



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

MARIANA LIMA ROCHA

**PERFIS DE RESISTÊNCIA DE COLIFORMES EM PRAIAS COSTEIRAS
URBANAS DE FORTALEZA (CE): RELEVÂNCIA PARA A ABORDAGEM DA
SAÚDE ÚNICA (*ONE HEALTH*)**

FORTALEZA

2026

MARIANA LIMA ROCHA

PERFIS DE RESISTÊNCIA DE COLIFORMES EM PRAIAS COSTEIRAS
URBANAS DE FORTALEZA (CE): RELEVÂNCIA PARA A ABORDAGEM DA
SAÚDE ÚNICA (ONE HEALTH)

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciências Ambientais
da Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial à obtenção do grau de
Bacharelado em Ciências Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Oscarina Viana de
Sousa.

Coorientador: Prof. Dr. Antonio Geraldo
Ferreira.

FORTALEZA

2026

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)

R574p Rocha, Mariana Lima.
Perfis de resistência de coliformes em praias costeiras urbanas de Fortaleza (CE) : relevância para a abordagem da Saúde Única (One Health) / Mariana Lima Rocha. – 2026.
80 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Ciências Ambientais, Fortaleza, 2026.

Orientação: Profa. Dra. Oscarina Viana de Sousa.

Coorientação: Prof. Dr. Antonio Geraldo Ferreira.

1. Escherichia coli. 2. Litoral. 3. Resistência antimicrobiana. 4. Saúde única. I. Título.

CDD 333.7

MARIANA LIMA ROCHA

PERFIS DE RESISTÊNCIA DE COLIFORMES EM PRAIAS COSTEIRAS
URBANAS DE FORTALEZA (CE): RELEVÂNCIA PARA A ABORDAGEM DA
SAÚDE ÚNICA (ONE HEALTH)

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Graduação em Ciências Ambientais
da Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial à obtenção do grau de
Bacharelado em Ciências Ambientais.

Aprovada em: xx/xx/2026.

BANCA EXAMINADORA

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

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

Profa. Dra. Alexandra Sampaio de Almeida
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico, com amor, aos meus pais,
Adriana e Marcelo, e à mãe natureza.

AGRADECIMENTOS

À mãe natureza, a criadora de tudo e todos, a pioneira da palavra “nós” e, também, a agoura do “nada”. É a nossa maior inspiração para construir um planeta justo para todas as formas de vida e foi a minha razão e motivação de escolha do curso, ao perceber a grande força que conecta todos os processos do planeta. Não sou uma pessoa religiosa, mas é nela que resguardo minha fé e agradeço por todos os momentos em que fui abraçada.

À minha mãe Adriana Lima, meu pai Marcelo Rocha, meu irmão Marcelo Filho, minha Melzinha, minha Tia Rina, meus avós e todos os familiares que de alguma forma foram responsáveis por me dar apoio, recursos e forças para essa jornada acadêmica e profissional, amo muito vocês!

À minha melhor amiga Maria Eduarda, que está ao meu lado sempre me apoiando, incentivando e admirando em todos os momentos. Estamos juntas, alma gêmea.

À Profa. Dra. Oscarina Viana de Sousa e a Dra. Fátima Cristiane Teles pelo suporte e orientação durante todas as aventuras e desafios que este trabalho trouxe, como as coletas, processamento das amostras, aquisição de materiais necessários, referências e revisão do trabalho. Durante todo o processo, aprendi muito e sou muito grata pela excelente orientação dessas queridas doutoras, as quais admiro muito e também agradeço por me acompanhar em outras aventuras paralelas ao meu TCC. Aproveito também para agradecer à instituição CNPq, pelo apoio financeiro da Bolsa de Iniciação Científica, cujo projeto foi indispensável para a realização deste trabalho.

Também agradeço à família LAMAP (Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado) por toda a colaboração (e muitos cafés) em especial à Iorrana Joyce e Karoline Sousa, que me acompanharam no projeto, e Daniel Borges, Igor Dantas, Fabíola Araújo, Juliana Maia, Luana Lira, Rebeca Amon, Iracilda Lima e Danilo Pereira.

Ao Prof. Dr. Antonio Geraldo Ferreira, que me auxiliou na busca de fontes e no processamento de dados meteorológicos. Sempre me interessei na área de climatologia e sensoriamento remoto e, agora, pude usar em algo relevante pra mim.

Aos colegas da turma de Ciências Ambientais 2020.1, em especial a Isabelle Teixeira (minha dupla guerreira), Iorrana Joyce, Elaine Aguiar, Maxwell Cruz, Vivian Lopes, Angélica Caetano e Lívia Damasceno. Agradeço também à icônica Wanda Xavier, ao meu camarada e amor Pablo Duarte, à querida Victória Régia e ao Lucas Vieira pela companhia!

Aos professores convidados para a banca examinadora pela disponibilidade, interesse e colaborações.

“O mar está ao seu redor e dentro de você. O mar é o seu lar antes de você nascer e depois que você morrer” (James Cameron).

RESUMO

A qualidade sanitária de ambientes praianos é relevante para tornar seguro o uso de contato primário pela população, garantindo a saúde pública. Paralelamente, é importante que essa qualidade também seja mantida para prover a saúde ambiental, evitando a contaminação dos ecossistemas, assim, a abordagem da Saúde Única se torna cada vez mais notável para a adoção de um monitoramento integrado. A Resolução CONAMA nº 274/2000 fornece parâmetros microbiológicos para a água, mas não fornece para a areia, embora essa avaliação já seja recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Essa pesquisa objetivou estimar o quantitativo de coliformes termotolerantes (CTT) em amostras de água e areia úmida de praias de Fortaleza (CE), além de identificá-los e traçar um perfil de resistência a antimicrobianos. Duas coletas foram realizadas: a primeira durante o período de estio e a segunda no chuvoso, nas praias Caça e Pesca (P1), Futuro (P2), Iracema (P3) e Meireles (P4). Usaram-se oito antimicrobianos: Azitromicina, Doxiciclina, Sulfametoxazol-trimetoprima, Levofloxacino, Amicacina, Meropenem, Ceftriaxona e Ácido Nalidíxico. Na estação seca, o maior valor de NMP para água foi do P1, com 78 NMP/100 mL; para a areia úmida, todos os pontos tiveram entre 3,0 e 3,5 NMP/g de CT. No período chuvoso, foi detectado na água do Caça 2800 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes, o maior valor entre os ambientes analisados, enquanto nas amostras de areia os maiores valores encontrados foram: 430 NMP/g e 230 NMP/g nas praias P1 e P3, respectivamente. Entre os isolados de bactérias coliformes, a espécie predominante foi *Escherichia coli*, exceto por P4, com maior presença de *Enterobacter* spp. Os resultados do antibiograma revelaram 22 cepas resistentes (29,3% do total) a pelo menos 1 antimicrobiano, sendo 6 delas resistentes a 2 ou mais fármacos. A suscetibilidade reduzida foi apresentada principalmente para Ácido Nalidíxico e Doxiciclina. Duas cepas isoladas da quadra chuvosa provenientes da areia do P1 apresentaram resistência a 4 antibióticos comumente usados para tratamentos ao trato gastrointestinal, respiratório e urinário. O cálculo do Índice de Multirresistência Antimicrobiana (MAR) revelou um potencial risco para contaminação. Os resultados indicam risco considerável tanto pelo contato com a água quanto com a areia, principalmente em P3 e P1, onde a quantidade de bactérias resistentes foi maior. Impõe-se a necessidade de ações concretas por parte do poder público, aliadas a novas abordagens fundamentadas na Saúde Única, a fim de promover o bem-estar coletivo e preservar a homeostase ecológica.

Palavras-chave: *Escherichia coli*; litoral; resistência antimicrobiana; saúde única.

ABSTRACT

The sanitary quality of beach environments is relevant to ensuring safe primary contact use by the population, guaranteeing public health. Simultaneously, it is important that this quality is also maintained to provide environmental health, preventing the contamination of ecosystems; thus, the One Health approach becomes increasingly relevant for the adoption of integrated monitoring. CONAMA Resolution No. 274/2000 provides microbiological parameters for water, but not for sand, although this assessment is already recommended by the World Health Organization (WHO). This research aimed to estimate the quantity of thermotolerant coliforms (TTC) in water and wet sand samples from beaches in Fortaleza (CE), as well as to identify them and trace an antimicrobial resistance profile. Two collections were carried out: the first during the dry season and the second during the rainy season, at Caça e Pesca (P1), Futuro (P2), Iracema (P3) and Meireles (P4) beaches. Eight antimicrobials were used: Azithromycin, Doxycycline, Sulfamethoxazole-trimethoprim, Levofloxacin, Amikacin, Meropenem, Ceftriaxone, and Nalidixic Acid. During the dry season, the highest MPN value for water was from P1, with 78 MPN/100 mL; for wet sand, all points had between 3.0 and 3.5 MPN/g of total solids. During the rainy season, 2800 MPN/100 mL of thermotolerant coliforms were detected in the water of Caça e Pesca, the highest value among the environments analyzed, while in the sand samples the highest values found were: 430 MPN/g and 230 MPN/g on beaches P1 and P3, respectively. Among the coliform bacteria isolates, the predominant species was *Escherichia coli*, except for P4, which had a higher presence of *Enterobacter* spp. The results of the antibiogram test revealed 22 resistant strains (29.3% of the total) to at least one antimicrobial, with 6 of them resistant to two or more drugs. Reduced susceptibility was mainly observed for nalidixic acid and doxycycline. Two strains isolated from the rainy season, originating from the sand of P1, showed resistance to 4 antibiotics commonly used for treatments of the gastrointestinal, respiratory and urinary tracts. The calculation of the Multidrug Resistance Index (MRA) revealed a potential risk of contamination. The results indicate a considerable risk from both contact with water and sand, especially in P3 and P1, where the quantity of resistant bacteria was higher. Concrete actions by public authorities are necessary, coupled with new approaches based on One Health, in order to promote collective well-being and preserve ecological homeostasis.

Keywords: *Escherichia coli*; coastline; antimicrobial resistance; One Health.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Representação da relação entre os ODS 3, 6 e 14	24
Figura 2 – Representação da abordagem da Saúde Única	25
Figura 3 – Mapa de localização das praias e pontos de coleta	29
Figura 4 – Esquema da coleta e processamento inicial das amostras	31
Figura 5 – Aplicação da técnica dos tubos múltiplos para a análise e detecção de CTT na água e na areia úmida	32
Figura 6 – Esquema do isolamento e da caracterização morfológica das bactérias	34
Figura 7 – Esquema das provas bioquímicas IMViC	35
Figura 8 – Imagem da galeria pluvial localizada na Praia de Iracema	40
Figura 9 – Temperatura da Superfície do Mar - 01-15/10/2023	45
Figura 10 – Temperatura da Superfície do Mar - 16-30/04/2024	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Normas federais e tratados relacionados ao saneamento e à qualidade da água	23
Quadro 2 – Coordenadas geográficas dos pontos de coleta	30
Quadro 3 – Fonte dos dados meteorológicos coletados	33
Quadro 4 – Caracterização dos antimicrobianos selecionados	36
Quadro 5 – Balneabilidade para os períodos da coleta - SEMACE	39
Quadro 6 – Propostas de padrões de qualidade microbiológica das areias	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Resultados de salinidade e de pH para as amostras de água coletadas de quatro praias urbanas de Fortaleza em diferentes períodos	37
Tabela 2	– Número Mais Provável (NMP) de coliformes termotolerantes (CT) em amostras de água coletadas de praias urbanas em Fortaleza - CE	38
Tabela 3	– Tabela comparativa de valores de NMP nas praias em outros estudos	39
Tabela 4	– Número Mais Provável (NMP) de coliformes termotolerantes em amostras de areia, em três malhas (B, C e D) coletadas de praias urbanas em Fortaleza - CE	40
Tabela 5	– Média de NMP/g CTT das peneiras por praia	44
Tabela 6	– Dados meteorológicos na estação seca em praias urbanas de Fortaleza	45
Tabela 7	– Dados meteorológicos na estação chuvosa em praias urbanas de Fortaleza	46
Tabela 8	– Coeficiente de correlação de Pearson entre os resultados de NMP (água e areia) e as condições meteorológicas registradas para Fortaleza (CE) nas coletas	47
Tabela 9	– Espécies e gêneros de enterobactérias e suas quantidades encontradas nas amostras de água coletadas de praias urbanas em Fortaleza - CE	49
Tabela 10	– Espécies e gêneros de enterobactérias e suas quantidades encontradas nas amostras de areia coletadas da área de estudo	50
Tabela 11	– Pontos de corte para interpretação de halos (em mm) do teste de antibiograma	52
Tabela 12	– Perfil de Resistência dos isolados de P1, P3 e P4	54
Tabela 13	– Índices de Resistência (IRA) e Multirresistência Antimicrobianas (MAR) .	57

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARGs	Antibiogram Resistance Genes
CLSI	Clinical and Laboratory Standard Institute
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTT	Coliformes Termotolerantes
EC	Caldo <i>Escherichia Coli</i>
EMB	Organização das Nações Unidas
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IMViC	Testes de Indol, Vermelho de Metila, Voges-Proskauer e Citrato
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IRA	Índice de Resistência Antimicrobiana
MAR	Índice de Multirresistência Antimicrobiana
MR-VP	Caldo Methyl Red-Voges Proskauer
NMP	Número Mais Provável
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
RAM	Resistência Antimicrobiana
SEMACE	Superintendência Estadual do Meio Ambiente
SEUMA	Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente de Fortaleza
SIM	Ágar Sulfeto Indol Motilidade
TSA	Ágar Triptona de Soja
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
UV	Ultravioleta
VBNC	Bactérias Viáveis, mas Não Cultiváveis
WHO	World Health Organization
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	OBJETIVOS	17
2.1	Objetivo geral	17
2.2	Objetivos específicos	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1	A urbanização de Fortaleza (Ceará)	18
3.2	Problemas ambientais e de saneamento	19
3.3	Normas brasileiras e tratados internacionais sobre saneamento e proteção costeira	21
3.4	A abordagem da Saúde Única	25
3.5	Resistência Antimicrobiana (RAM)	27
4	MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1	Localização e descrição dos pontos de coleta	28
4.2	Período das coletas e armazenamento	30
4.3	Processamento das amostras	31
4.3.1	Água	31
4.3.2	Areia úmida	32
4.4	Obtenção dos dados meteorológicos	33
4.5	Isolamento e caracterização de estirpes	33
4.6	Identificação de coliformes - Provas bioquímicas	34
4.7	Antibiograma	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	Dados de salinidade e pH da água	37
5.2	Número Mais Provável (NMP)	37
5.3	Análise dos dados meteorológicos e Correlação de Pearson	44
5.4	Morfologia e caracterização da parede celular	48
5.5	Provas bioquímicas (IMViC)	49
5.6	Perfil de Resistência dos isolados	51
5.7	Resultados dos Índices de Resistência (IRA) e Multirresistência (MAR)	57
6	CONCLUSÃO	58
	REFERÊNCIAS	61

APÊNDICE A – TABELA COM OS RESULTADOS DO ANTIBIO- GRAMA (HALOS EM MM) DOS ISOLADOS DO PERÍODO SECO	78
APÊNDICE B – TABELA COM OS RESULTADOS DO ANTIBIOGRAMA (HALOS EM MM) DOS ISOLADOS DO PERÍODO CHUVOSO	79

1 INTRODUÇÃO

As praias da cidade de Fortaleza, capital do Ceará, são um dos destinos mais procurados por moradores locais e por turistas no estado. O alívio do calor durante o dia é apenas um dos atrativos, pois as praias também estão repletas de serviços oferecidos, como restaurantes, barracas e hotéis, além de estarem constantemente com programações culturais que corroboram com o lazer da população (Freire; Coriolano, 2015). A construção da imagem turística da cidade foi marcada ao longo dos anos pela reestruturação da orla, artificializando o ambiente por meio de estruturas como espigões e pontes (Paula *et al.*, 2015), além da pavimentação de vias, remodelação de calçadas, padronização de quiosques e do alargamento de faixas de areia. Todas essas alterações fazem das praias de Fortaleza locais de interesse de públicos diversos; uma pesquisa do Ministério do Turismo (2024) revelou que o Ceará é o segundo estado nordestino mais cogitado para viagens, e Fortaleza foi o destino mais buscado do Nordeste por estrangeiros em 2025 (Fortaleza, 2025), assim, a orla da cidade é cada vez mais relevante no cenário nacional, ao mesmo tempo que Fortaleza se consolida como o quarto município mais populoso do país (IBGE, 2022).

Dessa forma, à medida que o processo de urbanização avança e hábitos culturais se renovam, mais recursos e serviços são demandados pela sociedade, sendo um deles o saneamento básico (Albuquerque Junior *et al.*, 2019). Apesar de essencial, o saneamento não está explicitamente assegurado na Constituição Federal de 1988, mas subentende-se que ele está relacionado com os artigos terceiro, sexto e o artigo nº 196, os quais se conectam com direitos como a saúde e o meio ambiente equilibrado (Ritzel, 2023); considerando essa realidade, há esforços recentes para incluir o saneamento como direito social, a exemplo da Proposta de Emenda à Constituição - PEC nº 2/2016.

Conforme exposto pelo painel de saneamento do Instituto Trata Brasil construído com base em dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2023), cerca de 33,5% da população da cidade de Fortaleza não tem acesso a qualquer serviço público de coleta de esgoto. Essa realidade leva ao seguinte questionamento: para onde esse excedente de efluentes está sendo direcionado? O artigo de Almeida *et al.* (2025) disserta que, para além da contaminação lançada diretamente ao solo e aos corpos hídricos (como rios, lagos, riachos e o mar), também é possível destacar as ligações clandestinas em tubulações já existentes, sejam em canos de esgotos ou condutos pluviais.

O lançamento irregular de esgotos prejudica a saúde pública uma vez que se torna uma fonte potencial de doenças de veiculação hídrica, além de trazer prejuízos ao desenvolvimento social e econômico e impactos negativos ao meio ambiente, diminuindo a qualidade de vida da população e do ecossistema (Souza-Santos; Carneiro; Silva, 2025). Federigi *et al.* (2020) afirmam que a exposição a águas recreativas, como as praias, se associa frequentemente a infecções, principalmente relacionadas a doenças gastrointestinais.

A partir da ocorrência de doenças relacionadas à precarização do serviço de saneamento, cria-se uma pressão (evitável) no sistema de saúde pública. O investimento de cada real nas melhorias dos serviços de saneamento básico pode economizar até quatro reais nos sistemas de saúde, conforme revela o Instituto Trata Brasil (2021), evidenciando que a ampliação e desenvolvimento do setor no mundo é estratégica e urgente. Estimativas da Organização Mundial de Saúde (2024) revelam que mais de um bilhão e meio de pessoas ainda não possuem acesso a serviços básicos de saneamento. Mais de 160 metas da Organização das Nações Unidas foram definidas em 2015 pela Agenda 2030, intituladas Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e apelam para uma cooperação global (GT Agenda 2030, 2016) que abrange objetivos relacionados a saúde pública (ODS 3), a vida marinha (ODS 14) e a qualidade da água (ODS 6).

Bactérias do grupo coliforme são comumente encontradas em esgotos, e esses microrganismos indicam contaminação fecal, dessa forma, são adotados como parâmetro microbiológico de monitoramento da qualidade da água pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Pela sua ampla distribuição, os coliformes sofrem influência direta do que é depositado junto aos efluentes, e o saneamento precarizado é responsável pelo aumento da disseminação da resistência antimicrobiana (OMS, 2024): medicamentos como antibióticos descartados inadequadamente favorecem o desenvolvimento de mecanismos de resistência ou mutações que conferem genes de resistência a antimicrobianos (*Antibiogram Resistance Genes* ou ARGs em inglês). Durante a pandemia do vírus Sars-Cov-2, houve uma alteração no padrão de consumo de antibióticos no Brasil, prescritos em alinhamento ao tratamento inadequado do vírus (Del Fiol *et al.*, 2022) ou ao tratamento de outras infecções, o que pode influenciar no aumento de registros de Resistência Antimicrobiana (RAM).

Para este trabalho, os coliformes termotolerantes (CTT) foram utilizados como parâmetro (Resolução CONAMA nº 274/2000) para determinar a qualidade da areia e da água de quatro praias urbanas da cidade de Fortaleza, no Ceará: Caça e Pesca, Praia do Futuro, Praia

de Iracema e Meireles (Náutico) e, ao quantificar e identificar os isolados, foi traçado um perfil de resistência a oito antimicrobianos, alguns utilizados durante a pandemia da Covid-19, doença causada pela infecção do vírus Sars-Cov-2, com estado de Emergência em Saúde Pública decretado pelo Ministério da Saúde entre fevereiro de 2020 e abril de 2022 no Brasil. O nível elevado de coliformes por si só já sinaliza riscos para a saúde, mas também podem indicar a presença de patógenos perigosos (Feitosa *et al.*, 2025); com a emergência da resistência antimicrobiana e sua relação com circunstâncias ambientais, verifica-se a importância de abordagens mais interdisciplinares e orientadas para a Saúde Única (*One Health*) (Craddock *et al.*, 2025).

A Saúde Única é uma abordagem integrada que reconhece a conexão entre a saúde humana, animal e ambiental, defendendo que problemas sanitários sejam enfrentados considerando esses três pilares em conjunto (Ministério da Saúde, 2024). Ainda segundo o Ministério da Saúde (2024), essa perspectiva, ao promover a cooperação e coordenação entre diferentes áreas e setores, é essencial para lidar com desafios complexos emergentes como as mudanças climáticas e a resistência a antibióticos. No cenário pós-pandemia, o termo ganhou mais destaque, já que crises como a da Covid-19 demonstraram como doenças provenientes da interface entre humanos, animais e ecossistemas podem ser rapidamente impulsionadas e gerar impactos de grande escala (Organização Mundial da Saúde, 2023).

Levando em consideração a pandemia da Covid-19 e o uso excessivo de antibióticos no período, os coliformes analisados em colimetria podem ter adquirido artifícios que dificultam seu tratamento em caso de infecções, o que justifica o estudo. Sendo Fortaleza uma cidade que conta com uma alta atividade turística, portuária e pesqueira, o monitoramento contínuo se torna mais imprescindível, e os resultados encontrados podem direcionar ações e políticas públicas de saneamento de forma eficiente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O objetivo dessa pesquisa foi quantificar coliformes termotolerantes nas águas e areias de quatro praias na cidade de Fortaleza - CE durante duas estações diferentes, estabelecendo seus perfis de resistência a antimicrobianos e analisar a influência das variáveis meteorológicas no comportamento e dispersão das amostras coletadas.

2.2 Objetivos específicos

- A. Estabelecer o Número Mais Provável (NMP) de coliformes termotolerantes na água marinha e em frações de areia úmida superficiais de diferentes granulometrias de quatro praias urbanas de Fortaleza (CE): Caça e Pesca (P1), Futuro (P2), Iracema (P3) e Meireles (P4);
- B. Identificar os coliformes termotolerantes isolados por meio de provas bioquímicas;
- C. Analisar a influência da granulometria na capacidade de retenção de bactérias com a adoção de três peneiras granulométricas com diferentes diâmetros de malha;
- D. Captar dados meteorológicos e analisar como as variáveis de pluviosidade, temperatura média e radiação solar podem ter influenciado a proliferação das bactérias;
- E. Determinar perfis de resistência frente a oito antimicrobianos de uso na clínica humana entre as enterobactérias isoladas;
- F. Calcular o Índice de Resistência Antimicrobiana (IRA) e o Índice de Multirresistência Antimicrobiana (MAR).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A urbanização de Fortaleza (Ceará)

A urbanização da cidade de Fortaleza foi marcada por grandes intervenções. A partir da década de noventa, como política de incentivo ao turismo, houve a implementação do Programa de Ação para o Desenvolvimento do Turismo no Nordeste (PRODETUR NE), promovendo investimentos em infraestrutura básica e serviços públicos, como a construção de vias litorâneas, comunicação e equipamentos turísticos (Dantas, 2020). O sucesso do programa levou à criação do PRODETUR Nacional, que contempla, além dos estados, os municípios com ações da política de desenvolvimento do turismo (Barbosa; Coriolano, 2016).

