Brasil, 1997). Já a Lei nº 7.661/1988, que institui uma Política Nacional para os Recursos do Mar, orienta o planejamento e a

exploração sustentável dos recursos marinhos, promovendo a conservação dos ecossistemas costeiros (Brasil, 1988). Além disso, a Resolução CONAMA nº 274/2000, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), estabelece critérios para a classificação da balneabilidade das águas, garantindo padrões adequados para atividades recreativas. Estas regulamentações desempenham um papel fundamental na proteção da água marinha e na promoção de um desenvolvimento sustentável. (CONAMA, 2000; Brasil, 1988).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Obtenção e análise de dados secundários

Para complementar a análise e estabelecer relações com os dados de coliformes termotolerantes, foi realizada uma pesquisa para obter informações sobre variáveis ambientais e antrópicas que podem influenciar os parâmetros microbiológicos analisados. Os dados foram coletados a partir de bases reconhecidas nacionalmente, garantindo a confiabilidade das informações. As variáveis ambientais consideradas incluíram:

- Temperatura do ar, índices de insolação e radiação solar, obtidos a partir do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) - ([INMET, 2023](#)). Esses parâmetros são fundamentais para avaliar o impacto das condições meteorológicas sobre a qualidade da água.
- Índice pluviométrico, fornecido pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCENAME) - ([FUNCENAME, 2023](#)).
- Índices de balneabilidade, disponibilizados pela Superintendência Estadual do Meio Ambiente (SEMACE). Esses índices são essenciais para monitorar a qualidade das águas nas praias da região ao longo do período estudado (SEMACE, 2023).

Além dos fatores ambientais, foram analisadas variáveis relacionadas à ocupação turística, obtidas por meio de relatórios da Prefeitura de Fortaleza - Observatório do Turismo e do Fórum de Operadores Hoteleiros do Brasil (FOHB).

### 4.2 Período e localização dos pontos de coleta

As coletas foram realizadas no intervalo de abril a outubro de 2023, configurando os períodos de variação da demanda turística da cidade de Fortaleza (CE) - Antes da alta temporada (AAT), coleta em 18 de abril de 2023, alta temporada (AT), coleta em 04/07/2023 e pós-alta temporada (PAT), coleta em 02/10/2023 turística da cidade de Fortaleza (CE). As coletas foram realizadas sempre nos períodos de baixa maré, pela manhã e com registro de condições ou eventos que pudessem influenciar nos resultados, como por exemplo a presença de chuvas no dia da coleta e três dias antes da data da coleta de amostras, informações obtidas através do INMET.

Os pontos de coleta compreenderam quatro praias de grande frequência da

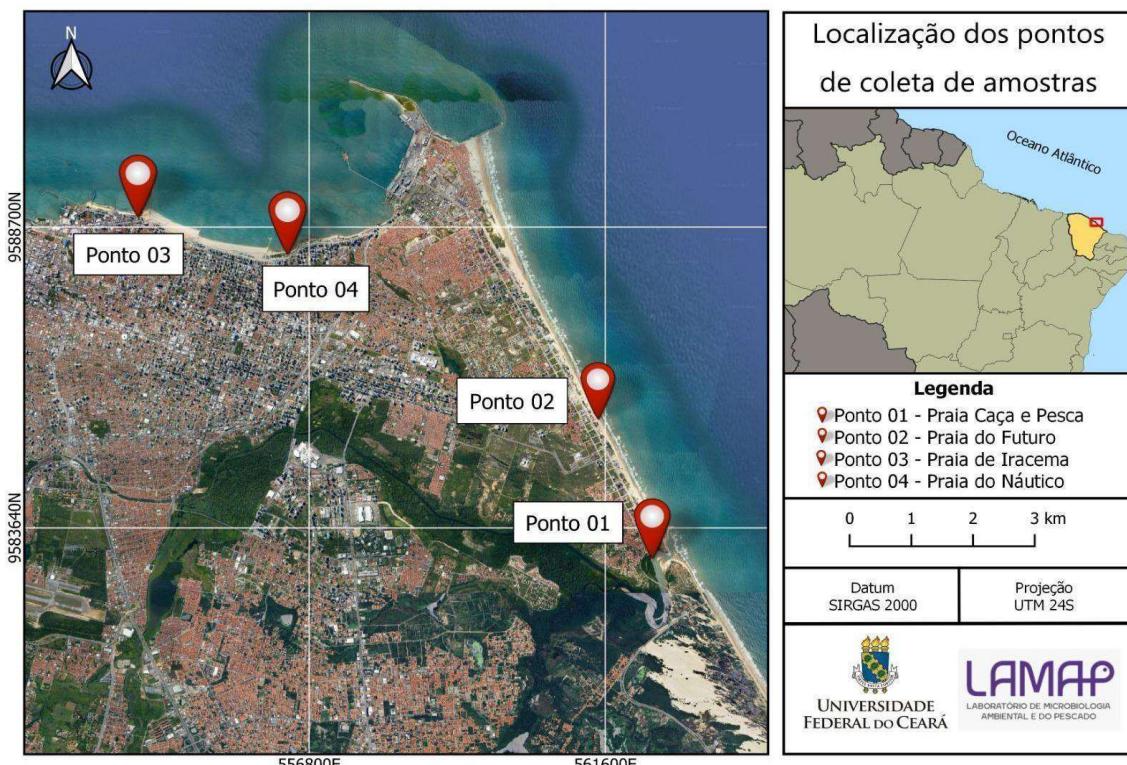
população e turistas (Quadro 1 e Mapa 1).

Quadro 1 – Georreferenciamento dos pontos de coleta.

Ponto	Praia	Localização
Ponto 1	Caça e Pesca	3°46'13.9"S 38°26'18.3"W
Ponto 2	Futuro	3°44'56.3"S 38°26'46.3"W
Ponto 3	Iracema	3°43'06.9"S 38°30'48.2"W
Ponto 4	Meireles	3°43'27.9"S 38°29'29.4"W

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025, dados de localização retirados da plataforma google maps.

Mapa 1 - Localização dos pontos de coleta das amostras de água e areia em praias de Fortaleza



Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

## 4.3 Coleta das amostras

### 4.3.1 Amostras de água

As amostras de água foram coletadas com uso de garrafas de vidro de cor âmbar previamente esterilizadas, com capacidade de 1L, em uma profundidade de pelo menos 30 cm. Após a coleta, as amostras foram transportadas para o Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado (LAMAP) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

### 4.3.2 Amostras de areia

Cada amostra foi retirada com o auxílio de um amostrador em uma profundidade de 15 cm. As amostras de areia foram coletadas com um coletor e acondicionadas em sacos plásticos de fecho *zip lock* com capacidade de 500g e adicionadas em caixa térmica higienizada. Após as coletas, as amostras foram transportadas para o LAMAP - LABOMAR da UFC.

## 4.4 Processamento das amostras

### 4.1.1 Amostras de água

De cada amostra de água coletada foram retiradas alíquotas de 1 mL e adicionadas em tubos de ensaios contendo 9 mL de solução salina a 0,85% de NaCl, para realização das diluições seriadas, esta etapa constitui a diluição de  $10^{-1}$ . Esse procedimento foi repetido até a diluição  $10^{-5}$  (Esquema 1).

