

LAURA MAIA DE OLIVEIRA

ANÁLISE DE INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE
CONTAMINAÇÃO FECAL NAS PRAIAS DA ILHA DO
FUNDÃO, RIO DE JANEIRO- RJ.



**Monografia apresentada ao Instituto de
Microbiologia Paulo de Góes, da
Universidade Federal do Rio de Janeiro,
como pré-requisito para a obtenção do
grau de Bacharel em Ciências Biológicas:
Microbiologia e Imunologia.**

INSTITUTO DE MICROBIOLOGIA PAULO DE GÓES
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
RIO DE JANEIRO
JANEIRO/2025

Trabalho realizado no Departamento de Microbiologia Médica, do Instituto de Microbiologia Paulo de Góes, UFRJ, sob a orientação do Professor Marco Antônio Lemos Miguel e coorientação de Agnes Maria Cupertino Fernandes Araujo.

CIP - Catalogação na Publicação

M377a Maia de Oliveira, Laura
 ANÁLISE DE INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE
CONTAMINAÇÃO FECAL NAS PRAIAS DA ILHA DO FUNDÃO,
RIO DE JANEIRO- RJ. / Laura Maia de Oliveira. --
Rio de Janeiro, 2024.
54 f.

Orientador: Marco Antônio Lemos Miguel.
Coorientadora: Agnes Maria Cupertino Fernandes
Araujo.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto
de Microbiologia, Bacharel em Ciências Biológicas:
Microbiologia e Imunologia, 2024.

1. Baía de Guanabara. 2. Balneabilidade. 3.
Praia. I. Antônio Lemos Miguel, Marco, orient. II.
Maria Cupertino Fernandes Araujo, Agnes, coorient.
III. Título.

INSTITUTO DE MICROBIOLOGIA PAULO DE GÓES / UFRJ
COORDENAÇÃO DE ENSINO DE GRADUAÇÃO

ATA DA APRESENTAÇÃO DE MONOGRAFIA PARA APROVAÇÃO NO RCS DE
 TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, BACHARELADO EM CIÊNCIAS
 BIOLÓGICAS: MICROBIOLOGIA E IMUNOLOGIA

ALUNO(A): LAURA MAIA DE OLIVEIRA

DRE: 121062953

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Sérgio Eduardo Longo Fracalanza (Presidente)

Prof. Raquel Regina Bonelli

Prof. Carla Muniz Sabino

Prof. Ana Maria Mazotto de Almeida (Suplente)

Título da Monografia: "Análise de indicadores microbiológicos de contaminação fecal nas
 praias da Ilha do Fundão, Rio de Janeiro- RJ".

Local: Sala de seminários da microbiologia médica (2º andar, Bloco I), no
 Instituto de Microbiologia Paulo de Góes da UFRJ.

Data e hora de início: 17 de janeiro de 2025 às 10:00h

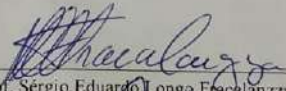
Em sessão pública, após exposição de cerca de 50 minutos, o aluno foi argüido pelos
 membros da Banca Examinadora, demonstrando suficiência de conhecimentos e capacidade de
 sistematização no tema de sua Monografia, tendo, então, obtido nota 9,3 neste requisito
 do RCS de **TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**. Na forma regulamentar, foi
 lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da banca examinadora, aluno, orientador
 (e/ou coorientador) e pelo coordenador do RCS.

Rio de Janeiro, 17 de janeiro de 2025.

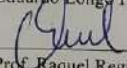
NOTA:

9,5

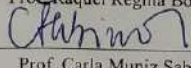
Banca Examinadora:


 Prof. Sérgio Eduardo Longo Fracalanza (Presidente)

9,5

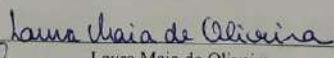

 Prof. Raquel Regina Bonelli

9,0

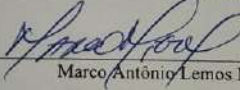
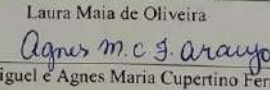

 Prof. Carla Muniz Sabino

Prof. Ana Maria Mazotto de Almeida (Suplente)

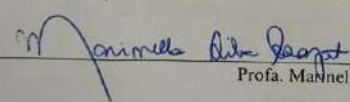
Aluno(a):


 Laura Maia de Oliveira

Orientador(a)
 (e coorientador):

 
 Marco Antônio Lemos Miguel e Agnes Maria Cupertino Fernandes Araujo

Coordenadora de
 TCC:


 Profa. Mannella Silva Laport

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, fonte de toda graça e sabedoria, pela vida que me foi concedida e pelas oportunidades que Ele colocou em meu caminho. Tudo o que alcancei e aspirei é fruto de Sua misericórdia e do chamado à santidade no trabalho e na vida cotidiana. À intercessão de Nossa Senhora, modelo de humildade e obediência e também a de seu esposo São José por sempre ter providenciado tudo, sem falhar!

Agradeço aos meus pais, Gilvanilton e Anatalia, por dizerem sim à vida, por acreditarem no valor e na sacralidade de cada existência e por me proporcionarem a oportunidade de trilhar meu caminho. Agradeço também pela paciência, pelos valores que me transmitiram e por acreditarem no meu potencial em todos os momentos.

Ao meu irmão caçula Lázaro, pelas risadas e pelos pequenos momentos de cumplicidade que compartilhamos no nosso cotidiano. Sua companhia é uma fonte de alegria em minha vida, e sou grata por ter você como parte essencial da minha jornada.

À minha Tia Conceição pelo carinho, companhia, por ter me acolhido em sua casa quando cheguei no Rio e também a todos os meus familiares, ocupam um lugar no meu coração.

Aos meus amigos, pelo apoio inestimável, pelas palavras de incentivo e pelas risadas compartilhadas que tornaram esta jornada mais leve. Sou grata por cada gesto de amizade e por estarem ao meu lado nos momentos de alegria e nos desafios. Obrigada por rezarem por mim e por esse TCC e entenderem os momentos de ausência, cada um sabe o espaço que ocupa no meu coração.

Aos meus colegas de graduação, pela companhia no bandejão, por compartilhar resumos, momentos de descontração e desabafos, tornando a rotina mais leve. Especialmente, Evelyn, Gonçalo e Juliana, que bom ter encontrado vocês desde o início.

Às minhas colegas do laboratório de Microbiologia de Alimentos pelos cafezinhos, conversas e por me ajudarem nos experimentos, seja fazendo companhia ou tirando dúvidas. Agradeço especialmente ao técnico Antônio, por ter sido sempre gentil e disposto a ajudar.

Ao meu orientador Marco Miguel por me aceitar no laboratório, por ser tão paciente e exemplar, me apoiando, me ensinando e me corrigindo para sempre conseguir extrair o meu melhor.

Igualmente à minha coorientadora Agnes Cupertino por ter entrado no projeto comigo desde o primeiro dia no laboratório, por ficar até tarde no laboratório quando foi preciso e por ter sido sempre tão atenciosa.

Agradeço também ao Projeto Orla Sem Lixo, pela oportunidade de colaborar em uma iniciativa tão importante para a preservação ambiental. O trabalho conjunto foi uma

experiência enriquecedora e inspiradora, que me proporcionou aprendizado e contribuiu significativamente para a concretização deste estudo.

Expresso minha gratidão às agências de fomento: CNPq e à COPPETEC, cujo apoio foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho.

Por fim, a todos que de alguma forma ajudaram no meu processo de formação.

"As almas grandes têm muito em conta as coisas pequenas."
— São Josemaria Escrivá

RESUMO

LAURA MAIA DE OLIVEIRA

ANÁLISE DE INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE
CONTAMINAÇÃO FECAL NAS PRAIAS DA ILHA DO FUNDÃO, RIO
DE JANEIRO- RJ.

Orientador: Prof.º Dr.º Marco Antônio Lemos Miguel
Coorientadora: Agnes Maria Cupertino Fernandes Araujo

Resumo da Monografia apresentada no Instituto de Microbiologia Paulo de Góes da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas: Microbiologia e Imunologia e aprovação no RCS Trabalho de Conclusão de Curso.

A Baía de Guanabara, localizada no Estado do Rio de Janeiro, recebe as águas de 35 rios, em sua maioria com altos índices de poluição. Apesar disso, suas águas ainda são utilizadas para pesca, banho e atividades esportivas. Na Ilha do Fundão, região que abriga a Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro, encontram-se praias e manguezais utilizados pela população local para recreação e pesca. Contudo, essas praias são impactadas diariamente por cerca de 4,5 milhões de litros de esgoto "*in natura*", provenientes principalmente do Canal do Cunha e de rios poluídos da Zona Norte e Baixada Fluminense. Essa situação acarreta riscos à saúde pública e à preservação ambiental. O objetivo deste estudo foi avaliar as características microbiológicas das águas da Enseada do Bom Jesus, Prainha, Catalão e Ponta de Areia (Ilha do Fundão, RJ), correlacionando os dados obtidos com os padrões de balneabilidade da legislação vigente. Foram analisadas 58 amostras de água entre novembro de 2021 a dezembro de 2024. Para análise microbiológica, utilizou-se a metodologia do número mais provável com caldo Lactose bile verde-brilhante e caldo EC para detecção de coliformes totais e termotolerantes, respectivamente, e pesquisa da enzima beta-glucuronidase (Colilert®) para *Escherichia coli*. Na Enseada do Bom Jesus, 40% das amostras coletadas estavam dentro dos padrões de balneabilidade. Entretanto, nas amostras fora destes padrões foram encontrados valores até 1000 vezes superiores ao permitido pela legislação, sendo a contaminação maior durante a maré baixa e fora da barreira de contenção. Na Prainha, 18% das amostras apresentaram resultados próprios, sem diferenças significativas entre as áreas dentro e fora da barreira ecológica instalada durante o estudo. Na praia do Catalão, todas as amostras coletadas fora da barreira estavam contaminadas, enquanto dentro da barreira, 30% foram consideradas próprias para banho. Na praia da Ponta de Areia, 20% das amostras estavam próprias, embora próximas ao limite estabelecido, e, em alguns casos, a água foi classificada como excelente ou satisfatória para banho. Os dados evidenciam a necessidade de medidas corretivas para remediar a contaminação microbiológica, além de ações para reduzir o aporte de resíduos sólidos, que ainda comprometem a balneabilidade das praias.

Palavras-chave: Baía de Guanabara, balneabilidade, praia.

ABSTRACT**LAURA MAIA DE OLIVEIRA****ANALYSIS OF MICROBIOLOGICAL INDICATORS OF FECAL
CONTAMINATION ON THE BEACHES OF FUNDÃO ISLAND, RIO DE JANEIRO-
RJ.****Advisor: Prof.º Dr.º Marco Antônio Lemos Miguel****Co-supervisor: Agnes Maria Cupertino Fernandes Araujo**

Abstract of the Monography presented at the Paulo de Góes Institute of Microbiology of the Federal University of Rio de Janeiro, as part of the requirements for obtaining the Bachelor's Degree in Biological Sciences: Microbiology and Immunology and approval in the RCS.

The Guanabara Bay, located in the State of Rio de Janeiro, receives water from 35 rivers, most of which have high levels of pollution. Despite this, its waters are still used for fishing, swimming, and sports activities. On Fundão Island, an area that houses the University City of the Federal University of Rio de Janeiro, there are beaches and mangroves used by the local population for recreation and fishing. However, these beaches are daily impacted by approximately 4.5 million liters of raw sewage, mainly from the Cunha Canal and polluted rivers in the Northern Zone and Baixada Fluminense. This situation poses risks to public health and environmental preservation. The aim of this study was to evaluate the microbiological characteristics of the waters at Enseada do Bom Jesus, Prainha, Catalão, and Ponta de Areia (Fundão Island, RJ), correlating the obtained data with the bathing standards established by current legislation. A total of 58 water samples were analyzed between November 2021 and December 2024. For microbiological analysis, the most probable number method was employed using Lactose broth, brilliant green bile broth, and EC broth for the detection of total and thermotolerant coliforms, respectively. Additionally, the beta-glucuronidase enzyme test (Colilert®) was used for *Escherichia coli* detection. At Enseada do Bom Jesus, 40% of the collected samples met the bathing standards. However, in the samples that did not meet the standards, values up to 1000 times higher than the legal limits were observed, with contamination being greater during low tide and outside the containment barrier. At Prainha, 18% of the samples were considered suitable for bathing, with no significant differences between areas inside and outside the ecological barrier installed during the study. At Catalão Beach, all samples collected outside the barrier were contaminated, while 30% of those collected inside the barrier were considered suitable for bathing. At Ponta de Areia Beach, 20% of the samples were deemed suitable, although close to the established limits; in some cases, the water was classified as excellent or satisfactory for bathing. The data highlight the need for corrective measures to address microbiological contamination and actions to reduce the input of solid waste, which still compromises the bathing conditions of these beaches.

Keywords: Guanabara bay, water quality, beach.

RESUMO PARA PESSOAS LEIGAS

LAURA MAIA DE OLIVEIRA

ANÁLISE DE INDICADORES MICROBIOLÓGICOS DE CONTAMINAÇÃO FECAL
NAS PRAIAS DA ILHA DO FUNDÃO, RIO DE JANEIRO- RJ.

Orientador: Prof.º Dr.º Marco Antônio Lemos Miguel
Coorientadora: Agnes Maria Cupertino Fernandes Araujo

Resumo para leigos da Monografia apresentada no Instituto de Microbiologia Paulo de Góes da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas: Microbiologia e Imunologia e aprovação no RCS Trabalho de Conclusão de Curso.

A Baía de Guanabara, no Rio de Janeiro, recebe água de 35 rios, mas a maioria está muito poluída. Mesmo assim, suas águas ainda são usadas para pesca, banho e esportes. Na Ilha do Fundão, onde fica a UFRJ, há praias e manguezais que a população utiliza para lazer e pesca. Porém, essas áreas são impactadas diariamente por cerca de 4,5 milhões de litros de esgoto sem tratamento, vindos principalmente do Canal do Cunha e de rios poluídos da Zona Norte e Baixada Fluminense, o que traz riscos para a saúde das pessoas e para o meio ambiente.

Este estudo analisou a qualidade da água de quatro praias da ilha: Enseada do Bom Jesus, Prainha, Catalão e Ponta de Areia, comparando os resultados com os padrões exigidos por lei. Foram coletadas 58 amostras entre 2021 e 2024. Na Enseada do Bom Jesus, 40% das amostras estavam próprias para banho, mas as impróprias chegaram a apresentar contaminação até 1000 vezes acima do limite permitido, com piora na maré baixa e fora da barreira de contenção. Na Prainha, apenas 18% das amostras eram adequadas para banho, sem grande diferença entre as áreas protegidas ou não por barreira ecológica. No Catalão, todas as amostras estavam contaminadas fora da barreira, enquanto 30% foram consideradas próprias dentro da barreira. Já na Ponta de Areia, 20% das amostras estavam dentro dos padrões, com alguns trechos classificados como satisfatórios ou excelentes para banho.

Os resultados mostram que a poluição ainda compromete a qualidade da água nessas praias e indicam a necessidade urgente de reduzir a contaminação e melhorar as condições ambientais para garantir a segurança da população e proteger o ecossistema local.