Esse programa adensou os investimentos na capital, condicionando a geração de emprego e renda, o que favoreceu a expansão da cidade. Antes, grandes obras como a construção do Porto do Mucuripe, a internacionalização do Aeroporto Pinto Martins e a implantação de linhas de metrô já alteravam a ocupação urbana, a mobilidade e as características ambientais na orla (Fechine, 2007; Costa; Pequeno, 2015). Fortaleza, então, segundo Barbosa e Paula (2020), se consolida como a “porta de entrada dos grandes fluxos”.

O turismo de sol e mar se desenvolve na capital: com condições naturais favoráveis e a aplicação de investimentos, atrações diversas trazem popularidade às praias de Fortaleza; para além de atividades clássicas de contato primário (natação, esportes náuticos), com a construção de restaurantes, barracas, hotéis e polos de lazer, se estabelecem interesses envolvendo o turismo e a cultura locais (Paiva; Diógenes, 2022). Em cada praia do estudo, verifica-se diferentes intervenções: no bairro Praia de Iracema, por exemplo, equipamentos culturais como o Centro Dragão do Mar de Arte e Cultura, inaugurado em 1999, moldaram o entorno com outras atrações culturais e boêmias (Pereira; Silva; Costa, 2020).

Em resposta ao crescimento desordenado e irregular e suas consequências, surge, em 2004, o Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (Projeto Orla), hoje discutido pelo Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro (GI-GERCO). Integrando a atuação do governo e da sociedade civil na gestão integrada da orla para garantir a participação social, o uso sustentável e o cumprimento de normas, as ações do projeto visam o ordenamento territorial dos espaços litorâneos (Ceará, 2019).

Apesar dos esforços para o ordenamento territorial, a verticalização da cidade se acentua cada vez mais e grandes obras marcam a orla de Fortaleza, inclusive com apoio de políticas municipais como o Programa Fortaleza Competitiva e o projeto Beira-Mar de Todos, que embora envolvam milhões em investimentos em nome da desburocratização do licenciamento ambiental e do suposto desenvolvimento econômico, questiona-se a eficácia dessas políticas em resolver problemas urbanos crônicos (Paula *et al.*, 2010; Lobo, 2021; Cintra e Fedel, 2019). Na Avenida Beira-Mar, obras de requalificação determinaram focos de ação que alteram de vez a orla da cidade: o engordamento da faixa de areia, a revitalização do calçadão, a reordenação da Feirinha de Artesanato em quiosques padronizados e integrados ao novo calçadão e a padronização dos restaurantes (Lobo, 2021).

3.2 Problemas ambientais e de saneamento

A cobertura e a qualidade do tratamento de esgoto não estão acompanhando o crescimento urbano - acentuando desigualdades sociais. À medida que o litoral se populariza, a demanda para serviços aumenta, acarretando a instalação de empreendimentos e barracas, o que pode, eventualmente, gerar consequências ao ambiente, principalmente ligadas à poluição orgânica (Vieira *et al.*, 2001; Abessa, 2023). Com a ocupação intensa da cidade, tem-se a canalização e poluição dos recursos hídricos (Fechine, 2007; Campos *et al.*, 2021), o que agrava a descaracterização natural, reduzindo o equilíbrio e a resiliência dos ambientes.

Pela extensão continental do Brasil, diferenças regionais e locais se sobressaem na cobertura de coleta de esgoto, e apesar do aumento verificado pelo Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em relação ao último censo em 2010, que era de 52,8%, pouco mais de 62% da população do Brasil morava em domicílios conectados à rede de coleta de esgoto em 2022 (IBGE, 2024).

Há relação positiva entre a urbanização e a densidade de coliformes termotolerantes pela falta de tratamento adequado de esgoto (Souza-Santos; Carneiro; Silva, 2025). Doenças de veiculação hídrica estão diretamente relacionadas às condições de saneamento básico (Vitor *et al.*, 2021). A poluição dos corpos hídricos e a precariedade do esgotamento sanitário também podem atrair pragas urbanas, principalmente em águas paradas, a exemplo de insetos e roedores, ampliando o espectro de doenças veiculadas (Silva, 2024). No Brasil, em 2024, houveram mais de 340 mil internações relacionadas a doenças advindas do saneamento inadequado, totalizando um gasto de mais de 174 milhões de reais ao sistema de saúde, com a região Nordeste

representando 24,5% desse valor (Instituto Trata Brasil, 2025). Com o investimento na universalização do saneamento básico, o número de internações poderia ser significativamente reduzido, trazendo qualidade de vida à população e economia à saúde pública, que poderia direcionar os valores a outras áreas prioritárias do sistema (Instituto Trata Brasil, 2025).

Para além da contaminação da água, sabe-se que o esgoto não tratado adequadamente pode ser uma potencial fonte de gases de efeito estufa, como o metano (CH₄), contribuindo para o aquecimento global, conforme revelado por Rosso e Stenstrom (2008). Na mesma linha de raciocínio, à medida que se intensificam as mudanças climáticas, eventos extremos têm maior possibilidade de ocorrer, alterando a hidrodinâmica em diversas regiões, o que leva a enchentes de rios e alagamento das cidades, facilitando o carreamento de esgotos; em contrapartida, eventos de seca dificultam o acesso à água, prejudicando a manutenção de condições de higiene, assim, com as alterações climáticas em vigor, as doenças transmitidas pela água emergem com maior frequência (Barcellos *et al.*, 2009; Prado; Sato, 2017).

A persistência de coliformes em praias arenosas pode ser influenciada pelo aporte de águas pluviais, carregando substâncias advindas do centro urbano, e pela existência de rios que deságuam no oceano; esses agentes atuam como os principais veículos de transporte de material fecal para o mar (You, 2023). A presença dessas bactérias tem relação com o despejo de esgotos em corpos hídricos e até mesmo com ligações clandestinas em redes de drenagem urbanas, como constatado pela Prefeitura de Fortaleza que identificou a existência de cerca de 300 ligações indevidas em galerias pluviais por vídeo inspeção a partir do programa Fortaleza Cidade Sustentável (Fortaleza, 2023). Em adicional, fatores físicos como temperatura e incidência de luz solar podem influenciar a intensidade da contaminação fecal (Golin, 2018).

No ambiente praiano, a relação entre a areia e a água é intrínseca, e enterobactérias podem estar presentes em ambas as matrizes. A areia pode atuar como reservatório para esses microrganismos, como aponta o estudo de Phillips *et al.* (2011), que relacionou níveis de enterococos na água e na areia de praias da Flórida e conclui que a presença dessas bactérias na matriz arenosa impacta diretamente na balneabilidade das praias.

Para os organismos marinhos, o lançamento de esgotos traz impactos relacionados à eutrofização do ambiente (maior disponibilidade de nutrientes), que gera outros efeitos em cadeia: o aumento da quantidade de algas na superfície reduz a entrada de luz solar, prejudicando a fotossíntese e reduzindo o oxigênio na coluna d'água, desequilibrando os ciclos

biogeoquímicos e a cadeia trófica (Esteves, 2011). Dito isso, o artigo de revisão de Abessa *et al.* (2012, p. 649) afirma que:

A introdução de bactérias alóctones em águas costeiras marinhas, além de causar impactos diretos sobre a qualidade microbiológica da água e dos sedimentos, acarreta, também, efeitos sobre os organismos que habitam esse ecossistema, inclusive aqueles que possuem interesse comercial para consumo humano como alimento. Estudos demonstram a contaminação de peixes e frutos do mar por microorganismos patogênicos relacionados com os esgotos.

3.3 Normas brasileiras e tratados internacionais sobre saneamento e proteção costeira

Em resoluções federais e em normas específicas definidas em órgãos ambientais estaduais, parâmetros químicos orgânicos e inorgânicos são utilizados para medir a qualidade de água para uso recreacional. O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução Federal nº 274/2000 adotou como parâmetro microbiológico os coliformes termotolerantes, definidos da seguinte forma pelo órgão:

[...] bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais caracterizadas pela presença da enzima β -galactosidase e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas à temperatura de 44-45°C em meios contendo sais biliares ou outros agentes tenso-ativos com propriedades inibidoras semelhantes. Além de presentes em fezes humanas e de animais podem, também, ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica.

Esses microrganismos característicos do trato intestinal de animais de sangue quente podem chegar às praias urbanas a partir do lançamento irregular de esgotos. Os órgãos de fiscalização realizam as análises e a classificação desses espaços de acordo com a legislação brasileira vigente que trata sobre a qualidade de praias costeiras para atividades recreacionais baseado na enumeração de coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e Enterococos em amostras de água como parâmetros microbiológicos (Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000). Conhecendo a relevância legal de parâmetros microbiológicos para a análise da qualidade do ambiente, quantificar e investigar os coliformes termotolerantes é indispensável para assegurar uma praia balneável para todos.

Para além do cumprimento da legislação, há uma tendência mundial na adesão de certificações em praias que exigem especificações ainda mais criteriosas, a exemplo do Programa Bandeira Azul, que objetiva o cumprimento de requisitos relacionados ao meio

ambiente, infraestrutura, bem-estar e segurança, conscientizando a comunidade e os tomadores de decisão para a proteção do ambiente marinho, e o programa, até 2025, conta com espaços certificados em cerca de cinquenta países (Silva, 2016; Foundation for Environmental Education, 2025).

Antes da pandemia de COVID-19 a certificação era um movimento crescente, e o isolamento social do período ofereceu a chance de refletir sobre ações de gestão integrada relacionadas às praias a fim de estabelecer o retorno seguro dos usuários de forma alinhada à manutenção de processos ecológicos do ambiente marinho e praial (Botero *et al.*, 2020).

A atribuição de uma legislação forte aliada a ações de monitoramento contínuas é essencial para manter a qualidade sanitária das praias. O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA (2024) lançou um relatório que revela: “[...] entre 2016 e 2022, houve redução da taxa de mortalidade atribuída a fontes de água inseguras, saneamento inseguro e falta de higiene, ainda que, nos anos da pandemia, esse indicador tenha apresentado piora”.

Políticas de proteção aos ambientes costeiros também são essenciais para a manutenção da qualidade ambiental e, conseqüentemente, reduzem riscos sanitários; ao preservar os ecossistemas e a sua biodiversidade, atenua-se a degradação causada pela poluição e pela ocupação desordenada, assegurando serviços ecossistêmicos vitais como regulação climática e fornecimento de água e alimentos (Lamparelli *et al.*, 2022). Abaixo, segue um quadro com normas e tratados relevantes vigentes sobre saneamento e proteção aos ecossistemas costeiros no Brasil.

Quadro 1 - Normas federais e tratados relacionados ao saneamento e à qualidade da água.

Norma	Descrição
Lei nº 6.938/1981 - Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA)	Compromisso com a qualidade ambiental
Lei nº 7.661/1988 - Política Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC)	Uso racional de recursos na Zona Costeira
Convenção das Nações Unidas sobre Direito do Mar (UNCLOS) - Decreto nº 1.530/1995	Entra em vigor a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, concluída em Montego Bay, Jamaica, em 1982.
Lei nº 9.433/1997 - Política Nacional de Recursos Hídricos - "Lei das Águas"	Reafirma a competência comum no saneamento, conforme Constituição
Resolução CONAMA nº 274/2000	Critérios de balneabilidade em águas brasileiras
Resolução CONAMA nº 357/2005	Classificação e enquadramento dos corpos de água
Lei nº 14.026/2020 - Marco Legal do Saneamento Básico	Atualiza o marco legal do saneamento básico
Norma de Referência ANA nº 8/2024	Universalização do saneamento, monitoramento e índices de cobertura e abastecimento
Agenda 2030 e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) - Decreto nº 11.704/2023	Institui a Comissão Nacional para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável para contribuir com a internalização da Agenda 2030 no País

Fonte: Autora, 2025.

O Brasil se tornou signatário dos desafios delineados durante a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável da Assembleia Geral das Nações Unidas (AGNU) que estabeleceu, em 2015, dezessete Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, que trazem metas sobre paz, governança, educação, saúde, alimentação e meio ambiente. A relação entre a qualidade da água e a saúde pública é tão intrínseca que a Organização das Nações Unidas (ONU), a partir da Agenda 2030 lançada em 2015, além de estabelecer um Objetivo de Desenvolvimento Sustentável para a saúde e bem estar (ODS 3), direciona um ODS intrinsecamente à questão da água potável e do saneamento. Ainda, conhecendo o impacto da poluição no ambiente marinho, a ONU também adota o Objetivo 14, que põe os recursos marinhos em evidência.

Figura 1 - Representação da relação entre os ODS 3, 6 e 14.



Fonte: Adaptado de Nações Unidas (Brasil).

Abaixo, está a apresentação de cada ODS junto a meta que faz alusão aos temas tratados durante o trabalho. Inicialmente, no Objetivo 3 (Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas e todos, em todas as idades), têm-se como uma das metas extinguir as doenças transmitidas pela água:

[...] 3.3 Até 2030, acabar com as epidemias de AIDS, tuberculose, malária e doenças tropicais negligenciadas, e combater a hepatite, doenças transmitidas pela água, e outras doenças transmissíveis (ONU, 2015).

Já o Objetivo 6 (Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos) é direcionado às questões de saneamento básico e água potável e seu acesso equitativo, com destaque para o tópico 6.3:

[...] 6.3 Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição, eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente (ONU, 2015).

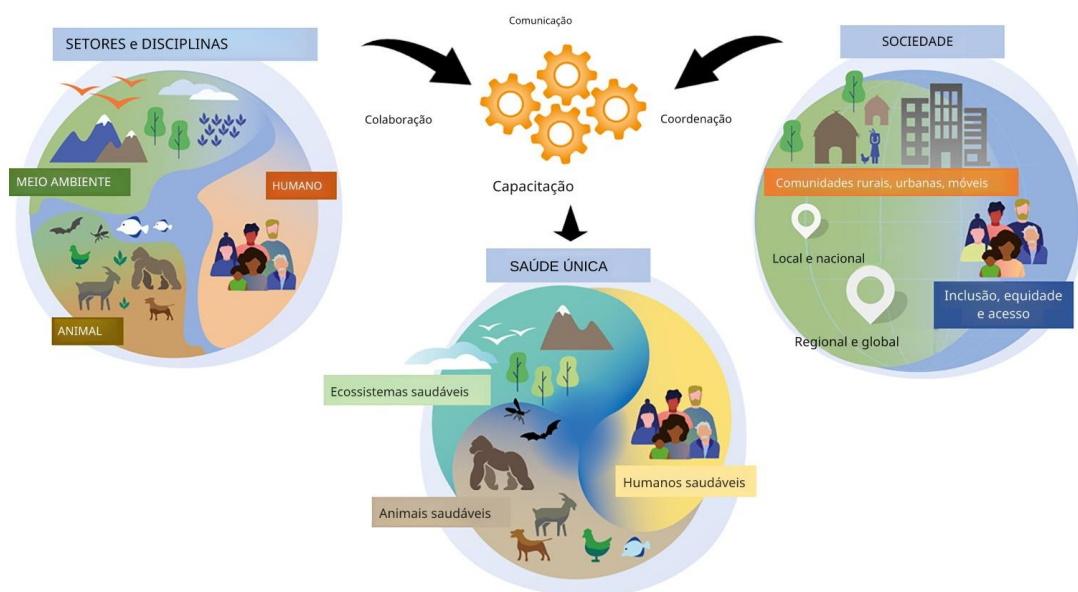
O Objetivo 14 (Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável) tem como primeira meta prevenir e reduzir todos os tipos de poluição marinha, assim, englobando a poluição orgânica.

Ter uma legislação robusta sobre o saneamento é fundamental para proteger desde a camada ambiental até a socioeconômica; praias limpas sustentam a biodiversidade e os ecossistemas marinhos e estão ligadas diretamente à saúde e ao turismo. A adesão do Brasil a tratados possibilita o apoio técnico e troca de dados, além de facilitar o acesso a financiamentos internacionais para a investir na infraestrutura sanitária.

3.4 A abordagem da Saúde Única

As consequências geradas pelo despejo de efluentes no meio ambiente são generalizadas, atingindo a saúde de populações humanas e do ecossistema. Assim, surge o conceito de Saúde Única (*One Health*) como uma abordagem multissetorial e integrada para entender a saúde como um sistema que interconecta a saúde humana, animal, vegetal e ambiental (Adisasmito *et al.*, 2022), trazendo ênfase à concepção de biosfera. A Saúde Única mobiliza os diferentes setores da sociedade à trabalhar em conjunto para promover o bem-estar e combater ameaças à saúde pública e aos ecossistemas; o conceito entende que garantir alimentos, água, energia e ar saudáveis é intrínseco à saúde planetária e incentiva o desenvolvimento sustentável, além de atuar no combate às mudanças climáticas (Instituto Carlos Chagas, 2023).

Figura 2 - Representação da abordagem da Saúde Única.



Fonte: traduzido de Adisasmito *et al.* (2022).

Com a ocorrência da pandemia da Covid-19, o conceito de Saúde Única (*One Health*), debatido principalmente ao início do século XXI em virtude das alterações ambientais vinculadas à produção desenfreada e ao crescimento populacional (Evans; Leighton, 2014), entra em destaque novamente e com enfoque em discussões que promovem uma abordagem integrada para a prevenção de doenças e ameaças sanitárias, a exemplo de pandemias.

Apesar da relevância, observa-se a necessidade de ampliar o debate sobre a definição e as abordagens que a Saúde Única representa: Rizzotto *et al.* (2024) dissertam que a compreensão dos problemas de saúde deve considerar a epidemiologia crítica e social encontradas na relação sociedade-natureza e capital-trabalho, e que os conceitos de saúde coletiva não podem se abster do debate sobre os vínculos nocivos decorrentes da exploração social e da natureza e omitir seus principais agentes causadores, as quais levam a crises sanitárias cada vez mais complexas.

Dessa forma, observa-se que a construção do termo e as ações voltadas a ele seguem evoluindo diante das problemáticas enfrentadas ao longo do tempo: durante a pandemia, em 2021, a ONU criou o primeiro Plano de Ação Conjunta de Saúde Única (*One Health Joint Plan of Action* ou OH JPA, em inglês), firmando uma parceria em quarteto entre seus programas FAO (Organização para Alimentação e Agricultura), UNEP (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente), WHO (Organização Mundial da Saúde) e WOAHA (Organização Mundial de Saúde Animal), com o objetivo de, conforme UNEP (2022): “integrar sistemas e capacidades [...] para prevenir, prever, detectar e responder melhor às ameaças à saúde”. No artigo de Silva *et al.* (2025), destaca-se que o plano OH JPA é baseado em diferentes linhas de ação:

O OH JPA é construído em torno de seis linhas de ação interdependentes que contribuem coletivamente para alcançar sistemas de saúde e alimentação sustentáveis, reduzir ameaças globais à saúde e melhorar a gestão do ecossistema. A linha de ação 5 é conter a silenciosa pandemia de resistência bacteriana (AMR-Bacteria).

No Brasil, há esforços em tramitação envolvendo a Saúde Única: em 2024, se estabeleceu o Comitê Técnico Interinstitucional de Uma Só Saúde (Decreto federal nº 12.007, de 25 de abril de 2024) com o propósito de desenvolver e dar suporte à implementação do Plano de Ação Nacional de Uma Só Saúde, – que se encontra em fase de elaboração final – destinado a estabelecer orientações voltadas à prevenção e ao enfrentamento de riscos à saúde, por meio de uma estratégia conjunta e integrada (Ministério da Saúde, 2024). Também foi instituído o Dia Nacional da Saúde Única pela Lei nº 14.792/2024, a ser celebrado anualmente em 3 de novembro, para conscientizar sobre essa interconexão e interdependência entre a saúde humana, animal, vegetal e ambiental (Brasil, 2024).

A Saúde Única, portanto, tem se tornado uma tendência global para fortalecer políticas de saúde integradas em virtude dos novos desafios envolvendo poluentes emergentes, mudanças climáticas, patógenos e a resistência antimicrobiana.

3.5 Resistência Antimicrobiana (RAM)

A exposição a antimicrobianos ocasiona o desenvolvimento de alterações genéticas nos microrganismos, tornando a ação desses medicamentos ineficaz pela resistência produzida (OMS, 2017). Em 2019, mais de um milhão e duzentos mil óbitos foram causados diretamente pela resistência antimicrobiana, e quase cinco milhões de outros estavam associados à RAM (Antimicrobial Resistance Collaborators, 2022). Durante a pandemia, mais especificamente entre 2020 e 2021, a Fundação Oswaldo Cruz detectou três vezes mais bactérias resistentes no Laboratório de Pesquisa em Infecção Hospitalar do Instituto Oswaldo Cruz (IOC/Fiocruz) em relação à 2019 (Fiocruz, 2021); o laboratório recebe isolados de todo o país para análise aprofundada. Os medicamentos antimicrobianos, para além dos impactos na saúde humana, causam desequilíbrio ecológico por causa de seus efeitos ecotoxicológicos no ambiente e na fauna (Geneva Environment Network, 2025).

As causas e potencializadores desse fenômeno são diversas: o uso excessivo e inadequado de antimicrobianos (Almeida *et al.*, 2023), seja para a população humana ou para o tratamento de animais, a poluição por resíduos urbanos, farmacêuticos e hospitalares, o saneamento precarizado e as mudanças climáticas (Chen *et al.*, 2025). A resistência a antimicrobianos pode ser de origem plasmidial ou cromossômica (Dever; Dermody, 1991; Coutinho *et al.*, 2022), ou seja, os genes de resistência podem ser transferidos horizontalmente ou verticalmente (herança genética). Silva *et al.* (2025), ao analisar os impactos da RAM, afirma que “a resistência antimicrobiana representa uma das maiores ameaças à saúde pública, impactando diretamente a eficácia dos tratamentos e aumentando a morbidade e mortalidade associadas a infecções”.

Portanto, a resistência antimicrobiana representa uma crise de saúde pública global, sendo verificada principalmente entre bactérias Gram-negativas (objetos desse estudo), como *Escherichia coli* e *Klebsiella pneumoniae*, que já apresentam resistência a antibióticos de terceira geração (World Health Organization, 2025). Para lidar com a crescente incidência de casos envolvendo a RAM, têm-se desenvolvido planos de ação a nível global e nacionais e programas de gestão antimicrobiana visando fortalecer a regulamentação sobre a prescrição e orientar o consumo responsável (Mudenda *et al.*, 2023). No Brasil, tem-se o Plano Nacional para a Prevenção e o Controle da Resistência Microbiana aos Antimicrobianos nos Serviços de Saúde (PAN-Serviços de Saúde) da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Anvisa, publicado em 2023, que contempla “quatro eixos estratégicos e operacionais para detecção,

prevenção e redução da resistência aos antimicrobianos em serviços de saúde para o período de 2023 a 2027” (Anvisa, 2023).