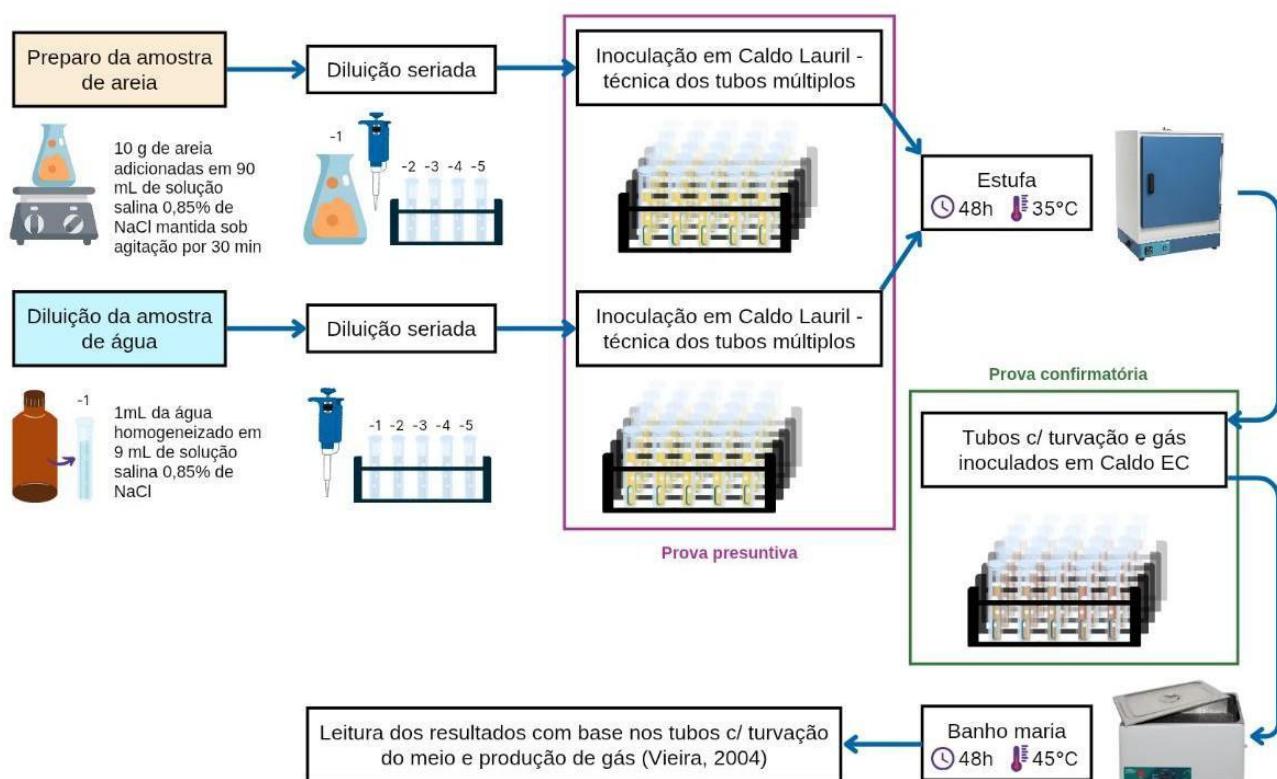
### 4.4.2 Amostras de areia

Ao chegar no Laboratório, cerca de 500g das amostras de areia passaram por processo de classificação granulométrica sendo peneiradas por um conjunto de peneiras de malhas de A- 2 mm, B- 0,710 mm, C- 0,500 mm e D- 0,125 mm. Este processo de peneiramento possibilita a análise da distribuição da concentração na granulometria da areia,

identificando os tamanhos de grânulos nos quais as bactérias apresentam maior tendência de adesão e agregação. As peneiras foram empilhadas respectivamente, do maior para o menor tamanho de malha. Uma leve pressão era exercida com auxílio de uma espátula de metal para facilitar a passagem dos grãos pelas malhas. As parcelas de areia retidas em cada peneira foram coletadas separadamente para análise de colimetría.

De cada parcela foram retirados 10g, adicionado em frasco contendo 90mL de solução salina a 0,85% de NaCl e homogeneizados por 30 minutos em agitador magnético, a fim de desagregar as células microbianas dos grânulos de areia. A partir desse lavado, que constituiu a diluição  $10^{-1}$ , se seguiu o processo de diluições seriadas até a  $10^{-5}$ , repassando alíquota de 1mL para tubos com 9mL de solução salina 0,85% (Esquema 1).

Esquema 1 – Fluxograma das etapas de processamento das amostras de água e areia para o teste de colorimetria



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025

## **4.5 Colimetria pelo método de determinação do número mais provável**

### ***4.5.1 Prova presuntiva: etapa para indicar a presença de coliformes***

De cada diluição preparadas na etapa anterior, foram retiradas uma alíquota de 1 mL para ser transferida a um tubo contendo 10 mL de Caldo Lauril Sulfato (Difco®) com tubos de Durham invertidos (Esquema 1). Este procedimento foi feito em cinco repetições para cada diluição utilizando assim, a técnica dos tubos múltiplos. Os tubos foram incubados a 35°C por 24 a 48 h, sendo considerados positivos para a prova presuntiva de coliformes aqueles tubos que apresentaram crescimento microbiano (turvação do meio de cultura) e produção de gás nos tubos de Durhan após esse período (Vieira, 2004).

### ***4.5.2 Prova confirmatória: etapa para indicar a presença de coliformes termotolerantes***

Dos tubos positivos da etapa presuntiva, um inóculo foi transferido para tubos contendo 4 mL do meio de cultura caldo *Escherichia coli* (EC) com tubos de Durhan invertidos. Após esse processo, os tubos foram incubados em banho-maria a 45°C por 48h (Esquema 1). A positividade desta prova foi verificada através da observação de crescimento microbiano (turvação do meio de cultura) e formação de gás nos tubos de Durhan (Vieira, 2004).

### ***4.5.3 Isolamento e quantificação de *Escherichia coli* das amostras de água e areia***

De cada tubo positivo da etapa confirmatória, foi retirado uma alíquota para estriamento em placa de Petri contendo Ágar Eosina-Azul de Metileno (EMB), onde seguiram para incubação a 35°C por 24 horas. Em seguida, foram isoladas de 3 a 5 colônias, preferencialmente de cada diluição, com brilho verde metálico e/ou centro negro, características consideradas típicas de colônias de *E. coli*. Estas colônias foram inoculadas, separadamente, em tubos de Ágar Triptona Soja (TSA) (Difco), incubados a 35°C por 24 horas (Vieira, 2004).

## 4.6 Classificação morfológica e bioquímica dos isolados

### 4.6.1 Coloração de Gram

Para a coloração de Gram, esfregaços foram preparados em lâminas de vidro a partir do crescimento da cultura em ágar TSA e coradas segundo o método da coloração de Gram (Tortora; Funke; Case, 2017). Após esse processo, foi observado suas características morfotintoriais em microscópio óptico, as quais foram descritas como bastonetes Gram-negativos.

### 4.6.2 Provas bioquímicas

#### 4.6.2.1 Produção de Indol (SIM)

Todas as cepas foram inoculadas em tubos contendo Ágar Sulfeto Indol Motilidade (SIM) e incubadas a 35°C por 24 horas. Após o período de incubação, foi observado uma motilidade, cepas que apresentaram crescimento e turvação do meio como um todo foram consideradas móveis, e as que cresceram apenas no local da semeadura foram consideradas imóveis. Após essa observação, foi adicionado ao meio três gotas do reagente de Kovacs. O teste de indol, verifica a capacidade da bactéria de degradar o aminoácido triptofano e converter em índol, um composto detectável pela adição do reagente de Kovacs. A positividade do teste foi evidenciada pela formação de um halo rosa. O resultado negativo foi caracterizado pela formação de um halo amarelo (Vieira, 2004).

#### 4.6.2.2 Teste de Voges-Proskauer (VP)

As cepas foram inoculadas em tubos contendo caldo Methyl Red-Voges Proskauer (MR-VP) e incubadas a 35°C por 48 horas. Após o período de incubação, foram adicionados, para cada mililitro do meio, 0,6 mL do reagente Barrit I ( $\alpha$ -naftol a 5%) e 0,2 mL do reagente Barrit II (KOH a 40%). Após agitação vigorosa, os tubos foram deixados em repouso por duas horas. A coloração vermelha na superfície do meio indicava positividade da prova (Vieira, 2004).

#### *4.6.2.3 Teste de Vermelho de Metila (VM)*

As cepas foram inoculadas em tubos contendo caldo MR-VP e incubadas a 35°C por 96 horas. Após esse período, foram adicionadas ao meio cinco gotas do reagente vermelho de metila. A mudança de coloração do meio para vermelho indicou a positividade do teste. Em caso negativo, a coloração do meio continuou (Vieira, 2004).