ÍNDICE

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
RESUMO PARA LEIGOS.....	ix
INTRODUÇÃO	1
1.1 Importância dos recursos hídricos	1
1.2 Poluição dos oceanos	1
1.3 Poluição da Baía de Guanabara	2
1.4 Águas da Ilha do Fundão	5
1.5 Conceito e determinação da balneabilidade	6
1.6 Doenças de veiculação hídrica	7
1.7 Métodos para determinação da balneabilidade.....	12
1.7.1 Microrganismos indicadores	12
1.7.2 Coliformes Totais	12
1.7.3 Coliformes Termotolerantes	12
1.7.4 <i>Escherichia coli</i>	13
1.7.5 Enterococos	13
1.7.6 Contagem de Bactérias Heterotróficas	13
1.7.7 <i>Clostridium perfringes</i> e seus esporos	13
1.7.8 <i>Listeria monocytogenes</i>	14
1.7.9 <i>Salmonella spp.</i>	14
1.7.10 <i>Vibrio spp.</i>	14
1.8 Métodos analíticos de balneabilidade	14
2 JUSTIFICATIVA	17
3 OBJETIVOS	19
3.1 Objetivo geral	19
3.2 Objetivos específicos	19
4 MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1 Origem das amostras	20
4.2 Registro da presença de resíduos sólidos na água e areias da região.....	24
4.3 Determinação do Número Mais Provável (NMP) de coliformes e <i>E. coli</i>	24
4.4 Determinação do NMP de Coliformes Totais- Teste Presuntivo	25
4.5 Determinação do NMP de Coliformes Totais- Teste Confirmatório	25
4.6 Determinação do NMP de Coliformes Termotolerantes	25

4.7 Determinação do NMP de <i>E. coli</i>	25
4.8 Contagem de Enterococos	25
4.9 Contagem de Bactérias Heterotróficas Mesófilas	26
4.10 Interpretação dos resultados	26
4.11 Análises estatísticas	26
5. RESULTADOS.....	27
6. DISCUSSÃO.....	45
7. CONCLUSÃO	50
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51

1. INTRODUÇÃO

1.1 Importância dos recursos hídricos

A água é de fundamental importância para a vida no nosso planeta. Estima-se que a sua utilização pelo homem seja distribuída da seguinte forma: 70% para irrigação e outros fins no setor da agricultura, 22% nas indústrias e 8% para uso doméstico. Já em países industrializados, como o Brasil, o seu uso muda para 49,8% para irrigação, 24,3% para fins urbanos, 9,7% para uso industrial, 8,4% para uso animal, entre outros, conforme demonstrado na figura 1 (Brasil, 2019). Todo este uso da água, juntamente com a sua crescente demanda e descarte inadequado de resíduos, tem resultado em uma progressiva e acelerada degradação dos recursos hídricos do planeta, aumento de doenças de veiculação hídrica e necessidade de aumento dos gastos com processos de purificação para seu reaproveitamento.

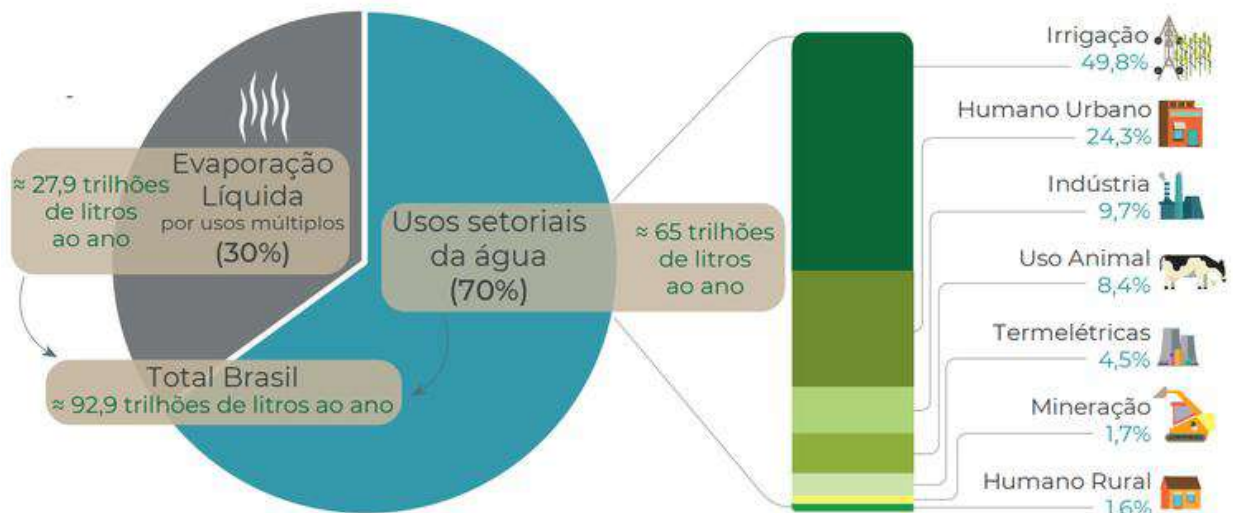


Figura 1. Usos da água no Brasil. Fonte: Brasil, 2019.

1.2 Poluição dos oceanos

Como a maior reserva de água disponível, os oceanos possuem enorme importância para o equilíbrio do planeta, tais como: a manutenção da biodiversidade, fonte de recursos minerais, fonte de energia, turismo, extração do petróleo e gás natural, regulação do clima global e produção de alimentos (Beirão *et al.*, 2020). Entretanto, a grande quantidade de poluentes na água faz com que o oceano não consiga depurar os poluentes, afetando todas estas possibilidades de contribuição. Segundo dados do Fundo Mundial para a Natureza (World Wildlife Fund - WWF), o Brasil em 2019 ocupou o 4º lugar como maior produtor de

plástico (Quadro 1), reciclando apenas 1,2% do plástico produzido e ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia (WWF, 2019). Atualmente, o país ocupa a 8ª posição como poluidor mundial de plástico (Folha de São Paulo, 2024).

Quadro 1. Toneladas de produção e reciclagem de plástico no mundo

País	Total de lixo plástico gerado*	Total incinerado	Total reciclado	Relação produção e reciclagem
Estados Unidos	70.782.577	9.060.170	24.490.772	34,60%
China	54.740.659	11.988.226	12.000.331	21,92%
Índia	19.311.663	14.544	1.105.677	5,73%
Brasil	11.355.220	0	145.043	1,28%
Indonésia	9.885.081	0	362.070	3,66%
Rússia	8.948.132	0	320.088	3,58%
Alemanha	8.286.827	4.876.027	3.143.700	37,94%
Reino Unido	7.994.284	2.620.394	2.513.856	31,45%
Japão	7.146.514	6.642.428	405.834	5,68%
Canadá	6.696.763	207.354	1.423.139	21,25%

Fonte: WWF (What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050). *Valor total de lixo plástico descartado em resíduos sólidos urbanos, industriais, de construção, lixo eletrônico e resíduos agrícolas, na fabricação de produtos durante um ano

Além disso, as principais fontes de contaminação dos oceanos são escoamentos de terra, emissões atmosféricas, vazamentos de navios, despejo no oceano e exploração de petróleo e gás *offshore*. Os plásticos, principalmente na forma de microplásticos, também são uma das principais fontes de poluição marinha (Antoine, 2016).

1.3 Poluição da Baía de Guanabara

A Baía de Guanabara (BG) é uma baía costeira de 384 km² localizada no Brasil, no estado do Rio de Janeiro. É a segunda maior baía do Brasil, ficando atrás apenas da Baía de Todos os Santos, localizada no estado da Bahia. A BG recebe as águas de 35 rios, que compõem sua bacia hidrográfica, e possui 53 praias (CEDAE, 2024).

Por suas dimensões e localização, a BG é utilizada para o transporte, recreação e obtenção de alimentos, como atividades de pesca e aquicultura (figura 2). No último levantamento realizado, foram contabilizados entre 5.000 e 18.000 pescadores que atuam na BG, registrados ou não (Instituto Baía da Guanabara, 2014).

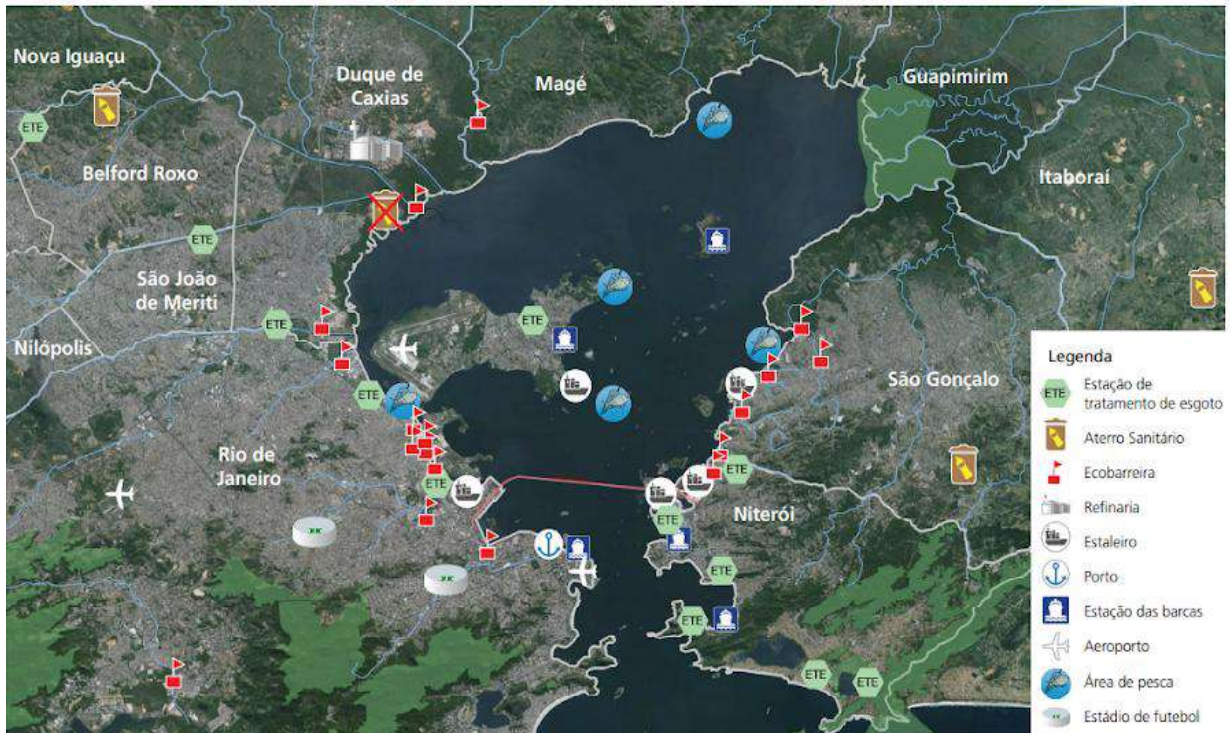


Figura 2. Tipos de usos da Baía de Guanabara. Fonte: Boletim de Saúde Ambiental da Baía de Guanabara, 2014.

A BG possui um canal central de 30 metros de profundidade e um fundo arenoso próximo à entrada, refletindo as forças das ondas e marés. Ela banha os municípios de Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Tanguá, Guapimirim, Magé, Duque de Caxias, Belford Roxo, Mesquita, São João de Meriti e Nilópolis e parcialmente os municípios de Maricá, Rio Bonito, Petrópolis, Cachoeiras de Macacu, Nova Iguaçu e Rio de Janeiro (IBGE, 2022) (figura 3).

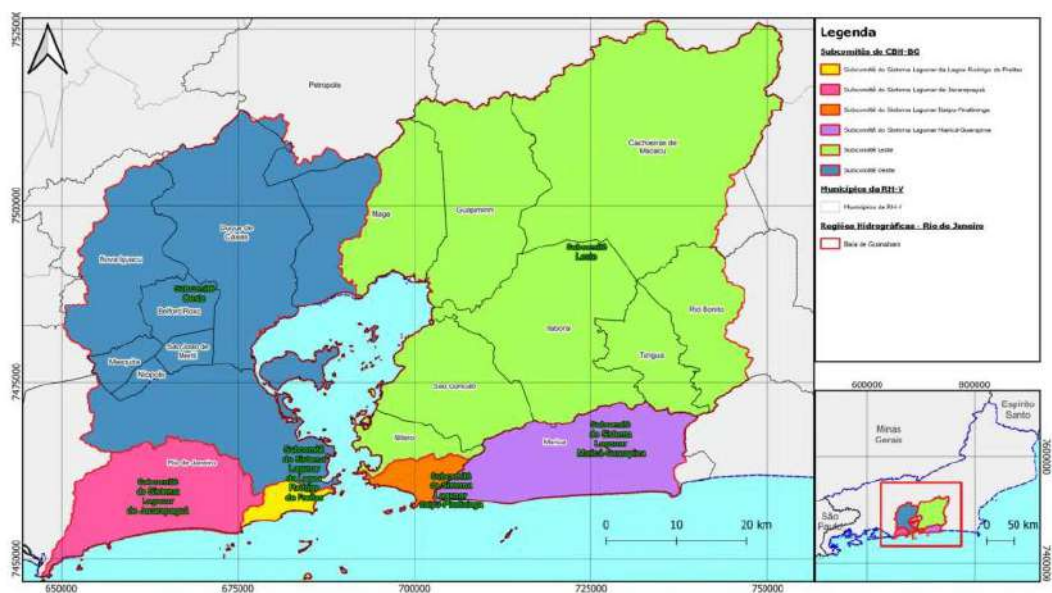


Figura 3. Localização dos municípios que compõem a Região Hidrográfica da Baía de Guanabara. Fonte: Comitê Baía de Guanabara.

As bacias hidrográficas que se conectam com a BG são: Bacias contribuintes às Lagunas de Itaipu e Piratininga, Bacia do Guaxindiba-Alcântara, Bacia do Caceribu, Bacia do Guapimirim-Macacu, Bacia do Roncador ou Santo Aleixo, Bacia do Iriri, Bacia do Suruí, Bacia do Estrela, Inhomirim, Saracuruna, Bacias Contribuintes à Praia de Mauá, Bacia do Iguaçu, Bacia do Pavuna-Meriti, Bacias da Ilha do Governador, Bacia do Irajá, Bacia do Faria-Timbó, Bacias Drenantes da Vertente Norte da Serra da Carioca, Bacias Drenantes da Vertente Sul da Serra da Carioca, Bacias Contribuintes à Praia de São Conrado e Bacias Contribuintes ao Complexo Lagunar de Jacarepaguá (Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2013).

Além disso, na maioria dos municípios associados à BG, observa-se uma frequente falta de saneamento básico, responsabilidade esta dos órgãos administrativos, além da falta de consciência ambiental de uma parcela da população. Como consequência, estudos de Marques, Roberto e Silva (2020) demonstraram cerca de 3.150 Kg de lixo flutuante retirados diariamente da Baía de Guanabara. Entre os seus diversos rios, os principais contribuidores para a sua poluição são o Sarapuí e o Iguaçu. Outros que possuem relevância são o Caceribu, Macacu, Guapimirim, Estrela, e São João de Meriti, pois são os que mais contribuem para o escoamento de águas na baía (Sampaio, 2003; Coelho, 2007).

Todas estas fontes de poluição corroboram os resultados encontrados por Junior (2018) que demonstraram que as praias do Catimbau, José Bonifácio, Tamoios e Vermelha estavam classificadas como impróprias para banho de acordo com classificação do Instituto Estadual do Ambiente (INEA). O autor também observou uma relação significativa entre a poluição fecal e a temperatura da água, na qual a densidade de bactérias decaíram a partir de maiores temperaturas. Gonçalves *et al.* (2019) mostraram a contaminação das águas da BG por bactérias multirresistentes, assim como Canellas *et al.* (2021). Apesar de todas estas evidências de contaminação, a Praia de Botafogo teve redução de 90% dos níveis de coliformes termotolerantes entre 2015 e 2022, mas seguia ainda imprópria para recreação por elevados níveis na contagem bacteriológica (Bielschowsky *et al.*, 2022). Considerando dados recentes, fica evidente que todos os rios que deságuam na BG estejam altamente contaminados. Estudos de Vianna *et al.* (2013) demonstraram que os rios Macacu, Caceribu, Guapi-Açu e Guapi-Macacu também possuíam níveis de coliformes termotolerantes acima dos previstos pelas normas de balneabilidade, com contagem de Número Mais Provável (NMP) de 1600 bactérias por 100 mL, enquanto a legislação prevê a contagem como excelente em até 200 *Escherichia coli* por 100 mL. Em outro estudo, Moisan *et al.* (2021)

demonstraram contaminação química em ostras e mexilhões comercializados nos supermercados do município do Rio de Janeiro, os quais obtiveram valores superiores de zinco (Zn) e similares de chumbo (Pb) aos valores de referência da legislação, além da contaminação de coliformes totais com níveis superiores (67%) nos períodos de chuva, demonstrando a influência do clima na contagem bacteriológica.