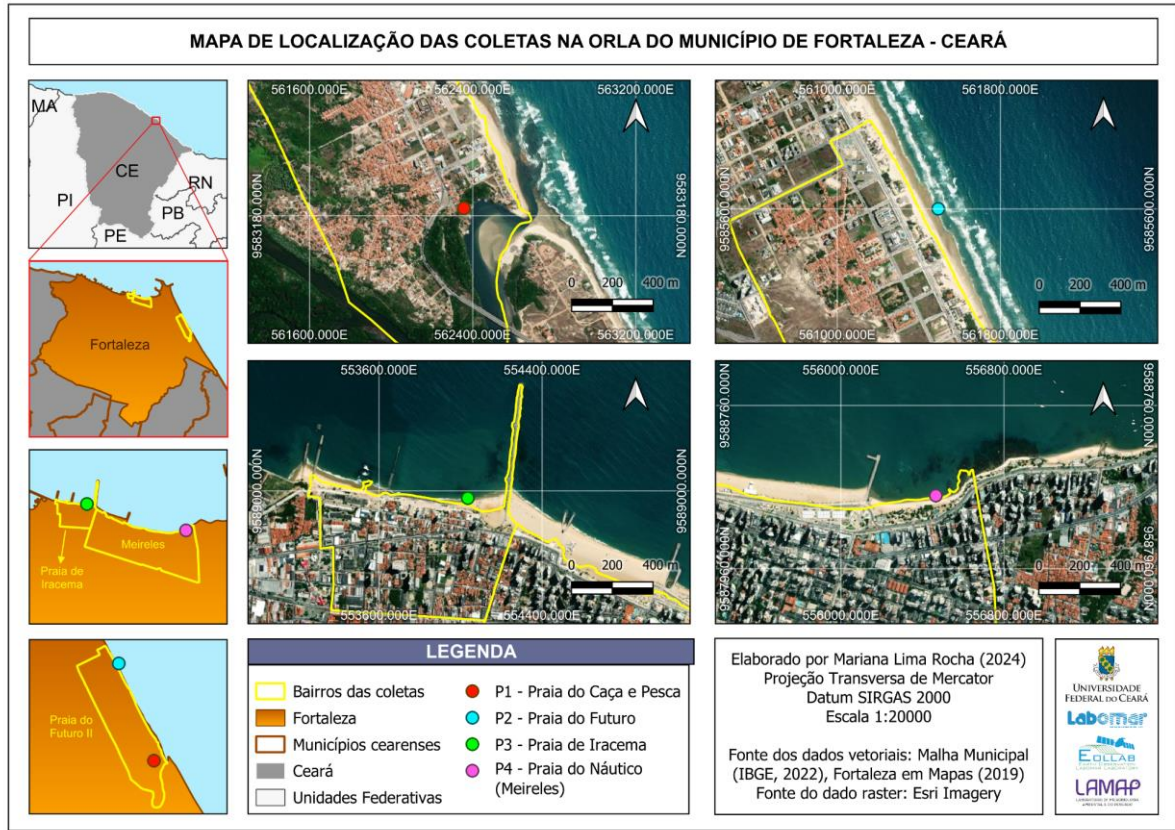
Os desafios para a implementação de estratégias mais efetivas relacionadas à RAM incluem a escassez de recursos, pouca capacitação e financiamento, limitações laboratoriais e de gestão, além da baixa conscientização sobre o assunto. Mudenda *et al.* (2023) também indicam a adoção da abordagem colaborativa do *One Health*. A OMS, em 2015, lançou a primeira colaboração global para padronizar a vigilância da RAM, o *Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System* (GLASS), mas apesar de completar uma década de atuação, a preocupação com a resistência antimicrobiana não é uniforme nem em escala regional e muito menos local, e a articulação ainda caminha a passos lentos apesar da emergência constatada.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e descrição dos pontos de coleta

Quatro praias da cidade de Fortaleza foram selecionadas para a pesquisa: Caça e Pesca, Praia do Futuro, Praia de Iracema e Praia do Náutico (Meireles), conforme Figura 3. O critério de seleção baseou-se na constante circulação de pessoas nessas praias, principalmente para contato primário com a água (banhistas, atletas, dentre outros usuários); a atratividade que as paisagens e elementos litorâneos geram alcançam visitantes nacionais e estrangeiros, e as recentes mudanças atreladas à orla de Fortaleza, como o desenvolvimento do turismo de esportes náuticos e a construção de aterros artificiais impulsionam cada vez mais a relação entre a sociedade e o litoral (Barbosa; Paula, 2020).

Figura 3 - Mapa de localização das praias e pontos de coleta.



Fonte: Autora, 2024.

A praia do Caça e Pesca tem como característica um ponto de encontro entre o Rio Cocó e o mar, tornando as águas mais calmas, sendo um ambiente mais tradicional. Já a Praia do Futuro, apesar de próxima, representa o oposto: o mar é agitado e sua faixa de praia conta com uma infraestrutura mais complexa e barracas de praia, recentemente reconhecidas como patrimônio cultural brasileiro pela Lei Federal nº 15.092 de 7 de Janeiro de 2025, revelando sua importância econômica e histórica.

A Praia de Iracema, por sua vez, tem uma localização estratégica no que diz respeito a atrações culturais, e passou por mudanças em sua estrutura visando o uso social e econômico, a exemplo da expansão do aterro, finalizada em 2019 (Barbosa; Paula, 2020). Por fim, a praia do Náutico (Meireles) está localizada em uma das partes mais urbanizadas e turísticas da cidade,

e conta com uma rede hoteleira bem desenvolvida, com o apoio de restaurantes e áreas para desportos, além de abrigar a Feirinha da Beira Mar, um ponto turístico representativo da orla de Fortaleza.

Dessa forma, a partir da concepção de que a ocupação e uso do ambiente praiano vem se alterando ao longo dos anos, esse trabalho adotou como área de estudo praias de distintas realidades para a pesquisa, abrangendo pontos em 3 bairros da cidade de Fortaleza, cujas coordenadas em graus decimais estão expostas no quadro a seguir.

Quadro 2 - Coordenadas geográficas dos pontos de coleta.

Ponto de Coleta	Latitude	Longitude
Praia do Caça e Pesca - P1	3,7706073 S	38,4383626 W
Praia do Futuro - P2	3,7493033 S	38,4462861 W
Praia de Iracema - P3	3,7187197 S	38,5128502 W
Praia do Meireles - P4	3,7244790 S	38,4913667 W

Fonte: Autora, 2025.

4.2 Período das coletas e armazenamento

Foram coletadas e analisadas amostras de água e areia úmida das 4 praias urbanas selecionadas. Realizaram-se duas coletas, uma no período de estio/seco (definido pelos meses de agosto, setembro, outubro, novembro, dezembro) e outra no chuvoso (fevereiro, março, abril, maio). Vale ressaltar que ambas as coletas foram realizadas durante a atuação do fenômeno El Niño, que se caracteriza pelo aumento das temperaturas no Oceano Pacífico, influenciando o regime de chuvas na região nordeste do Brasil por reduzir os acumulados de precipitação (Nogueira *et al.*, 2023). As coletas aconteceram sempre no período da manhã e em marés vazante e baixa, conferidas na plataforma Tábua de Marés. Os dias de coleta foram: dia 2 de Outubro de 2023 (Coleta I) e dia 23 de Abril de 2024. (Coleta II).

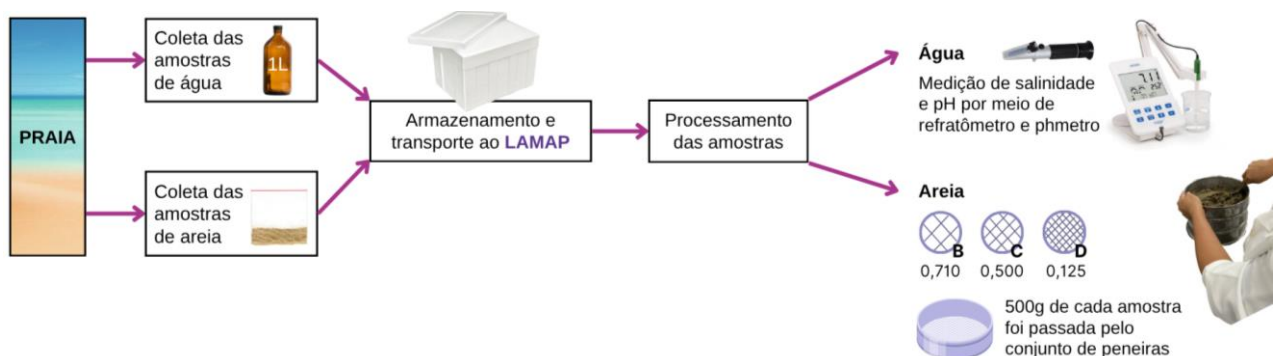
Em cada praia, a amostra de água foi coletada e armazenada em garrafa de vidro âmbar (com 1 Litro de capacidade) previamente esterilizada. Já as amostras de areia superficial (até 15 cm de profundidade) foram compostas por 3 sub-amostras coletadas em uma área de aproximadamente 1 metro quadrado diretamente influenciada pela água marinha, ou seja, areia úmida, e armazenadas em sacos de polipropileno de fecho zip lock.

Após a coleta, o material foi armazenado em caixas isotérmicas para conservar suas características e transportado até o Laboratório de Microbiologia Ambiental e do Pescado (LAMAP), no Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR/UFC) para processamento.

4.3 Processamento das amostras

Em laboratório, foram medidos os parâmetros de pH e de salinidade das amostras de água com o uso de pHmetro digital edge® HI 2002-02 (marca Hanna Instruments®) e um refratômetro manual modelo 211 (marca DIGIT). As amostras de areia úmida foram passadas por um sistema de peneiramento com 3 peneiras com malha crescente (0,710 mm, 0,500 mm e 0,125 mm) para separação do sedimento por granulometria. A figura a seguir ilustra o protocolo inicial.

Figura 4 - Esquema da coleta e processamento inicial das amostras.



Fonte: Autora, 2025.

4.3.1 Água

A detecção e estimativa do Número Mais Provável (NMP) de Coliformes Termotolerantes (CTT) foi realizada por meio da técnica de tubos múltiplos, a qual conta com um teste presuntivo e outro confirmativo (CTT), configurando um método tradicional e trabalhoso que pode atingir até 4 dias para a enumeração dos coliformes totais, conforme Gregghi (2005).

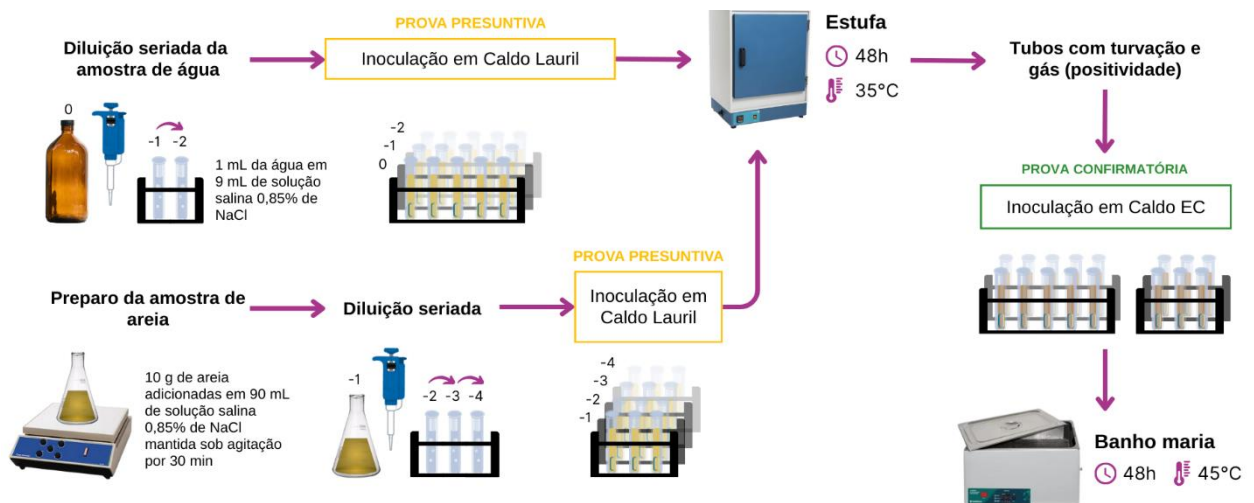
Houve a diluição seriada de amostras de 0 até 10^{-2} em solução salina 0,85% NaCl em proporção de 1:9, que em seguida foram inoculadas em tubos contendo tubos de Durham com o meio Caldo Lauril Triptose (Difco®) e incubados em estufa por 48 horas a 30°C.

Os tubos que apresentaram turvação do meio e produção de gás – positivo para a prova presuntiva – foram inoculados em novos tubos com Durham com Caldo EC (Difco®) para o teste comprobatório e incubados por mais 48h em temperatura de 45°C em banho maria.

4.3.2 Areia úmida

Em paralelo ao processamento da água, no processamento das amostras de areia o conteúdo retido em cada peneira foi separado para pesagem. Dez gramas (10 g) de cada sub-amostra foram pesadas e adicionadas a um Erlenmeyer contendo 90 mL de solução salina 0,85% NaCl (proporção 1:9, peso/volume). Após homogeneização em agitador magnético durante 30 minutos, os frascos foram deixados em repouso para deposição dos grânulos. A partir do sobrenadante, diluições seriadas foram feitas até 10^{-4} . A técnica dos tubos múltiplos também foi aplicada e alíquotas das diluições foram inoculadas em meio caldo Lauril (Difco®) e incubados por 48 horas a 30°C. Tubos apresentando características de turvação e produção de gás foram inoculados em tubos com o meio EC (Difco®) e incubados por 48h à temperatura de 45°C em banho maria. O processamento das amostras de areia pode ser visualizado na figura abaixo.

Figura 5 - Aplicação da técnica dos tubos múltiplos para a análise e detecção de CTT na água e na areia úmida.



Fonte: Autora, 2025.

4.4 Obtenção dos dados meteorológicos

A temperatura média, pluviosidade e radiação ultravioleta (UV) foram obtidas a partir da base de dados de estações meteorológicas e pluviométricas da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME e da Estação Móvel de Qualidade do Ar (EMQAR) da Secretaria de Urbanismo e Meio Ambiente de Fortaleza - SEUMA. O parâmetro de pluviosidade é definido como o volume acumulado de chuva em um local por um determinado período de tempo. Para esse trabalho, foi considerada a faixa de 3 dias, ou seja, o valor nos resultados é a soma do acumulado de precipitação de 72 horas anteriores ao dia da coleta. No quadro abaixo, há informações mais detalhadas sobre a fonte dos dados de cada praia a partir das estações meteorológicas.

Quadro 3 - Fonte dos dados meteorológicos coletados.

Ponto	Temperatura média	Pluviosidade	Radiação solar
P1	Estação automática Fortaleza - Praia do Futuro, ID 35319 (FUNCEME)	Estação convencional Caça e Pesca, ID 36612 (FUNCEME)	Estação Móvel de Qualidade do Ar (EMQAR) – P08 - SEUMA
P2			
P3		Estação convencional Defesa Civil de Fortaleza, ID 36631 (FUNCEME)	
P4			

Fonte: Autora, 2025.

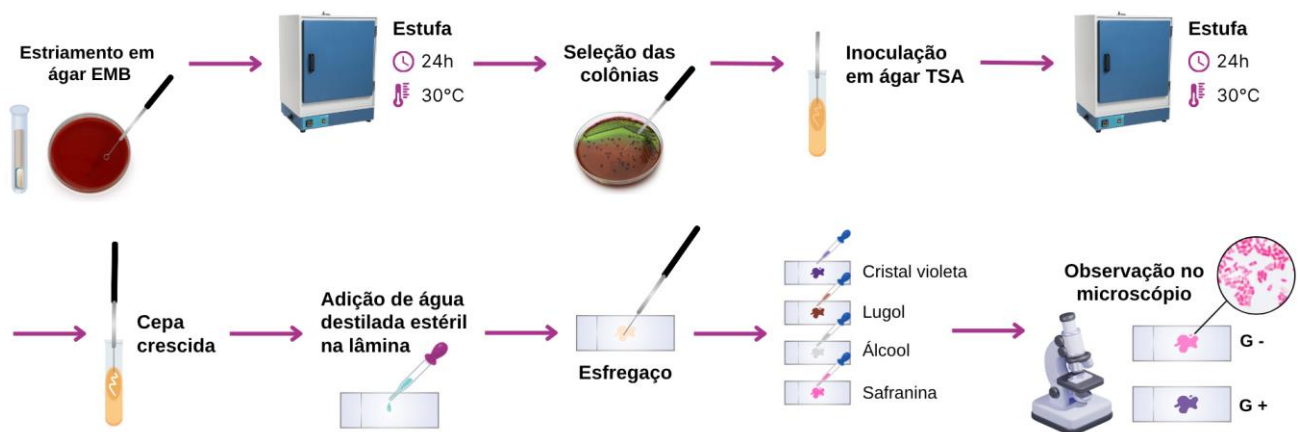
A partir dos dados meteorológicos coletados, foi adotada a técnica estatística de correlação de Pearson no programa Excel® (uso da função =CORREL) para verificar se as variáveis estão linearmente correlacionadas com os resultados de colimetria. Também foi coletada a média quinzenal de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para complemento.

4.5 Isolamento e caracterização de estirpes

A partir dos tubos com crescimento no meio de cultura EC houve o estriamento na superfície do Ágar EMB (*Eosin Methylene Blue*) em placas de Petri, meio seletivo comumente utilizado para o isolamento e diferenciação de enterobactérias, como *Escherichia coli*, devido à sua capacidade de inibir o crescimento de Gram-positivos e permitir a observação de características específicas das colônias, conforme descrito por MacFaddin (2000). Após o

crescimento em estufa por 24h a 30° C, colônias com características típicas e atípicas foram selecionadas, pescadas e inoculadas em meio não seletivo Ágar TSA para crescimento e posterior verificação da pureza, morfologia e diferenciação de parede celular pela técnica de coloração de Gram (Figura 6). Bactérias com características de bastonetes Gram negativos foram reservadas para identificação fenotípica por testes bioquímicos.

Figura 6 - Esquema do isolamento e da caracterização morfotintoral das bactérias.



Fonte: Autora, 2025.

4.6 Identificação de coliformes - Provas Bioquímicas

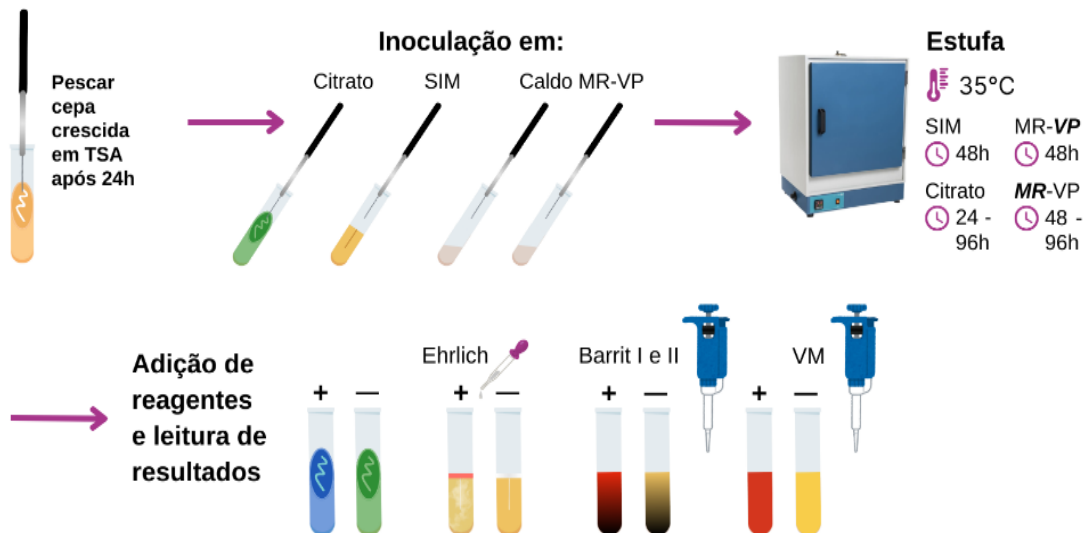
Os isolados foram submetidos a provas bioquímicas IMViC (Indol, Vermelho de Metila, Voges-proskauer, Citrato), testes utilizados para identificação das espécies da família Enterobacteriaceae, como *Escherichia coli* e *Klebsiella* spp., seguindo os procedimentos descritos por Cappuccino e Sherman (2014) (Figura 7). A interação dos microrganismos com cada meio de cultura e determinados reagentes funciona como uma diferenciação e auxilia na filtragem para o desenvolvimento da pesquisa. Abaixo, há uma breve descrição de cada teste.

- Indol (I): o teste é realizado em tubos contendo Ágar SIM (Sulfeto Indol Motilidade), sem rampa, e a partir do crescimento das bactérias é possível analisar 3 características para a diferenciação de espécies. A produção de sulfeto de Hidrogênio (H₂S) pelas bactérias é indicada pela coloração preta no meio de cultura. Para verificar a produção de Indol a partir do aminoácido triptofano, adiciona-se o reagente Ehrlich ao meio, e a coloração do anel superficial revela se a cultura foi capaz de produzi-lo. Por fim, para conferir a motilidade, observa-se o padrão de crescimento da bactéria, classificada como móvel ou imóvel a partir da sua dispersão além do ou pela linha do inóculo.

- Vermelho de Metila (M): verifica-se a produção de ácidos a partir de fermentação da glicose no caldo MR-VP pela adição do reagente Vermelho de Metila.
- Voges-Proskauer (Vi): diferenciação pela produção de acetoína em caldo MR-VP com a adição dos reagentes Barrit I e Barrit II.
- Citrato: com inoculação em Ágar Citrato de Simmons, o teste investiga se a cultura inoculada foi capaz de utilizar o sal citrato como única fonte de carbono.

A interpretação dos resultados das provas bioquímicas teve como base a tabela com chaves de diferenciação bioquímica de enterobactérias do Manual Bergey (8ª edição).

Figura 7 - Esquema das provas bioquímicas IMViC.



Fonte: Autora, 2025.

4.7 Antibiograma

Após chaveamento, os isolados foram submetidos a teste de antibiograma para determinar o perfil de resistência a antibióticos de uso na clínica humana e veterinária. O teste foi realizado pelo método de difusão em discos de acordo com a metodologia proposta por Kirby-Bauer (Bauer *et al.*, 1966) seguindo as recomendações estabelecidas pelo *Clinical and Laboratory Standard Institute* (CLSI, 2022) usando discos antimicrobianos. Fármacos de diferentes classes, com exceção do Levofloxacino e do Ácido nalidíxico que pertencem à classe das quinolonas e fluoroquinolonas, foram escolhidos para verificar a efetividade da atuação de cada categoria, sendo priorizado o uso de antimicrobianos com ação em bactérias gram negativas para efetivar os resultados da pesquisa.

Os antibióticos Sulfametoxazol-trimetoprima, Levofloxacino, Amicacina, Meropenem, Ceftriaxona foram selecionados com fundamento no estudo e revisão de Mesquita *et al.* (2022), o qual constrói um perfil de resistência microbiológica considerando a influência da pandemia da Covid-19, cujo local de estudo foi o Hospital São Camilo - Cura d'Ars em Fortaleza - CE. Azitromicina foi escolhida pelo uso recorrente na medicina brasileira (Rodrigues *et al.*, 2024).

Quadro 4 - Caracterização dos antimicrobianos selecionados.

Identificação e concentração (µg)	Classe	Geração	Uso	Laboratório	Sítio de ação
Ácido Nalidíxico (NAL 30)	Quinolona	1	Veterinário	CECON	Inibe a síntese de DNA
Amicacina (AMI 30)	Aminoglicosídeo	-	Clínico	CECON, LB	Inibe a síntese proteica
Azitromicina (AZI 15)	Macrolídeo	3	Clínico	LB	Inibe a síntese protéica
Ceftriaxona (CRO 30)	Cefalosporina	3	Clínico	CECON	Inibe a formação da parede celular
Doxiciclina (DOX 30)	Tetraciclina	2	Clínico	LB	Inibe a síntese protéica
Levofloxacino (LVX 5)	Fluoroquinolona	3	Clínico	LB	Inibe a síntese de DNA
Meropenem (MER 10)	Carbapenêmico	3	Clínico	CECON	Inibe a formação da parede celular
Sulfametoxazol-Trimetoprima (SXT ou SUT 25)	Antagonista de folato	1	Clínico	BD, LB	Inibe a síntese do ácido tetraidrofólico

Fonte: Autora, 2025.