#### *4.6.2.4 Teste de Citrato*

Cada cepa foi inoculada em tubos contendo Ágar Citrato de Simmons com incubação a 35°C por 96 horas. A positividade do teste é indicada pela mudança de coloração do meio de verde para azul (Vieira, 2004).

### **4.7 Análises estatísticas**

Para a análise estatística dos dados obtidos, foram considerados os resultados do processamento de amostras de água e areia para colimetría, bem como os dados de variáveis ambientais e de hospedagem em Fortaleza (CE). A normalidade dos dados foi verificada pelos testes de normalidade de Shapiro-Wilk a um nível de significância de 0,05 e homoscedasticidade de Bartlett a um nível de significância de 0,05. O comportamento dos dados também foi observado em um histograma, visualizando a frequência e distribuição dos dados.

Observando que o conjunto de dados apresentaram distribuição normal, foi executada a análise correlação de Pearson entre as variáveis investigadas.

Todos os testes foram realizados no software R, utilizando os pacotes *ggplot2* e *gcorrplot*.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Ocupação hoteleira em Fortaleza

A Tabela 1 traz dados sobre a ocupação hoteleira em Fortaleza (CE), obtidos a partir de duas fontes: o Observatório do Turismo da cidade e o FOHB. As informações estão organizadas por ano, com ênfase em 2023, destacando as taxas de ocupação nos meses de abril (AAT), julho (AT) e outubro (PAT).

Tabela 1 - Taxa de ocupação hoteleira para a cidade de Fortaleza (CE) no ano de 2023.

Organizações	Período analisado		
	AAT	AT	PAT
Observatório de Turismo - Fortaleza-CE	71,80%	74,20%	71,40%
FOHB	58,60%	71,40%	69,02%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023. Dados retirados do Observatório de turismo de Fortaleza -CE, 2023 e o Fórum Operadores Hoteleiros do Brasil, 2023.

Os números mostram que Fortaleza (CE) mantém um fluxo turístico significativo ao longo do ano, com taxas elevadas de ocupação em abril (71,8% no Observatório e 58,6% no FOHB) e julho (74,2% no Observatório e 71,4% no Fórum de Operadores Hoteleiros do Brasil - FOHB). Mostrando que, mesmo fora do período tradicional de AT, a cidade continua recebendo um grande número de visitantes. Esse comportamento pode estar relacionado a fatores externos, como feriados prolongados, grandes eventos culturais, esportivos e empresariais, além de promoções específicas que incentivam o turismo.

Em 2023, a taxa de ocupação em julho (74,2% segundo o Observatório do Turismo) reforça uma recuperação sólida do setor hoteleiro, refletindo a retomada do turismo após os impactos da pandemia. Esses dados mostram a resiliência do destino e o fortalecimento do turismo no Brasil. No geral, Fortaleza (CE) tem apresentado um crescimento contínuo na rede hoteleira, consolidando-se como um destino atrativo para turistas e investidores ao longo de todo o ano.

### 5.2 Colimetria das águas em praias urbanas de Fortaleza

Na tabela 2 são apresentados os valores estimados de coliformes termotolerantes para as amostras de água. As coletas foram estabelecidas contemplando diferentes períodos

relacionados AAT, AT e PAT turística da cidade de Fortaleza (CE).

Tabela 2 - NMP de coliformes termotolerantes em amostras de água coletadas em praias urbanas de Fortaleza (CE)

Pontos de Amostragem	NMP / 100 mL		
	AAT	AT	PAT
P1 - Praia de Iracema	920	49	78
P2- Praia do Futuro	32	14	3,5
P3- Praia de Iracema	7900	4,9	20
P4- Praia do Meireles	230	1,4	20

Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Legenda: AAT: Antes da Alta temporada; AT: Alta Temporada; PAT: Pós Alta Temporada.

Os valores mais elevados de bactérias do grupo coliformes termotolerantes nas águas foram registrados no período anterior à AT turística, mas que também representa o final da estação de chuvas na região. As maiores estimativas de coliformes termotolerantes foram observados nas águas das praias dos pontos P1 (Caça e Pesca) e P3 (Iracema). A geografia das praias pode explicar também esses valores. A praia de Iracema é um trecho mais curto, quando comparado aos demais pontos avaliados, muito frequentado por banhistas e praticantes de esportes náuticos, com a presença da desembocadura de uma galeria pluvial. Já a praia do Caça e Pesca também é muito frequentada e está a montante da desembocadura do Rio Cocó sendo influenciada diretamente, uma vez que há intensa poluição verificada no Rio Cocó, agravada pelo despejo de efluentes sem tratamento e resíduos sólidos, assim, tem comprometido sua qualidade ambiental (Freires *et al.*, 2014). Ainda segundo o autor, a destruição da mata ciliar acelera o assoreamento, intensificando a deposição de sedimentos na foz do rio. Além disso, a ocupação desordenada e a retirada da vegetação aumentam a manipulação desse recurso, tornando o rio um receptor de resíduos urbanos.

Desse modo, assim como visto por Passos *et al.* (2011) também é possível perceber, uma influência direta da quantidade de chuva na concentração ao longo do ano nas variações das contaminação. Já que os problemas de poluição são acentuados devido ao aumento do nível pluviométrico, que consequentemente causam maior lixiviação das áreas urbanas para a zona costeira, em decorrência da ausência de saneamento básico (Niencheski *et al.*, 2006). De acordo com a Resolução CONAMA nº 274/2000, que estabelece padrões para águas balneares, o valor encontrado na praia Caça e Pesca (P1) e Iracema (P3) estão

significativamente acima do que a resolução estabelece como limite aceitável em amostra pontual.

Quanto aos demais pontos, os valores informados estão dentro dos limites de águas balneares, classificadas em coletas pontuais, em que a resolução estabelece a seguinte classificação com base na concentração de *Escherichia coli* por 100 mL de amostra: Excelente: até 250 UFC/100mL; Muito Boa: entre 251 e 500 UFC/100mL; Satisfatório: entre 501 e 1000 UFC/100mL; tidas desse modo como próprias. E acima de 1000 UFC/100mL de *E. coli* tidas como imprópria.

De maneira geral, observa-se uma diminuição considerável na contaminação, mas com as exceções comentadas anteriormente. Na praia Caça e Pesca (P3) os valores das amostras de água na pré-temporada foram elevados, nesse caso, deve-se levar em consideração a ocorrência de chuvas, informações de índices pluviométricos advindos da FUNCUME, no dia da coleta ( Tabela 07). Esse fator pode ter favorecido o transporte de matéria orgânica, resultando na intensificação da poluição e, consequentemente, no aumento significativo da atividade microbiológica na água.

Os boletins da SEMACE, publicados no período das coletas, confirmam essa tendência, classificando todas as praias comprovadas como impróprias para banho em abril. Porém para o período referente a julho (AT), ainda de acordo com a SEMACE houve uma redução na contaminação, e a Praia do Caça e Pesca (P1) foi a única considerada própria, enquanto Praia do Futuro (P2), Iracema (P3) e Meireles (P4), impróprias. Esse resultado sugere que a incidência de chuvas influenciaram positivamente a balneabilidade.

No período PAT (outubro), tanto os resultados encontrados para análises de colimetria para amostras de água das praias avaliadas neste estudo, quanto os boletins da SEMACE, que indicaram uma melhoria na qualidade da água, tornando todas as praias próprias para banho. Esse comportamento reflete o impacto da redução das chuvas e do tempo prolongado sem escoamento excessivo de emissões urbanas.

Assim, as alterações e a infraestrutura de saneamento são fatores determinantes na variação da qualidade da água, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo e investimentos em gestão ambiental para garantir a segurança dos banhistas ao longo do ano.