1.4 Águas da Ilha do Fundão

A Ilha do Fundão está localizada na cidade do Rio de Janeiro e teve como principal objetivo de construção o acolhimento da Cidade Universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Ela foi criada artificialmente entre 1949 e 1952 com o aterramento e interligamento de oito ilhas, sendo elas: Baiacu, Cabras, Pindaí do Ferreira, Pindaí do França, Catalão, Bom Jesus e Sapucaia, totalizando uma superfície de 5,9 milhões de metros quadrados. O presidente Juscelino Kubitschek, em 1959, denominou, através do Decreto 47.535, a ilha resultante como Ilha da Cidade Universitária da Universidade do Brasil, que é um polo tecnológico com diversas instituições de ensino, pesquisa e tecnologia (De Menezes *et al.*, 2004).



Figura 4: Praias da Ilha do Fundão, RJ. Adaptado de: Google Maps®.

A ilha é frequentada diariamente por cerca de 90 mil pessoas e possui praias, como a praia do Catalão, Prainha, Ponta de Areia e Enseada do Bom Jesus (figura 4), todas consideradas impróprias para banho, como consequência de sua localização na Baía de Guanabara, conforme evidenciadas nos estudos de Hagler e Mendonça-Hagler (1981).

Apesar dos desafios ambientais, a Ilha do Fundão abriga atividades dependentes de suas águas, como colônias de pescadores e marinas, além de possuir residências e instituições de ensino, que desenvolvem atividades recreativas, culturais e de pesquisa.

1.5 Conceito e determinação da balneabilidade

Balneabilidade define a qualidade das águas destinadas à recreação de contato primário, que ocorre pelo contato direto e prolongado com a água (CETESB, 2024). Nestas situações existe a possibilidade da ingestão de quantidades significativas de água, que estando contaminadas, podem causar danos à saúde. Seus parâmetros são utilizados para avaliar a qualidade da água de contato primário como praias, rios, lagos e outras áreas de recreação aquática, indicando se a água é segura para atividades como natação, banho, prática de esportes aquáticos e lazer. Um corpo d'água é considerado balneável quando atende aos critérios estabelecidos pelas autoridades sanitárias e ambientais quanto à concentração de contaminantes microbiológicos, químicos e físicos.

O estudo da balneabilidade é feito através do monitoramento de riscos físicos (resíduos sólidos, lixo), químicos (resíduos industriais, contaminantes, petróleo) e biológicos (indicadores de contaminação fecal) que podem causar riscos aos banhistas.

A fisiografia específica de cada praia também desempenha um papel importante na balneabilidade, pois determina a capacidade de diluição e dispersão dos contaminantes, bem como a exposição da água a fontes de poluição. As chuvas podem contribuir para o transporte de poluentes das áreas urbanas e rurais para o mar, aumentando temporariamente a carga de contaminantes na água. Além disso, as condições de maré podem afetar o movimento e a dispersão dos contaminantes ao longo da costa, influenciando a qualidade da água em determinadas áreas. Portanto, todos esses elementos têm um impacto significativo na determinação da qualidade da água e na balneabilidade das praias. (CETESB, 2024).

No Brasil, a Resolução CONAMA nº 274/2000, Art. 2º determina a forma de avaliação do índice de balneabilidade das águas doces, salobras ou salinas. Ela classifica a água em quatro categorias: excelente, muito boa, satisfatória e imprópria de acordo com o seu nível de contaminação (Quadro 2). As águas são consideradas impróprias quando possuem

um número superior a 2500 coliformes totais ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros.

Quadro 2. Subcategorias da qualidade microbiológica de águas para recreação de contato primário

EXCELENTE	80% ou mais de um conjunto de amostras haver, no máximo, 250 coliformes termotolerantes ou 200 <i>Escherichia coli</i> ou 25 enterococos por 100 mililitros	SATISFATÓRIA	80% ou mais das amostras, haver, no máximo, 1000 coliformes termotolerantes ou 800 <i>Escherichia coli</i> ou 100 enterococos por 100 mililitros
MUITO BOA	80% ou mais das amostras, haver, no máximo, 500 coliformes termotolerantes ou 400 <i>Escherichia coli</i> ou 50 enterococos por 100 mililitros	INSATISFATÓRIA	Em caso de uma amostra, haver mais que 2500 coliformes termotolerantes ou 2000 <i>Escherichia coli</i> ou 400 enterococos por 100 mililitros.

Fonte: Adaptado de: Brasil, 2000.

Entretanto, além dos parâmetros microbiológicos, características como: presença de materiais flutuantes, óleos e graxos, substâncias que produzem odor ou turbidez, corantes artificiais, substâncias que formem depósitos objetáveis, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, potencial de hidrogênio e substâncias potencialmente prejudiciais também são considerados pela legislação brasileira.

1.6 Doenças de veiculação hídrica

Como resultado à exposição aos mais variados poluentes, assim como fatores naturais, a água é um dos principais agentes transmissores de doenças. Estas podem ser causadas tanto pela ingestão ou contato da água contaminada, por insetos ou vetores que se desenvolvem nas águas, ou até mesmo por sua falta, fato que impede uma higienização correta dos alimentos e de humanos (SES/SP, 2009). Dentre as doenças que podem ser causadas pela água contaminada, estão hepatite A, giardíase, amebíase, ascaridíase, leptospirose e enterites, entre várias outras (Hinrichsen, 2022). No quadro 3 é possível observar as principais doenças transmitidas pela água de contato primário.

As doenças de veiculação hídrica afetam principalmente os países em desenvolvimento, como o Brasil, onde acontecem anualmente cerca de 15 mil mortes ligadas à falta de saneamento básico (Jornal da USP, 2020). No Estado do Rio de Janeiro, houve 5.964 internações totais por doenças de veiculação hídrica e 74 óbitos causados por essas

doenças em 2022. Isso se dá, principalmente, por uma questão de falta de saneamento básico, já que o índice de esgoto tratado no estado é de apenas 47,2% (Brasil, 2022a).

Quadro 3. Principais patógenos causadores de doenças veiculadas por água contaminada

Microrganismo	Habitat	Dose infectiva/período de incubação	Sintomas
<i>Salmonella</i> spp.	Trato intestinal de mamíferos, pássaros, anfíbios e répteis, homens e insetos	Baixa ou alta concentração, dependendo do sorotipo. Horas a 3 dias	Náuseas, vômitos, dores abdominais e de cabeça, calafrios, diarreia, febre. Duração de 2-3 dias (ou mais)
<i>Shigella</i> spp.	Trato intestinal de humanos	10 ¹ a 10 ² células- 4 a 7 dias	Tenesmo, febre, fezes
<i>Vibrio cholerae</i>	Estuários, baías e água salgada	>10 ⁵ células - 6h a 5 dias	Diarreia aquosa, desidratação, hipertensão e desequilíbrio salino
<i>Escherichia coli</i> 0157: H7	Trato intestinal de animais de sangue quente	Desconhecida. 3 a 9 dias	Diarreia sanguinolenta
<i>Listeria monocytogenes</i>	Solo, vegetação, água, sedimentos marinhos	Desconhecida. 8 dias- 3 meses	Desde enfermidade similar à gripe até meningite. Pode provocar aborto
<i>Escherichia coli</i> Patogênica	Trato intestinal de homens e animais	Alta (>10 ⁵ -10 ⁸) para algumas cepas. Baixa para as cepas enterohemorrágicas. 8h-24h e 3 a 9 dias para as cepas enterohemorrágicas	Diarreia abundante (às vezes sanguinolenta, câibras abdominais, náuseas). Para as cepas enterohemorrágicas, síndrome urêmica hemolítica e trombocitopenia grave.
Enterovírus	Intestino do homem, água, moluscos, verduras	Baixa (possivelmente 100 partículas)	Gastroenterite, febre, diarreia, vômitos (Norwalk, Rotavírus)
Vírus da hepatite	Intestino do homem, água, moluscos, verduras, alimentos contaminados	Variável (possivelmente, 100 partículas)	Icterícia, febre, vômitos
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Águas, águas residuais	Baixa, < 10 cistos. 2h-14 dias	Diarreia, dor abdominal, vômitos, pode provocar sintomas similares ao da gripe

<i>Giardia intestinalis</i> (lamblia)	Água, águas residuais, intestino delgado do homem, porco	Baixa, < 10 cistos. 1-3 semanas	Diarreia crônica
<i>Entamoeba histolytica</i>	Água, intestino do homem e animais	Desconhecida	Disenteria amebiana, amebíase (fezes mucóides e sanguinolentas inicialmente e após algumas semanas diarreia intensa, dores abdominais, febre e vômito).
<i>Taenia solium</i>	Água, trato intestinal de homem e porco	Desconhecida	Perda de peso, animais, náuseas, dores abdominais. Caso as larvas se desenvolvam no coração ou sistema nervoso central, a infestação pode ser fatal.

Adaptado de: SENAI/DN, 2000.

No Brasil, embora as doenças transmitidas pela água de contato primário, como as de balneários, não sejam de notificação pública rotineira (ocorrem apenas em casos de surtos), é crucial considerar a balneabilidade da água para garantir a segurança dos banhistas e prevenir possíveis surtos de doenças. *E. coli* é identificada como o principal patógeno nessas situações. Segundo o Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), a incidência de doenças de veiculação hídrica e alimentar no Brasil foi de 1162 surtos em 2023, com 31 óbitos e 1443 pessoas hospitalizadas (Brasil, 2024). A região sudeste, possui o maior número de surtos em 2023, e a região nordeste ficou em seguida (tabela 1).

Como exemplos, Rodrigues *et al.* (2016) avaliaram a presença de *E. coli* diarreio gênica em praias e na população do litoral do estado de São Paulo - Brasil e os resultados indicaram a presença de estirpes com estas características. Esse estudo foi inspirado na legislação americana, onde o limite máximo permitido de indicadores de contaminação fecal é dado por estudos epidemiológicos de *E. coli* diarreio gênica na população local. Fizeram a avaliação quantitativa de risco microbiano (QMRA) da exposição humana à *E. coli* diarreio gênica durante a recreação marinha e PCR multiplex e de etapa única foram usados para rastrear 99 isolados de *E. coli* para dez genes de toxinas alvo. Seis genes de toxinas, *stx 1*, *eae*, *estp*, *esth*, *ast A* e *bfp A*, foram identificados em 1% a 35% dos isolados. Nesse caso, o nível de indicadores na água, ainda que abaixo do valor de referência de risco recreativo diário recomendado pela legislação brasileira, quando comparado ao limite da legislação americana, representavam um risco geral para a saúde recreativa devido a todos os agentes patogênicos que poderiam estar na água.

As viroses transmitidas pela água também têm aparecido como umas das mais frequentes doenças transmitidas pela água. Entre elas destacam-se Norovírus, Rotavírus e o Vírus da Hepatite A (Brasil,2024). *E coli* destaca-se como principal causadora identificada em surtos de doenças transmitidas pela água no Brasil (34,8%). Entretanto, Norovírus foi responsável por cerca de 6,9% dos surtos identificados no Brasil entre 2014 e 2023 (Brasil,2024).

Tabela 1- Série histórica de surtos de doenças de transmissão hídrica e alimentar no Brasil entre 2014 a 2023.

Ano	Nº de surtos	Nº de expostos	Nº de doentes	Nº de hospitalizado	Nº de óbitos	Letalidade
2014	886	124359	15700	2524	9	0,06
2015	673	37165	10676	1453	17	0,16
2016	538	200896	9935	1406	7	0,07
2017	598	47409	9426	1439	12	0,13
2018	597	57297	8406	916	9	0,11
2019	771	17388	9586	1301	10	0,10
2020	292	10548	4600	595	6	0,13
2021	546	17076	8278	639	10	0,12
2022	811	33977	14336	630	10	0,07
2023	1162	27854	19671	1443	31	0,16
Total	6874	573969	110614	12346	121	0,11

Fonte: Brasil, 2024.

Com o objetivo de garantir a utilização segura dos balneários, os órgãos públicos fazem o monitoramento periódico e emitem laudos atestando as condições destes ambientes. No Rio de Janeiro, o Instituto Estadual do Ambiente (INEA) monitora a qualidade da água das praias e emite um relatório em sua página da internet (<https://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/balneabilidade-das-praias/>). Entretanto, as praias da Ilha do Fundão não são monitoradas, sendo as mais próximas as da Ilha do Governador, que na maioria das medições encontram-se impróprias para banho (figura 5).



PRAIAS	PONTO COLETA	LOCALIZAÇÃO (*)	CONAMA 274/2000									
			jul-24		ago-24		set-24		out-24		nov-24	
			2	17	15	29	9	26	9	22		
Galeão	GL0001	Em frente à Estrada do Galeão, ao lado direito da Ponte Velha										
São Bento	SB0000	Centro da praia										
Jardim Guanabara	JG0000	Centro da praia, próximo ao late Clube Jardim Guanabara										
Bica	BC0001	Em frente à Rua Uçá										
	BC0003	Em frente à Rua Henrique Lacombe										
Ribeira	RB0000	Em frente à Rua da Ribeira n° 67										
Engenhoca	EN0000	Em frente à Rua da Engenhoca n° 151										
Pitangueiras	PT0000	Em frente à Praia da Pitangueira n° 111										
Bandeira	BN0000	Em frente à Rua Ambaiatinga										
B. Capanema	BP0000	Em frente à Rua Sebastião Sampaio										
Guanabara	GB0001	Em frente à Praça Calcutá										
Pelônias	PL0000	Centro da praia										
Ramos	RM0000	Em frente ao C.A Sales de Oliveira, próximo à Rua Gérson Ferreira										

**Balneabilidade Imprópria
(CONAMA 274/2000)**

Praias:

Se o último valor for superior a 2500 (NMP de coliformes fecais - termotolerantes - por 100 mL) ou 2000 (NMP de Escherichia coli por 100 mL) ou 400 (NMP de enterococos por 100 mililitros; ou se nas últimas 5 campanhas, dois ou mais resultados forem superiores 1.000 (NMP de coliformes fecais (termotolerantes) por 100 mL) ou 800 (NMP de Escherichia coli por 100 mL) ou 100 (NMP de enterococos por 100 mililitros).

Observações:

* O referencial de localização leva em consideração que o observador está de frente para o mar.

Evitar o banho de mar nas primeiras horas após a ocorrência de chuvas e próximo a saída de galeria de águas pluviais ou canais de drenagem.

QUALIFICAÇÃO INEA:	
ÓTIMA	MÁXIMO DE 250 NMP/100ml COLIFORMES FECAIS E/OU 25 NMP/100 ml ENTEROCOCOS EM 80% OU MAIS DO TEMPO.
BOA	MÁXIMO DE 1.000 NMP/100ml COLIFORMES FECAIS E/OU 100 NMP/100 ml ENTEROCOCOS EM 80% OU MAIS DO TEMPO, EXCETO AS ÓTIMAS.
REGULAR	MÁXIMO DE 1.000 NMP/100ml COLIFORMES FECAIS E/OU 100 NMP/100 ml ENTEROCOCOS EM 70% OU MAIS DO TEMPO E MENOS DE 80% DO TEMPO.
MÁ	MÁXIMO DE 1.000 NMP/100ml COLIFORMES FECAIS E/OU 25 NMP/100 ml ENTEROCOCOS EM 50% OU MAIS DO TEMPO E MENOS DE 70% DO TEMPO.
PÉSSIMA	PRAIAS QUE NÃO SE ENQUADRAM NAS CATEGORIAS ANTERIORES.
	NÚMERO DE RESULTADOS INSUFICIENTE PARA A QUALIFICAÇÃO OU NÃO MONITORADA

Figura 5. Histórico dos Boletins de Balneabilidade das Praias da Ilha do Governador e de Ramos- 2024 segundo o INEA

1.7 Métodos para a determinação da balneabilidade

1.7.1 Microrganismos indicadores

O monitoramento da qualidade microbiológica da balneabilidade pode ser realizado por diferentes metodologias, mas normalmente baseiam-se não na busca de microrganismos patogênicos, mas sim daqueles que indicam sua presença. Normalmente são utilizados indicadores de contaminação fecal.

Os microrganismos indicadores de contaminação fecal são aqueles de fácil e rápida detecção na amostra, facilmente diferenciados de outros membros presentes, detectáveis na presença de patógenos e não detectado na ausência dos mesmos, com exceção de números mínimos e possuem características e taxas de crescimento equivalentes às do patógeno. (Motlagh e Yang, 2019). Eles indicam a possibilidade da presença de outros microrganismos de importância médica. Os indicadores de balneabilidade de acordo com a legislação brasileira, são coliformes termotolerantes, *E. coli*, e enterococos. Além dos microrganismos indicadores, outros também podem ser pesquisados, como vírus, fungos, protozoários e helmintos.