A partir dos resultados do antibiograma, também foram calculados o Índice de Resistência Antimicrobiana (IRA) e o Índice de Multirresistência Antimicrobiana (MRA) das cepas testadas (Krumperman, 1983; Mohanta e Goel, 2014; Ekundayo e Okoh, 2020). Para o cálculo desses indicadores, considera-se:

$$IRA = \frac{y}{n * x}$$

onde: y = nº total de cepas resistentes

n = nº de isolados

x = nº de antimicrobianos testada

$$MAR = \frac{a}{b}$$

onde: a = nº de antimicrobianos aos quais o isolado foi resistente

b = nº de antimicrobianos aos quais os isolados foram expostos

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Dados de salinidade e pH da água

Os resultados da salinidade estão expressos em ppm (partes por milhão) na Tabela 1. Nota-se que, durante o período chuvoso, a salinidade e o pH tiveram redução, causada provavelmente por fatores como o aporte de água doce, escoamento urbano e a decomposição orgânica, com menor influência oceânica no período. Destaca-se o P1 com a maior variação entre os períodos, justificada no sistema estuarino próximo (Rio Cocó), que naturalmente apresenta maiores variações de propriedades hidrológicas e hidroquímicas (Braga, 2023).

Tabela 1 - Resultados de salinidade e de pH para as amostras de água coletadas de quatro praias urbanas de Fortaleza em diferentes períodos.

Período	Coleta I (Estio)		Coleta II (Chuvoso)	
	Salinidade	pH	Salinidade	pH
Caça e Pesca (P1)	40	8,1	30	6,84
Futuro (P2)	40	8,1	40	7,10
Iracema (P3)	40	8,1	35	7,69
Meireles (P4)	43	8,4	40	7,57

Fonte: Autora, 2025.

5.2 Número Mais Provável (NMP)

O resultado do NMP das duas coletas realizadas está apresentado na Tabela 2, expresso em CTT/100 mililitros para as amostras de água e em CTT/grama para as amostras de areia, conforme os métodos descritos pela *American Public Health Association* (APHA, 2002), amplamente usados para determinar a presença de coliformes fecais em ambientes aquáticos. Os maiores valores de NMP de coliformes termotolerantes foram registrados na quadra chuvosa.

Tabela 2 - Número Mais Provável (NMP) de coliformes termotolerantes (CTT) em amostras de água coletadas de praias urbanas em Fortaleza - CE.

Praias	NMP/100 mL de Coliformes Termotolerantes	
	Coleta I (Estio)	Coleta II (Chuvoso)
Caça e Pesca (P1)	78	2800
Futuro (P2)	< 1,8	20
Iracema (P3)	20	78
Meireles (P4)	20	20

Fonte: Autora, 2024.

Para as amostras de água, a praia do Caça e Pesca (P1) apresentou a maior quantidade de CTT em ambos os períodos, sendo que durante a quadra chuvosa (Coleta II) o ambiente estava impróprio para banho de acordo com a Resolução CONAMA nº 274/2000, pois o valor obtido foi superior a 2500 NMP de coliformes fecais (termotolerantes) em 100 mL de amostra, conforme Tabela 2. Tanto nas amostras da praia de Iracema quanto na do Meireles as quantidades de bactérias entéricas não tiveram influência do período de estio (20 NMP/100 mL).

No Ponto 2 (Futuro) foi verificado um valor inferior a 1,8 NMP/mL de coliformes termotolerantes, mas esses valores estão dentro dos limites da legislação. No estudo de Teixeira (2025), o apurado de CTT durante o período de análises também variou pouco para a Praia do Futuro (32, 14 e 3,5 NMP/ 100 mL); no entanto, em Vieira *et al.* (2007), a mesma praia apresentou variações de < 1,8 a 350.000 NMP/100 mL de CTT entre fevereiro e julho, com a redução de valores especialmente pós quadra chuvosa, o que leva à reflexão sobre a existência de poluição por fontes pontuais.

Valores baixos de salinidade e pH possuem relação inversamente proporcional à concentração de coliformes termotolerantes, conforme apurou-se no estudo de Freitas *et al.* (2017), realizado na Baía do Iguape (Bahia, Brasil), e em Chinfak *et al.* (2023), na Baía Bandon (Tailândia). Observa-se o mesmo relacionando os dados das Tabelas 1 e 2.

Conforme os boletins de balneabilidade semanal emitidos pela SEMACE (Superintendência Estadual do Meio Ambiente) para ambos os períodos, as águas das praias com pontos de coleta próximos às coordenadas do estudo foram classificadas pelo órgão como indica o Quadro 5.

Quadro 5 - Balneabilidade para os períodos da coleta - SEMACE.

Pontos e ID / Período	Boletim Semanal - SEMACE	
	Estio (2023)	Chuvoso (2024)
Caça e Pesca - 01L	Própria	Imprópria
Futuro - 05L	Própria	Imprópria
Iracema - 69C	Própria	Imprópria
Meireles - 15C	Própria	Imprópria

Fonte: SEMACE (2023 e 2024).

A diferença verificada para o período chuvoso pode ser justificada em fatores como a dinâmica marinha, a data da coleta, e ao fato de que a presença de resíduos ou despejos também é critério para definir a balneabilidade (CONAMA, 2000).

O valor de NMP desproporcional no período chuvoso em relação às outras praias encontrado na praia do Caça e Pesca pode-se justificar na influência do estuário do Rio Cocó: sendo um corpo d'água que atravessa ambientes diversos, inclusive trechos extremamente antropizados, o rio é responsável por carrear contaminantes orgânicos advindos de resíduos, efluentes domésticos e industriais, sendo uma das principais vias de transferência de água, poluentes e sedimentos para o mar (Romão *et al.*, 2021), possibilitando o aumento da carga de microrganismos recebida.

Problemas como este, relacionados à contaminação de praias urbanas, são recorrentes em regiões costeiras do Brasil, onde a poluição por resíduos e esgoto afeta tanto o ecossistema quanto a saúde dos usuários das praias, conforme descrito por Araújo e Costa (2016) em estudo sobre os impactos ambientais em praias urbanas brasileiras. Abaixo, a Tabela 3 mostra mais apurados em NMP de coliformes termotolerantes em outras pesquisas.

Tabela 3 - Tabela comparativa de valores de NMP nas praias em outros estudos.

Praia	NMP/100 mL	Período	Referência
Caça e Pesca	920	Abril (Chuvoso)	Teixeira (2025)
Iracema	7900	Abril (Chuvoso)	Teixeira (2025)
Meireles (Náutico)	< 1,8 - 160000	Outubro (Estio)	Vasconcelos (2005)
Futuro	< 1,8 - 780	Julho (Estio)	Vieira; Oliveira; Sousa (2007)

Fonte: Autora, 2025.

Nas análises de Nascimento (2022), os maiores valores de CTT foram encontrados na área do aterro da praia de Iracema, sem ultrapassar o valor máximo permitido pela Resolução CONAMA n° 357/2005 para balneabilidade, mas foram acima do limite permitido para cultivo de moluscos bivalves pela mesma norma. De acordo com os dados expressos na Tabela 4, durante o período de estiagem (Coleta I), as amostras de areia de todas as praias apresentaram crescimento de bactérias inferior a 3,0 NMP/g, em todas as malhas, exceto pela praia do Futuro, a qual apresentou um pequeno valor de 3,5 NMP/g de CT na peneira D (0,125 mm).

Tabela 4 - Número Mais Provável (NMP) de coliformes termotolerantes em amostras de areia, em três malhas (B, C e D) coletadas de praias urbanas em Fortaleza - CE.

Praias	NMP/g de Coliformes Termotolerantes					
	B (0,710 mm)		C (0,500 mm)		D (0,125 mm)	
	Coleta I (Estio)	Coleta II (Chuvoso)	Coleta I (Estio)	Coleta II (Chuvoso)	Coleta I (Estio)	Coleta II (Chuvoso)
Caça e Pesca (P1)	< 3,0	93	< 3,0	430	< 3,0	< 3,0
Futuro (P2)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	3,5	< 3,0
Iracema (P3)	< 3,0	43	< 3,0	230	< 3,0	< 3,0
Meireles (P4)	< 3,0	< 3,0	< 3,0	3,6	< 3,0	< 3,0

Fonte: Autora, 2024.

Vale ressaltar que a praia de Iracema recebe uma contribuição intermitente de uma galeria pluvial ao lado do espigão da rua João Cordeiro (Figura 8), alvo de denúncias pela população e que, em 2023, recebeu ações de limpeza por parte da Prefeitura de Fortaleza, pois era nítida a contaminação provocada pelo lançamento de esgotos clandestinos.

Figura 8 - Imagem da galeria pluvial localizada na Praia de Iracema.



Fonte: Natinho Rodrigues, 2023.

A praia do Náutico (Meireles) também possui uma galeria pluvial próxima às quadras de tênis de praia. Sabe-se que esse tipo de estrutura não deveria representar uma fonte de poluição, mas Vieira *et al.* (2011) verificaram que a carga recebida por galerias chega a ser incompatível com a legislação de balneabilidade; inclusive, na pesquisa citada, o Meireles foi o ponto que apresentou maior contaminação por coliformes termotolerantes.

Marques *et al.* (2024), analisando a balneabilidade de pontos na Praia de Iracema entre 2015 e 2023, revelaram que há maior ocorrência de poluição associada à quadra chuvosa e à alta temporada de visitação, potencializada por despejos de esgotos clandestinos em galerias pluviais. No mesmo estudo, o Posto 15C da SEMACE, que representa o P4 (Meireles), esteve impróprio para banho na maior parte dos anos de 2020, 2022 e 2023.

Carson e colaboradores em 2024 na cidade de Airdrie (Canadá) evidenciaram que a água da chuva foi frequentemente contaminada por coliformes fecais, mesmo em sistemas de drenagem separados da rede de esgoto, e detectou a presença de um patógeno bacteriano entérico emergente em mais de 50% das amostras. Isso mostra que galerias pluviais podem representar um potencial risco à saúde dos banhistas nas praias, contaminando tanto a areia quanto a água.

Na estação chuvosa, os maiores valores foram nos pontos P1 e P3, estimados na peneira C, respectivamente de 430 NMP/g e 230 NMP/g de coliformes termotolerantes, enquanto na mesma malha a praia do Meireles alcançou apenas 3,6 NMP/g e a praia do Futuro um valor inferior a 3,0 NMP/g. As amostras da peneira B (0,710 mm) obtiveram o segundo maior resultado: 93 NMP/g no P1 e 43 NMP/g no P3, na Coleta II. As leituras obtidas para os outros pontos nos períodos analisados foram inferiores a 3,0 NMP/g de CTT. Assim, as amostras de areia coletadas das praias forneceram valores maiores durante o cenário de chuva.

Esses resultados revelam que há relação entre a granulometria e a agregação de bactérias, pois os microrganismos foram observados em maior quantidade em grânulos de areia de tamanho mediano (peneira C e peneira B), especialmente no período chuvoso. As bactérias costumam permanecer viáveis por mais tempo na areia por aderência nos grânulos, os quais oferecem um ambiente mais estável quando comparado à água marinha em constante turbulência, e essa adaptação determina a sobrevivência dos microrganismos (Odebrecht e Abreu, 1997).

A associação de microrganismos patogênicos com material particulado e sedimentos também oferece vantagens como proteção contra luz UV (Aram *et al.*, 2021). Vale ressaltar que, apesar da relação constatada, a Praia do Caça e Pesca possui características determinantes para a permanência dos microrganismos na areia: águas mais calmas e maior deposição de grânulos de maior diâmetro, conforme o estudo de Lima Filho, Castelo Branco e Pinheiro (2019), uma realidade influenciada pela desembocadura do Rio Cocó.

No que tange a presença de enterobactérias na matriz arenosa das praias, não há legislação federal que defina parâmetros microbiológicos para a qualidade da areia, o que pode banalizar a análise desse material, afetando, conseqüentemente, a população de maneira negativa. Na esfera estadual, apenas duas Unidades Federativas avaliam a qualidade microbiológica das areias de praias: São Paulo e Rio de Janeiro, embora as análises não acompanhem a mesma rotina das de qualidade da água e, na segunda, é restrita à capital.

Em São Paulo, em 2009, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) retomou a avaliação da qualidade sanitária das areias, e com base nos resultados obtidos (maior contaminação na areia seca e durante o verão), adotou o monitoramento anual em algumas praias na alta temporada (dois primeiros meses do ano) analisando apenas a areia seca. Em 2012, o período de amostragem foi ampliado até abril (4 meses). Em decorrência da pandemia, o estudo da areia foi interrompido e retomado apenas em 2022 (CETESB, 2023).

No município do Rio de Janeiro, desde 2010 a partir do Programa Areia Carioca (Resolução SMAC nº 468/2010) as condições das areias das praias são monitoradas quinzenalmente. O programa também foi paralisado em 2020 em função da pandemia, mas retomado em 2022 (SMAC, 2022). O monitoramento é realizado pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMAC) em parceria com a companhia Águas do Rio. A resolução estabeleceu um valor de referência para a qualidade microbiológica da areia baseado na presença de *Escherichia coli*. Alguns padrões de qualidade também já foram propostos internacionalmente (Quadro 6).

Quadro 6 - Propostas de padrões de qualidade microbiológica das areias.

Autoria	Estudo/Norma	Indicador	Limites
Portugal	Mendes; Nascimento; Oliveira (1993)	Coliformes termotolerantes	1000/g
Europa	ABAE (2008)	<i>E. coli</i> e Enterococos	20 UFC/g
Rio de Janeiro - RJ	Resolução SMAC nº 468/2010	Coliformes totais e <i>E. coli</i>	300 NMP/g e 38 NMP/g
Organização Mundial da Saúde	WHO (2021)	Enterococos	60 UFC/g

Legenda: ABAE = Associação Bandeira Azul da Europa. UFC = Unidade Formadora de Colônia.

Fonte: Adaptado de CETESB (2023).

No artigo de Carnaúba *et al.* (2021), é constatada a contaminação de 42,85% das amostras por coliformes na areia, em praias urbanas de Alagoas, enquanto no presente estudo foi verificada contaminação (valores maiores que 3,0 NMP/g) em 25% das amostras (6 de 24 amostras); é claro que deve-se considerar que a quantidade de amostragens do estudo mencionado foi maior. Ainda, ressalta-se que a areia das praias pode apresentar distinções em sua caracterização bacteriológica em virtude de fatores como o modo de uso, descarte de esgotos e presença de agentes humanos e animais (Carnaúba *et al.*, 2021).

Quando comparamos às análises de areia molhada de Monteiro (2013), nas praias do Iguape e do Presídio (Aquiraz - CE), tem-se uma certa semelhança com os resultados encontrados para CTT, com 29,1% das amostras com níveis acima de 3,0 (NMP/g) (7 de 24). No trabalho, os valores para *Enterococcus* spp. foram ligeiramente maiores em relação aos de CTT, demonstrando que o monitoramento das areias pode ser realizado com parâmetros complementares para uma análise mais segura e completa.

Considerando o limite adotado pela Resolução SMAC nº 468/2010, nota-se que o valor para a praia do Caça e Pesca no período chuvoso na peneira C possivelmente ultrapassou o recomendado de coliformes totais, em virtude da quantidade registrada de coliformes termotolerantes. Estudos sugerem que a presença de coliformes fecais na areia das praias representa um risco significativo à saúde pública, dado que as bactérias podem agregar-se aos grãos do sedimento, aumentando o risco de contaminação, como discutido por Halliday e Gast (2011).

O estudo de Bueno *et al.* (2022) sobre a epidemiologia baseada em águas residuais afirmou que o monitoramento de esgotos pode antecipar eventos clínicos, possibilitando o planejamento e a tomada de decisões. Na pesquisa, se afirma:

[...] não se recomenda uma comparação absoluta entre a prevalência prevista e a observada. Contudo, os dados de águas residuais podem ser utilizados para antecipar tendências, identificar áreas de alta incidência e complementar os dados de vigilância clínica.

Para facilitar o cálculo da correlação de Pearson em relação aos valores de NMP obtidos da areia, foi feita a média das peneiras (Tabela 5).

Tabela 5 - Média de NMP/g CTT das peneiras por praia.

Praias	NMP/g CTT (média peneiras)	
	Coleta I (Estio)	Coleta II (Chuvoso)
Caça e Pesca (P1)	3	175,3
Futuro (P2)	3,2	3
Iracema (P3)	3	92
Meireles (P4)	3	3,2

Fonte: Autora, 2025.

5.3 Análise dos dados meteorológicos e Correlação de Pearson

Os dados de meteorologia nos dias das coletas foram utilizados para verificar a influência dos valores encontrados na contaminação das praias por meio da correlação linear de Pearson. Abaixo, segue a tabela com o compilado da primeira coleta (estio).

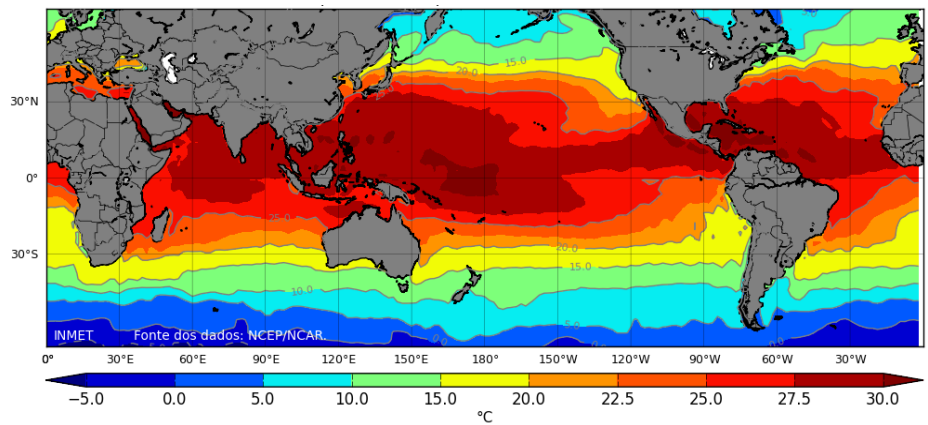
Tabela 6 - Dados meteorológicos na estação seca em praias urbanas de Fortaleza.

Coleta I Estio - 02/10/2023		Parâmetros		
Praias	Horário da coleta	Temperatura média (°C)	Pluviosidade (mm)	Radiação (W/m ²)
Caça e Pesca (P1)	09h43	26,83	0	737,5
Futuro (P2)	10h01	27,17	0	894
Iracema (P3)	10h40	27,73	0	960,5
Meireles (P4)	11h16	28,45	0	1027

Fonte: Autora, 2023.

A Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na quinzena que engloba o período da primeira coleta variou entre 25 a 27,5 °C (Figura 9). Apesar de ser influenciada pela radiação, os meses de outubro caracterizam a primavera no Brasil, e a incidência solar da estação seguinte (verão) ainda não atingiu plena influência para o registro de maiores valores.

Figura 9 - Temperatura da Superfície do Mar - 01-15/10/2023.



Fonte: INMET, 2023.

Os dados meteorológicos durante a segunda coleta estão dispostos na Tabela 7. Nota-se que houve um acumulado de chuva e as temperaturas médias estão reduzidas quando comparadas à primeira coleta, o que está de acordo com o período chuvoso na região. Pelo INMET (2022), a climatologia de 1991 a 2020 determinou a temperatura média de 26,8 para o mês de Abril (mês da segunda coleta) e de 27,8 para Outubro (mês da primeira coleta). Para a precipitação acumulada, Abril tem a média de 385 mm, enquanto Outubro possui 9,5 mm. O órgão mede dados de insolação em Fortaleza, não exatamente de radiação solar, mas para o mês de Abril a média é de 152,8 horas de brilho solar no mês, e em Outubro é de 294,2 horas.

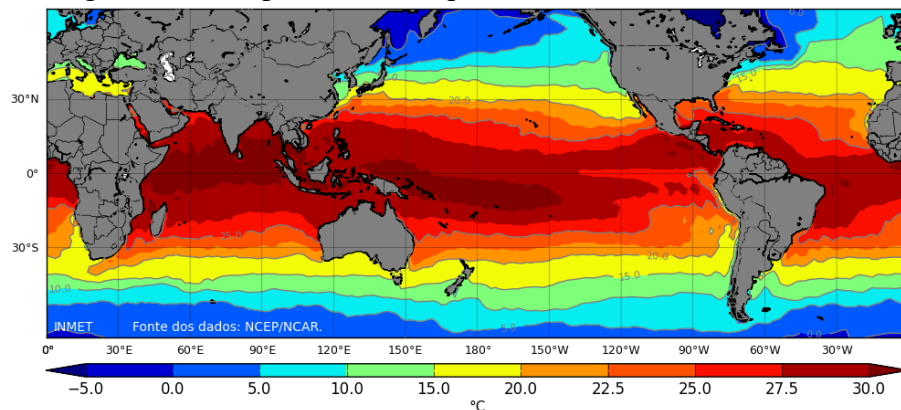
Tabela 7 - Dados meteorológicos na estação chuvosa em praias urbanas de Fortaleza.

Coleta II Chuvoso - 23/04/2024		Parâmetros		
Praias / Parâmetro	Horário da coleta	Temperatura média (°C)	Pluviosidade (mm)	Radiação (W/m ²)
Caça e Pesca (P1)	10h04	24.95	39,2	706
Futuro (P2)	10h21	24.95	39,2	720
Iracema (P3)	11h06	25.47	34,2	734
Meireles (P4)	11h31	27.49	34,2	800

Fonte: Autora, 2024.

As temperaturas mais altas da TSM ocorrem especialmente durante o verão (dezembro a março), quando a radiação solar é mais intensa e a duração do dia é maior; no mês da segunda coleta (abril) ainda se verifica uma forte atuação da radiação, notada pelos valores de TSM na quinzena (Figura 10) entre 27,5 e 30 °C, embora influenciada pela maior nebulosidade do período. Uma TSM maior no Atlântico Sul favorece a formação de chuvas no interior do Nordeste brasileiro (Ferreira e Kemenes, 2019).

Figura 10 - Temperatura da Superfície do Mar - 16-30/04/2024.



Fonte: INMET, 2024.

Fenômenos climáticos de grande escala (El Niño e La Niña) podem causar anomalias (diferenças em relação à média histórica), mas a tendência sazonal geral de TSMs mais baixas no segundo semestre permanece. No intervalo de tempo da pesquisa, houve a atuação do El Niño, caracterizado pelo aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico, o que geralmente reduz as chuvas na região nordeste. O fenômeno foi um dos cinco maiores já registrados, conforme comunicado da OMM (Organização Meteorológica Mundial) (2024). No entanto, a temperatura acima da média no Oceano Atlântico Tropical se sobrepôs aos efeitos do

El Niño, e essa anomalia registrada intensificou a ação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), favorecendo chuvas acima da média na região (INMET, 2024).

Com os valores de meteorologia obtidos para as coletas, foi possível realizar a correlação de Pearson (Tabela 8). O coeficiente de correlação de Pearson (r) varia entre -1 e 1: quanto mais próximo a 0, menor é o nível de associação entre as variáveis, e quanto mais próximo das extremidades, maior é o nível de correlação linear entre elas; o sinal indica a direção da correlação – negativa ou positiva (Figueiredo Filho *et al.*, 2014).