### **5.3 Colimetria das amostras de areia em diferentes granulometrias**

Na Tabela 3 estão dispostos os resultados da estimativa do número de bactérias do grupo coliformes termotolerantes por 100g de areia considerando quatro sub-amostras separadas por peneiramento de acordo com a granulometria. A legislação CONAMA nº

274/2000 também preside sobre recomendações para a análise microbiológica do sedimento, embora ainda não estabeleça padrões quantitativos para esse tipo de amostra. A Resolução é amplamente utilizada em estudos sobre balneabilidade em Fortaleza (CE) e outras regiões costeiras do Brasil.

**Tabela 3 - NMP de coliformes termotolerantes por 100g de amostra de areia coletadas em praias urbanas de Fortaleza (CE) e separadas de acordo com a granulometria.**

Praias	A			B			C			D		
	AAT	AT	PAT	AAT	AT	PAT	AAT	AT	PAT	AAT	AT	PAT
P1	*	*	300	23000	15000	300	9300	4300	300	*	2300	300
P2	*	*	300	300	300	300	300	300	300	360	300	300
P3	*	*	300	3600	300	300	360	300	300	2300	300	350
P4	*	*	300	300	300	300	2300	300	300	300	300	300

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Legenda: Malha das peneiras: A= 2,0 mm; B= 0,710 mm; C= 0,500 mm; D= 0,125 mm; AAT: Antes da Alta temporada; AT Alta Temporada; PAT: Pós Alta Temporada; \*ausência de material retido

Apenas 25% das subamostras analisadas foi possível quantificar coliformes termotolerantes. Nas demais, algumas parcelas não foram retidas e o restante os valores estavam abaixo do detectável pela técnica. Os valores mais elevados foram encontrados nas areias do P1 (Caça e Pesca) como já mencionado e também no P3 (Iracema), esse último também apresentou os maiores valores de coliformes termotolerantes na água.

De forma geral as maiores concentrações de coliformes termotolerantes encontrados para amostras de areia foram detectados nos grânulos retidos nas malhas de tamanhos médios 0,710 e 0,500 mm.

A contaminação por coliformes é dividida em baixa e alta dependendo dos fatores ambientais e da poluição das fontes externas. De acordo com o estudo de Dantas (2022), os parâmetros, como pH entre 7,42 a 8,03, salinidade 1 a 26 ppm e temperatura 29°C a 33°C, são a causa da vasta sobrevivência destas bactérias nas águas do mar. Além disso, a proximidade com deságues pluviais e outros sistemas de drenagem urbana pode influenciar diretamente a qualidade dessas áreas, conforme destacado pelo autor, sendo assim, o motivo adicional para os altos níveis de poluição, onde as concentrações das bactérias atingem sistematicamente valores acima do limite permitido em 100% das amostras analisadas. O autor complementa essa ideia afirmando que fatores como distância de fontes de águas residuais e condições

ambientais também influenciam a distribuição das bactérias, tornando áreas próximas a descarte urbano especialmente vulneráveis.

A contaminação das areias das praias é um motivo de preocupação sanitária significativa, especialmente em regiões de alta atividade turística. No Ponto 1 (Caça e Pesca) e Ponto 3 (Iracema), observou-se que as taxas de contaminação foram mais altas em partículas maiores durante o período AAT, com reduções para os períodos de AT e PAT.

Esse padrão pode estar relacionado à influência externa de esgotos domésticos e à maior exposição da areia à contaminação por resíduos orgânicos e outros vetores (Monteiro *et al.*, 2015). Os dados reforçam que fatores locais, como o manejo inadequado de resíduos, impactam diretamente na qualidade microbiológica das areias, sendo essencial o monitoramento contínuo para mitigar riscos à saúde pública.

Além disso, fatores como o tipo de solo também têm um impacto direto na dinâmica de agregação e dispersão dos contaminantes. Segundo Vezzani & Mielniczuk (2011), solos com maior presença de argila favorecem a aproximação, o que pode resultar em maior retenção de substâncias contaminantes.

Desse modo, a matéria orgânica presente na Praia Caça e Pesca que demonstrou maior potencial de contaminação na areia, em detrimento de suas características estuarinas, contribui para a agregação de microrganismos, oferecendo nutrientes e um ambiente favorável para seu crescimento. Esse fenômeno pode explicar a maior mobilidade de contaminantes nas areias das praias, tornando essas áreas ainda mais vulneráveis à contaminação.

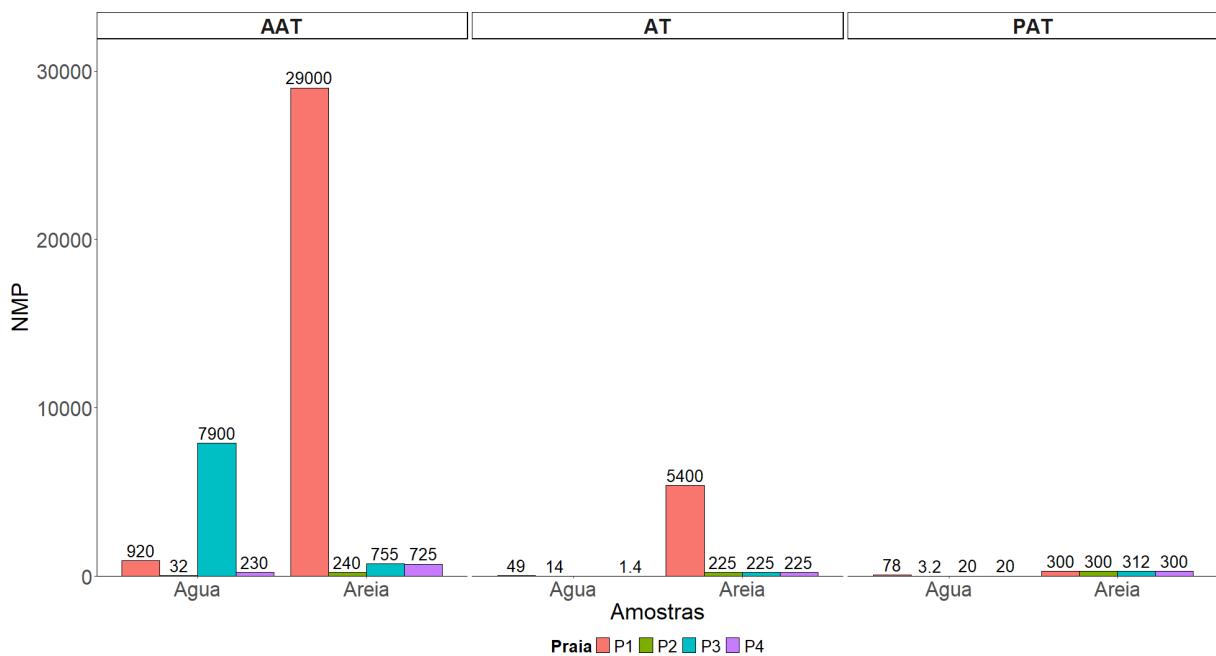
Para fins de comparação, foram analisados os valores do NMP das amostras de água e areia coletadas. A análise desses dados permite avaliar a distribuição e a concentração de microrganismos, fornecendo subsídio para a compreensão da qualidade microbiológica das praias estudadas. Desta forma, a tabela 4 e o gráfico 1 ilustram a relação entre os níveis de contaminação presentes na água e na areia, possibilitando uma interpretação mais detalhada.

Tabela 4 – Número Mais Provável de coliformes termotolerantes por 100mL de água e 100g de areia coletadas em praias urbanas de Fortaleza (Ceará)

Praias	AAT		AT		PAT	
	Água	Areia	Água	Areia	Água	Areia
Ponto 1- Caça e Pesca	920	29000	49	5400	78	300
Ponto 2- Praia do Futuro	32	240	14	225	3,2	300
Ponto 3 - Praia da Iracema	7900	755	4,9	225	20	312
Ponto 4- Praia do Meireles	230	725	1,4	225	20	300

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Gráfico 1 - Gráfico ilustrativo dos níveis do NMP nas amostras de água e areia coletadas.