1.7.2 Coliformes Totais

Coliformes totais são bactérias gram-negativas fermentadoras de lactose, não formadoras de esporos e oxidase-negativas. Possuem crescimento aeróbico e anaeróbico facultativo, pertencentes à família *Enterobacteriaceae*. Estão presentes na microbiota do trato intestinal de animais sangue quente, e sua presença em água, indica a presença de possíveis patógenos (Meals, Harcum e Dressing, 2013). Não são indicadores específicos de contaminação fecal, pois sobrevivem no meio ambiente, fazendo parte da microbiota da água de ambientes temperados e tropicais (Waideman *et al.*, 2020).

1.7.3 Coliformes Termotolerantes

Diferem-se dos coliformes totais pela sua capacidade de crescer em temperaturas elevadas, e produção de gás a partir da lactose a $44,5 \pm 0,2$ °C. São representados por microrganismos que habitam o trato intestinal de animais de sangue quente, exibindo padrão de sobrevivência semelhante ao das bactérias patogênicas (Waideman *et al.*, 2020).

1.7.4 *Escherichia coli*

É o comensal com maior prevalência no trato intestinal de animais de sangue quente e, através da excreção fecal, podem atingir o meio ambiente. Devido a isto, é o principal microrganismo utilizado como indicador de contaminação fecal recente. São bactérias gram-negativas, em formato de bastonete, fermentadores de lactose pertencentes à família Enterobacteriaceae. Fazem parte do grupo dos coliformes termotolerantes e usam β -glucuronidase para metabolizar o substrato MUG e criar fluorescência (de Lima *et al.*, 2021).

1.7.5 Enterococos

São cocos Gram-positivos anaeróbios facultativos. Oxidase e catalase negativos, arrançados em cadeia. Enterococos intestinais possuem temperatura ideal de 35 °C e são comensais no trato gastrointestinal de animais de sangue quente. São indicadores de contaminação fecal, mas são mais prevalentes nas fezes de origem animal do que de origem humana. Desenvolveram resistência a diversas condições ambientais: concentrações de NaCl a 6,5%, temperaturas entre 10 a 45 °C e pH de 9,6 (Ben e Smaoui, 2019). Podem sobreviver por longos períodos de tempo no ambiente externo, além de resistirem à desidratação e à cloração. Algumas espécies como *Enterococcus faecalis* são patógenos oportunistas e podem expressar fatores de virulência e resistência a antibióticos (Freitas *et al.*, 2022).

1.7.6 Contagem de Bactérias Heterotróficas (CBH)

A contagem de bactérias heterotróficas refere-se à enumeração de microrganismos heterotróficos capazes de crescer em meios de cultura sólidos não seletivos. As comunidades de CBH englobam uma ampla gama de bactérias heterotróficas ubíquas que existem naturalmente em várias matrizes ambientais, pois utilizam nutrientes orgânicos para seu crescimento (Richiardi, 2023).

1.7.7 *Clostridium perfringens* e seus esporos

Microrganismos do gênero *Clostridium* são bactérias anaeróbias, formadoras de esporos e redutoras de sulfito. Devido à capacidade de produzir esporos, os clostrídios possuem alta estabilidade na água e alta resistência a estresses ambientais e a processos de desinfecção. *C. perfringens* é a espécie representativa desse gênero, sendo parte da microbiota intestinal de humanos e outros animais de sangue quente. A presença de esporos de *C.*

perfringens em águas de balneários pode indicar contaminação por cistos/oocistos de protozoários (Richiardi, 2023).

1.7.8 *Listeria monocytogenes*

Listeria monocytogenes é uma bactéria Gram-positiva em forma de bastonete, anaeróbia e não formadora de esporos. É um patógeno importante em humanos e animais, causando doenças como a listeriose. A presença de *L. monocytogenes* em águas de balneários pode indicar contaminação fecal recente e a presença de patógenos em potencial (Richiardi, 2023).

1.7.9 *Salmonella spp.*

Salmonella spp. são bacilos Gram-negativos, anaeróbios facultativos não formadores de esporos. São patógenos importantes em humanos e animais, causando doenças como salmonelose e febre tifoide. No ambiente marinho, a sua presença é concentrada, principalmente, em organismos bivalves (Rubini *et al.*, 2018). A presença de *Salmonella spp.* em águas de balneários pode indicar contaminação fecal recente e a presença de patógenos em potencial.

1.7.10 *Vibrio spp*

Vibrio é um gênero de bactérias Gram-negativas, anaeróbicas facultativas, não formadoras de esporos, no formato de bastonetes frequentemente curvos. Fermentam glicose sem produção de gás. São halófilos restritos, e precisam de concentração de 1 a 3% de NaCl para o seu crescimento (Canellas *et al.*, 2021) Suas espécies podem ser encontradas em organismos filtradores, como já encontrado por Pereira *et al.* (2007) em mexilhões coletados na Baía de Guanabara. A presença de *Vibrio* em águas de balneários pode indicar contaminação fecal recente e a presença de patógenos em potencial.

1.8 Métodos analíticos de balneabilidade

Os métodos analíticos de balneabilidade são baseados em técnicas dependentes ou independentes de cultivo dos microrganismos. Os métodos dependentes de cultivo incluem a contagem de bactérias heterotróficas, detecção de coliformes totais e termotolerantes, *Escherichia coli* e Enterococos, que envolvem a inoculação de amostras de água em meios de cultura e a contagem de colônias após incubação. Estas técnicas baseiam-se na capacidade de

recuperar microrganismos em estado viável. Entretanto, em algumas situações os microrganismos podem estar, em função do estresse ambiental, em um estado viável, mas não cultivável, que se caracteriza por um adormecimento fisiológico e redução do metabolismo, levando à impossibilidade de detecção por métodos dependentes de cultivo (Silva e Domingues, 2015). Para isso, são importantes os métodos independentes de cultivo. Entre eles, são utilizados a reação em cadeia da polimerase (PCR), sequenciamento de nova geração e citometria de fluxo, que permitem detectar sequências específicas de DNA de microrganismos, identificar e quantificar uma grande diversidade de microrganismos presentes na água, sem a necessidade de cultivo prévio (Bonadonna *et al.*, 2019). O quadro 4 compara os principais métodos de análise microbiológica e suas vantagens e desvantagens.

Quadro 4. Métodos de análise microbiológica

Método/ Referência bibliográfica	Vantagens	Desvantagens
Cultura microbiológica	Baixo custo. Alta sensibilidade.	Demora para obter resultados, pode ser influenciado por fatores ambientais, risco de contaminação.
Filtração por membrana (APHA, 2023)	Possibilidade de análise de um grande volume de líquido, o que aumenta o limite de detecção. Alta sensibilidade.	Possui limitações quanto a águas com alta turbidez e elevada quantidade de bactérias não coliformes. A presença de material particulado ou de muitas bactérias heterotróficas pode dificultar a filtração.
Técnica dos tubos múltiplos (APHA, 2023)	Alta sensibilidade, permite detectar e quantificar microrganismos patogênicos, baixo custo. Alta sensibilidade.	Este tipo de teste pode ter algumas interferências como a irregularidade da distribuição de bactérias na água, a presença de cloro residual ou um derivado halogenado que podem impedir o crescimento bacteriano. Leva até 96 horas para obtenção dos resultados.
Reação em Cadeia Polimerase (PCR) (Heijnen e Medema, 2006; Silva e Domingues, 2015; Nascimento, Van Der Sand e Sueli,	Pode ser realizada dependente ou não dependente de métodos de cultivo, não requer posteriores etapas confirmatórias,	Necessidade de etapa de pré-enriquecimento da amostra através do cultivo em meios de cultura seletivos, aumentando o tempo de análise em mais 24 horas

2018)	alta sensibilidade e especificidade, demanda de 3 a 24 horas para obtenção dos resultados.	
Métodos cromogênicos (Colilert®)	Método rápido de detecção, sem a necessidade de testes confirmatórios. Alta sensibilidade	Alto custo
ENUMERA® Rapid Quantitative Kit BPF - SE	Contagem de colifagos (1 PFU/100mL) presentes na água em 6,5 horas	Custo e limitação de pessoal especializado
Diamidex MICA	Rápida detecção, autônomo, com resultados relatados em UFC.	Custo e limitação de pessoal especializado, não possui contagem para <i>E. coli</i> . Limite de 1 UFC em 10mL.

PFU: Unidade Formadora de Placa

UFC: Unidade Formadora de colônia

2. JUSTIFICATIVA

As praias da Ilha do Fundão, apesar de estarem inseridas na baía de Guanabara e próximas a um dos pontos que mais recebe poluição, o Canal do Cunha, têm ao seu redor diversas comunidades que carecem de opções de recreação, sendo que a praia representa uma das mais populares e tradicionais formas de recreação da cidade do Rio de Janeiro. Além disso, parte desta população já utiliza suas águas de forma recreativa ou profissional. Ainda, excluindo o caráter de balneabilidade, as praias da Ilha do Fundão proporcionam uma bela visão do Rio e Cidades do entorno, como Niterói e Teresópolis, mas tem seu potencial de exploração limitado em função da poluição. Eventualmente, condições da água que visualmente são mais próximas aos conceitos de balneabilidade são observadas, mas não existem dados atuais que possam atestar esta afirmação.

Diversas iniciativas administrativas e de pesquisa têm buscado formas de reduzir ou reverter a poluição na BG. Entre elas, os Projetos de pesquisa e extensão, como o Valorização das faixas de areia das praias da Ilha do Fundão como áreas de lazer e pontos turísticos (IMPG).

O projeto “Valorização das faixas de areia das praias da Ilha do Fundão como áreas de lazer e pontos turísticos” é coordenado por nossa equipe e busca realizar ações de conscientização da presença do lixo na praia da Ponta da Areia, na ilha do Fundão, criando uma ação de limpeza e caracterização do lixo recolhido, plantio de árvores nativas e monitoramento microbiológico da água, de modo que pudesse contribuir para o uso das faixas de areia como local de lazer da comunidade e contemplação de pontos importantes do Rio de Janeiro. Esta iniciativa gerou parceria com um projeto mais abrangente, o projeto “Orla Sem Lixo” (<https://orlasemlixo.wordpress.com/>), uma ação envolvendo diferentes Centros da UFRJ, que busca uma solução para a interceptação, coleta, transporte e reciclagem e com a participação da comunidade local. Entre as diversas ações técnicas e sociais deste último, foram instaladas duas barreiras ecológicas na área de praia na Enseada do Fundão ou do Catalão, mas especificamente na Prainha, sendo uma na altura da Faculdade de Letras e outra nos fundos do Centro de Pesquisas da Petrobras (CENPES). Estas barreiras têm como objetivo proteger do aporte constante de lixo flutuante. O presente projeto, é mais uma iniciativa voltada à proteção destas águas, em parceria com o Orla Sem Lixo, essa com ênfase no Diagnóstico, Monitoramento e Avaliação Ambiental, que permitirá conhecer a condição atual da qualidade da água e do sedimento. Numa perspectiva mais ampla, será avaliado o impacto do lixo flutuante antes e depois da instalação das barreiras de interceptação do lixo na

qualidade ambiental das áreas de florestas de mangue e praias. O monitoramento do meio natural após a implantação da barreira permitirá acompanhar as alterações da qualidade ambiental e o processo de restauração, assim como a efetividade da intervenção. A manutenção do monitoramento permitirá acompanhar a resposta ambiental da solução proposta, tornando sua validação mais consistente, além da produção de dados em um local onde não possui monitoramento governamental. Além disso, existem poucos dados publicados quanto às características microbiológicas das praias da Ilha do Fundão.

3. OBJETIVOS

3.1- OBJETIVO GERAL

Avaliar as características de balneabilidade das praias Prainha, Catalão, Ponta de Areia e Enseada do Bom Jesus na Ilha do Fundão - Rio de Janeiro, considerando o impacto da implementação da barreira ecológica nas praias do Catalão e Enseada do Bom Jesus.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar coliformes termotolerantes e *E. coli* nas amostras de água;
- Quantificar enterococos e bactérias heterotróficas;
- Avaliar a presença de resíduos sólidos nas areias e água das praias e observar se há correlação com as análises microbiológicas realizadas;
- Correlacionar os dados obtidos com os padrões de balneabilidade de acordo com a legislação vigente.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Origem das amostras

As coletas foram realizadas no período de novembro de 2021 a dezembro de 2024. Estas foram distribuídas de modo a se conseguir amostragens durante as quatro estações do ano. As amostras foram coletadas somente quando não houve registro de chuva nas 24 horas anteriores e preferencialmente na preamar (maré alta), com base na Tábua de Maré da Ilha Fiscal (RJ), fornecida pela Marinha do Brasil (Tábua de Marés, 2024). Foram escolhidas quatro áreas como pontos de coleta, sendo estas a praia da Ponta de Areia, Prainha, Catalão e Enseada do Bom Jesus.

Neste estudo, o conceito de balneabilidade será assumido pela adequação das amostras isoladas com a legislação vigente e não pelo conjunto de 5 amostras semanais consecutivas, seguindo a resolução CONAMA. Esta medida foi tomada uma vez que não puderam ser realizadas 5 amostras semanais consecutivas em função das condições meteorológicas no período do estudo.

Ponta de Areia

Localizada no canal que separa a Ilha do Fundão da Ilha do Governador ($22^{\circ}83'63,18''S$ $43^{\circ}23'20,34''W$), esta praia, como as outras da ilha, apresenta um pequeno sistema de manguezal, serve de local de pesca e banho para pessoas da região. Dela pode se ver a Ilha do Governador e a Serra dos Órgãos (Figura 6).





Figura 6. Diferentes vistas da praia da Ponta de Areia - Ilha do Fundão – RJ

Enseada do Catalão: Praia do Catalão e Prainha

A enseada do catalão é uma área abrigada no norte da Ilha do Fundão. Nela foram utilizados dois pontos de coleta: a Prainha, uma faixa de areia situada nos fundos Faculdade de Letras, que abriga uma colônia de pescadores ($22^{\circ}85'79''39S$ $43^{\circ}22'44''65W$) e é uma área frequentemente utilizada para banho por moradores da região (Figuras 7 e 8). O outro ponto da enseada foi a Praia do Catalão, que fica mais a norte da Ilha, entre o Centro de Pesquisas da Petrobras II e o prédio da Escola de Educação Física e Desportos ($22^{\circ}84'80''24$, $43^{\circ}23'20''92$).



Figura 7. Praia do Catalão - Ponto próximo ao Centro de Pesquisas da Petrobras II - Ilha do Fundão - RJ.



Figura 8. Diferentes vistas do ponto de coleta da Prainha, próximo à colônia de pescadores - Fundos do prédio da Faculdade de Letras da UFRJ - Ilha do Fundão - RJ.

Na Prainha e Catalão, foram coletadas e comparadas amostras de água da parte interna e externa às barreiras ecológicas instaladas pelo projeto (figura 7 e 8).

Enseada de Bom Jesus

A Enseada do Bom Jesus, localizada próxima à saída do Canal do Cunha, é uma área que abriga o píer da Cidade Universitária. Este espaço não é utilizado para banho, sendo mais voltado para atividades relacionadas à navegação (figura 9).



Figura 9. Ponto de coleta da Enseada do Bom Jesus - Ilha do Fundão - RJ.

Todas as coletas foram realizadas da praia a uma batimetria média de 50 cm ou de embarcação. Estas foram realizadas com um frasco de vidro estéril autoclavado com um barbante, de modo que este estivesse estéril até o momento de ser aberto para a coleta. Imediatamente após a coleta a amostra de água era transferida para um saco de amostragem estéril, identificadas e transportadas para análise imediatamente.

Em todas as coletas houve registro fotográfico da água e das condições da área no momento da coleta. A presença de resíduos sólidos nos locais de coleta foi anotada por observação no local.