Tabela 8 - Coeficiente de correlação de Pearson entre os resultados de NMP (água e areia) e as condições meteorológicas registradas para Fortaleza (CE) nas coletas.

Parâmetros / Pontos	P1		P2		P3		P4		Geral	
	Água	Areia	Água	Areia	Água	Areia	Água	Areia	Água	Areia
Temperatura média (°C)	-1	-1	-1	1	-1	-1	*	-1	-0,52	-0,65
Pluviosidade (mm)	1	1	1	-1	1	1	*	1	0,43	0,56
Radiação (W/m²)	-1	-1	-1	1	-1	-1	*	-1	-0,40	-0,50

Legenda: *incomputável.

Fonte: Autora, 2026.

Ao analisarmos individualmente as praias, considerando que temos apenas dois dados de cada uma (estio e chuvoso), justifica-se a correlação forte com os parâmetros, já que a matriz de dados é curta. Não foi possível definir um valor para os coeficientes da água na Praia do Meireles, visto que não houve variação do NMP nas duas coletas.

A Praia do Futuro (P2) foi a única que fugiu das tendências de correlação verificadas para a matriz arenosa: enquanto os outros pontos apresentaram correlação negativa com temperatura média e radiação, ou seja, valores altos desses parâmetros reduziram os valores de NMP/g, aconteceu o contrário com o P2. Apesar disso, verifica-se que a diferença foi pequena (3,5 foi o valor máximo de NMP/g na praia), e pode ter sido uma influência de poluição pontual. Caso houvessem mais pontos por praia, a matriz de dados seria maior e a correlação no P2 poderia fornecer dados com intervalos de confiança mais precisos.

Constatada a limitação estatística, também foi realizado o cálculo do coeficiente de correlação entre os parâmetros analisados considerando todas as praias e períodos, identificado na Tabela 8 como “Geral”, separado apenas por matriz. Os resultados obtidos se tornam mais precisos; embora a água pareça ter uma correlação menor entre os parâmetros, vale lembrar que

os coeficientes da praia do Meireles (P4) não foram considerados, dado a indefinição dos valores, assim, os resultados para a areia são mais completos.

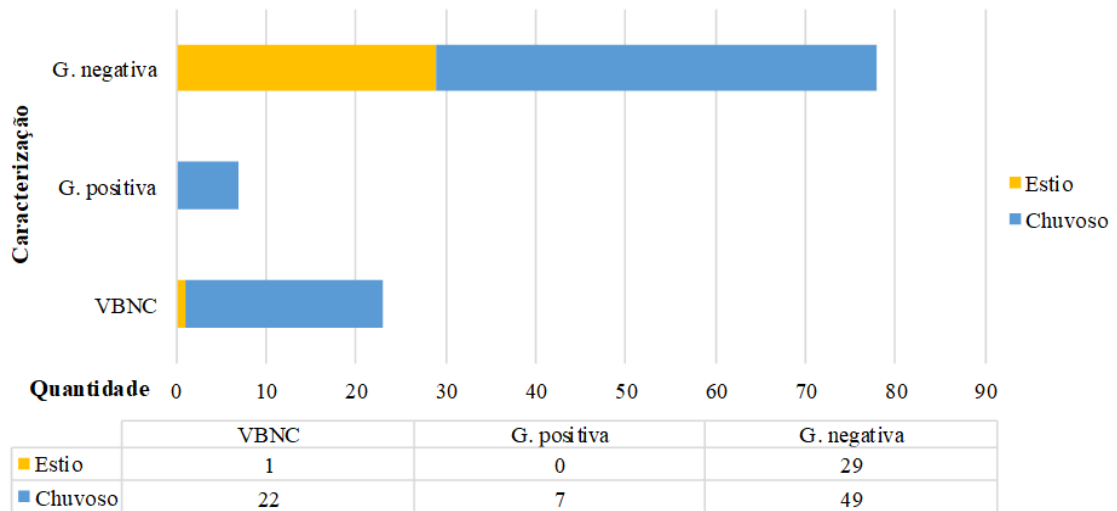
Dessa forma, pela análise geral, a correlação entre temperatura e coliformes termotolerantes é moderada e negativa, indicando que temperaturas maiores são desfavoráveis à presença de enterobactérias, assim como uma maior radiação solar. Por outro lado, a pluviosidade contribuiu com a predominância dos coliformes, tendo correlação positiva e moderada.

Em dias nublados, a sobrevivência da *E. coli* aumenta em virtude dos menores valores de temperatura e de radiação solar, verificando uma correlação inversa entre células viáveis de *Escherichia coli* e coliformes e o tempo de exposição à radiação (Castro *et al.*, 2006; Batista e Harari, 2017). O estudo de Freitas *et al.* (2017) também verificou uma correlação positiva entre precipitação e a população de coliformes termotolerantes. Ambas as pesquisas corroboram com dados apurados mais recentes nas mesmas praias, como Teixeira (2025), e a correlação negativa entre radiação, temperatura e coliformes é aproveitada até mesmo em trabalhos que envolvem a recuperação de águas residuais (Rodríguez-Garcia *et al.*, 2025) e o tratamento de lodos ativados (Monteiro *et al.*, 2024), acelerando a descontaminação desses elementos.

5.4 Morfologia e caracterização da parede celular

O Gráfico 1 contém as informações das estirpes isoladas em ambos os períodos: no estio, 29 isolados apresentaram morfologia de bastonetes curtos e as paredes celulares foram caracterizadas como Gram negativa. Apenas uma estirpe foi considerada como VBNC (bactéria viável, mas não cultivável). Já no período chuvoso, os isolados foram mais diversos: além de 49 bactérias Gram negativas, também foram detectadas 7 bactérias Gram positivas e outros casos de VBNC. No total, 78 cepas com as características de morfologia e parede de interesse foram isoladas nesta etapa.

Gráfico 1 - Caracterização da parede celular das estirpes isoladas das coletas.



Fonte: Autora, 2025.

5.5 Provas bioquímicas (IMViC)

O resultado da identificação das culturas bacterianas isoladas a partir dos meios seletivos para coliformes termotolerantes está expresso nas tabelas a seguir. Em relação às espécies encontradas nas amostras de água da Coleta I (Tabela 9), foi possível observar que na praia do Futuro não houve detecção do crescimento de bactérias, a do Meireles apresentou, principalmente, *Enterobacter* sp., enquanto as outras, Caça e Pesca e Iracema, apresentaram em maior quantidade a espécie *Escherichia coli*.

Tabela 9 - Espécies e gêneros de enterobactérias e suas quantidades encontradas nas amostras de água coletadas de praias urbanas em Fortaleza - CE.

Matriz	ÁGUA							
	Coleta I (Estação Seca)			Coleta II (Estação Chuvosa)				
Período	Enterobactérias identificadas			Enterobactérias identificadas				
Ponto	<i>E.coli</i>	<i>Enterobacter</i> spp.	<i>Providencia</i> sp.	<i>E.coli</i>	<i>Serratia</i> spp.	<i>Pseudomonas</i> sp.	<i>Klebsiella</i> sp.	<i>Providencia</i> sp.
Caça e Pesca	8	1	0	8	2	1	1	0
Futuro	-	-	-	1	0	0	0	1
Iracema	10	0	0	3	0	0	0	0
Meireles	1	7	1	1	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2024.

Estudos sugerem que a estação chuvosa pode diluir fontes de poluição, e o maior fluxo de água proveniente do continente pode auxiliar também na autodepuração de corpos hídricos (Paiva, 2016; Pang e Guan, 2025); essas observações são capazes de sustentar o registro de 10 isolados a mais da água marinha durante o período de estio. A literatura geralmente constata que as primeiras chuvas após períodos secos causam picos de coliformes (Tornevi, Bergstedt e Forsberg, 2014; Mamun, Shams e Nuruzzaman, 2020), enquanto as últimas (como a da Coleta II) podem ter um efeito diluidor. Na segunda coleta, no entanto, houve uma maior diversidade de gêneros, o que pode ser justificado pela atuação de mais fontes de poluição, como o escoamento superficial. Nas amostras de areia (Tabela 10), durante a estiagem, não houve crescimento de bactérias suficiente para determinar a presença de espécies de coliformes termotolerantes. Já no período chuvoso, nas amostras arenosas da praia do Futuro não houve crescimento de bactérias, enquanto nos outros ambientes houve principalmente a ocorrência da espécie *Escherichia coli*.

Tabela 10 – Gêneros e espécies de enterobactérias e suas quantidades encontradas nas amostras de areia coletadas da área de estudo.

Matriz	AREIA					
	Coleta I (Estação Seca)			Coleta II (Estação Chuvosa)		
Período	Enterobactérias identificadas			Enterobactérias identificadas		
	<i>E. coli</i>	<i>Klebsiella</i> sp.	<i>Providencia</i> sp.	<i>E. coli</i>	<i>Enterobacter</i> sp.	<i>Providencia</i> spp.
Caça e Pesca	-	-	-	12*	1	0
Futuro	-	-	-	0	0	0
Iracema	-	-	-	11	0	2
Meireles	-	-	-	4	0	0

Legenda: * 11 *Escherichia coli* I e 1 *Escherichia coli* II (indol negativo)

Fonte: Autora, 2024.

No geral, a espécie *Escherichia coli* esteve presente em 69,5% das amostras de água e 90% nas de areia. Tal contaminação reflete a alta carga de resíduos fecais presente nesses ambientes, como possível resultado da falta de saneamento adequado, e revela um potencial de contaminação pelo contato com o conteúdo arenoso, demonstrando a necessidade do estabelecimento de parâmetros microbiológicos para essa matriz de forma a proteger a saúde dos usuários (Kayembe et al., 2018; King; Leonard, 2025).

A superfície de contato dos grãos oferece um micro-habitat que favorece a proteção contra a radiação e a predação, além de estabilidade para nutrição desses microrganismos; ainda, a areia influencia diretamente a qualidade da água pela ressuspensão dos grãos promovida por eventos meteorológicos ou pela dinâmica de bacias hidrográficas e por atividades antrópicas (Pinto e Oliveira, 2011). Nesse estudo, foi observado que a contaminação da areia também se relaciona com fatores como a granulometria.

A diversidade encontrada no trabalho está em consonância com outros estudos, como o de Victoria, Kumari e Lazarus (2024) que também registrou a predominância de *Escherichia coli* nos isolados na costa indiana. Silva et al. (2022) constataram que a maioria dos isolados da praia de São José do Ribamar (Maranhão) também foram *Escherichia coli* e espécies do gênero *Enterobacter*.

5.6 Perfil de Resistência dos isolados

A interpretação dos resultados do antibiograma foi realizada com base na tabela de pontos de corte do *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI, 2024) e o uso de antimicrobianos de diferentes classes e gerações foi priorizado, sendo eles: Azitromicina (classe macrolídeo), Doxiciclina (tetraciclina), Sulfametoxazol-trimetoprima (inibidor de folato), Levofloxacino (fluoroquinolona), Amicacina (aminoglicosídeo), Meropenem (carbapenêmico), Ceftriaxona (cefalosporina) e Ácido Nalidíxico (quinolona).

A pandemia da Covid-19 acentuou o uso de antimicrobianos, o que pode ter influenciado no desenvolvimento de superbactérias em ambientes sob influência de fatores urbanos, como o despejo de esgotos e efluentes em corpos hídricos, como observado por Marques *et al.* (2024), que verificou o aumento nas concentrações de antimicrobianos nas águas de rios no sul do Brasil em comparação com estudos anteriores prévios à pandemia. Com a celebração do Acordo sobre Pandemias pela OMS, espera-se que haja o fortalecimento da cooperação global de saúde para prevenção, preparação e resposta para esse tipo de crise (OPAS, 2025). Os valores de sensibilidade para os medicamentos utilizados (Tabela 11) foram compilados para comparação com os resultados dos testes, apresentados nos Apêndices A e B e colocados como gráfico de perfil de resistência no Gráfico 2.

Tabela 11 - Pontos de corte para interpretação de halos (em mm) do teste de antibiograma.

Classificação	AZI 15 µg	DOX 30 µg	SUT 25 µg	LVX 5 µg	AMI 30 µg	MER 10 µg	CRO 30 µg	NAL 30 µg
Sensível	-	≥ 14	≥ 16	≥ 21	≥ 20	≥ 23	≥ 23	≥ 19
Intermediário	-	11 - 13	11 - 15	17 - 20	17 - 19	20 - 22	20 - 22	14 - 18
Resistente	< 12	≤ 10	≤ 10	≤ 16	≤ 16	≤ 19	≤ 19	≤ 13

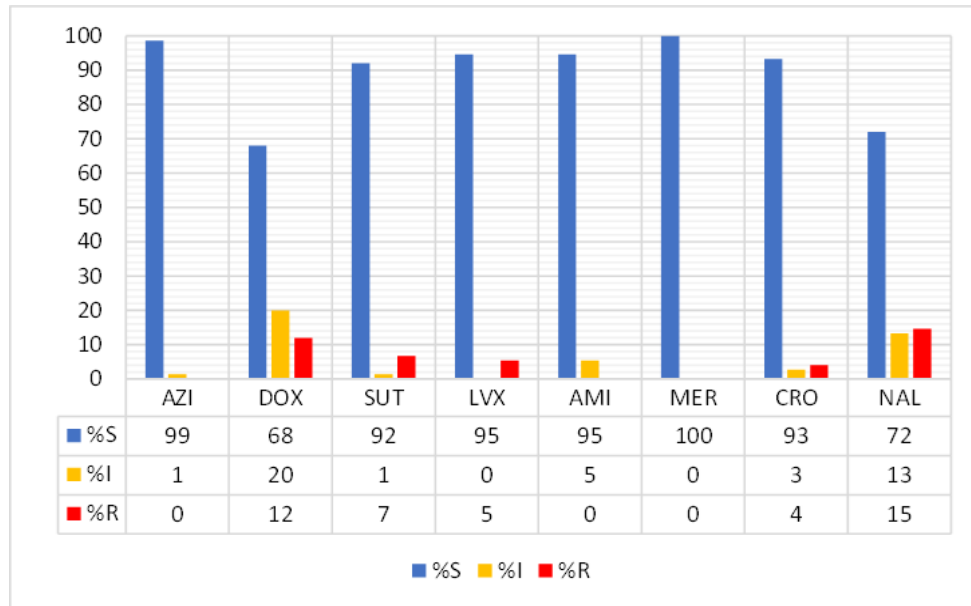
Legenda: AZI = Azitromicina; DOX = Doxiciclina; SUT = Sulfametoxazol-Trimetoprima; LVX = Levofloxacino; AMI = Amicacina; MER = Meropenem; CRO = Ceftriaxona e NAL = Ácido Nalidíxico; µg = micrograma.

Fonte: Adaptado de CLSI (2024).

Durante a pandemia do vírus SARS-CoV-2, muitos antibióticos foram prescritos indiscriminadamente para tratar ou prevenir infecções bacterianas nos pacientes com COVID-19, conforme o artigo de revisão de Chedid *et al.* (2021) publicado durante a pandemia que revelou que a taxa média de uso de antibióticos no tratamento da doença foi de 74,0%, mas menos de 18% dos pacientes tiveram coinfeções.

Das 78 cepas isoladas, 75 delas foram ao teste de antibiograma. As análises dos valores obtidos revelaram 22 (29,3%) cepas resistentes, englobando os dois períodos, a pelo menos 1 antimicrobiano, sendo 6 delas resistentes a 2 ou mais fármacos. A resistência encontrada (Gráfico 2) para cinco dos oito fármacos escolhidos na pesquisa revela a rápida adaptação e mutação dos microrganismos pelo uso corrente desses medicamentos. Dos antimicrobianos selecionados, ainda há registro de reações adversas em pacientes com COVID-19, como Azitromicina e Ceftriaxona (Melo *et al.*, 2021).

Gráfico 2 - Perfil de resistência geral (culturas isoladas nos períodos de estio e de chuva).



Fonte: Autora, 2025.

Foi compilado na Tabela 12 o perfil de resistência geral, identificando a origem da cepa por praia (P1, P2, P3 ou P4) e por peneira (B, C ou D). A diferenciação por diluição (0, -1, -2 e -3) está nos apêndices. Nota-se que houve mais isolados resistentes no período chuvoso, os quais também apresentaram resistência a mais de um antibiótico.

Duas cepas (18 e 19) isoladas do período chuvoso provenientes da areia do Caça e Pesca (peneira B) apresentaram resistência aos mesmos 4 antibióticos: Sulfametoxazol-Trimetoprima, Levofloxacino, Ceftriaxona e Ácido Nalidíxico (Tabela 12). Esses antibióticos são utilizados para tratamentos diversos, como para doenças e/ou infecções no trato urinário, gastrointestinal e respiratório, o que gera uma preocupação sobre a ampla capacidade de atuação da RAM em sistemas fisiológicos, elevando complicações de saúde.

Essas cepas revelam o potencial de desenvolvimento de superbactérias no meio ambiente e que a sua presença possivelmente relaciona-se ao uso de antibióticos de forma irregular pela população. É preocupante que quase um terço dos isolados se apresentaram resistentes, tendo em vista que para além de possíveis infecções relacionadas a doenças de veiculação hídrica tradicionais, tem-se a presença de bactérias resistentes no ambiente praiano, aumentando o risco à saúde pública. Ressalta-se que o risco é maior caso a bactéria seja patogênica, como Santos *et al.* (2021) constatou ao isolar patógenos bacterianos provenientes de amostras de praias de Pernambuco.

Tabela 12 - Perfil de Resistência dos isolados de P1, P3 e P4.

Cepa	Período	Praia	Identificação	Perfil
11	Estio	P3	<i>E. coli</i>	DOX
13	Estio	P3	<i>E. coli</i>	DOX
14	Estio	P3	<i>E. coli</i>	NAL
15	Estio	P3	<i>E. coli</i>	DOX
16	Estio	P3	<i>E. coli</i>	DOX
17	Estio	P3	<i>E. coli</i>	DOX
18	Estio	P3	<i>E. coli</i>	NAL
20	Estio	P3	<i>E. coli</i>	DOX
4	Chuvoso	P1	<i>Serratia</i> sp.	DOX
18	Chuvoso	P1B	<i>E. coli</i>	SUT, LVX, NAL, CRO
19	Chuvoso	P1B	<i>E. coli</i>	SUT, LVX, NAL, CRO
27	Chuvoso	P1C	<i>E. coli</i>	NAL
29	Chuvoso	P1C	<i>Enterobacter</i> sp.	DOX, NAL
37	Chuvoso	P3C	<i>E. coli</i>	SUT, NAL
40	Chuvoso	P4C	<i>E. coli</i>	NAL
47	Chuvoso	P1	<i>Pseudomonas</i> sp.	NAL
50	Chuvoso	P1	<i>E. coli</i>	CRO
57	Chuvoso	P3	<i>E. coli</i>	SUT, LVX
58	Chuvoso	P3	<i>E. coli</i>	SUT, LVX
71	Chuvoso	P1C	Filo Proteobacteria	DOX
82	Chuvoso	P4C	<i>E. coli</i>	NAL
83	Chuvoso	P4C	<i>E. coli</i>	NAL

Fonte: Autora, 2025.

Os únicos antimicrobianos escolhidos na pesquisa que não apresentaram nenhuma cepa resistente foram Azitromicina, Amicacina e Meropenem, fármacos de 2º e 3º geração. Em Mesquita *et al.* (2022), que analisa o perfil de resistência de isolados de infecções nosocomiais adquiridas por pacientes em um hospital de Fortaleza, o perfil de sensibilidade de *E. coli* também foi mantido para carbapenêmicos e aminoglicosídeos durante a pandemia em comparação aos anos anteriores, em consonância com o presente estudo. A prescrição indiscriminada de antimicrobianos de amplo espectro durante a pandemia pode ter aumentado

a resistência, principalmente, de bactérias Gram negativas (Mesquita *et al.*, 2022). Marques e colaboradores em 2024 encontraram prevalência de resistência especialmente para Ceftriaxona e Ciprofloxacino (da mesma classe de Levofloxacino) em isolados de rios urbanos em Curitiba (Paraná), evidenciando a redução de suscetibilidade para esses antibióticos de terceira e segunda geração, respectivamente.

Os antimicrobianos contaminam corpos hídricos, que são fonte para a dessedentação animal e também habitat para organismos aquáticos, disseminando ARGs e microrganismos resistentes na fauna e contaminando também o solo e as plantas, o que pode levar ao desequilíbrio ecológico (Marques *et al.*, 2024). Pela sua dinâmica e distintos cenários, o meio ambiente ainda é um setor confuso da tríade *One Health*, no entanto, ele não deve ser negligenciado, afinal, as bactérias ambientais também são reservatórios de ARGs que podem ser transmitidos a patógenos humanos e animais (Essack, 2018).

Estirpes resistentes foram encontradas principalmente no período chuvoso e, durante ele, a resistência foi predominante em isolados da areia úmida. Os pontos com maior presença de enterobactérias resistentes foram Caça e Pesca (P1) e Praia de Iracema (P3). No geral, nove cepas apresentaram resistência à Doxiciclina e onze ao Ácido Nalidíxico, os consolidando como os fármacos cujo os isolados foram menos sensíveis.

Nas praias, os usuários passam mais tempo em contato com a areia que com a água e, apesar disso, o monitoramento da qualidade da areia ainda não é consolidado; essa matriz apresenta-se como um reservatório não apenas de bactérias, mas também de fungos e outros microrganismos e vermes (Brandão *et al.*, 2023). A Organização Mundial da Saúde, em 2021, determinou parâmetros para o monitoramento da areia baseados em enterococos e fungos (WHO, 2021). Sabe-se que estudos evidenciam frequentemente uma maior contaminação na matriz arenosa em relação à água, além de registrar bactérias resistentes (França, Casagrande e Fortuna, 2018; Nevers *et al.*, 2020; Maloo, Fulke e Sukumaran, 2024).

Além disso, a matéria orgânica presente no sedimento é responsável pela adsorção de antimicrobianos (Marques *et al.*, 2024). Com o advento de consequências generalizadas relacionadas às mudanças climáticas, a investigação de Indicadores de Contaminação Fecal (ICF) deverá ser cada vez mais complementada pela apuração direta de patógenos para fins de segurança sanitária, inclusive com o possível uso de Rastreamento de Fontes Microbianas (MST, em inglês) (Brandão *et al.*, 2023).

Na Europa, o ácido Nalidíxico e outras quinolonas foram suspensos devido a efeitos colaterais graves (European Medicines Agency, 2018); além disso, o antibiótico também não é mais recomendado para a maioria das infecções do trato urinário, tendo em vista a alta na resistência antimicrobiana relacionada a ele, como verificado em Mortazavi-Tabatabaei *et al.* (2019) e Moraes (2025).

A resistência associada à Doxiciclina encontrada no trabalho traz um alerta para a presença de ARGs ligadas a tetraciclina, contribuindo para o surgimento de bactérias resistentes que podem levar ao desequilíbrio do ecossistema (Jia *et al.*, 2021). Na Baía de Jiaozhou, na China, Wang *et al.* (2023) identificaram mais de 290 subtipos de genes de resistência e elementos genéticos móveis, expondo o risco que o descarte de efluentes no ambiente marinho traz e advertindo sobre a necessidade de se aprimorar processos de tratamento para remover eficientemente antibióticos e ARGs.

Silva e colaboradores em 2022 também verificaram resistência nos isolados de *Escherichia coli* aos antimicrobianos SXT e LVX ao analisar amostras de água de um rio urbano do Rio de Janeiro. No estudo de Frazão *et al.* (2024), que analisou os gêneros *Aeromonas* e *Escherichia coli* da pescada-amarela no Maranhão, os antimicrobianos que mais apresentaram exemplares resistentes foram Levofloxacino e Sulfametoxazol-trimetoprima.