Legenda: P1- Praia Caça e Pesca; P2 - Praia do Futuro, P3 - Praia de Iracema e P4 - Praia do Meirele

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Nesse contexto, diante dos resultados apresentados no gráfico 1, é possível destacar que a areia, diferente da água, não passa por processos contínuos de homogeneização, o que pode resultar em níveis mais altos de contaminação (CETESB, 2013), e esta possui uma maior disponibilidade para que os microrganismos possam multiplicar-se,

pois é na superfície das partículas de solo que seu crescimento é mais intenso (Madigan *et al.*, 2010). Diante do exposto, é válido salientar ainda, que a alta concentração encontrada na amostra de areia no ponto 01 - Praia Caça e Pesca, na malha C= 0,500mm pode se dar principalmente pela circunstância de que em todas as coletas, a areia estava submersa na água, devido às condições estuarinas, estabelecendo assim um contato direto areia - água, tais características repercutem bastante nos resultados pela capacidade que a amostra de areia desse tipo de solo tem de acumular matéria orgânica, atuando assim como local de forte absorção de nutrientes dissolvidos e bactérias (Sukias; Nguyen, 2003).

Desse modo, justifica-se o porquê de haver situações em que há maior densidade de microrganismos nas areias das praias em comparação com a água do mar, isso se dá devido a capacidade das bactérias aderirem às partículas de areia, conferindo-lhes proteção contra os efeitos adversos, diferentemente daquelas que permanecem suspensas na coluna d'água. (Pinto; Oliveira, 2011).

Na Praia de Iracema (Ponto 03), observou-se uma maior concentração de coliformes termotolerantes na água do que na areia, o que pode ser atribuído a fatores ambientais e urbanos, como chuvas recentes e a presença de galerias pluviais. Esses elementos favorecem o transporte de contaminantes para a zona de banho, aumentando a poluição microbiológica. Durante e após episódios de chuva, a qualidade da água piora devido ao escoamento superficial contaminado. Vieira (2011) confirma essa relação, destacando o impacto das galerias pluviais e do escoamento superficial na contaminação das praias urbanas de Fortaleza.

Além disso, a Prefeitura de Fortaleza, por meio da Secretaria do Urbanismo e Meio Ambiente (Seuma), ao realizar inspeções técnicas das galerias pluviais na região da Praia de Iracema, identificou em seus relatórios, ligações indevidas e vazamentos na rede de drenagem, fatores que impactam negativamente a balneabilidade da área. .

As demais praias demonstram probabilidade inferiores de contaminação . Com isso, os dados analisados entre os resultados do gráfico 1 e o que foi discutido nas tabela 2, tabela 3, e tabela 4 mostram que a poluição nas praias não está vinculada somente à água, assim, como visto por Horan (2003), que associa a presença de organismos coliformes na água ao indicativo não somente da presença de fezes de animais de sangue quente, mas de forte influência do contato recente com o solo. Assim, os dados revelam a necessidade de atenção e ações voltadas à gestão da água e areia, a fim de proporcionar a defesa do meio ambiente, principalmente em praias mais contaminadas, como no Ponto 01 - Caça e Pesca e Ponto 03 - Iracema.

## 5.4 Identificação Fenotípica

As culturas bacterianas isoladas a partir das colônias crescidas em meio seletivo para enterobactérias e com características morfológicas indicadoras de *E. coli* foram identificadas através de provas bioquímicas. Foram isoladas um total de 67 culturas bacterianas, sendo o maior percentual de isolados foi identificado como *E. coli*, com 42 cepas bacterianas, representando 62,7% do total analisado. Do total, 18 culturas (26,9%) foram confirmadas como pertencentes a família Enterobacteriaceae. Por fim foi encontrada apenas uma espécie do gênero *Providencia*, que representa 1,5% do acervo. Além disso, seis culturas bacterianas não foram identificadas por meio dos testes utilizados, correspondendo a 8,9%. A sua presença pode ser atribuída à fonte de poluição dependendo da localização específica (Tabela 5).

Tabela 5 - Identificação das enterobactérias isoladas de amostras de água e areia de praia urbana de Fortaleza (Ceará)

(continua)

Cepa	Amostra de origem	Ponto de coleta	Identificação
1	Água	P1	<i>E. coli</i>
2	Água	P1	<i>Enterobacter</i>
3	Água	P1	<i>E. coli</i>
4	Água	P1	Não identificado
5	Água	P1	Não identificado
6	Água	P1	<i>E. coli</i>
7	Água	P2	Enterobacteriaceae
8	Água	P2	<i>E. coli</i>
9	Água	P2	<i>E. coli</i>
10	Água	P2	<i>E. coli</i>
11	Água	P2	Enterobacteriaceae
12	Água	P2	<i>E. coli</i>
13	Água	P2	Enterobacteriaceae
14	Água	P2	Enterobacteriaceae
15	Água	P3	<i>E. coli</i>
16	Água	P3	<i>E. coli</i>
17	Água	P3	<i>E. coli</i>
18	Água	P3	Enterobacteriaceae
19	Água	P3	Enterobacteriaceae

<b>20</b>	Água	P3	<i>E. coli</i>
<b>21</b>	Água	P4	<i>Enterobacteriaceae</i>
<b>22</b>	Água	P4	Não identificado
<b>23</b>	Areia -B	P1	<i>Enterobacteriaceae</i>
<b>24</b>	Areia- B	P1	<i>E. coli</i>
<b>25</b>	Areia- B	P1	<i>E. coli</i>
<b>26</b>	Areia - B	P1	<i>E. coli</i>
<b>27</b>	Areia -B	P1	<i>E. coli</i>
<b>28</b>	Areia -B	P1	<i>E. coli</i>
<b>29</b>	Areia - B	P1	<i>E. coli</i>
<b>30</b>	Areia- B	P1	<i>E. coli</i>
<b>31</b>	Areia - C	P1	<i>E. coli</i>
<b>32</b>	Areia - C	P1	Não identificado
<b>33</b>	Areia - C	P1	<i>Enterobacteriaceae</i>
<b>34</b>	Areia - C	P1	<i>E. coli</i>
<b>35</b>	Areia - C	P1	<i>E. coli</i>
<b>36</b>	Areia - D	P1	<i>E. coli</i>
<b>37</b>	Areia - D	P1	<i>E. coli</i>
<b>38</b>	Água	P1	<i>E. coli</i>
<b>39</b>	Água	P1	<i>E. coli</i>
<b>40</b>	Água	P1	<i>E. coli</i>
<b>41</b>	Água	P1	Não identificado
<b>42</b>	Água	P1	<i>E. coli</i>
<b>43</b>	Água	P1	<i>E. coli</i>
<b>44</b>	Água	P1	<i>E. coli</i>
<b>45</b>	Água	P1	<i>Enterobacteriaceae</i>
<b>46</b>	Água	P1	<i>E. coli</i>
<b>47</b>	Água	P1	<i>E. coli</i>
<b>48</b>	Água	P3	<i>E. coli</i>
<b>49</b>	Água	P3	<i>E. coli</i>
<b>50</b>	Água	P3	<i>E. coli</i>
<b>51</b>	Água	P3	<i>E. coli</i>
<b>52</b>	Água	P3	<i>E. coli</i>
<b>53</b>	Água	P3	<i>E. coli</i>
<b>54</b>	Água	P3	<i>E. coli</i>
<b>55</b>	Água	P3	<i>E. coli</i>
<b>56</b>	Água	P3	<i>E. coli</i>
<b>57</b>	Água	P3	<i>E. coli</i>
<b>58</b>	Água	P4	<i>E. coli</i>
<b>59</b>	Água	P4	Não identificado
<b>60</b>	Água	P4	<i>Enterobacteriaceae</i>
<b>61</b>	Água	P4	<i>Enterobacteriaceae</i>
<b>62</b>	Água	P4	<i>Enterobacteriaceae</i>

(conclusão)

<b>63</b>	Água	P4	Providencia
<b>64</b>	Água	P4	<i>Enterobacteriaceae</i>
<b>65</b>	Água	P4	<i>Enterobacteriaceae</i>
<b>66</b>	Água	P4	<i>Enterobacteriaceae</i>
<b>67</b>	Água	P4	<i>Enterobacteriaceae</i>

---

A - 2,0 mm ; B - 0,710mm ; C - 0,500mm ; D - 0,125mm

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

De acordo com os resultados da tabela 5, pode-se afirmar que a elevada contaminação fecal nas praias de Fortaleza (CE) está diretamente relacionada à presença de *E. coli*. A *E. coli* é um microrganismo mesófilo, membro do grupo dos coliformes, sendo esse último utilizado como a bactéria padrão para indicar contaminação fecal em análises microbiológicas, a presença deste microrganismo indica contaminação por origem humana e animal (Vieira *et al.*, 2011).