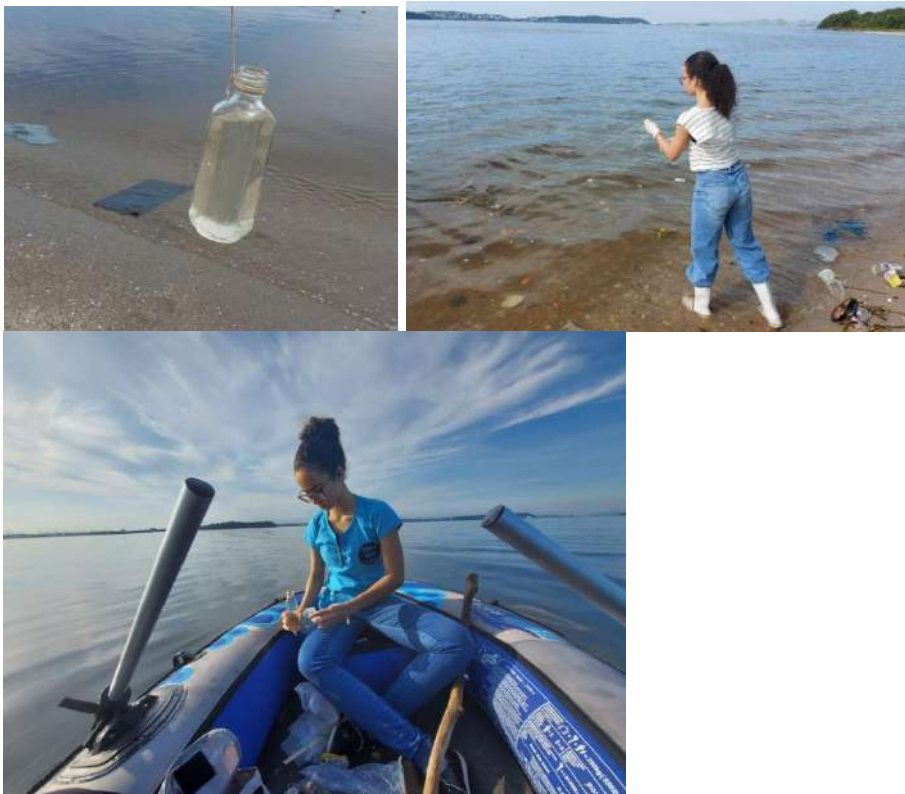


Figura 10. Estrutura para coleta das amostras de água: Garrafa, coleta da praia e coleta de bote.



Figura 11. Resumo das áreas de coleta nas enseadas do Catalão e do Bom Jesus e praia da Ponta de Areia - Ilha do Fundão RJ.

4.2 Registro da presença de resíduos sólidos na água e areias da região

A análise foi realizada por observação, registro fotográfico e graduação semiquantitativa, conforme os critérios descritos abaixo.

- + Pequena quantidade de resíduos na areia e na água
- ++ Média quantidade de resíduos na areia e na água
- +++ Grande quantidade de resíduos na areia e na água
- ++++ Quantidade muito grande de resíduos na areia e na água

4.3 Determinação do Número Mais Provável (NMP) de Coliformes e *E. coli*

As análises foram realizadas segundo a metodologia proposta pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2023). Como controle, foram utilizadas as seguintes estirpes bacterianas: *Escherichia coli* da American Type Culture Collection (ATCC) 35218 para controle positivo e *Enterococcus faecalis* ATCC 51229 como controle negativo. Um esquema representativo da metodologia está apresentado na figura 12.

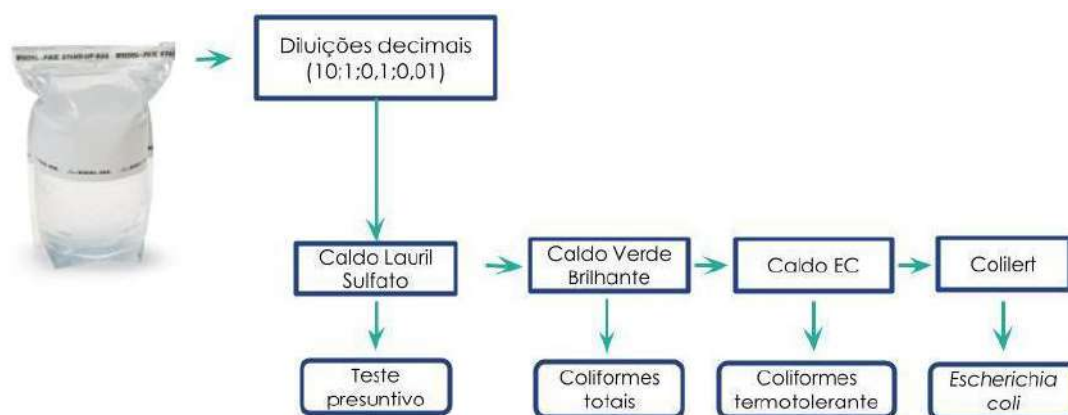


Figura 12. Determinação do NMP de coliformes totais, termotolerantes e *E. coli*.

4.4 Determinação do NMP de Coliformes totais - Teste presuntivo

As amostras foram inoculadas em quatro séries de cinco tubos contendo Caldo Lauril Triptose, contendo tubos de Durham invertidos. Os tubos foram inoculados com 10, 1, 01 e 0,01 mL das amostras de água e incubados à 37 °C por até 48 h. Foram considerados positivos os tubos que apresentaram gás e turvação.

4.5 Determinação do NMP de Coliformes totais - Teste confirmatório

Os tubos positivos foram inoculados com uma alça bacteriológica de 10 µl para tubos contendo 5 mL de caldo Lactose Bile Verde Brilhante com tubos de Durham invertidos e incubados à 37 °C por até 48 h. Foram considerados positivos os tubos que apresentaram gás e turvação.

4.6 Determinação do NMP de Coliformes termotolerantes

Os tubos positivos foram inoculados com uma alça bacteriológica de 10 µl para tubos contendo 5 mL de caldo *Escherichia coli* (EC) com tubos de Durham invertidos e incubados a 44,5 °C por 24 h em banho-maria. Foram considerados positivos os tubos que apresentaram gás e turvação.

4.7 Determinação do NMP de Coliformes *E. coli*

Para a confirmação da presença de *E. coli*, foi utilizada a técnica do Substrato Cromogênico Enzimático - Colilert, pela pesquisa da produção da enzima beta-glicuronidase. As amostras positivas do caldo EC foram transferidas com alça de 10 µl para tubos contendo 2 mL de Colilert e incubadas a 37 °C por 24 h e, após esse período, expostas à luz UV.

Tanto a contagem de coliformes quanto *E. coli* foram interpretadas de acordo com a Tabela de Hoskins (CETESB / L5.202 (janeiro/2018)).

4.8 Contagem de Enterococos

Para a contagem de Enterococos, foi utilizada a técnica de membrana filtrante, utilizando 10 mL da amostra de água através de membrana filtrante estéril com porosidade de 0,45 µm. As bactérias presentes nas amostras, por apresentarem dimensões maiores que os poros da membrana, ficam retidas em sua superfície. A membrana foi então transferida para uma placa de Petri, contendo o meio de cultura seletivo e diferencial para enterococos (Agar Base *m-Enterococcus*) e incubadas por 24 h a 37 °C. As colônias avermelhadas são indicativas da presença de colônias típicas de enterococos. Essa etapa foi feita em duplicata, sendo realizada uma média da contagem de bactérias típicas presentes nas duas placas.

4.9 Contagem de Bactérias Heterotróficas Mesófilas

A contagem de bactérias heterotróficas foi feita em duplicata através da inoculação de 0,1 mL e 1 mL no meio de cultura Ágar Padrão para Contagem, sendo a diluição de 1 mL feita através da técnica Pour Plate e 0,1 mL em Spread Plate. Um volume de 0,1 mL das amostras também foi inoculados em duplicata no Ágar Cled, pois a ausência de eletrólitos previne a formação do espalhamento (*swarming*) de *Proteus* spp.

4.10 Interpretação dos resultados

Os dados dos tubos positivos foram interpretados segundo a tabela de Hoskins (APHA, 2023) e confrontados com a resolução CONAMA (Brasil, 2000).

Os resultados de balneabilidade obtidos também foram confrontados com a presença de resíduos sólidos encontrada no momento da coleta e fatores como condições especiais na coleta.

4.11 Análises estatísticas

Os dados da análise microbiológica das águas foram submetidos à análise por One-Way ANOVA seguida de análise de múltiplas comparações pelo método de Tukey pelo programa GraphPad Prism® versão 8 para analisar a diferença na eficácia dos tratamentos. Todos os testes foram realizados com nível de significância de 0,5%.

5. RESULTADOS

Os dados obtidos somente com a análise da presença de resíduos sólidos indicam que, ainda que em algumas coletas os resultados tenham mostrado uma concentração de resíduos abaixo da média observada durante o estudo, nas 58 amostras (100%) foi detectada a presença destes resíduos (tabela 1). Na Prainha e Praia do Catalão, foi observada uma menor quantidade de resíduos sólidos na área protegida pela barreira quando comparada com a área não protegida (figura 12).

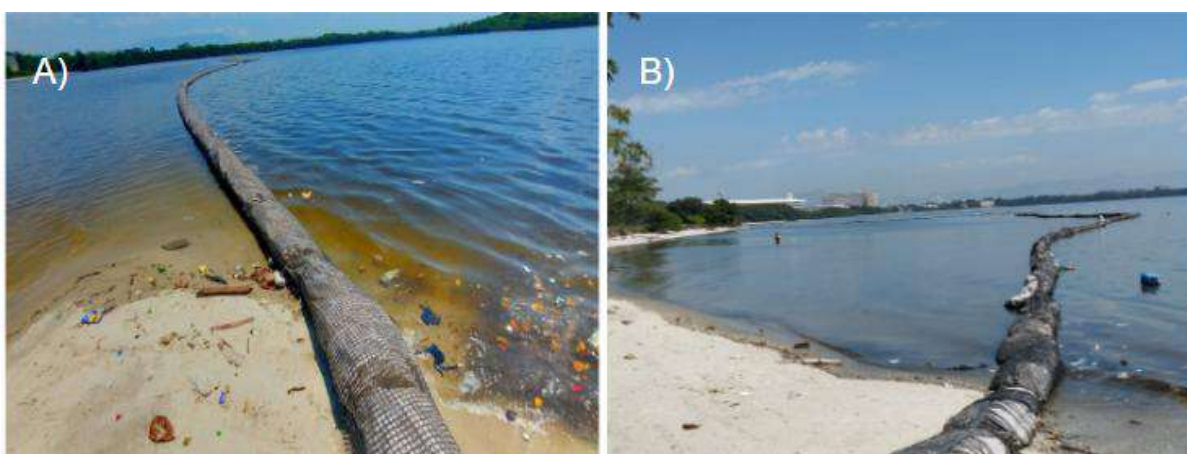


Figura 12. Diferença entre a presença de resíduos sólidos na parte protegida e não protegidas das barreiras ecológicas das praias do Catalão (a) e Prainha (b) - Ilha do Fundão - RJ.

Em relação apenas às análises microbiológicas, de um total de 58 amostras de água analisadas nos quatro pontos de coleta, 11 amostras (19%) estavam dentro dos valores legais de balneabilidade (tabela 1).

O ponto que percentualmente apresentou a maior frequência de amostras adequadas foi a Prainha, na área não protegida pela barreira ecológica, que em 33,3% das amostras suas águas foram consideradas dentro do padrão aceitável, segundo a legislação vigente. Entretanto, ao se considerar apenas os resultados obtidos após a implantação da barreira ecológica, 8 das 10 amostras analisadas foram consideradas “impróprias” (tabela 1).

Nas 21 amostras coletadas na Prainha, em apenas 3 (14,28%) todos os indicadores microbiológicos concordaram. A inadequação foi relacionada apenas à presença de enterococos em 5 (23,8%) amostras (tabela 1), enquanto a combinação entre coliformes termotolerantes e enterococos reprovou 1 (4,76%) amostras.

Na Praia do Catalão, nas análises microbiológicas realizadas na área protegida pela barreira, das 3 amostras, uma (33,3%) foi considerada como “satisfatória”. Nas amostras

coletadas fora da área protegida pela barreira ecológica, 3 (100%) foram consideradas impróprias para banho.

Em relação ao uso dos microrganismos indicadores para classificar as amostras como “impróprias”, em apenas uma (16,7%) das 6 amostras da Praia do Catalão os 3 indicadores microbiológicos concordaram. Apenas enterococos indicaram a inadequação em 2 amostras (33,33%), enquanto a combinação entre coliformes termotolerantes e enterococos indicou a inadequação em apenas uma amostra (16,7%).

A enseada do Bom Jesus foi a que apresentou os piores resultados microbiológicos. Das 11 amostras analisadas, apenas uma (9,1%) foi classificada como “própria”. Em 6 amostras (54,5%) as contagens dos microrganismos indicadores estavam entre 2 e 3 LOG/NMP acima dos limites microbiológicos (quadro 7). Em todas as amostras os indicadores microbiológicos utilizados (coliformes termotolerantes e *E. coli*) estiveram em acordo (tabela 1).

A praia da Ponta da Areia apresentou um percentual de balneabilidade de 10% das amostras analisadas. Ainda que 18 (90%) amostras estiveram fora dos padrões, 8 (44,4%) estavam próximas ao limite máximo para classificação como impróprio.

Não foi observada uma correlação entre a detecção de resíduos sólidos na areia e água e a presença dos microrganismos indicadores na água, uma vez que, em alguns casos, amostras com a maior presença de resíduos sólidos apresentaram contagens de coliformes inferiores às obtidas quando uma menor presença de resíduos foi observada.

A avaliação da concordância do uso dos microrganismos indicadores mostrou que das 58 amostras de água analisadas no estudo, quando considerado apenas o aspecto microbiológico, 47 foram classificadas como impróprias. Entretanto, os 3 indicadores utilizados concordaram em 40,42% das amostras. Os enterococos isolados ou associados aos coliformes termotolerantes foram a segunda melhor combinação de indicadores encontrada. Os coliformes termotolerantes isoladamente foram os responsáveis pela classificação das amostras como impróprias em 6 (12,8%) das 47 amostras (tabela 1).

Tabela 1. Microrganismos indicadores responsáveis pela classificação de amostras de água das praias da Ilha do Fundão como impróprias para banho.

Indicadores	Total de amostras consideradas "impróprias" (n=47)	Percentual (%)
Coliformes termotolerantes, enterococos e <i>E. coli</i>	19	40,42
Enterococos	13	27,66
Coliformes termotolerantes e enterococos	9	19,15
Coliformes termotolerantes	6	12,77

A figura 13 mostra o critério de graduação de observação da quantidade de resíduos sólidos adotado e considerado durante o estudo.

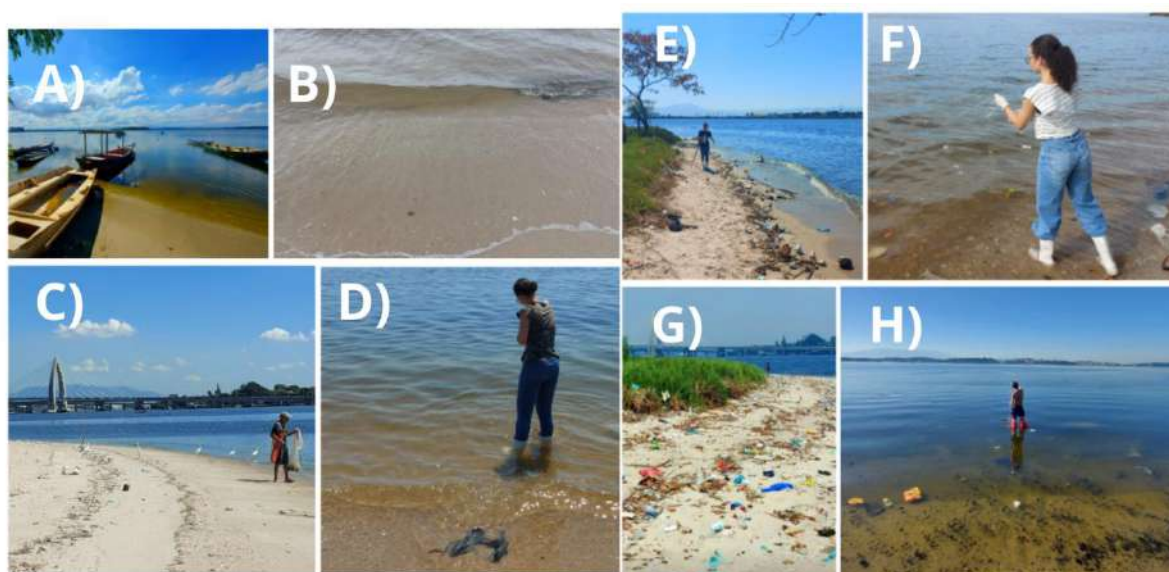


Figura 13. Diferentes padrões de presença de resíduos sólidos na areia e água encontrados durante o estudo. 13ab + ; 13cd ++, 13ef+++; 13gh+++.