Vale destacar que 28 cepas apresentaram halo intermediário (I) a pelo menos 1 antimicrobiano, o que revela uma suscetibilidade reduzida dos isolados aos fármacos, categoria que possui menor taxa de resposta ao tratamento quando comparada à sensível (S) (Silva, 2022), podendo indicar uma futura resistência. Os fármacos que apresentaram maior resistência pelos isolados também se destacaram na quantidade de halos intermediários, totalizando 15 (Doxiciclina) e 10 (Ácido Nalidíxico).

Um dado curioso obtido na pesquisa é que mesmo antibióticos de 3^o geração, como Levofloxacino e Ceftriaxona, considerados medicamentos de ponta, tiveram culturas bacterianas resistentes entre os isolados ambientais, o primeiro em maior quantidade em relação ao outro. Isso pode revelar uma contribuição ainda ativa da pandemia do Covid-19, onde Levofloxacino e Ceftriaxona foram alguns dos antibióticos mais utilizados (Wang *et al.*, 2025)

5.7 Resultados dos Índices de Resistência (IRA) e Multirresistência (MAR)

Os índices de resistência e multirresistência a antimicrobianos podem sugerir riscos para a disseminação de genes de resistência e a possível seleção de amostras mutantes (Carvalho, 2012), beneficiando a formação de superbactérias. Os resultados estão expressos na Tabela 13.

Tabela 13 - Índices de Resistência (IRA) e Multirresistência Antimicrobianas (MAR).

Cepa	Período	Origem	Perfil	IRA	MRA
11	Estio	P3	DOX	0,002	-
13	Estio	P3	DOX	0,002	-
14	Estio	P3	NAL	0,002	-
15	Estio	P3	DOX	0,002	-
16	Estio	P3	DOX	0,002	-
17	Estio	P3	DOX	0,002	-
18	Estio	P3	NAL	0,002	-
20	Estio	P3	DOX	0,002	-
4	Chuvoso	P1	DOX	0,002	-
18	Chuvoso	P1B	SUT, LVX, NAL, CRO	0,007	0,38
19	Chuvoso	P1B	SUT, LVX, NAL, CRO	0,007	0,38
27	Chuvoso	P1C	NAL	0,002	-
29	Chuvoso	P1C	DOX, NAL	0,003	0,25
37	Chuvoso	P3C	SUT, NAL	0,003	0,25
40	Chuvoso	P4C	NAL	0,002	-
47	Chuvoso	P1	NAL	0,002	-
50	Chuvoso	P1	CRO	0,002	-
57	Chuvoso	P3	SUT, LVX	0,003	0,25
58	Chuvoso	P3	SUT, LVX	0,003	0,25
71	Chuvoso	P1C	DOX	0,002	-
82	Chuvoso	P4C	NAL	0,002	-
83	Chuvoso	P4C	NAL	0,002	-

Fonte: Autora, 2025.

Os valores do IRA variaram de 0,002 a 0,007, valores considerados baixos e associados a baixa prevalência de resistência; no entanto, mesmo baixos, Carvalho (2012) afirma que podem representar um risco para a disseminação de genes de resistência. Para o Índice de Multirresistência (MRA), a faixa variou entre 0,25 e 0,38 – o que, conforme Martins (2012): “considera-se que um valor superior a 0,20 é indicativo de um local associado a um alto risco de contaminação e incidência de agentes antimicrobianos”.

Maloo *et al.* (2018), ao investigar cepas de *Escherichia coli* patogênicas nas praias de Mumbai, encontraram índices IRA e MAR mais altos quando comparados a essa pesquisa, e todos os isolados eram multirresistentes, inclusive todos apresentaram resistência ao NAL. Cinco dos oito antibióticos do presente estudo também foram usados na pesquisa citada e, apenas os considerando, os maiores percentuais de resistência foram de: NAL > CRO > LVX > MER > AMI.

Para além do uso indiscriminado na saúde humana, antibióticos também são usados inadequadamente em criadouros e fazendas de animais para eficiência de crescimento, prevenção e tratamento de doenças, o que potencializa a multirresistência bacteriana em alimentos, no solo e em corpos hídricos, representando outro problema de saúde pública (Souza *et al.*, 2023) e trazendo mais relevância ao debate sobre a Saúde Única (*One Health*).

O perfil de resistência dos isolados, bem como os valores dos índices, ressaltam a importância de uma gestão integrada em relação a essa realidade, visto que há múltiplas fontes de ARGs e bactérias menos suscetíveis a antimicrobianos. Papadopoulou *et al.* (2025) elaboram que a resistência antimicrobiana em ambientes aquáticos ainda possui uma lacuna sobre prevalência e disseminação, e sugere, por exemplo, redes regionais de monitoramento de RAM com a adoção de bactérias sentinelas e a coleta de amostras ambientais, animais e clínicas como uma possível aplicação da abordagem da Saúde Única.

Portanto, os resultados encontrados associados aos índices calculados, em especial ao MAR, revelam um cenário preocupante em relação à resistência antimicrobiana nas praias, tidas como um dos principais ambientes em estados costeiros como o Ceará.

CONCLUSÃO

Ao estabelecer o NMP de coliformes termotolerantes na água marinha das praias, foram observados maiores valores no período chuvoso. Apenas a Praia do Caça e Pesca (P1) obteve um nível alto o suficiente (2800 NMP/100 mL) para classificá-la como imprópria para banho (quadra chuvosa), seguindo a Resolução CONAMA 274/2000. As outras praias, embora constatada a presença de CTT, não apresentaram níveis de contaminação elevados e, no geral, a Praia do Futuro se apresentou com a melhor qualidade.

O nível de contaminação na água parece influenciar na contaminação da areia, visto que valores consideráveis de NMP/g foram registrados no período chuvoso justamente nas

praias com maior contaminação por CTT na água (Caça e Pesca e Iracema). Apesar disso, outros fatores como a dinâmica da água e poluições pontuais devem ser considerados, pois a praia do Caça e Pesca, apesar de ter apresentado um valor de NMP/mL quase 36 vezes maior que a praia de Iracema (P3), obteve uma menor diferença em relação a ela quando se verifica os valores para a areia úmida.

Entre os isolados da água, a espécie mais frequente foi *Escherichia coli*, com 32 cepas, principalmente de Caça e Pesca e Iracema, seguida de *Enterobacter* spp., com 7 provenientes do Meireles (P4). Já para a areia úmida, foram 27 isolados de *Escherichia coli*, também em maioria de P1 e P3, seguidos de 2 de *Providencia* spp. (P3). Verificou-se uma maior diversidade de gêneros no período chuvoso e na água.

No geral, as variáveis meteorológicas de temperatura média, pluviosidade e radiação solar influenciaram a abundância de enterobactérias, sendo possível observar que com o aumento da temperatura e da radiação, característica do estio, houve uma tendência de redução dos valores de NMP encontrados, tendo uma correlação negativa. Enquanto isso, a ocorrência de chuvas determinou uma correlação positiva, elevando a quantidade de coliformes. Isso também pode ser verificado pelo número de isolados nos períodos, que foi menor no período seco.

A resistência antimicrobiana foi registrada principalmente para Ácido Nalidíxico e Doxiciclina, respectivamente com 11 e 9 isolados resistentes. Estirpes multirresistentes foram observadas apenas no período chuvoso. O P1 apresentou um perfil de resistência a 5 dos 8 antimicrobianos (NAL, DOX, CRO, SUT e LVX), com a maioria das enterobactérias com suscetibilidade reduzida à Ácido Nalidíxico, Doxiciclina e Ceftriaxona e de origem na areia. No P3 (Iracema), o perfil foi sutilmente distinto (DOX, NAL, SUT e LVX), com prevalência de resistências à Doxiciclina, Ácido Nalidíxico e Sulfametoxazol-Trimetoprima, com a maior parte dessas estirpes derivadas da água. A praia do Náutico (P4) apresentou apenas 3 estirpes resistentes e somente ao Ácido Nalidíxico, enquanto não foi detectada resistência entre os poucos isolados da Praia do Futuro.

Para os Índices de Resistência e Multirresistência Antimicrobiana (IRA e MAR), constatou-se que os maiores valores foram para as praias do Caça e Pesca e Iracema, as quais também foram as únicas que apresentaram isolados multirresistentes, no entanto, o P1 se sobressaiu, pois registrou 0,007 de IRA e 0,38 de MAR, os mais altos na pesquisa.

O trabalho revelou que praias urbanas são fontes potenciais de contaminação por coliformes termotolerantes, presentes tanto na água quanto na areia, e que quase 30% dos isolados na pesquisa apresentaram-se resistentes a, pelo menos, um antimicrobiano testado. Considerando a constante alteração no uso e ocupação do litoral e questões relacionadas ao turismo, é crucial que a qualidade ambiental e sanitária desses espaços seja constantemente monitorada e que haja intervenções por parte do poder público quando necessário, em conformidade com a legislação vigente e com metas acordadas internacionalmente.

Com a ascensão das abordagens de Saúde Única e a relação intrínseca entre meio ambiente e saúde, faz-se fundamental desenvolver mais estudos que relacionem esses elementos, sustentados tanto por análises de risco microbiológico quanto pela verificação de impactos nos ecossistemas. Ainda, devem-se fortalecer as políticas públicas e normas voltadas ao monitoramento e ao controle da qualidade sanitária e ambiental, essencial para a proteção à saúde coletiva e à manutenção do equilíbrio ecológico, adotando medidas como melhorias na infraestrutura de esgotamento e de drenagem pluvial e incentivos ao uso e descarte correto de antimicrobianos.

REFERÊNCIAS

ABESSA, D. M. S.; RACHID, B. R. F.; MOSER, G. A. O.; OLIVEIRA, A. J. F. C. de. Efeitos ambientais da disposição oceânica de esgotos por meio de emissários submarinos: uma revisão. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 643-66, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/00308d6d-41e5-4a62-9aa9-49e8c57677de/content>. Acesso em: 20 dez. 2025.

ABESSA, D. M. S. Urbanización costera y polución marina. **Revista de Estudios Brasileños**, [S. l.], v. 8, n. 17, p. 205-216, 2023. DOI: 10.14201/reb2021817205216. Disponível em: <https://revistas.usal.es/cuatro/index.php/2386-4540/article/view/31504>. Acesso em: 9 jan. 2026.

ADISASMITO, W. B.; ALMUHAIRI, S.; BEHRAVESH, C. B.; BILIVOGUI, P.; BUKACHI, S. A.; CASAS, N.; BECERRA, N. C.; CHARRON, D. F.; CHAUDHARY, A.; ZANELLA, J. R. C.; CUNNINGHAM, A. A.; DAR, O.; DEBNATH, N.; DUNGU, B.; FARAG, E.; GAO, G. F.; HAYMAN, D. T. S.; KHAITSA, M.; KOOPMANS, M. P. G.; MACHALABA, C.; MACKENZIE, J. S.; MARKOTTER, W.; METTENLEITER, T. C.; MORAND, S.; SMOLENSKIY, V.; ZHOU, L. One Health: A new definition for a sustainable and healthy future. **PLOS Pathogens**, [S. l.], v. 18, n. 6, 2022. DOI: 10.1371/journal.ppat.1010537. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1010537>. Acesso em: 21 dez. 2025.

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS - IBGE. **Censo 2022: rede de esgoto alcança 62,5% da população, mas desigualdades regionais e por cor e raça persistem**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39237-censo-2022-rede-de-esgoto-alcanca-62-5-da-populacao-mas-desigualdades-regionais-e-por-cor-e-raca-persistem>. Acesso em: 20 dez. 2025.

ALBUQUERQUE JUNIOR, C. L.; FERMINO, G. C.; SOUZA, É. J. C. de; SOUZA, M. G. R. de; FERMINO, F. B.; PETERS, M. R.; FARIAS, P. M. de; MEDEIROS, I.; FERREIRA, L. S. B. P.; SILVA, R. N. Projeções das demandas de abastecimento de água e esgotamento sanitário da bacia hidrográfica do rio Itapocu. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 5, n. 7, p. 8821-8832, 2019. DOI: 10.34117/bjdv5n7-089. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/2304>. Acesso em: 3 set. 2025.

ALMEIDA, A. M. P. de; SILVA, A. C. de F. da; CRISPIM, C. G.; SILVA, H. B. dos S.; MORAES JUNIOR, J. F. B. de; FILGUEIRAS, L. M. N.; MÕES, T. P. de C.; RODRIGUES, R. C.; GURIDO, C. E. M.; SOARES, P. F. C. Poluição da água e doenças de veiculação hídrica: uma revisão de literatura com enfoque na realidade brasileira. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, [S. l.], v. 23, n. 6, p. e10522, 2025. DOI: 10.55905/oelv23n6-202. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv23n6-202>. Acesso em: 3 set. 2025.

ALMEIDA, M. L.; ALMEIDA, M. L.; NERY, K. L. de F. B.; MELO, D. S. de; DA CRUZ, A. S.; FORTES, A. B. P. L.; DA SILVA, A. W. N.; DE LIMA, N. B. B.; ALENCAR, P. L. P. Resistência bacteriana: uma ameaça global. **Brazilian Journal of Health Review**, [S. l.], v. 6, n. 5, p. 19741–19748, 2023. DOI: 10.34119/bjhrv6n5-028. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/62740>. Acesso em: 26 dez. 2025.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington: American Public Health Association, 2002.

ANTIMICROBIAL RESISTANCE COLLABORATORS. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. **The Lancet**, [S. l.], v. 399, n. 10325, p. 629-655, 2022. DOI: 10.1016/S0140-6736(21)02724-0. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35065702/>. Acesso em: 12 jul. 2025.

BARBOSA, J. M.; PAULA, D. P. de. Intervenções do processo de urbanização turística na Praia de Iracema, Fortaleza (CE). **Geosaberes**, Fortaleza, v. 11, n. 1, p. 551-571, 2020. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8386383>. Acesso em: 3 set. 2025.

BARBOSA, L. M.; CORIOLANO, L. N. Políticas territoriais de turismo no nordeste: o prodetur como estratégia socioeconômica. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 6, n. 3, p. 255-277, jul. 2015. ISSN 2178-0463. Disponível em: <http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/474>. Acesso em: 3 set. 2025.

BARCELLOS, C. et al. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, DF, v. 18, n. 3, p. 285-304, set. 2009. DOI: 10.5123/S1679-49742009000300011. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742009000300011. Acesso em: 12 out. 2025.

BATISTA, S. S.; HARARI, J. Modelagem da dispersão de coliformes termotolerantes e enterococos em duas enseadas na região costeira de Ubatuba (SP), Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 403-413, 2016. DOI: 10.1590/S1413-41522016158594. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016158594>. Acesso em: 10 dez. 2025.

BAUER, A. W.; KIRBY, W. M. M.; SHRRIS, J. C.; TRUCK, M. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. **American Journal of Clinical Pathology**, Chicago, v. 45, n. 4, p. 493-496, 1966.

BRAGA, E. S.; LUCENA, L. M.; ALMEIDA, A. J. M.; PIRES, M. L. T.; NASCIMENTO, J. E. F. do; SUTTI, B. O.; BERBEL, G. B. B.; CHIOZZINI, V. G. O ambiente estuarino e a variação de pH: limites naturais e observação experimental do efeito da acidificação sobre a biodisponibilidade de fósforo. **Química Nova**, São Paulo, v. 46, n. 6, p. 591-607, 2023. DOI: 10.21577/0100-4042.20230054. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20230054>. Acesso em: 9 dez. 2025.

BRANDÃO, J.; VALÉRIO, E.; WEISKERGER, C.; VERÍSSIMO, C.; SARIOGLOU, K.; BABIC, M. N.; SOLO-GABRIELE, H. M.; SABINO, R.; REBELO, M. T. Strategies for Monitoring Microbial Life in Beach Sand for Protection of Public Health. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, Basel, v. 20, n. 9, 5710, 2023. DOI: 10.3390/ijerph20095710. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/20/9/5710>. Acesso em: 6 jan. 2026.

BRASIL. Lei nº 14.792, de 5 de janeiro de 2024. Institui o Dia Nacional da Saúde Única. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 8 jan. 2024. Seção 1, p. 4.

BRASIL. **Lei nº 15.092, de 7 de janeiro de 2025.** Reconhece como patrimônio cultural brasileiro as barracas de praia e a atividade desempenhada pelos barraqueiros da Praia do Futuro, em Fortaleza, Estado do Ceará. Legislação Informatizada da Câmara dos Deputados, Brasília, DF, 7 jan. 2025. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2025/lei-15092-7-janeiro-2025-796859-publicacaooriginal-174034-pl.html>. Acesso em: 12 jul. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Plano de Ação Nacional em Serviços de Saúde (PAN-Serviços de Saúde): 2023-2027.** Brasília, DF: ANVISA, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/servicosdesaude/prevencao-e-controle-de-infeccao-e-resistencia-microbiana/pnpciras-e-pan-servicos-de-saude/pan-servicos-de-saude-2023-2027-final-15-12-2023.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2025.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades: Fortaleza - Panorama.** [Rio de Janeiro]: IBGE, [2022]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/panorama>. Acesso em: 14 jul. 2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia. **El Niño: saiba como foi a atuação do fenômeno no Brasil.** Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/el-ni%C3%B1o-saiba-como-foi-a-atua%C3%A7%C3%A3o-do-fen%C3%B4meno-no-brasil>. Acesso em: 7 dez. 2025.

BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia. **Gráficos Climatológicos.** Brasília, DF: INMET, 2020. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/DF/83377>. Acesso em: 9 dez. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Comitê Técnico Interinstitucional.** [Brasília, DF]: Ministério da Saúde, [2024]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/u/uma-so-saude/comite-tecnico-interinstitucional>. Acesso em: 22 dez. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Uma Só Saúde.** [Brasília, DF]: Ministério da Saúde, [2024]. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/u/uma-so-saude>. Acesso em: 10 dez. 2025.

BRASIL. Ministério do Turismo. **Tendências de Turismo: comportamento da população brasileira.** [S. l.: s. n.], [2024]. Disponível em: https://www.gov.br/turismo/pt-br/assuntos/noticias/pesquisa-mtur-sp-rj-e-bahia-sao-o-top-3-dos-entrevistados-que-querem-realizar-viagens-em-2024/IPRIMturTendenciasdeTurismoVero_22.01.pdf. Acesso em: 12 jul. 2025.

BUCHANAN, R. E.; GIBBONS, N. E. (Ed.). **Bergey's manual of determinative bacteriology.** 8th ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1974.

BUENO, R. F.; CLARO, I. C. M.; AUGUSTO, M. R.; DURAN, A. F. A.; CAMILLO, L. M. B.; CABRAL, A. D.; SODRÉ, F. F.; BRANDÃO, C. C. S.; VIZZOTTO, C. S.; SILVEIRA, R.; MENDES, G. M.; ARRUDA, A. F.; BRITO, N. N. de; MACHADO, B. A.; DUARTE, G. R. M.; AGUIAR-OLIVEIRA, M. L. Wastewater-based epidemiology: A Brazilian SARS-COV-2 surveillance experience. **Science of The Total Environment**, [S. l.], v. 851, p. 158053, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.158053. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221334372201171X>. Acesso em:

CAMPOS, R. P.; OLIVEIRA, R. C. N. de; VERÓL, A. P.; HADDAD, A. N.; MIGUEZ, M. G. Payment for environmental services for flood control analysis and method of economic viability. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 777, p. 145907, 2021.

CAPPUCINO, J. G.; SHERMAN, N. **Microbiology: a Laboratory Manual**. 10th ed., Boston, MA: Pearson/Benjamin Cummings, p. 171-177, 2014.

CARNAÚBA, R. F.; NETO, J. V. F.; FERNANDEZ, L. C. S.; CARNAÚBA, R. K. L. V.; ROCHA, T. J. M.; XAVIER, V. N. Análise dos parâmetros de coliformes totais e fecais em areia de praias urbanas de Maceió, Alagoas, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 7, n. 12, p. 115825-115848, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n12-375. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/41134>. Acesso em: 9 dez. 2025.

CARSON, L. R.; GOODMAN, C.; VAN DUIN, B.; NEUMANN, N. F. Application of a microbial and pathogen source tracking toolbox to identify infrastructure problems in stormwater drainage networks: a case study. **Microbiology Spectrum**, [S. l.], v. 12, n. 9, e00337-24, 2024. DOI: 10.1128/spectrum.00337-24. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/spectrum.00337-24>. Acesso em: 22 dez. 2025.

CARVALHO, F. C. T. de. **Salmonella spp. e Escherichia coli em ambientes de cultivo de camarão (Litopenaeus vannamei) no Estado do Ceará**. 2012. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

CASTRO, H. M. P. de; VIEIRA, R. H. S. F.; FONTELES-FILHO, A. A.; ALBUQUERQUE, W. F. de; HOFER, E. Efeito da radiação solar na sobrevivência de *Escherichia coli*. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 41, n. 2, p. 5-10, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufc.br/arquivosdecienciadomar/article/view/6154/4358>. Acesso em: 10 dez. 2025.

CEARÁ. Secretaria do Meio Ambiente. **Projeto Orla. Fortaleza**: SEMA, [2021]. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/gerenciamento-costeiro/projeto-orla/>. Acesso em: 3 set. 2025.

CHEDID, M.; WAKED, R.; HADDAD, E.; CHETATA, N.; SALIBA, G.; CHOUCAIR, J. Antibiotics in treatment of COVID-19 complications: a review of frequency, indications, and efficacy. **Journal of Infection and Public Health**, [S. l.], v. 14, n. 5, p. 570-576, 2021. DOI: 10.1016/j.jiph.2021.02.001. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2021.02.001>. Acesso em: 2 set. 2024.

CHEN, M.; WANG, G.; MA, B.; MUSAT, N.; SHEN, P.; WEI, Z.; WEI, Y.; RICHNOW, H. H.; ZHANG, J. Deciphering the transfer of antimicrobial resistance genes in the urban water cycle from water source to reuse: a review. **Environment International**, [S. l.], v. 201, 109584, 2025. DOI: 10.1016/j.envint.2025.109584. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109584>. Acesso em: 12 out. 2025.

CHINFAK, Narainrit; PROESPRAIWONG, Poranee; NAKAYAMA, Shouta M. M.; KUMURA, Masahiko; IKENAKA, Yoshinori; ISHIZUKA, Mayumi. Environmental factors influencing the distribution of fecal coliform bacteria in Bandon Bay, Thailand. **Regional Studies in Marine Science**, [S. l.], v. 68, 103277, 2023. DOI: 10.1016/j.rsma.2023.103277.

Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103277>. Acesso em: 10 dez. 2025.

CINTRA, C. C. S.; FEDEL, I. R. Desburocratização: impactos na informatização e celeridade do serviço público. **Revista de Direito Administrativo e Gestão Pública**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 55-75, 2019.

CLINICAL AND LABORATORY STANDARDS INSTITUTE. **Performance standards for antimicrobial susceptibility testing: nineteenth informational supplement**. 19. ed. M100-S19. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute, 2022.

COSTA, M. C. L.; PEQUENO, R. (Ed.). **Fortaleza: transformações na ordem urbana**. Rio de Janeiro: Letra Capital: Observatório das Metrópoles, 2015. (Estudos comparativos).

Disponível em:

https://observatoriodasmetrolopes.net.br/arquivos/biblioteca/abook_file/serie_ordemurbana_fortaleza.pdf. Acesso em: 3 set. 2025.

COUTINHO, H. D. M.; COUTINHO, P. H. S.; LEANDRO, M. K. N. S.; ARAÚJO, A. C. J.; SOUSA, A. K. de; FREITAS, P. R.; ROCHA, J. E.; LEITE-SAMPAIO, N. F.; SÁ, M. F. C. P. de; LIMA, M. A.; ANTAS E SILVA, D. Resistência a antibióticos mediada por plasmídeos. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 4044-4053, 2022. DOI: 10.34119/bjhrv5n2-005. Disponível em: <https://doi.org/10.34119/bjhrv5n2-005>. Acesso em: 5 jan. 2026.