A identificação de quantidades consideráveis do microrganismo nas amostras analisadas pode indicar apporte expressivo de fontes de poluição, incluindo galerias pluviais, conexões clandestinas de esgoto e lançamentos de águas contaminadas, ao meio ambiente costeiro. Dessa maneira, o contexto apresentado pode servir como um alerta, por representar um grande risco à saúde pública e à subsistência ambiental. Esses resultados apontam para os riscos à saúde pública e ambiental, ressaltando a necessidade de intervenções para diminuir a poluição fecal e fortalecer a proteção às praias de Fortaleza (CE).

Em um estudo semelhante desenvolvido em Fortaleza (CE), foi examinado a contaminação fecal nas amostras de água de galerias pluviais e praias adjacentes na cidade, de acordo com os resultados do estudo foram isoladas e identificadas um total de 396 cepas de *E. coli*, esses dados revelaram elevados índices de contaminação fecal tanto nas galerias pluviais quanto nas praias localizadas nas adjacências (Vieira *et al.*, 2011). Ainda segundo esses autores, três pontos foram interceptados, sendo a Praia dos Diários, Praia do Meireles, e Praia do Mucuripe, as amostras analisadas de todos esses locais mostram a presença de coliformes. O estudo supracitado traz fortes evidências que as galerias pluviais podem ser uma fonte de poluição, que impactam negativamente o ambiente advindo da matéria orgânica e patógenos, especialmente em dias de chuva. Dessa forma, reforça-se a importância de medidas públicas e caráter contínuo de monitoramento para reduzir os possíveis impactos causados pela poluição

fecal na saúde da comunidade e na balneabilidade das praias da cidade de Fortaleza (CE).

### **5.5 Análise Comparativa dos Parâmetros Climáticos.**

A análise utilizou o coeficiente de correlação de Pearson para investigar a relação entre as variações na contaminação da água e da areia e as condições ambientais registradas na cidade de Fortaleza no período de coleta, considerando três variáveis climáticas: temperatura, radiação UV e pluviosidade. O coeficiente de correlação de Pearson varia de -1 a 1, sendo que valores próximos de 1 indicam uma forte correlação positiva (quando uma variável aumenta, a outra também tende a aumentar), valores próximos de -1 indicam uma forte correlação negativa (quando uma variável aumenta, a outra tende a diminuir), e valores próximos de 0 indicam uma correlação fraca ou inexistente entre as variáveis (Figueiredo Filho; Silva Júnior, 2009).

Tabela 6 – Coeficiente de correlação de Pearson dos resultados de NMP das amostras de água e areia com as condições ambientais registradas para Fortaleza (CE) no período de coleta.

Parâmetros	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3		Ponto 4	
	Água	Areia	Água	Areia	Água	Areia	Água	Areia
Temperatura do ambiente (°C)	-0,83	-0,92	-0,99	0,85	-0,57	-0,44	-0,29	-0,35
Isolação/Radiação UV	-0,61	-0,44	-0,77	0,98	-0,32	-0,46	-0,24	-0,18
Pluviometria (mm)	1	0,99	0,93	-0,33	1	0,99	1	0,99

Ponto 01 - Praia Caça e Pesca ; Ponto 02 - Praia do Futuro ; Ponto 03 - Praia de Iracema ; Ponto 04 - Praia do Meireles    Fonte. Elaborado pelo autor, 2025.

Os resultados indicam que a pluviosidade teve a correlação mais forte e positiva com a contaminação, especialmente na água, onde atingiu o valor máximo de 1,0 em quase todos os pontos analisados, com exceção do ponto 2 que foi 0,93. Na areia, a correlação também foi bem positiva, variando entre 0,99 (Ponto 1, Ponto P3 e Ponto 4) e 0,93 (Ponto 2). Esses dados sugerem que as chuvas desempenham um papel significativo na disseminação dos contaminantes, contribuindo para o carreamento e a redistribuição dos microrganismos nos ambientes aquático e terrestre. A temperatura apresentou correlações negativas fortes no Ponto 1, com valores de -0,83 (água) e -0,92 (areia), indicando que temperaturas mais altas podem estar associadas a uma menor contaminação nesse local.

No Ponto 3, a correlação foi moderada a fraca (-0,57 na água e -0,44 na areia),

enquanto no Ponto 4, a correlação foi fraca (-0,29 na água e -0,35 na areia). Já no Ponto 2, a temperatura teve uma correlação positiva e forte com a contaminação (0,99 na água e 0,85 na areia), sugerindo que, nesse local específico, temperaturas mais altas podem estar associadas a um aumento na contaminação. A radiação UV mostrou correlações negativas mais fracas e intermediárias, variando de -0,61 a -0,18, sugerindo uma influência menos significativa na variação da contaminação.

Dessa forma, os resultados reforçam que as variações na contaminação estão mais diretamente relacionadas aos fatores climáticos, principalmente à precipitação e às características geográficas dos pontos analisados, do que à sazonalidade do fluxo turístico.

Os dados climáticos foram coletados em quatro pontos analisados, Ponto 1-Praia Caça e Pesca, Ponto 2- Praia do Futuro, Ponto 3- Praia de Iracema e Ponto 4 - Praia do Meireles os quais foram: temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), radiação solar/UV ( $\text{W/m}^2$ ) e precipitação mm: AAT (18/04/2023), AT (04/07/2023) e AT (02/10/2023). As praias com os maiores valores foram o Ponto 03 e o Ponto 04. No Ponto 03 - Praia de Iracema a temperatura variou discretamente durante toda a temporada, passando de 27,6 $^{\circ}\text{C}$  no início da temporada a 28 $^{\circ}\text{C}$  no final da temporada.

As mudanças climáticas e as várias características específicas, como o clima e a temperatura, são variáveis naturais que desempenham um grande papel na liberação da concentração de contaminantes e a qualidade da água em regiões costeiras. (Moreira, 2022). Podendo-se observar que a média padrão de temperatura global quase aumentou 0,74 $^{\circ}\text{C}$  e mais em oportunidades está de acordo com a média de cerca de 6,4 $^{\circ}\text{C}$  até o último século do 21º. Esse crescimento pode levar à evaporação elevada, funções no ciclo hidrológico e resultados de eventos de alta ou pouca intensidade, como tempestades fortes e seca, respectivamente, isso pode transformar a distribuição temporal das vazões e influenciar a qualidade da água conforme podemos observar no estudo de (Silva; 2016).

Já no que se refere a radiação ultravioleta (UV), ela aumenta durante o período de pico (190,7) e diminui após o período de pico (103,4). A precipitação é baixa, apenas 3,8 mm durante as noites de AT, mas nenhuma chuva é registrada em outras épocas.

No Ponto 04 - Praia do Meireles é onde ocorre a maior radiação UV antes do período de pico (214,5), diminui ligeiramente durante o período de pico (190,3) e aumentou significativamente após o período de pico (304,1).

Os dados mostram que, em certos casos relacionados aos períodos sazonais, as oscilações da precipitação podem acumular poluentes através de uma precipitação extrema, mas também dispersá-los devido a eventos mais frequentes, (Silva. 2016). Além disso, a

análise das variáveis deve contar com a natureza de interdependência e funcionalidade dos elementos sobre o real ecossistema local, principalmente em períodos considerados de alta sazonalidade. No caso, pode-se considerar os meses de julho e outubro de 2023. Sobre as estratégias de monitoramento e de mitigação, os dados apresentados exigem uma avaliação contínua da temperatura, da precipitação e da radiação UV, podendo garantir o seguinte a sustentabilidade das praias urbanas de Fortaleza (CE).