Ao analisar isoladamente os dados dos locais de coleta 19% das amostras estavam dentro do limite aceitável. Entretanto, ao considerar o que diz a legislação, que diz que se o último valor for superior a 2500 (NMP de coliformes fecais- termotolerantes por 100 mL) ou 2000 (NMP de *E. coli* por 100 mL) ou 400 (NMP de enterococos por 100 mL; ou se nas últimas cinco campanhas, dois ou mais resultados forem superiores 1000, 800 ou 100

NMP/100 mL de cada um dos microrganismos indicadores, respectivamente, 100% dos locais de coleta se classificam como impróprios para contato primário (tabela 2)

Tabela 2. Análise microbiológica de balneabilidade de amostras de água do mar da Ilha do Fundão - RJ.

LOCAL	PERCENTUAL DE AMOSTRAS COM PADRÃO DE BALNEABILIDADE ACEITÁVEL BASEADO NA ANÁLISE MICROBIOLÓGICA		CLASSIFICAÇÃO DE 80% DAS AMOSTRAS
	AMOSTRAS		
Ponta de Areia	20	10	Imprópria
Enseada do Bom Jesus	11	9,1	Imprópria
Praia do Catalão			
Dentro da barreira	3	33,3	Imprópria
Fora da Barreira	3	0	Imprópria
Prainha			
Dentro da barreira	5	4,76	Imprópria
Fora da barreira	16	28,57	Imprópria
Total de amostras	58	18,97	

12/11/2024	antes da barreira	0,4 (baixa)	+	1700	1300	490	215	6100	Imprópria
	depois da barreira	0,4 (baixa)	++	2800	2200	1400	220	12100	Imprópria
27/11/2024	antes da barreira	1 (alta)	+	23	23	4,5	100	-	Satisfatória
	depois da barreira	1 (alta)	++	17	17	<1,8	150	30000	Imprópria
	meio do mar, antes da barreira	1 (alta)	+	13	4,5	<1,8	690	-	Imprópria
	meio do mar, fora da barreira	1 (alta)	++	4,5	2	<1,8	40	16000	Muito boa
13/12/2024	antes da barreira	0,4 (baixa)	+++	16000	3500	2800	1580	9350	Imprópria
	depois da barreira	0,4 (baixa)	+++	>16000	16000	5400	2165	17100	Imprópria

Legenda: -: Não realizado;

Em vermelho: Fora do padrão de balneabilidade;

Em verde: Dentro do padrão de balneabilidade.

Quadro 6. Resultados das coletas realizadas na Ponta de Areia.

Estação	PONTA DE AREIA								Balneabilidade
	Data	Altura da maré (m)	Presença de resíduos sólidos	Coliformes totais	Coliformes termotolerantes	<i>Escherichia coli</i>	Enterococos	Heterotróficas mesófilas	
Primavera	27/09/2023	-0,1 (baixa)	+++	5400	2400	790	860	5300	Imprópria
	04/10/2023	0,6 (baixa)	+	9200	5400	5400	260	1300	Imprópria
	19/10/2023	0,7 (alta)	+	5400	3500	1700	120	3000	Imprópria
	07/11/2023	1 (alta)	++	170	240	240	50	3100	Muito boa
	14/11/2023	12h, baixa	++	240	240	17	1260	30000	Imprópria
Primavera	28/11/2023	0,9 (alta)	+++	1600	540	540	270	7700	Imprópria
	08/12/2023	1 (alta)	++++	2400	2400	330	240	99000	Imprópria
	13/12/2023	1,1 (alta)	++++	2400	1600	540	60	17600	Imprópria
	18/12/2023	1 (alta)	++++	5400	2200	1100	370	464000	Imprópria
Verão	14/03/2024	0,3 (baixa)	++++	1600	920	540	-	17000	Satisfatória
	19/03/2024	0,8 (alta)	+++	2400	2400	790	770	12800	Imprópria
Outono	16/04/2024	0,7 (alta)	+++	5400	5400	490	750	4900	Imprópria
	25/04/2024	1,3 (alta)	++++	5400	3500	130	3100	17500	Imprópria
	09/05/2024	1 (alta)	++++	1100	1100	330	450	6600	Imprópria
	14/05/2024	0,8 (alta)	++++	>1600	>1600	2400	1240	50200	Imprópria

Inverno	11/08/2023	0,9 (alta)	++++	540	350	170	1000	incontáveis	Imprópria
	15/08/2023	1,1 (alta)	+++	1600	920	920	3000	10700	Imprópria
	22/08/2023	0,5 (baixa)	+++	2400	2400	490	520	incontáveis	Imprópria
	01/09/2023	0,4 (baixa)	+	4300	840	84	1200	108000	Imprópria
	12/09/2023	1,1 (alta)	++++	2400	230	230	780	6000	Imprópria

Legenda: -: Não realizado;

Em vermelho: Fora do padrão de balneabilidade;

Em verde: Dentro do padrão de balneabilidade.

Quadro 7. Resultados das coletas realizadas na Enseada do Bom Jesus.

ENSEADA DO BOM JESUS						
Pontos	Altura da maré	Presença de resíduos sólidos	Coliformes totais	Coliformes termotolerantes	<i>Escherichia coli</i>	Balneabilidade
1		Não analisado	7900	2200	2200	Imprópria
2			3300	1700	1700	Imprópria
3			4900	4900	4900	Imprópria
4			17000	11000	3300	Imprópria
1	0,1 (baixa)	Não analisado	16000	350000	350000	Imprópria
2	0,1 (baixa)		3500000	330000	330000	Imprópria
3	0,1 (baixa)		16000	490000	78000	Imprópria
4	0,1 (baixa)		9200000	9200000	1100000	Imprópria
5	1,3 (alta)		160000	160000	<180000	Imprópria
1	0,8 (baixa)	Não analisado	1400	780	780	Satisfatória
2	0,8 (baixa)		2400	2400	2100	Imprópria

Legenda: -: Não realizado;

Em vermelho: Fora do padrão de balneabilidade;

Em verde: Dentro do padrão de balneabilidade.

Quadro 8. Resultados das coletas realizadas na Praia do Catalão.

PRAIA DO CATALÃO									
Coletas	Pontos	Altura da maré (m)	Presença de resíduos sólidos	Coliformes totais	Coliformes termotolerantes	<i>Escherichia coli</i>	Enterococos	Heterotróficas mesófilas	Balneabilidade
12/11/2024	antes da barreira	0,4 (baixa)	+	9,2	9,2	6,8	530	4000	Imprópria
	depois da barreira	0,4 (baixa)	+++	9200	3500	490	2200	3800	Imprópria
27/11/2024	antes da barreira	1 (alta)	+	1700	1700	1300	3000	-	Imprópria
	depois da barreira	1 (alta)	+++	240	240	130	500	51000	Imprópria
13/12/2024	antes da barreira	0,4 (baixa)	+	170	79	27	20	2950	Excelente
	depois da barreira	0,4 (baixa)	++++	170	79	79	155	4100	Imprópria

Legenda: -: Não realizado;

Em vermelho: Fora do padrão de balneabilidade;

Em verde: Dentro do padrão de balneabilidade.

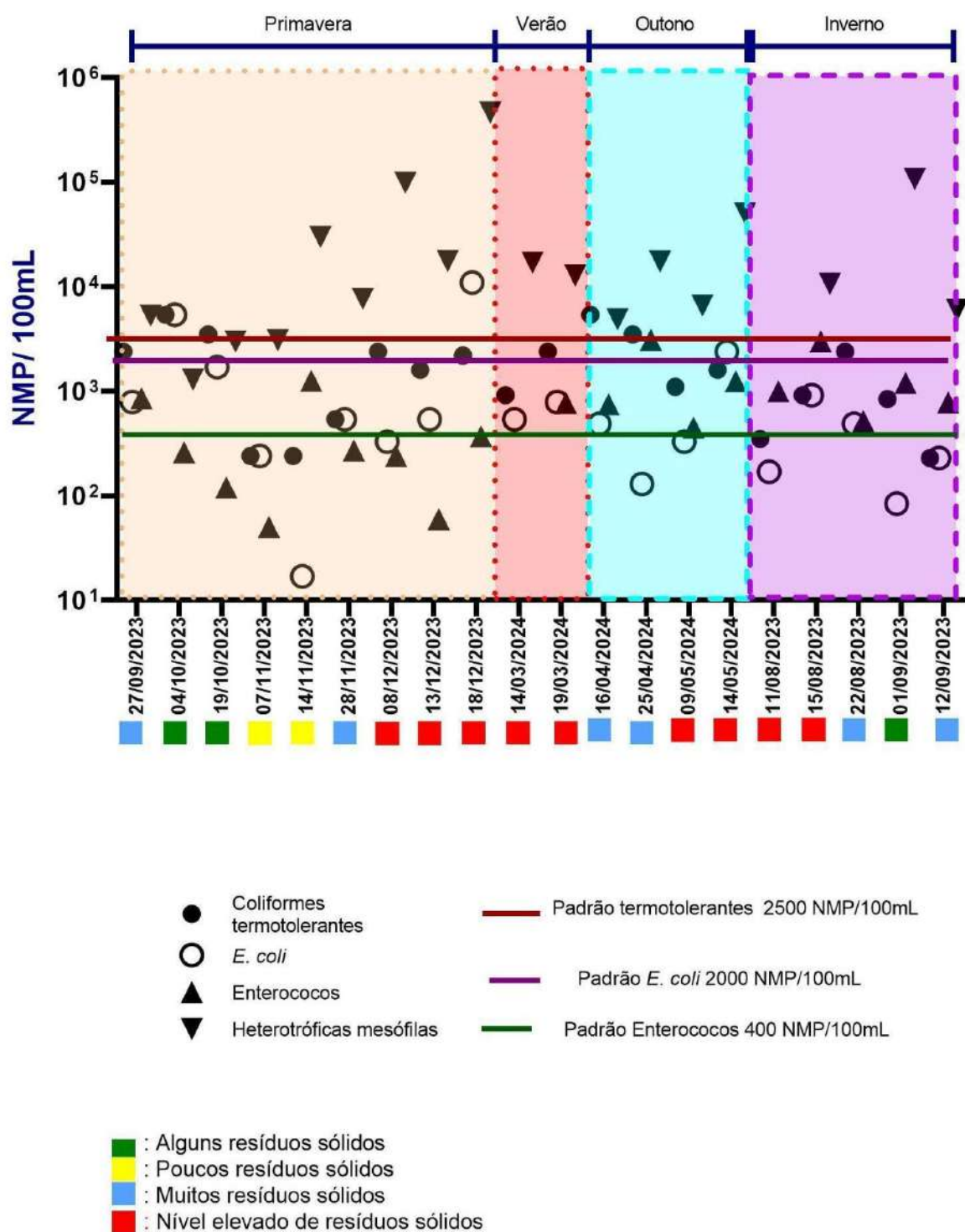


Figura 14. Qualidade microbiológica das amostras de água coletadas na Ponta de Areia, Rio de Janeiro- RJ e análise dos resíduos.

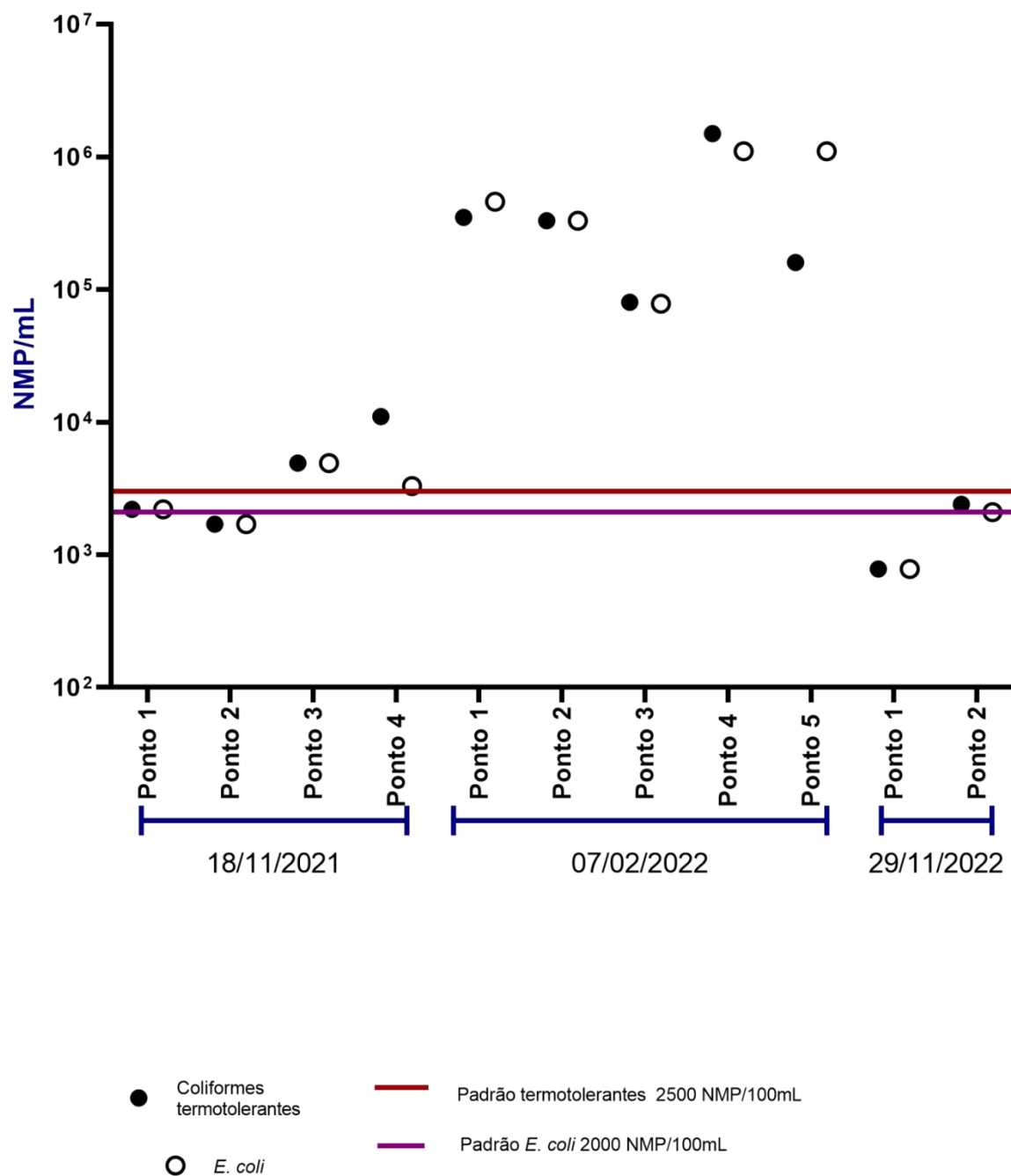


Figura 15. Qualidade microbiológica das amostras de água coletadas na Enseada do Bom Jesus, Rio de Janeiro- RJ.