CRADDOCK, H. A.; KEARNEY, A.; FITZPATRICK, F.; FINN, C.; PRYCE, M. T.; FITZGERALD-HUGHES, D. The challenge of reducing antimicrobial resistance (AMR) across the one health landscape: diverse perspectives on AMR risks and their mitigation in sinks, drains, and wastewater. **Science of The Total Environment**, [S. l.], v. 955, 2025. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972501575X>. Acesso em: 8 out. 2025.

DANTAS, E. W. C. **Mar à vista: estudo da maritimidade em Fortaleza**. Imprensa Universitária, 2020. <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/56707>

DEL FIOLE, F. S.; BERGAMASCHI, C. C.; DE ANDRADE, I. P.; LOPES, L. C.; SILVA, M. T.; BARBERATO-FILHO, S. Tendências de consumo de antibióticos no Brasil durante a pandemia de COVID-19. **Frontiers in Pharmacology**, [S. l.], v. 13, 2022. DOI: 10.3389/fphar.2022.844818. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.844818>. Acesso em: 10 out. 2025.

DEVER, L. A.; DERMODY, T. S. Mechanisms of bacterial resistance to antibiotics. **Archives of Internal Medicine**, Chicago, v. 151, n. 5, p. 886-895, 1991.

ESSACK, S. Y. Environment: the neglected component of the One Health triad. **The Lancet Planetary Health**, [S. l.], v. 2, n. 6, p. e238-e239, 2018. Disponível em: [https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196\(18\)30124-4/fulltext?ref=truth11.com](https://www.thelancet.com/journals/lanplh/article/PIIS2542-5196(18)30124-4/fulltext?ref=truth11.com). Acesso em: 7 jan. 2026.

EKUNDAYO, T. C.; OKOH, A. I. Antimicrobial resistance in freshwater *Plesiomonas shigelloides* isolates: Implications for environmental pollution and risk assessment. **Environmental Pollution**, [S. l.], v. 257, p. 113493, 2020. DOI:

10.1016/j.envpol.2019.113493. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113493>. Acesso em: 13 jan. 2026.

ESTEVEES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011, p. 826.

EUROPEAN MEDICINES AGENCY. **Disabling and potentially permanent side effects lead to suspension or restrictions of quinolone and fluoroquinolone antibiotics**.

Amsterdam: EMA, 16 nov. 2018. Disponível em:

<https://www.ema.europa.eu/en/news/disabling-potentially-permanent-side-effects-lead-suspension-or-restrictions-quinolone-fluoroquinolone-antibiotics>. Acesso em: 3 jan. 2026.

EVANS, B. R.; LEIGHTON, F. A. A history of One Health. **Revue Scientifique et Technique**, [S. l.], v. 33, n. 2, p. 413-420, 2014.

FECHINE, J. A. L. **Alterações no perfil natural da zona costeira da cidade de Fortaleza, Ceará, ao longo do século XX**. 2007. 116 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007. Disponível em:

https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/7938/1/2007_dis_jalfechine.pdf. Acesso em: 3 set. 2025.

FEDERIGI, I.; BONADONNA, L.; FERRARO, G. B.; BRIANCESCO, R.; CIONI, L.; COCCIA, A. M.; LIBERA, S. D.; FERRETTI, E.; GRAMACCIONI, L.; IACONELLI, M.; LA ROSA, G.; LUCENTINI, L.; MANCINI, P.; SUFFREDINI, E.; VICENZA, T.; VENERI, C.; VERANI, M.; CARDUCCI, A. Quantitative Microbial Risk Assessment as support for bathing waters profiling. **Marine Pollution Bulletin**, [S. l.], v. 157, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X20304367>. Acesso em: 12 out. 2025.

FEITOSA, A. J. G. et al. Bioindicadores microbiológicos: ferramentas essenciais para a gestão sustentável dos recursos hídricos. In: **Microbiologia e Biotecnologia Ambiental in foco**. [S. l.: s. n.], [2024]. p. 56. Disponível em:

https://www.poisson.com.br/livros/individuais/Microbiologia_Biotecnologia/Microbiologia_Biotecnologia.pdf#page=56. Acesso em: 10 out. 2025.

FERREIRA, L. G. C.; KEMENES, A. A influência das anomalias de temperatura da superfície do mar sobre a precipitação do Nordeste do Brasil. In: **Engenharia Sanitária e Ambiental: tecnologias para a sustentabilidade 2**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 55-75. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1116990/a-influencia-das-anomalias-de-temperatura-da-superficie-do-mar-sobre-a-precipitacao-do-nordeste-do-brasil>. Acesso em: 4 jan. 2026.

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; ROCHA, E. C. da; SILVA JÚNIOR, J. A. da.; PARANHOS, R.; NEVES, J. A. B.; SILVA, M. B. da. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson: o retorno. **Leviathan**, São Paulo, n. 8, p. 66-95, 2014. DOI: 10.11606/issn.2237-4485.lev.2014.132346. Disponível em:

<https://doi.org/10.11606/issn.2237-4485.lev.2014.132346>. Acesso em: 1 nov. 2025.

FORTALEZA. Prefeitura Municipal. **Fortaleza é o destino mais buscado do Nordeste por turistas internacionais**. Fortaleza, 29 set. 2025. Disponível em:

<https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/fortaleza-e-o-destino-mais-buscado-do-nordeste-por-turistas-internacionais>. Acesso em: 5 jan. 2026.

FORTALEZA. Prefeitura Municipal. **Prefeitura de Fortaleza divulga relatório técnico de inspeção de galerias pluviais na Praia de Iracema**. Fortaleza, 5 nov. 2023. Disponível em: <https://www.fortaleza.ce.gov.br/noticias/prefeitura-de-fortaleza-divulga-relatorio-tecnico-de-inspecao-de-galerias-pluviais-na-praia-de-iracema>. Acesso em: 12 out. 2025.

FOUNDATION FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION. **Blue Flag**. Copenhagen: FEE, 2025. Disponível em: <https://www.blueflag.global/>. Acesso em: 7 dez. 2025.

FRANÇA, L. F.; CASAGRANDE, J. A.; FORTUNA, J. L. Avaliação microbiológica das areias e da água das praias dos municípios litorâneos que formam a Costa das Baleias. **Revista de estudos ambientais**, [S. l.], v. 20, n. 1, p.44-57, 2018. DOI:10.7867/1983-1501.2018v20n1p44-57. Disponível em: <https://ojsrevista.furb.br/ojs/index.php/rea/article/view/6978/4060>. Acesso em: 10 jan. 2025.

FRAZÃO, F. F.; BASTOS, L. S.; CARVALHO, I. A.; COSTA, F. N. Perfil de suscetibilidade antimicrobiana de bactérias dos gêneros *Aeromonas* e *Escherichia coli* isoladas de amostras de pescada-amarela (*Cynoscion acoupa*). **Brazilian Journal of Biology**, [S. l.], v. 84, p. e279729, 2024.

FREIRE, D. F.; CORIOLANO, L. N. M. T. Barracas da Praia do Futuro e Serviços Turísticos no Litoral de Fortaleza-CE. **Revista Formação**, Presidente Prudente, v. 22, n. 2, p. 79-98, 2015. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/3439>. Acesso em: 3 set. 2025.

FREITAS, F.; NEIVA, G. S.; CRUZ, E. S. da; SANTANA, J. M.; SILVA, I. M. M. da; MENDONÇA, F. S. Qualidade microbiológica e fatores ambientais de áreas estuarinas da Reserva Extrativista Marinha Baía do Iguape (Bahia) destinadas ao cultivo de ostras nativas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 4, p. 723-729, 2017. DOI: 10.1590/S1413-41522016153707. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016153707>. Acesso em: 10 dez. 2025.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Instituto Carlos Chagas (Curitiba). **Saúde Única**. Curitiba: ICC/Fiocruz, 2023. Disponível em: <https://www.icc.fiocruz.br/extensaodivulgacaocientifica/wp-content/uploads/2023/08/Saude-Unica.pdf>. Acesso em: 21 dez. 2025.

GENEVA ENVIRONMENT NETWORK. **Antimicrobial Resistance, the Environment, and the Role of Geneva**. Genebra: GEN, [2025]. Disponível em: <https://www.genevaenvironmentnetwork.org/resources/updates/antimicrobial-resistance-and-the-environment/>. Acesso em: 12 jul. 2025.

GOLIN, N. **Avaliação da eficiência do método SODIS na desinfecção da água para consumo humano em Pelotas – RS**. 2018. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/esa/files/2018/09/TCC-Natalia-Golin-Vers%C3%A3o-Final-29-08.pdf>. Acesso em: 12 out. 2025.

GREGHI, S. Q. **Avaliação da eficiência de métodos rápidos usados para detecção de coliforme totais e coliforme fecais em amostras de água, em comparação com a técnica de fermentação em tubos múltiplos.** 2005. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2005. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/fa41ef05-1e80-4965-b1fe-e56c6e685cd7>. Acesso em: 12 jul. 2025.

GT AGENDA 2030. **O que é a Agenda 2030 | What is the 2030 Agenda.** Disponível em: <https://gtagenda2030.org.br/agenda-pos-2015/>. Acesso em: 3 set. 2025.

HALLIDAY, E.; GAST, R. J. Bacteria in Beach Sands: An Emerging Challenge in Protecting Coastal Water Quality and Bather Health. **Environmental Science & Technology**, [S. l.], v. 45, n. 2, p. 370-379, 2011. DOI: 10.1021/es102747s. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/es102747s>. Acesso em: 14 jul. 2025.

HARDEN-DAVIES, H.; SNELGROVE, P. Science Collaboration for Capacity Building: Advancing Technology Transfer Through a Treaty for Biodiversity Beyond National Jurisdiction. **Frontiers in Marine Science**, [S. l.], v. 7, n. 40, 2020. DOI: 10.3389/fmars.2020.00040. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/marine-science/articles/10.3389/fmars.2020.00040/full>. Acesso em: 28 jan. 2026.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Agenda 2030: objetivos de desenvolvimento sustentável: avaliação do progresso das principais metas globais para o Brasil: ODS 3: assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas e todos, em todas as idades.** Brasília, DF: IPEA, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/cf63f3ab-3c34-48f6-ad19-3614dca11fb5/content>. Acesso em: 13 out. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Brasil gasta R\$ 174 milhões com internações por doenças relacionadas à falta de saneamento em 2024.** São Paulo: Instituto Trata Brasil, [2024]. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/brasil-gasta174-milhoes-internacoes-saneamento/>. Acesso em: 21 dez. 2025.

JIA, L.; CHEN, R.; XU, J.; ZHANG, L.; CHEN, X.; BI, N.; GOU, J.; ZHAO, T. A stick-like intelligent multicolor nano-sensor for the detection of tetracycline: The integration of nano-clay and carbon dots. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 413, 125296, 2021. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2021.125296. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125296>. Acesso em: 7 jan. 2025.

KAYEMBE, J. M.; THEVENON, F.; LAFFITE, A.; SIVALINGAM, P.; NGELINKOTO, P.; MULAJI, C. K.; OTAMONGA, J. P.; MUBEDI, J. I.; POTÉ, J. High levels of faecal contamination in drinking groundwater and recreational water due to poor sanitation, in the sub-rural neighbourhoods of Kinshasa, Democratic Republic of the Congo. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, [S. l.], v. 221, n. 3, p. 400-408, 2018. DOI: 10.1016/j.ijheh.2018.01.003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463917308210?via%3Dihub>. Acesso em: 29 jan. 2026.

KING, N.; LEONARD, M. A Review of the Human Health Risks from Microbial Hazards in Recreational Beach Sand. **International Journal of Environmental Research and Public**

Health, [S. l.], v. 22, n. 10, p. 1537. DOI: 10.3390/ijerph22101537. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/22/10/1537> Acesso em: 29 jan. 2026.

KRUMPERMAN, P. H. Multiple antibiotic resistance indexing of *Escherichia coli* to identify high-risk sources of fecal contamination of foods. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 46, n. 1, p.165-170, 1983.

LAMPARELLI, C. C.; CAMOLEZ, A. P.; TOMÉ, F. B.; CANO, M. F. L. de; PINTO, K. C. Monitoramento da Qualidade das Águas Costeiras do Estado de São Paulo: metodologia, aplicações e desafios. In: SOUTO, Raquel Dezidério (org.). **Gestão ambiental e sustentabilidade em áreas costeiras e marinhas: conceitos e práticas**. Rio de Janeiro: Ed. da Autora, 2022. v. 2, p. 407-432. DOI: 10.5281/zenodo.6676424. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/14370/4/Gest%C3%A3oAmbientalESustentabilidadeEm%C3%81reasCosteirasEMarinhas.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2025.

LOBO, P. N. M. **A construção da vitrine turística de Fortaleza/CE: uma proposta de sociologia urbana a partir de Lefebvre e Elias**. 2021. 229 f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2021.

MALOO, A.; FULKE, A. B.; KHADE, K.; SHARMA, A.; SUKUMARAN, S. Virulence gene and antibiogram profile as markers of pathogenic *Escherichia coli* in tropical beaches of North Western India: Implications for water quality and human health. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 208, p. 118-130, 2018. DOI: 10.1016/j.ecss.2018.04.038. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0272771418300659>. Acesso em: 29 jan. 2026.

MALOO, A.; FULKE, A. B.; SUKUMARAN, S. Toxigenic *Escherichia coli* with high antibiotic resistance index recovered from sands of recreational beaches of Mumbai, India. **Marine Pollution Bulletin**, v. 198, 115837, 2024. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2023.115837. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115837>. Acesso em: 10 jan. 2025.

MAMUN, A. A.; SHAMS, S.; NURUZZAMAN, M. Review on uncertainty of the first-flush phenomenon in diffuse pollution control. **Applied Water Science**, [S. l.], v. 10, n. 53, 2020. DOI: 10.1007/s13201-019-1127-1. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-019-1127-1>. Acesso em: 29 jan. 2026.

MARQUES, E. A. T.; CARVALHO, E. R.; COSTA, G. M.; RIOS, L. R. C. S.; GONDIM, S. B. M. Balneabilidade das praias de Fortaleza: Padrões de poluição e necessidade de políticas públicas de saneamento. **Revista Ft**, Rio de Janeiro, v. 29, n. 140, 2024. DOI: 10.69849/revistaft/cl10202411161402. Disponível em: <https://revistaft.com.br/balneabilidade-das-praias-de-fortaleza-padroes-de-poluicao-e-necessidade-de-politicas-publicas-de-saneamento/>. Acesso em: 29 jan. 2026.

MARQUES, R. Z.; NOGUEIRA, K. S.; TOMAZ, A. P. O.; JUNEAU, P.; WANG, S.; GOMES, M. P. Emerging threat: Antimicrobial resistance proliferation during epidemics - A case study of the SARS-CoV-2 pandemic in South Brazil. **Journal of Hazardous Materials**, [S. l.], v. 470, 2024. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2024.134202. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.134202>. Acesso em 12 jan. 2026.

MARTINS, Ana Filipa Macedo Magalhães. **Prevalência de resistência a antimicrobianos em isolados ambientais de *Escherichia coli* e enterococos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Bioquímica em Saúde) – Escola Superior de Tecnologia da Saúde do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Porto, 2012. Disponível em: <https://files01.core.ac.uk/download/pdf/47136313.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2025.

MELO, J. R. R.; DUARTE, E. C.; MORAES, M. V. de; FLECK, K.; SILVA, A. S. N.; ARRAIS, P. S. D. Reações adversas a medicamentos em pacientes com COVID-19 no Brasil: análise das notificações espontâneas do sistema de farmacovigilância brasileiro. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 37, n. 1, e00245820, 2021. DOI: 10.1590/0102-311X00245820. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/DQHfJwbLrnjCQFZLsYtNZfN/?lang=pt>. Acesso em: 14 jul. 2024.

MENSAH, J.; AMOAH, J. O.; MATTAH, P. A. D; MENSAH, A. Causes and effects of weak enforcement of environmental sanitation laws in Ghana. **Journal of Human Behavior in the Social Environment**, [S. l.], v. 33, n. 5, p. 663-684, 2022. DOI: 10.1080/10911359.2022.2080146. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10911359.2022.2080146>. Acesso em: 28 jan. 2026.

MESQUITA, R. F.; LIMA, C. A. L. O.; LIMA, L. V. A.; AQUINO, Bruno Pinheiro; MEDEIROS, M. S. Uso racional de antimicrobianos e impacto no perfil de resistência microbiológica em tempos de pandemia pela Covid-19. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 1, e58211125382, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i1.25382. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/25382>. Acesso em: 2 abr. 2024.

MOHANTA, T.; GOEL, S. Prevalence of antibiotic-resistant bacteria in three different aquatic environments over three seasons. **Environment Monitoring and Assessment**, v. 186, n. 8, p. 5089-5100, 2014. DOI: 10.1007/s10661-014-3762-1.

MONTEIRO, D. T. L. **Comparação da qualidade bacteriológica da água marinha e da areia seca e molhada de duas praias do litoral leste do Ceará**. 2013. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

MONTEIRO, J. P.; CRUZEIRO, C.; DUARTE, M. S.; PEREIRA, M. A.; VILAR, V. J. P. Innovative waste activated sludge pre-treatment using a raceway pond reactor: integration of low-temperature and solar radiation. **Chemical Engineering Journal**, [S. l.], v. 498, 155324, 2024. DOI: 10.1016/j.cej.2024.155324. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.155324>. Acesso em: 7 jan. 2025.

MORAES, G. F. Q. **Vigilância da resistência antimicrobiana em cepas de *Escherichia coli* recuperadas de águas de recreação no estado de São Paulo**. 2025. Dissertação (Mestrado em Farmácia - Fisiopatologia e Toxicologia) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025. DOI: 10.11606/D.9.2025.tde-14112025-125332. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/D.9.2025.tde-14112025-125332>. Acesso em: 7 jan. 2025.

MORTAZAVI-TABATABAEI, S. A. R.; GHADERKHANI, J.; NAZARI, A.; SAYEHMIRI, K.; SAYEHMIRI, F.; PAKZAD, I. Pattern of Antibacterial Resistance in Urinary Tract Infections: A Systematic Review and Meta-analysis. **International Journal of Preventive Medicine**, [S. l.], v. 10, 169, 2019. DOI: 10.4103/ijpvm.IJPVM_419_17. Disponível em: https://doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM_419_17. Acesso em: 7 jan. 2025.

MUDENDA, S.; CHABALENGE, B.; DAKA, V.; MFUNE, R. L.; SALACHI, K. I.; MOHAMED, S.; MUFWAMBI, W.; KASANGA, M.; MATAFWALI, S. K. Global strategies to combat antimicrobial resistance: a one health perspective. **Pharmacology & Pharmacy**, [S. l.], v. 14, n. 8, p. 271-328, 2023. DOI: 10.4236/pp.2023.148020. Disponível em: <https://doi.org/10.4236/pp.2023.148020>. Acesso em: 21 dez. 2025.

NASCIMENTO, F. C. S. do. **Efeito da Engorda Artificial das Praias do Meireles e Iracema sobre as condições de qualidade da água**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Ambientais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2025. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/67866/1/2022_tcc_fcsnascimento.pdf. Acesso em: 29 jan. 2026.

NEVERS, M. B.; BYAPPANAHALLI, M. N.; NAKATSU, C. H.; KINZELMAN, J. L.; PHANIKUMAR, M. S.; SHIVELY, D. A.; SPOLJARIC, A. M. Interaction of bacterial communities and indicators of water quality in shoreline sand, sediment, and water of Lake Michigan. **Water Research**, v. 178, 115671, 2020. DOI: 10.1016/j.watres.2020.115671. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115671>. Acesso em: 10 jan. 2025.

NOGUEIRA, V. de F. B.; FERREIRA, E. P. B.; COELHO, A. F. R.; BATISTA, M. de O.; GOMES, F. T.; ROCHA, D. S.; GUEDES, R. D. A. S.; MIRANDA, J. V. A. de S. Impacto de sistemas meteorológicos no regime hídrico em cidades do semiárido nos anos de 2012 a 2016. **Observatório de La Economía Latinoamericana**, [S. l.], v. 21, n. 8, p. 7979–7993, 2023. DOI: <https://doi.org/10.55905/oelv21n8-013>. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/1065>. Acesso em: 12 jul. 2025.

ODEBRECHT, C.; ABREU, P. C. Microorganismos em praias arenosas expostas: importância, aspectos metodológicos e estado da arte para o sul do Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 3, p. 2-18, 1997.

ONE HEALTH HIGH-LEVEL EXPERT PANEL (OHHLEP); ADISASMITO, W. B.; ALMUHAI, S.; BEHAVESH, C. B.; BILIVOGUI, P.; BUKACHI, S. A.; CASAS, N.; BECERRA, N. C.; CHARRON, D. F.; CHAUDHARY, A.; ZANELLA, J. R. C.; CUNNINGHAM, A. A.; DAR, O.; DEBNATH, N.; DUNGU, B.; FARAG, E.; GAO, G. F.; HAYMAN, D. T. S.; KHAITSA, M.; KOOPMANS, M. P. G.; MACHALABA, C.; MACKENZIE, J. S.; MARKOTTER, W.; METTENLEITER, T. C.; MORAND, S.; SMOLENSKIY, V.; ZHOU, L. One Health: A new definition for a sustainable and healthy future. **PLoS Pathogens**, [S. l.], v. 18, n. 6, 2022. DOI: 10.1371/journal.ppat.1010537. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1010537>. Acesso em: 21 dez. 2025.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Assembleia Mundial da Saúde adota histórico Acordo sobre Pandemias**. Brasília, DF: OPAS, 20 maio 2025. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/20-5-2025-assembleia-mundial-da-saude-adota-historico>

acordo-sobre-pandemias. Acesso em: 10 dez. 2025.

PAIVA, R. A.; DIÓGENES, B. H. N. Urbanização Turística e Infraestrutura na Região Metropolitana de Fortaleza: Impactos e Conflitos. **Paisagens Híbridas**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 2, p. 168-185, jul./dez. 2022. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/ph/article/view/56887/31241>. Acesso em: 3 set. 2025.

PAIVA, T. V. **Avaliação das Condições Microbiológicas da Água e de Peixes do Rio Mearim, no Município de Bacabal - MA**. 2016. 51f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2016. Disponível em: <http://tedebc.ufma.br:8080/jspui/handle/tede/1601#preview-link0>. Acesso em: 11 jan. 2026.

PANG, X.; GUAN, M. Urban rivers at wet seasons exhibit predominant self-purification capacity in pollutant concentrations than dry seasons at subtropical climate. **Journal of Hydrology**, [S. l.], v. 662, 2025. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2025.133992. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.133992>. Acesso em: 10 jan. 2025.

PAPADOPOULOU, A.; MOUBARECK, C. A.; RYDER, D.; POWELL, A. L.; STONE, M.; JOSEPH, A. W.; KHAN, M. A.; LIGHT, E.; VERNER-JEFFREYS, D. W.; STAHL, J. H.; LE QUESNE, W. J. F. First national study on genomic profiling of *Escherichia coli* in United Arab Emirates (UAE) aquatic environments shows diverse Quinolone and Cephalosporin resistance. **Environmental Challenges**, v. 20, p. 101226, 2025. DOI: 10.1016/j.envc.2025.101226. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667010025001453>. Acesso em: 29 jan. 2026.

PAULA, D. P.; DIAS, J. M. A.; MORAIS, J. O.; FERREIRA, Ó. M. **Verticalização da beira-mar de Fortaleza: valoração, consequência e projeção**. 27 mar.-1 abr. 2010. Trabalho apresentado no Workshop Antropicosta Iberoamerica, 2010, Iguape.