Quanto aos dados do Ponto 01 - Praia Caça e Pesca e Ponto 02- Praia do Futuro em três períodos do ano de 2023: AAT (18/04), durante a AT (04/07) e PAT (02/10). No Ponto 01- Praia de Caça e Pesca, a temperatura variou entre 26 °C e 27 °C, mostrando a sua mais elevada radiação solar no intervalo PAT entre as duas (103,4 kJ/m<sup>2</sup>). A precipitação foi registrada somente no início da AT, totalizando 1 mm. Na Praia do Futuro, as temperaturas oscilaram entre 26,06 °C e 27,17 °C, e a radiação UV atingiu seu pico na pós alta temporada (194,02 kJ/m<sup>2</sup>). Não foram registradas chuvas, a não ser 1 mm na pré-temporada. As informações provêm da FUNCEME, do Posto 883 (Caça e Pesca) e da estação 35319 Plataforma de Coleta de Dados (PCD)/FUNCEME.

Tabela 7 - Análise Comparativa dos Parâmetros Climáticos nas Praias de Fortaleza (CE).

Praias	Parâmetros								
	Temperatura Ambiente (°C)			Insolação /Radiação UV (W/m <sup>2</sup> )			Pluviometria (mm)		
	AAT	AT	PAT	AAT	AT	PAT	AAT	AT	PAT
Ponto 3 - Iracema	27,06	27,15	28,02	121,50	190,70	103,40	3,80	0,00	0,00
Ponto 4 - Meireles	27,75	28,02	27,63	214,50	190,30	304,10	3,80	0,00	0,00
Ponto 1 - Caça e Pesca	26,51	27,02	27,60	100,09	129,31	103,04	1,00	0,00	0,00
Ponto 2 - Praia do futuro	26,06	26,64	27,17	102,2	100,71	194,02	1,00	0,00	0,00

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024. Dados obtidos na plataforma FUNCEME; INMET.

Dessa maneira, quando comparamos os dados da tabela 6 em relação a tabela 7, entre as quatro praias diferentes, podemos perceber que as duas tabelas mostram as condições meteorológicas de padrões climáticos ao longo das áreas pesquisadas, onde se destaca uma diminuição significativa da precipitação após a época de AT. Assim, as duas tabelas contribuem para a análise das condições climáticas em diferentes regiões, fornecendo uma visão abrangente sobre diferenças de condições como temperatura, radiação UV e a presença

de chuvas, assim sendo útil para estudos ambientais, qualidade da água e efeitos sazonais nestas áreas, bem como para os objetivos propostos neste trabalho.

Complementando a análise realizada na tabela 7, e de acordo com os dados gráficos, podemos afirmar que a Praia do Futuro destacou-se no viés de que a radiação UV mostrou um pico considerável na AT, coincidindo com temperaturas mais elevadas, sendo as chuvas baixas em todos os períodos mencionados. Desse modo, a relação dessas variáveis com a amostra de água se dá devido a combinação de baixa pluviosidade, alta temperatura e alta radiação UV, uma vez que afetará a quantidade e a qualidade da água disponível para captação, exigindo um sistema de monitoramento e proteção mais intensivos. "A utilização da radiação UV se fez devido à sua eficácia no tratamento biológico de água." É sabido o efeito dos fatores ambientais marinhos sobre a taxa de decaimento de bactérias entéricas. Entretanto, é difícil separar os efeitos da salinidade e das interações bióticas redução do número de coliformes. Além disso, outros fatores como transparência da água podem também afetar a magnitude da exposição à luz solar ambiente, onde mais matéria orgânica em suspensão na coluna de água pode inibir a penetração da radiação UV facilitando a persistência dessas bactérias no ambiente (Barroso; Ismail, 2021; Korajkic et al.,2019)

## 6 CONCLUSÃO

O presente estudo demonstrou que, em praias urbanas de Fortaleza- Ceará, a

contaminação por coliformes termotolerantes está mais relacionada a fatores climáticos, como a precipitação pluviométrica, do que à variação no fluxo turístico ao longo do ano. A areia apresentou maiores concentrações de coliformes do que a água, especialmente em partículas de granulometria média, sugerindo seu papel como reservatório microbiano. E foi perceptível que o aumento das chuvas favoreceu a dispersão de contaminantes para a zona costeira. Recomenda-se o fortalecimento da infraestrutura de saneamento, um monitoramento contínuo da qualidade da água e areia, e estudos adicionais para compreender melhor a retenção de microrganismos no sedimento. Essas medidas são essenciais para a gestão eficaz da qualidade ambiental das praias urbanas e a segurança sanitária dos frequentadores.

## REFERÊNCIAS

- ALAMINEH G. A. *et al.* The local communities' perceptions on the social impact of tourism and its implication for sustainable development in Amhara regional state. **Heliyon**, [S.I.], v. 9, n. 6, e17088, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17088>.
- ALISHA A.; RASOOLIMANESH S. M.; COBANOGLU C. Editorial. **Journal of Hospitality and Tourism Technology**, [S.I.], v. 11, n. 2, p. 177-181, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1108/JHTT-05-2020-146>.
- BAINES, J. **Preserve os oceanos**. São Paulo: Scipione, 2001.
- BARROS, F. M. L. de. **Risco e Vulnerabilidade à Erosão Costeira no Município de Maricá, Rio de Janeiro**. Orientador: Dieter Carl Ernst Heino Muehe. 2005. 162 f. Dissertação (Mestrado em Geografia).- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- BARROSO, D. A.; ISMAIL, I. A. L. Análise do Potencial de Radiação Ultravioleta no Controle de Coliformes Termotolerantes para a Balneabilidade Praial. **Revista Científica Integrada**, Ribeirão Preto, v. 5, n. 2, p. 1-10, 2021.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Avaliação da qualidade das águas costeiras no Brasil: parâmetros microbiológicos**. Brasília: MMA, 2000.
- BRASIL. **Lei nº 7.661, de 16 de maio de 1988**. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 16 mai. 1988.
- BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 9 jan. 1997.
- BRITO, M.; GOUVEIA, J. A problemática dos riscos costeiros no âmbito do Turismo Costeiro e Marítimo: o caso do município de Odemira. In: A. Nunes *et al.* (coords.). **Geografia, Riscos e Proteção Civil**: Homenagem ao Professor Doutor Luciano Lourenço (vol. 2). RISCOS: Coimbra, 2021.
- BOLUK K. A; RASOOLIMANESH S. M. Introduction to the special issue on “Deepening our understandings of the roles and responsibilities of the tourism industry towards the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs)”. **Tourism Management Perspectives**, [S.I.], v. 41, p. 1-5, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2022.100944>.
- CARDONHA, A. M. *et al.* Fecal pollution in water from storm sewers and adjacent seashores in Natal, Rio Grande do Norte, Brazil. **Int Microbiol**, [S.I.], v. 7, n. 3, p. 213-218.
- CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Qualidade das Praias Litorâneas no Estado de São Paulo 2012. São Paulo: CETESB, 2013. (Série Relatórios).

**CONAMA. Resolução n.º 274 de 29 de novembro de 2000.** Dispõe sobre os parâmetros de balneabilidade em águas brasileiras Brasil: CONAMA, 2000.

**DANTAS, I. C. D. Presença de bactérias do gênero Enterococcus em galerias pluviais de Fortaleza.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceará, 2022.

**DIAS, R. Planejamento do turismo.** São Paulo: Atlas, 2003.

**ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Estados Unidos da América).** EPA: Estados Unidos da América, 1972.

**FIGUEIREDO, V. S. O saneamento ambiental e a qualidade da água ofertada a população da cidade de Romaria - MG.** Orientador: Samuel do Carmo Lima. 2021. 189 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2021.

**FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. da.** Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.

**FUNASA - Fundação Nacional de Saúde.** **Impactos na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado:** Relatório final. Brasília, DF: Departamento de Engenharia de Saúde Pública, 2010. 248 p.