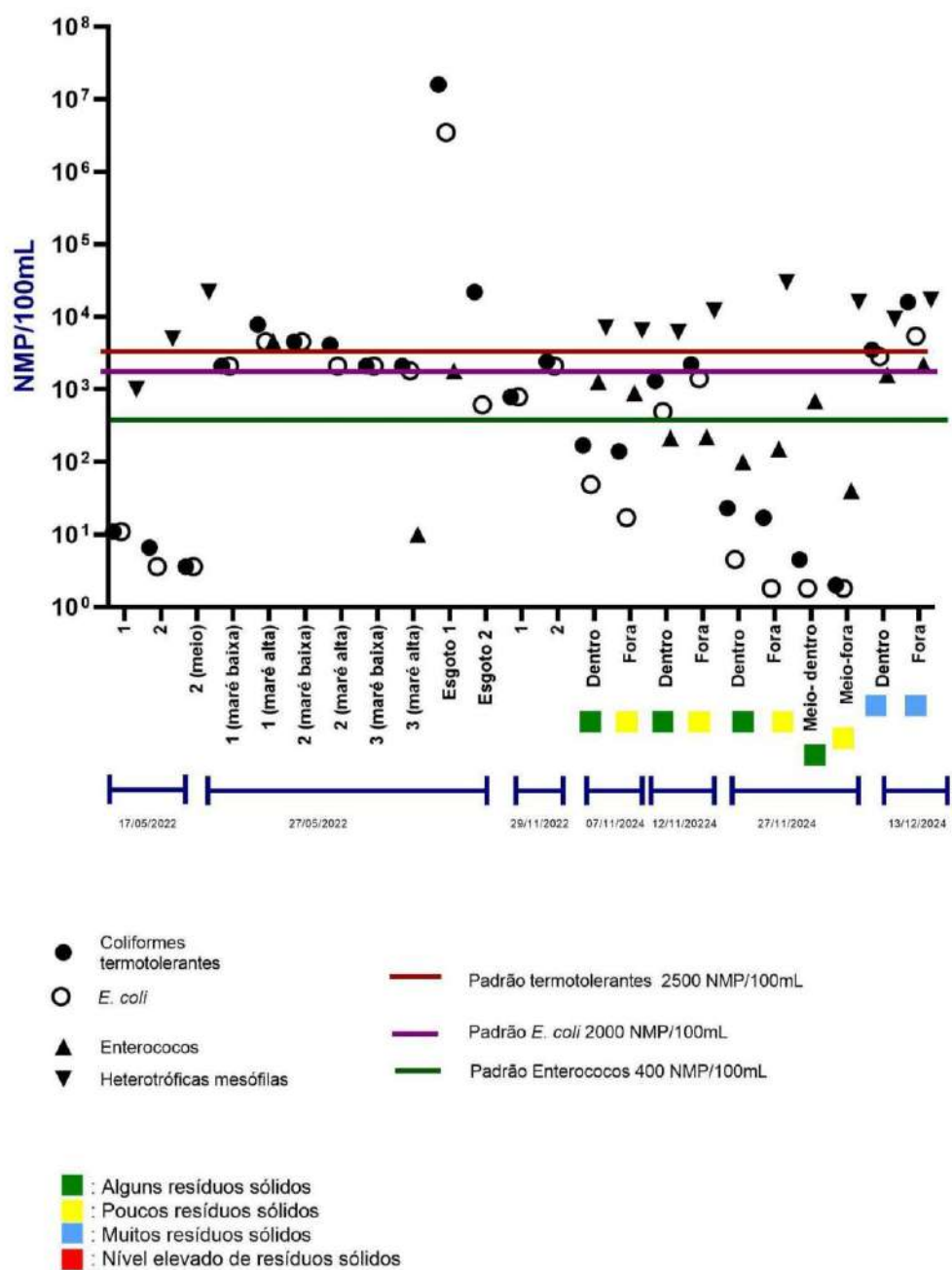


Figura 16. Qualidade microbiológica das amostras de água coletadas na Enseada do Bom Jesus, Rio de Janeiro- RJ.

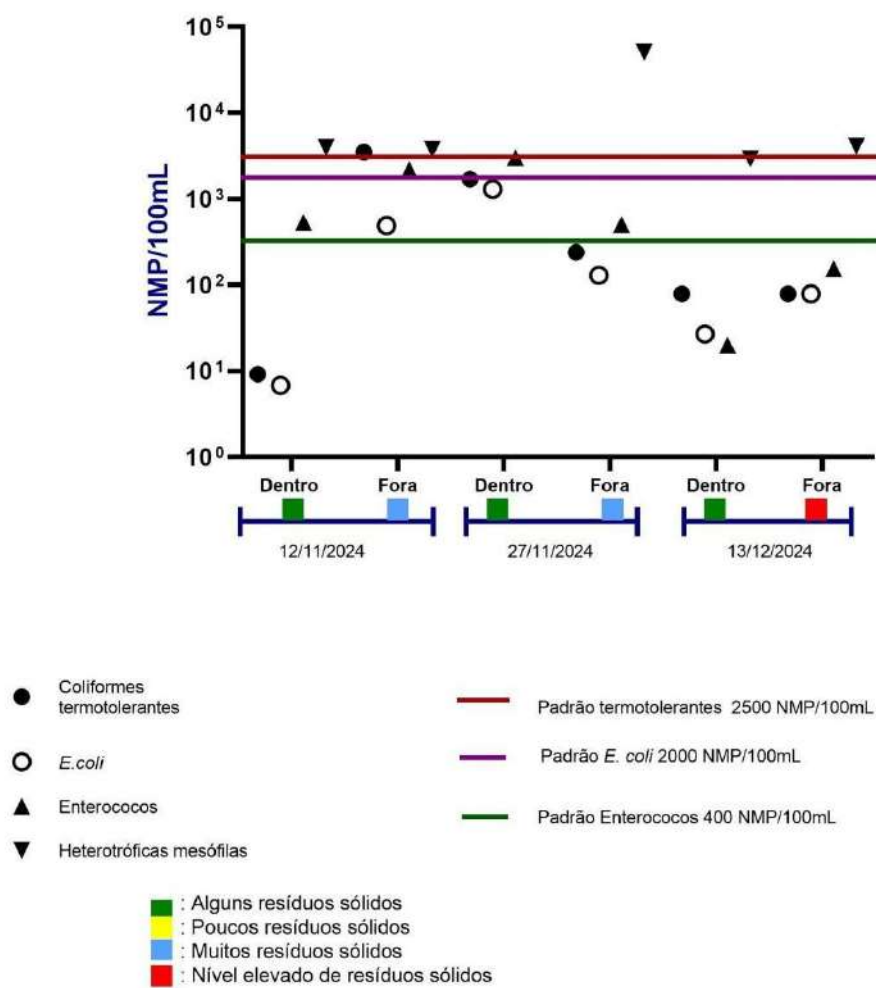


Figura 17. Qualidade microbiológica das amostras de água coletadas na Praia do Catalão, Rio de Janeiro- RJ.

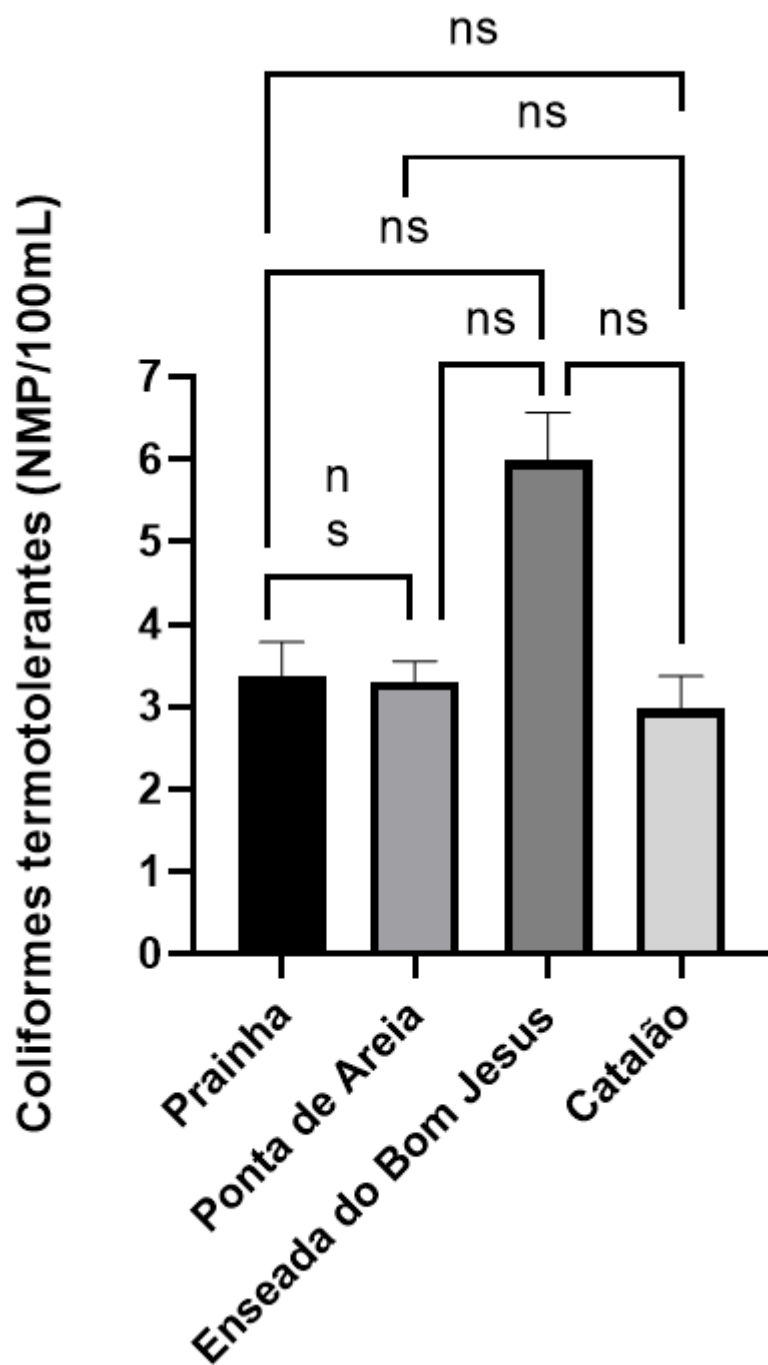


Figura 18. Análise estatística dos coliformes termotolerantes presentes nas amostras de água coletadas na Prainha, Ponta de Areia, Enseada do Bom Jesus e Catalão, Rio de Janeiro-RJ.

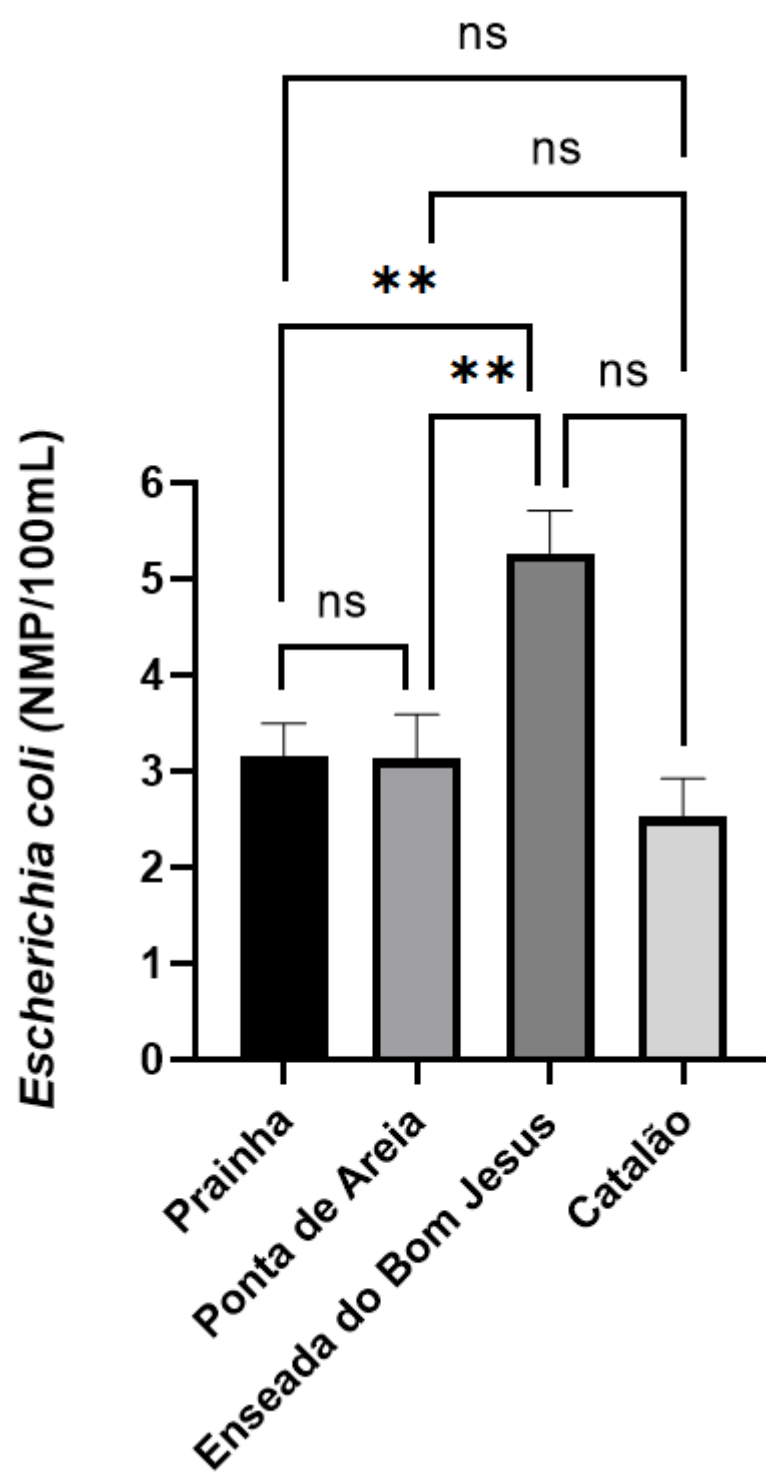


Figura 19. Análise estatística de *Escherichia coli* presentes nas amostras de água coletadas na Prainha, Ponta de Areia, Enseada do Bom Jesus e Catalão, Rio de Janeiro-RJ.

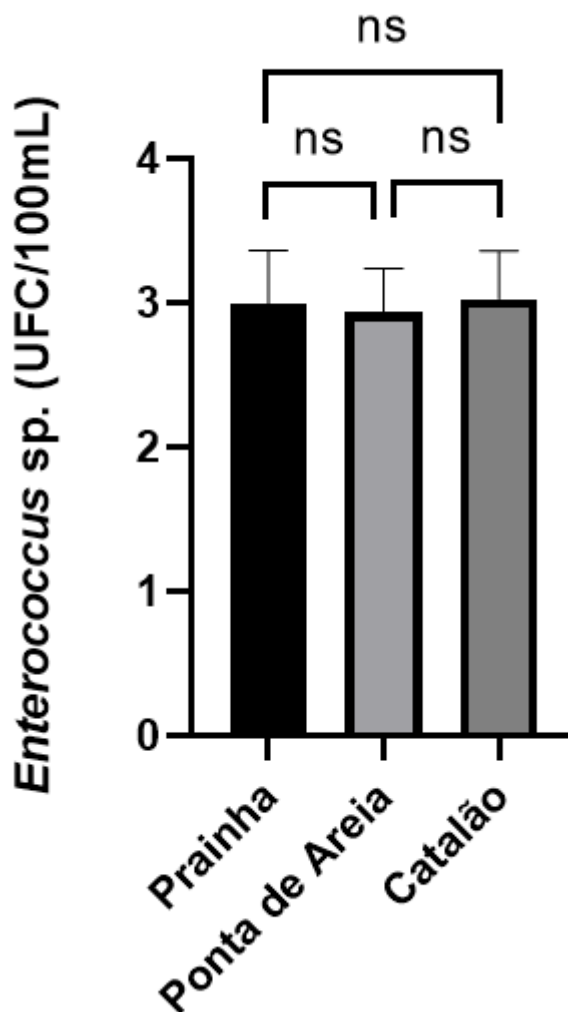


Figura 20. Análise estatística de *Enterococcus sp.* presentes nas amostras de água coletadas na Prainha, Ponta de Areia, Enseada do Bom Jesus e Catalão, Rio de Janeiro-RJ.

A análise estatística dos dados microbiológicos demonstrou que, para os coliformes termotolerantes, não houve diferenças estatisticamente significativas entre os pontos de coleta analisados (Prainha, Ponta de Areia, Enseada do Bom Jesus e Catalão), conforme evidenciado pelo teste de comparações múltiplas de Tukey ($p > 0,05$ em todas as comparações). Similarmente, para *E. coli*, a maior parte das comparações não revelou diferenças significativas entre os pontos, exceto para a Enseada do Bom Jesus, que apresentou concentrações significativamente maiores em relação à Prainha ($p < 0,01$) e à Ponta de Areia ($p < 0,01$). Esses resultados indicam que, embora a maioria dos pontos não tenha apresentado variações substanciais nos níveis microbiológicos, a Enseada do Bom Jesus se destacou como uma área com concentrações mais elevadas de *E. coli*, o que pode refletir maior impacto de

fontes de contaminação nesta região específica, como a proximidade ao Canal do Cunha.