PAULA, D. P. de; MORAIS, J. O. de; FERREIRA, Ó.; DIAS, J. A. De um simples porto a uma cidade convertida para o turismo: artificialização do litoral de Fortaleza, CE, Brasil. In: PEREIRA, S. D. et al. (Ed.). **O homem e as zonas costeiras: tomo IV da Rede BrasPor**. Rio de Janeiro: FAPERJ, 2015. p. 201-213.

PEREIRA, A. Q.; SILVA, R. B. da; COSTA, M. C. L. **A orla da cidade: praia, espaço público e lazer em Fortaleza**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2020. (Coleção de Estudos da Pós-Graduação). Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/55180>. Acesso em: 3 set.. 2025.

PHILLIPS, M. C.; SOLO-GABRIELE, H. M.; PIGGOT, A. M.; KLAUS, J. S.; ZHANG, Y. Relationship between sand and water quality at recreational beaches. **Environmental Science & Technology**, [S. l.], v. 45, n. 19, p. 8223-8230, 2011. DOI: 10.1021/es201747q. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3228632/>. Acesso em: 13 out. 2025.

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. **O Mundo da Saúde**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 105-114, 2011. Disponível em:

https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/artigos/diversidade_microrganismos_indicadores_contaminacao_fecal_areia_praias.pdf. Acesso em: 12 jul. 2025.

PRADO, T.; SATO, M. I. Z. Impactos das mudanças ambientais globais e desastres sobre a epidemiologia das doenças de veiculação hídrica no Brasil. In: MARCHEZINI, Victor et al. (Org.). **Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action**. São Carlos: RiMa Editora, 2017. p. 377-396. Disponível em: https://www.academia.edu/114089656/E_Book_Reduction_of_Vulnerability_Reducaodevulnerabilidade. Acesso em: 12 out. 2025.

REDE IBEROAMERICANA DE GESTÃO E CERTIFICAÇÃO DE PRAIAS – PROPLAYAS. **O turismo de sol e praia no contexto da COVID-19: cenários e recomendações**. Editores: Carla M. Botero; Silvana Mercadé; José A. Cabrera; Bianca Bombana. Santa Marta: PROPLAYAS, 2020.

RIO DE JANEIRO (Município). Resolução SMAC nº 468, de 28 de janeiro de 2010. Dispõe sobre a análise e informações das condições das areias das praias no Município do Rio de Janeiro. *Diário Oficial do Município do Rio de Janeiro*, Rio de Janeiro, 28 jan. 2010. Disponível em: <https://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/1458891/DLFE-226002.pdf/Resolucao468de28012010.pdf>. Acesso em:

RIO DE JANEIRO (Município). Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Clima. **Monitoramento da Qualidade da Areia**. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Clima, 2024. Disponível em: <https://ambienteclima.prefeitura.rio/monitoramento-diario-da-qualidade-da-areia/>. Acesso em: 27 nov. 2025.

RIZZOTTO, M. L. F.; COSTA, A. M.; DIAS, A. P.; CORRÊA FILHO, H. R.; FRIEDRICH, K.; AUGUSTO, L. G. S. Saúde Única - um conceito ambíguo sob debate. *Saúde em Debate*, Rio de Janeiro, v. 48, n. 143, out.-dez. 2024. DOI: 10.1590/2358-28982024143ED-P. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2358-28982024143ED-P>. Acesso em: 21. dez. 2025.

RITZEL, G. S. O direito ao saneamento básico na Constituição Federal de 1988: uma análise sobre as garantias constitucionais compatíveis com essa proteção. *Revista Brasileira de Direito Social*, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 33-47, 2023. Disponível em: <https://rbds.ieprev.com.br/rbds/article/view/177>. Acesso em: 3 set. 2025.

RODRÍGUEZ-GARCIA, D.; GARCÍA SÁNCHEZ, J. L.; GUZMÁN, J. L.; ARBIB, Z.; CASAS LÓPEZ, J. L.; SÁNCHEZ PÉREZ, J. A. Demonstration-scale urban wastewater reclamation using concentrated solar radiation. *Journal of Water Process Engineering*, [S. l.], v. 78, 108817, 2025. DOI: 10.1016/j.jwpe.2025.108817. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2025.108817>. Acesso em: 3 de jan. 2026.

RODRIGUES, S. O.; SANTIAGO, F. R.; SILVA, M. S.; LIMA, A. S. G.; GODOY, L. E.; DE WAARD, M.; FOUAD, D.; BATIHA, G. E.; SANTOS, T. L.; PAGNOSSA, J. P. Macrolide resistance outcomes after the Covid-19 pandemic: A one health approach investigation. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, [S. l.], v. 180, 117437, 2024. DOI: 10.1016/j.biopha.2024.117437. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2024.117437>. Acesso em: 22 dez. 2025.

ROMÃO, A. L. E.; PAVANI FILHO, A.; ABREU, F. O. M. S.; ALVES, C. R. Determinação

dos Parâmetros Físico-Químicos da Água do Estuário do Rio Cocó (Fortaleza-CE) no Pós-período Chuvoso de 2019. In: MELLO, Roger Goulart; FREITAS, Patrícia Gonçalves de (org.). **Variantes do meio ambiente: atuação, interdisciplinaridade e sustentabilidade: volume 2**. Rio de Janeiro: e-Publicar, 2021. p. 270-285. E-book. DOI: 10.47402/ed.ep.c202159518097. Disponível em: <https://storage.googleapis.com/production-hostgator-brasil-v1-0-2/102/248102/ZJ2LQxgL/73ddd8b9ef9f413cba35818e9a2dc418?fileName=15.07.21%20VARIANTES%20DO%20MEIO%20AMBIENTE,%20VOLUME%202....pdf>. Acesso em: 1 nov. 2025.

ROSSO, D.; STENSTROM, M. K. The carbon-sequestration potential of municipal wastewater treatment. **Chemosphere**, [S. l.], v. 70, n. 8, p. 1468-1475, 2008.

SANTOS, A. R. dos; OLIVEIRA, H. C. de; SILVA, A. M. C.; ALVES, R. R.; ANDRADE, B. R. D. de; SILVA, M. L. R. B. Identificação e caracterização de bactérias potencialmente patogênicas isoladas de duas praias do litoral norte de Pernambuco. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 11, e184101119402, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19402>. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i11.19402>. Acesso em: 5 jan. 2026.

SÃO PAULO (Estado). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Apêndice F - Qualidade das Areias**. São Paulo: CETESB, 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/praias/wp-content/uploads/sites/31/2023/06/Apendice-F-Qualidade-das-areias.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2025.

SÃO PAULO (Estado). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das Praias Litorâneas no Estado de São Paulo: relatório 2022**. São Paulo: CETESB, 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/praias/wp-content/uploads/sites/31/2023/07/Qualidade-das-Praias-Litoraneas-no-Estado-de-Sao-Paulo-Relatorio-2022.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2025.

SILVA, A. C. M. da. **Análise do abastecimento de água e a ocorrência de doenças transmitidas por inseto vetor e contato com a água em duas zonas socioeconomicamente inversas em Umarizal/RN**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/items/af8e5879-2554-471c-a493-bd6d38383575>. Acesso em: 12 out. 2025.

SILVA, André Luiz Braga. **Análise socioambiental da orla marítima nos municípios de Tibau e Grossos (RN)**. 2016. Dissertação (Mestrado em Sociedade, Meio Ambiente e Território) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2016. Disponível em: https://www.uern.br/controldepaginas/mestrado-dissertacoes-defendidas/arquivos/2212andre_luiz.pdf. Acesso em: 7 dez. 2025.

SILVA, J. M. A.; CAMPOS FILHO, J. V.; ALVES, L. B.; SANTOS, A. C. D. dos. Análise dos Impactos da Resistência Antimicrobiana e suas Implicações na Saúde Pública Brasileira: uma Revisão Integrativa. **Pensar Acadêmico**, Manhuaçu, v. 23, n. 1, p. 58-68, 2025. DOI: 10.21576/pensaracadmico.2025v23i1.4306. Disponível em: <https://doi.org/10.21576/pensaracadmico.2025v23i1.4306>. Acesso em: 13 out. 2025.

SILVA, R. A. da; LUIZA, V. L.; BERMUDEZ, J. A. Z.; SCHNEIDER, M. C. A Saúde Única no enfrentamento da resistência bacteriana a antibióticos no âmbito da agropecuária. **Saúde em Debate**, [S. l.], v. 49, n. 144, 2025. DOI: 10.1590/2358-289820251449713P. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2358-289820251449713P>. Acesso em: 21 dez. 2025.

SILVA, R. O.; SANTOS, F. O. dos; OLIVEIRA, E. S.; COSTA, N. B. da; SILVA, A. P. S. da; COSTA, J. P. S.; MOUCHREK, A. N. Avaliação da resistência microbiana de enterobactérias isoladas a partir de água da praia em São José de Ribamar – MA. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 10, e92111032147, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i10.32147. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i10.32147>. Acesso em: 22 dez. 2025.

SILVA, T. S. M. da; ABRANTES, J. A. A.; RAMOS, T. M. V.; COZENDEY-SILVA, E. N.; NOGUEIRA, J. M. R. Perfil de sensibilidade aos antimicrobianos das cepas de *Escherichia coli* isoladas de amostras de águas superficiais do Rio Carioca-RJ, Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 27, p. 673-682, 2022.

SOUZA-SANTOS, L. P.; CARNEIRO, Y. M. M.; SILVA, A. S. X. da. Weekly variation of seawater ecotoxicity on marine sandy beaches in relation to coliform densities. **Marine Pollution Bulletin**, [S. l.], v. 203, 2025. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2025.116616. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X25001699>. Acesso em: 3 set. 2025.

SOUZA, Z. N. de; MOURA, D. F. de; CAMPOS, L. A. A.; CÓRDULA, C. R.; CAVALCANTI, I. M. F. Antibiotic resistance profiles on pathogenic bacteria in the Brazilian environments. **Archives of Microbiology**, [S. l.], v. 205, n. 185, 2023. DOI: 10.1007/s00203-023-03524-w. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00203-023-03524-w>. Acesso em: 29 jan. 2026.

TEIXEIRA, I. J. F. B. **A influência da sazonalidade turística e de fatores climáticos na qualidade microbiológica da água e da areia de praias urbanas de Fortaleza-Ceará**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Ambientais) – Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2025. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/81855/1/2025_tcc_ijfbteixeira.pdf. Acesso em: 2 dez. 2025.

TORNEVI, A.; BERGSTEDT, O.; FORSBERG, B. Precipitation Effects on Microbial Pollution in a River: Lag Structures and Seasonal Effect Modification. **PLOS One**, v. 9, n. 5, 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0098546. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0098546>. Acesso em: 28 jan. 2026.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **One Health Joint Plan of Action (2022-2026)**. Nairobi: UNEP, 2022. Disponível em: <https://wedocs.unep.org/rest/api/core/bitstreams/b5ce5ca6-6e6b-40cb-b3bf-2449dd61a9b8/content>. Acesso em: 22 dez. 2025.

VASCONCELOS, R. H. **Balneabilidade das praias de Iracema e Náutico (Fortaleza-Ceará) e pesquisas de cepas de *Escherichia coli* patogênicas em suas águas**. 2005. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Pesca) – Universidade

Federal do Ceará, Fortaleza, 2005. Disponível em:

<http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/42908>. Acesso em: 21 dez. 2025.

VICTORIA T., N. S.; KUMARI T., S. D.; LAZARUS, B. Spatial distribution of faecal indicator bacteria around Kanyakumari coast, Southernmost point of Mainland India.

Regional Studies in Marine Science, [S. l.], v. 77, 103704, 2024. DOI:

10.1016/j.rsma.2024.103704. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103704>.

Acesso em: 3 jan. 2026.

VIEIRA, R. H. S. F.; SILVA, P. R. F. G. da; SOUSA, O. V. de; LEHUGEUR, Loreci Gislaíne de Oliveira. Balneabilidade das águas da Praia do Futuro, Fortaleza-Ceará. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 34, n. 1-2, p. 39-42, 2001.

VIEIRA, R. H. S. F.; MENEZES, F. G. R. de; COSTA, R. A.; MARINS, R. V.; ABREU, I. M.; FONTELES-FILHO, A. A.; SOUSA, O. V. de. 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.; OLIVEIRA, A. C. N. de; SOUSA, O. V. de. Monitoramento microbiológico das águas e areias das praias do Meireles e do Futuro (Fortaleza - Ceará).

Boletim Técnico-Científico do CEPNOR, São Paulo, v. 7, p. 17-26, 2007. DOI:

10.17080/1676-5664/btcc.v7n1p17-26. Disponível em: <https://doi.org/10.17080/1676-5664/btcc.v7n1p17-26>. Acesso em: 10 dez. 2025.

VITOR, G. A.; LANDO, G. A.; DUARTE, C. A. L.; MARQUES, D. A. V.; D'ANGELO, I. B. M. Health and sanitation in Brazil: a narrative review on the association of basic sanitation conditions with waterborne diseases., **Research, Society and Development** [S. l.], v. 11, n. 2, e30311222913, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/22913/20557>. Acesso em: 12 out. 2025.

WANG, Q.; TAN, L.; SUN, S.; LU, X.; LUO, Y. Land-derived wastewater facilitates antibiotic resistance contamination in marine sediment of semi-closed bay: A case study in Jiaozhou Bay, China. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 339, 117870, 2023. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.117870. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117870>. Acesso em: 7 jan. 2026.

WANG, S.; TANG, Y.; MA, Y.; WANG, S.; ZHANG, R.; XIE, Q.; CAI, W.; DUAN, J.; YIN, D. The overuse of antimicrobials during the COVID-19 pandemic: data from 25 general hospitals in Shanxi, China. **BMC Infectious Diseases**, v. 25, n. 1, p. 1677-1689, 2025. DOI:

10.1186/s12879-025-12131-7. Disponível em:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12667163/>. Acesso em: 18 jan. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Emerging zoonotic diseases and the One Health approach: An overview**. [S. l.: s. n.], [2023]. Disponível em:

[https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/risk-comms-](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/risk-comms-updates/epi_win_digest_4_one-health.pdf?sfvrsn=b9feef83_2)

[updates/epi_win_digest_4_one-health.pdf?sfvrsn=b9feef83_2](https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/risk-comms-updates/epi_win_digest_4_one-health.pdf?sfvrsn=b9feef83_2). Acesso em: 22 dez. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines on recreational water quality: Volume 1, Coastal and fresh waters**. Geneva: World Health Organization, 2021. 164 p. ISBN 978-92-4-003130-2. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240031302>.

Acesso em: 6 jan. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Saneamento**. Genebra: WHO, [2024]. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>. Acesso em: 11 nov. 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO warns of widespread resistance to common antibiotics worldwide**. Genebra: WHO, 13 out. 2025. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/13-10-2025-who-warns-of-widespread-resistance-to-common-antibiotics-worldwide>. Acesso em: 21 dez. 2025.

YOU, S.; HUANG, X.; XING, L.; LESPERANCE, M.; LEBLANC, C.; MOCCIA, L. P.; MERCIER, V.; SHAO, X.; PAN, Y.; ZHANG, X. Dynamics of fecal coliform bacteria along Canada's coast. **Marine Pollution Bulletin**, [S. l.], v. 189, 2023. DOI: 10.1016/j.marpolbull.2023.114712. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbull.2023.114712>. Acesso em: 12 out. 2025. https://www.academia.edu/114089656/E_Book_Reduction_of_Vulnerability_Reducaodevulnerabilidade. Acesso em: 12 out. 2025.

APÊNDICE A – TABELA COM OS RESULTADOS DO ANTIBIOGRAMA (HALOS EM MM) DOS ISOLADOS DO PERÍODO DE ESTIO

Cepa*	Origem	AZI	DOX	SXT	LVX	AMI	MER	CRO	NAL
1	P1	21,3	11,8	25,4	32,1	25,8	34,8	33,2	25,0
2	P1	21,3	12,9	26,7	32,4	27,7	31,8	21,0	21,6
3	P1	21,5	13,8	28,8	34,1	21,5	29,8	30,3	22,5
5	P1	21,2	12,7	26,1	32,7	22,8	33,2	32,4	25,2
6	P1	19,7	12,7	25,4	30,5	25,0	33,5	34,3	27,0
7	P1	20,4	11	24,1	30,7	24,6	33,6	28,9	26,0
8	P1	22	19,4	24	32,4	23,5	31,6	30,6	26,5
9	P1	26	15,2	22,7	27,7	24,3	33,3	29,8	19,0
10	P1	24,9	14	24,5	27,3	25,4	33,8	35,7	19,5
11	P3	23,3	8,4	27,6	27,4	24,5	33,2	29,8	15,1
12	P3	22,4	12,2	28,9	25,9	23,4	32,6	28,8	17,5
13	P3	21,9	10,3	17	22	25,0	35,3	30,4	15,0
14	P3	22,8	14	27,7	25,5	23,5	32,2	28,7	13,1
15	P3	23,5	9,8	27,9	33	21,0	31,5	26,1	25,2
16	P3	22	8	28,4	25,3	22,3	29,5	27,9	17,0
17	P3	19,8	9,6	27,2	30,3	23,0	32,7	31,7	27,4
18	P3	20,7	12,4	27,7	24,0	24,1	32,4	31,2	13,6
19	P3	20,8	12,1	28,8	23,6	23,7	32,9	31,4	15,4
20	P3	21,0	10,1	33,2	24,5	24,1	32,4	31,9	15,3
21	P4	26,0	25,5	26,6	39,9	25,7	33,9	35,7	25,8
22	P4	27,0	25,6	33,8	40,6	27,9	36,3	36,3	25,3
23	P4	17,5	21,6	28,0	31,9	24,5	30,3	33,2	26,0
24	P4	17,4	18,2	30,1	31,8	23,5	30,5	33,5	24,5
25	P4	23,4	19,1	32,2	32,5	24,9	31,1	34,9	24,9
26	P4	27,0	23,1	36,1	39,7	25,7	34,0	37,8	29,9
28	P4	18,8	20,9	32,7	32,4	23,1	29,0	32,7	22,6
29	P4	17,6	19,5	32,9	32,0	23,9	29,0	34,3	22,2
30	P4	19,1	18,2	33,3	32,9	25,2	28,9	31,9	23,8

Legenda: *todos os isolados são da água e da diluição 0 (10¹). Em verde: intermediária; em vermelho: resistente.
 Fonte: Autora, 2025.

APÊNDICE B – TABELA COM OS RESULTADOS DO ANTIBIOGRAMA (HALOS EM MM) DOS ISOLADOS DO PERÍODO CHUVOSO

Cepa	Origem	AZI	DOX	SXT	LVX	MER	AMI	NAL	CRO
2	P1(0)	21,3	17,7	28,1	34,8	32,5	24,9	28,8	31,9
4	P1(0)	23,8	7	27,3	38,5	28,5	25,5	23,7	27
5	P1(-1)	20,2	18,7	24,6	31,9	36,6	26,4	27,4	36,5
13	P2(0)	20,8	20,8	31,4	37,6	36,5	19,5	26	31,8
18	P1B(-1)	12,9	14,8	0	11,8	32,8	22,5	0	13,3
19	P1B(-1)	14,9	17	0	12,3	33	23,1	0	16
20	P1B(-1)	23,7	26,8	29,5	33,1	32,9	26,9	26,4	31,7
21	P1B(-2)	22,2	20,9	28,7	35,5	34,4	22,7	26,7	31,6
22	P1B(-2)	22,2	21,5	32,7	36	32,9	25,2	26,6	33,6
23	P1C(-1)	21,1	18	25,3	30,7	30,8	25,2	22,3	31,3
24	P1C(-1)	20,3	19	25,7	28,7	30,8	24,7	23,5	30,7
25	P1C(-1)	26,4	22,1	29,9	39,7	33,6	25,6	29	32,7
26	P1C(-2)	22,9	12,8	27	24,3	29,2	21,6	15,8	30,8
27	P1C(-2)	21,2	12,5	26,4	23,9	32,5	22	12,9	31
29	P1C(-3)	22,6	8,1	27,4	24	31,7	20,4	12,2	29,5
30	P3B(-1)	17,8	18	28,1	29,4	33,4	20,9	26,3	32,9
31	P3B(-1)	22,1	18,9	27	34	30,4	21,6	25,6	30,2
32	P3B(-1)	17,4	17,8	23,2	29,2	25,4	21,4	24,2	30,4
34	P3C(-1)	18,2	16,3	16,7	33,4	29,5	22,9	20,9	26,5
35	P3C(-1)	20,8	17,3	19,8	28,7	30,1	20,6	23,3	30,7
36	P3C(-1)	16,7	14,1	15	30,6	28,2	20,1	21,3	24,3
37	P3C(-2)	16,9	12	0	23	25,3	22,3	7,3	25,5
38	P3C(-2)	16,5	16,3	21,9	27,7	28,2	22	24,3	30,2
39	P3C(-2)	32,2	26,4	30,9	39,4	37,3	25,2	26,5	30,9
40	P4C(-1)	23,8	16,5	28,2	22,8	29,8	22	11,5	33
41	P4C(-1)	20,2	16,3	22,4	24,4	26,6	22,5	17,7	30
43	P1(0)	18,2	15,2	21,2	25,7	26,4	21,2	22,6	28,4
45	P1(0)	16,7	16,1	21,1	28,1	30,4	22	23,2	27,1
46	P1(0)	17,2	15,4	24,1	30,1	23,8	23,4	23,6	23
47	P1(-1)	33,6	30,4	34,8	27	41,5	28,2	0	38,6
48	P1(-1)	20	15	30	32,8	32,2	21,2	22,7	29,8
50	P1(-1)	20,1	12	23,9	27,1	25,7	22	18,3	11,3
52	P1(-2)	21,7	19	29,4	31	25,4	22,5	26,1	28,3
54	P1(-2)	18	14,8	27,3	27,5	26,9	20,9	24,5	24,5
55	P2(0)	20,4	19,5	25,1	30,1	29,4	22,4	31,1	31,1
56	P3(0)	18,5	17,9	22,2	26,9	26,8	23,3	22,8	22,8
57	P3(0)	18,4	12,8	0	15,1	29,7	22,5	30,1	30,1
58	P3(0)	19,6	12,3	0	12,3	30,6	22	28,3	28,3
59	P4(0)	31,1	22,3	32,2	40,8	36,1	26,3	27,4	35

70	P1C(-2)	22,7	16,7	29,3	32,4	24,9	22,5	20,3	26,8
71	P1C(-3)	20,8	10,1	18	23,1	27,7	19,6	19,8	28,5
73	P3B(-1)	15,5	15,5	22,5	25,8	24,9	18,1	18,6	25,2
75	P3B(-2)	24,8	20,8	34,7	36,7	33,1	27,7	27,3	37,1
80	P3C(-2)	19,1	16,4	25,8	32,4	29,6	24	27,2	29,2
81	P3C(-2)	21,5	18	24,8	28,6	28,4	23	24,4	23,1
82	P4C(-1)	20	15,8	24,4	23,4	25,6	22,5	12,9	31,5
83	P4C(-1)	20,5	15,4	27,1	21,5	26	19,6	9,2	32,6

Legenda: P1 = Caça e Pesca; P2 = Futuro; P3 = Iracema; P4 = Meireles. B = cepa isolada da peneira 0,710 mm; C = peneira 0,500 mm; D = peneira 0,125 mm; Obs.: quando não há a informação da peneira, a cepa é da água. (0) = diluição 10^1 ; (-1) = diluição 10^{-1} ; (-2) = diluição 10^{-2} ; (-3) diluição 10^{-3} . Em verde: intermediária; em vermelho: resistente.

Fonte: Autora, 2025.