**FUNASA - Fundação Nacional de Saúde.** **Manual de Saneamento.** 3. ed. Brasília, DF: Departamento de Engenharia de Saúde Pública, 2004. 165 p.

**FUNASA - Fundação Nacional de Saúde; UFF - Universidade Federal Fluminense; IBAM - Instituto Brasileiro de Administração Municipal.** **Cadernos Temáticos Saneamento Básico:** Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Brasília, DF: FUNASA; Niterói, RJ: UFF; Rio de Janeiro, RJ: IBAM, 2016. 23 p.

**FREIRES, E. V. et al.** Análise socioambiental do entorno do Estuário do Rio Cocó-Fortaleza/Ceará. **REGET**, Rio Grande do Sul, v. 18, n. 4, p.1487-1511, dez. 2014.

**GRECHINSKI, P. T.; GOVEIA, E. F.** Turismo em Ambientes Costeiros e o Combate ao Lixo no Mar. **Turismo e Sociedade**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 22-40, 2021. DOI: 10.5380/ts.v14i1.77653.

**HORAN, N. J.** Faecal indicator organisms. Handbook of Water and Wastewater **Microbiology**, [S. l.], p. 105–112, 2003. DOI: 10.1016/B978-012470100-7/50008-X.

**INEA - Instituto Estadual do Ambiente.** Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/>. Acesso em: 10 out. 2019.

**JARTUN, M. et al.** Runoff of particle bound pollutants from urban impervious surfaces studied by analysis of sediments from stormwater traps. **Science of the Total Environment** [S.I.], v. 396, n. 2-3, p. 147-163, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.02.002>.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.

Korajkic A, Wanjugi P, Brooks L, Cao Y, Harwood VJ. Persistence and Decay of Fecal Microbiota in Aquatic Habitats. *Microbiol Mol Biol Rev*. 2019;83(4):e00005-19. Published 2019 Oct 2. doi:10.1128/MMBR.00005-19

MADIGAN, M. T. *et al.* Microbiologia de Brock. 12. ed. [S. l.]: Artmed, 2010.

MARACAJÁ, K.F.B.; PINHEIRO, I. de F. S. Percepção ambiental no planejamento turístico: propostas para o desenvolvimento do Seridó, RN. **Revista acadêmica observatório de inovação do turismo**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 41–59, 2020. DOI: 10.17648/raoit.v14n1.5636.

MONTEIRO, D. T. L. *et al.* Qualidade bacteriológica da areia e água de duas praias do litoral cearense. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 41-48, 2015.

MOURA, C. de A. **Avaliação de impactos ambientais em sistema de esgotamento sanitário com disposição oceânica-estudo de caso**: emissário do Campeche. Orientadora: Cádia Regina Silva de Carvalho Pinto. 2011. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Sobre o nosso trabalho para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. **Nações Unidas no Brasil**, 2023.

NAÇÕES UNIDAS. Oceans e law of the sea. [S. l.]: [s. n.], 1982. Disponível em: <https://www.un.org/depts/los/>. Acesso em: 22 fev. 2025.

NIENCHESKI, L. F. H. *et al.* Patos Lagoon: indicators of organic pollution. **J. Coast. Res**, [S. l.], v. 39, p. 1357-1359, 2006.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO TURISMO. **Introdução ao Turismo**. São Paulo: Roca, 2001.

PASSOS, C. T. dos *et al.* Variação sazonal da contaminação por coliformes na areia e água da Praia do Cassino, Rio Grande-RS. **Arq. Ciênc. Mar**, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 21 - 26, 2011.

PINTO, A. B.; OLIVEIRA, A. J. F. C de. Diversidade de microrganismos indicadores utilizados na avaliação da contaminação fecal de areias de praias recreacionais marinhas: estado atual do conhecimento e perspectivas. **Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 105-114, 2011.

POLLARD S.; DAVIS C.; HARRIS E. **Nationwide Beach-clean & Survey Report**. Los Angeles: Marine Conservation Society, 1999.

PORTO, G. E. de L. Responsabilidade pela poluição marinha. **Revista CEJ**, [S.l.], v. 4, n. 12, p. 51-57, 29 dez. 2000.

SAES, R. V. da S. T. **Estudo da contribuição da drenagem pluvial urbana sobre a poluição marinha na cidade de Fortaleza, CE.** Orientadora: Denis Moledo de Souza Abessa. 2014. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhais Tropicais) - Instituto de Ciências do Mar (Labomar), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

SANTOS, D.; LIMA, M. Águas pluviais e poluição difusa em meios urbanos. **Tecnovisão. - Faro**, [S.I.], n. 14, p. 27-29, 2003.

SANTOS, J.M. Praias turísticas do nordeste têm índices negativos de balneabilidade. **Folha de São Paulo**, São Paulo. 22 dez. 2023. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2023/12/praias-turisticas-do-nordeste-s-Item-indices-negativos-de-balneabilidade.shtml>. Acesso em: 08 mar. 2024.

SENA, L. Fortaleza é o destino mais buscado para viagens no Brasil em 2024, aponta Airbnb. **G1 CE**, [S.I.] 13 dez. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2023/12/13/fortaleza-e-o-destino-mais-buscado-para-viagens-no-brasil-em-2024-aponta-airbnb.ghtml>. Acesso em: 28 jan. 2024

SILVA, P. V. da. **A importância da água para a percepção turística na bacia do rio formoso em Bonito-MS.** Orientador: Edson Luis Piroli. 2015. 259 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015.

SOUTO, G. D. B.; POVINELLI, J. Resíduos sólidos. In: CALIJURI, M.C.; CUNHA, D. G. F. (Eds.). **Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão.** Elsevier: Rio de Janeiro, 2013.

SOUZA, G. C. et al. Qualidade bacteriológica da areia e água de duas praias do município de Aquiraz, Ceará. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 43-50, 2015.

SILVA, K. K. da. **Impactos das mudanças climáticas sobre a demanda de água para irrigação na bacia hidrográfica do rio Ijuí, RS.** Orientadora: Tirzah Moreira de Melo. 2016. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

SILVA, L. S.; CARVALHO, A. P.; OLIVEIRA, M. R. Enterococos como indicadores de qualidade em praias urbanas. **Revista Brasileira de Saúde Ambiental**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 420-430, 2021.

SUKIAS, J. P. S.; NGUYEN, M. L. Inactivation of E. coli in riparian and non-riparian soils. In: DIFFUSE POLLUTION CONFERENCE, 7., 2003, Dublin. **Anais** [...]. Dublin: IWA, 2003. p. 82-87.

STEWART, J. R. et al. The coastal environment and human health: microbial indicators, pathogens, sentinels and reservoirs. **Environmental health**, [S.l.], v. 7, n. 2, p. 1-14, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-7-S2-S3>.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 12 ed. Porto Alegre: Artimed, 2017.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Report to Congress**: impacts and control of CSOs and SSOs. Washington: EPA, 2004. 640 p. Disponível em: [https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/csosortc2004\\_full.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-10/documents/csosortc2004_full.pdf). Acesso em: 02 ago. 2024.

VIEIRA, R. H. S. F. *et al.* Galerias Pluviais como Fonte de Poluição de Origem Fecal para as Praias de Fortaleza - Ceará. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 5-12. 2011.

VIEIRA, R. H. S. F. *et al.* Microbiologia, Higiene e Qualidade do Pescado: Teoria e prática. Ed. 1. São Paulo: Varela, 2004.

VIEIRA, R. H. S. F. *et al.* The stormwater drain system as a pollution vector of the seashore in Fortaleza (Ceará State, Brazil). **Brazilian Journal of Microbiology**, [S.I.], v. 33, p. 294-298, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-8382200200040003>.

VIEIRA, T. M.; NASCIMENTO, R. A. A importância de indicadores microbiológicos na gestão de praias turísticas. **Revista de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 6, n. 1, p. 30-40, 2020.

VON SPERLING, M.; CHERNICHARO, C.A.L. **Biological wastewater treatment in warm climate regions**: volume one. Londres: IWA Publishing, 2005.