Além dos coliformes termotolerantes e de *E. coli*, também foram analisados os indicadores microbiológicos *Enterococcus sp.* e bactérias heterotróficas. A análise estatística demonstrou que não houve diferenças significativas nas contagens de *Enterococcus sp.* entre as áreas de coleta (Prainha, Ponta de Areia e Catalão), conforme evidenciado pelo teste de comparações múltiplas de Tukey ($p > 0,05$). De forma semelhante, bactérias heterotróficas apresentaram contagens homogêneas entre os mesmos pontos, sem diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$). Esses resultados reforçam a distribuição relativamente uniforme dos indicadores microbiológicos entre os pontos avaliados, à exceção da Enseada do Bom Jesus para *E. coli*. Esse padrão sugere que os três locais analisados (Prainha, Ponta de Areia e Catalão) compartilham condições ambientais similares e são igualmente impactados por fontes de contaminação difusas.

6. DISCUSSÃO

Atualmente a Ilha do Fundão tem um importante papel nas atividades ligadas ao ensino, pesquisa e tecnologia, além de representar um centro de subsistência e lazer para pessoas que moram no entorno. Ilhas são frequentemente associadas a atividades, como navegação, pesca e balneários. Ainda que estas atividades sejam rotineiras na Ilha do Fundão, elas são realizadas de forma inadequada, expondo a comunidade a riscos à sua saúde devido às águas contaminadas da região. Durante a realização deste trabalho, a equipe teve contato com diversos frequentadores das praias e pescadores. Um comentário comum entre eles era que eles frequentavam desde jovens aquelas praias há cerca de 40 anos: As praias eram limpas, as águas cristalinas, e tinham uma grande frequência de banhistas e pescadores.

Os resultados obtidos neste estudo mostraram que a presença dos resíduos sólidos, que é resultado de um despejo inadequado, esteve associada à classificação das águas como “impróprias”. Esse cenário de poluição é evidenciado no estudo do Comitê da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara (2023), que aponta a necessidade de políticas públicas para o controle do lixo flutuante na região e mostram que diariamente as águas da BG recebem aporte de resíduos sólidos.

Detectado como o principal resíduo sólido, o plástico pode aumentar o risco de exposição da população aos perigos microbiológicos, uma vez que sua presença tem sido associada como um nicho para fixação de microrganismos patogênicos no ambiente. Em um estudo realizado por Montagner *et al.* (2021) destaca que os microplásticos podem atuar como potenciais vetores de transporte de microrganismos, incluindo patógenos, através da formação de biofilmes em sua superfície. Além disso, esses compostos podem lixiviar substâncias tóxicas para o ambiente, exacerbando os riscos à saúde e ao ecossistema.

Outro estudo, feito por Nobre, Silva e Moreno (2022) aborda a contaminação por microplásticos em ecossistemas costeiros e marinhos, enfatizando os comportamentos e impactos desses resíduos na biota. A pesquisa ressalta que os microplásticos são onipresentes no mar e podem atuar como vetores de transporte de microrganismos patogênicos, além de serem fontes de contaminação química.

É importante notar que, mesmo em águas consideradas balneáveis, a presença de plástico e microplásticos pode representar um risco adicional. A adesão de microrganismos patogênicos a esses resíduos sólidos pode ocorrer independentemente da qualidade microbiológica da água, tornando a avaliação da balneabilidade mais complexa.

Atualmente, a BG, e mais precisamente a Ilha do Fundão apresentam diversas unidades de saúde, como hospitais, laboratórios e clínicas. Levando-se em consideração a precariedade do sistema de esgotamento sanitário e fiscalização destes, a presença de microrganismos patogênicos é uma realidade constante. Como observado nos estudos de Canellas (2020) a presença de diversas espécies de *Vibrio* multirresistentes isoladas da BG é uma preocupação significativa. Estes dados mostram que existe um risco real de exposição de usuários das águas da Ilha do Fundão, uma vez que ao longo de todo estudo estes resíduos foram encontrados, mesmo quando as condições microbiológicas estão favoráveis, uma vez que os resíduos sólidos permanecem na areia e na água. Nesse contexto, a implantação das barreiras ecológicas representa um importante avanço para a melhoria da qualidade da água. Isto pode ser comprovado uma vez que em todas as coletas em que houve a comparação das águas protegidas ou não pelas barreiras, a presença de resíduo no interior delas foi significativamente menor do que a quantidade do exterior.

Atualmente, não foram encontrados estudos específicos que comparem diretamente as características microbiológicas da água dentro e fora de barreiras ecológicas. No entanto, pesquisas em outras regiões indicam que a presença de barreiras físicas pode influenciar na qualidade da água. Por exemplo, um estudo realizado no rio Guamá, em Belém-PA, evidenciou que as barreiras ecológicas foram eficazes na retenção de resíduos sólidos flutuantes, contribuindo para a diminuição da poluição visual e física da água (Santos, 2018). Portanto, a implantação de barreiras ecológicas pode reduzir a quantidade de resíduos sólidos na água, potencialmente melhorando sua qualidade microbiológica. Contudo, é importante notar que a proteção oferecida por essas barreiras pode não ser suficiente para alterar a classificação da água de não balneável para balneável, especialmente se os microrganismos indicadores estiverem livres na água e não adsorvidos aos resíduos sólidos. Mais pesquisas específicas são necessárias para avaliar a eficácia das barreiras ecológicas na melhoria da qualidade microbiológica da água em diferentes contextos.

Neste estudo foram utilizados como microrganismos indicadores os coliformes termotolerantes, *E. coli* e enterococos, que indicam a presença de contaminação de origem fecal. O fato destes três indicadores terem acordado em 100% apenas nas análises realizadas nas amostras da Enseada do Bom Jesus, que foi a mais contaminada microbiologicamente em função de sua proximidade à saída do canal do Cunha, e conseqüente constante aporte de esgoto, pode sugerir que as amostras das outras regiões analisadas apresentaram uma contaminação mais antiga, que pode resultar na morte de parte dos microrganismos

indicadores. Neste sentido, estudos de Castro (2003) indicaram que *E. coli* tem menor resistência à água salgada devido à toxicidade do ambiente marinho. Fatores como radiação solar e salinidade afetam negativamente seu crescimento e sobrevivência. Foi comprovada a correlação entre o tempo de exposição da cepa à radiação solar e a diminuição do número de células de *E. coli*. Além disso, estudos mais recentes como o de Polycarpo (2017) onde foi feito teste de utilização da radiação solar para tratamento de água com baixa potabilidade e observou inativação da população microbiana existente nas amostras a partir de três horas de exposição solar.

Da mesma forma, estudos indicam que enterococos demonstram maior resistência à exposição à água salgada em comparação com coliformes e *E. coli*. Essa característica torna os enterococos indicadores mais confiáveis de contaminação fecal em ambientes marinhos. Por exemplo, a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) em um relatório feito em 2019 destaca que espécies de bactérias do Grupo enterococos mostraram-se melhores preditivos da presença de esgoto doméstico, em determinadas amostras, do que bactérias do Grupo coliformes, considerando que *E. coli*, componente do grupo especificamente associado a contaminação fecal, não foi a mais frequente dentre o grupo dos coliformes. Além disso, a Resolução CONAMA 274/2000 utiliza os enterococos como um dos padrões de qualidade de águas marinhas, reforçando sua relevância como indicador em ambientes salinos.

No trabalho realizado por Santiago (2022), isolados de *Enterococcus faecalis* em águas costeiras de São Paulo apresentaram resistência a múltiplos antimicrobianos e positividade para ao menos um marcador de virulência, destacando a potencialidade patogênica dessas estirpes. A presença de estirpes multirresistentes, associadas a fatores de virulência, representa um risco para a saúde pública, especialmente em ambientes recreacionais.

A contagem de bactérias heterotróficas mesófilas não mostrou correlação com a contagem dos indicadores na Ponta de Areia, mas acompanhou as contagens destes últimos nas amostras analisadas na Prainha e Catalão. Em um estudo sobre a qualidade microbiológica da água em sistemas de irrigação e drenagem, observou-se que as contagens de BHM não apresentaram correlação consistente com os indicadores fecais, sugerindo que as BHM refletem a carga microbiana geral, mas não necessariamente a presença de contaminação fecal específica (Araújo, 2020).

O fato dos dois extremos da ilha (Ponta de Areia e Enseada do Bom Jesus) apresentarem os menores índices de balneabilidade baseadas na Microbiologia pode ser

explicado pela presença do canal de entrada e saída de águas para o Canal do Cunha, que sofrem influências das águas fortemente impactadas por esgotos deste último. Os pontos centrais, Prainha e Catalão, recebem águas mais limpas vindas da entrada da BG e podem justificar os melhores resultados. Neste estudo, não foram incluídas análises que pudessem buscar definir que fatores contribuem para a melhoria da aparência da água como consequência da redução de sua turbidez e presença de resíduos. Segundo a observação ao longo dos anos realizada pelos pescadores das colônias da Ilha, esta melhora é observada quando fatores como correntes marinhas e vento originam-se de sudoeste. Se estas condições forem verdadeiras, fato que vem sendo estudado no projeto Orla Sem Lixo, pode ser justificado pela ação das correntes marinhas e ventos que, ao direcionar o fluxo de água para fora da área de praia, podem dispersar os resíduos e diminuir a acumulação de partículas suspensas, resultando em águas mais limpas.

As contagens dos indicadores estiveram, na maioria das vezes, próximas aos limites de balneabilidade preconizados pela legislação vigente. Este fato mostra que um esforço de governos e da população poderia resultar em uma maior frequência da balneabilidade. As praias mais próximas da Ilha do Fundão monitoradas pelo INEA, como a Praia do Galeão e São Bento estavam impróprias em 100% das análises realizadas ao longo de 2024. Os dados do INEA consideram todos os aspectos de balneabilidade, mas os moradores da região atestam que a presença de resíduos sólidos também é frequente nestas praias. Uma reportagem realizada pela Rede Globo de Televisão - "Bom Dia Rio", exibida em 17 de janeiro de 2022, destacou que o lixo invadiu as praias da Ilha do Governador, com garrafas, embalagens e resíduos trazidos pela maré, impedindo até a realização de uma simples caminhada pelo local.

O fator que parece contribuir de forma mais importante com a qualidade microbiológica das amostras analisadas parece ser a presença do Canal do Cunha. De Freitas *et al.* (2023) demonstraram alta toxicidade dessa área através de bioensaio por *Vibrio fischeri* e alta entrada de esgoto não tratado, podendo considerar o canal como uma área de escoamento para diferentes poluentes encontrados na BG. O que pode ser confirmado em estudo de Braga (2023) que encontrou níveis elevados de coliformes na BG e enterobactérias resistentes a beta lactâmicos. Em 2019, o Ministério do Meio Ambiente lançou a Agenda Ambiental Urbana, que inclui ações específicas para a Baía de Guanabara, como o combate ao lixo no mar, gestão de áreas contaminadas, qualidade do ar e das águas, e saneamento.

Em 31 de agosto de 2023, o Projeto Guanabara Azul foi anunciado pelo governo estadual, reunindo diversos atores sociais para debater propostas de despoluição e recuperação da baía. Este projeto visa integrar esforços para enfrentar os desafios ambientais da região.

Este fato faz com que a população também busque iniciativas para tentar chamar a atenção das autoridades para a busca de soluções. Como exemplo, em junho de 2024, estudantes da rede pública recolheram mais de 30 kg de lixo na Praia da Bica, na Ilha do Governador, durante a Semana do Meio Ambiente. Ações, como as do projeto Projeto Orla Sem Lixo também buscam esta solução.

Apesar da BG apresentar condições de poluição avançadas como resultado da ação humana, os resultados preliminares obtidos neste estudo mostram que microbiologicamente as águas da Ilha do Fundão têm mostrado sinais de balneabilidade. Ainda que o curto período de realização, assim como a escassez de estudos microbiológicos na região não permitam concluir se estas melhorias são naturais ou resultantes das iniciativas em busca de melhoria das águas da BG, os resultados obtidos em quanto à diferença na qualidade da água dentro e fora de uma das barreiras ecológicas instaladas serve de estímulo para aumentar o número de iniciativas neste sentido.

Fica evidente que o enfrentamento da poluição na Ilha do Fundão exige esforços sustentáveis e coordenados que combinem soluções tecnológicas, educativas e políticas para a garantia de saúde pública e o desenvolvimento socioeconômico da região.

7. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo evidenciaram que a balneabilidade das águas na Ilha do Fundão está diretamente comprometida, principalmente pela presença de resíduos sólidos, assim como pela contaminação microbiológica, especialmente em áreas próximas ao Canal do Cunha.

Apesar da inadequação das águas para banho, a contagem dos microrganismos indicadores estava na maioria das vezes próximos aos padrões de balneabilidade, que pode servir de estímulo para a implantação de ações de melhoria.

Embora as barreiras ecológicas tenham demonstrado eficácia na retenção de resíduos flutuantes, e em alguns casos influenciado nas características microbiológicas, sua implementação isolada não é suficiente para alterar significativamente a balneabilidade, destacando a necessidade de medidas complementares, como melhorias no saneamento básico e no controle do despejo de resíduos.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÁGUAS DO RIO. Estudantes da rede pública recolhem mais de 30 kg de lixo em praia da Ilha do Governador. Disponível em: <https://aguasdoriorio.com.br/estudantes-da-rede-publica-recolhem-mais-de-30-kg-de-lixo-em-praia-da-ilha-do-governador/>. Acesso em: 13 jan. 2025.

Antoine, P. (2016). Marine debris dispersion by tidal flow in Orkney waters: Hydrodynamics model using Delft3D-PART. Orkney International Centre for Island Technology. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315739451_MARINE_DEBRIS_DISPERSION_BY_TIDAL_FLOW_IN_ORKNEY_WATERS_HYDRODYNAMICS_MODEL_USING_DELT3DPART_MARINE_RENEWABLE_ENERGY_ICIT_ORKNEY_INTERNATIONAL_CENTRE_FOR_ISLAND_TECHNOLOGY_2.

APHA. (2023). Standard Methods for the examination of water and wastewater, 24rd. Washington, DC: American Public Health Association; 2023. Part 9221 - 9222.

Araújo, M. N. M. D. C. R. (2020). Monitorização da qualidade microbiológica da água no Aproveitamento Hidroagrícola do Vale do Lis (Doctoral dissertation).

Ben Braiek, O., & Smaoui, S. (2019). Enterococci: between emerging pathogens and potential probiotics. *BioMed research international*, 2019(1), 5938210.

BEIRÃO, André Panno; MARQUES, Miguel; RUSCHEL, Rogerio Raupp. O Valor do mar: uma visão integrada dos recursos do oceano do Brasil. Essential Idea Editora, 2020.

Bielschowsky, C., L. F. T., Mencarini, R. E. P., Torres, L. A., Silva, G. C., Silva, M. A., Costa, M. F., Rigueti, A. L. & Guimarães, T. B. (2022). Monitoramento da qualidade das águas como ferramenta no controle ambiental: Dados do INEA apontam redução de 90% da poluição da praia de Botafogo. Resumo. In Anais eletrônicos do XXV Congresso de Recursos Hídricos da Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/191/XXV-SBRH0228-1-20230531-104337.pdf>. (Acesso em 4 de junho de 2024).

Boletim de Saúde Ambiental da Baía de Guanabara. (2017). University of Maryland Center for Environmental Science. Disponível em: <https://www.umces.edu/BoletimdeSa%C3%BAde>. (Acesso em 2 de maio de 2024).

Bonadonna, L., Briancesco, R., & La Rosa, G. (2019). Innovative analytical methods for monitoring microbiological and virological water quality. *Microchemical Journal*, 150, 104160.

Bortoloti, K. D. C. S., Melloni, R., Marques, P. S., Carvalho, B. M. F. D., & Andrade, M. C. (2018). Qualidade microbiológica de águas naturais quanto ao perfil de resistência de bactérias heterotróficas a antimicrobianos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 23(4), 717-725.

BRAGA, Laura Fernandes. Bioprospeção de enterobactérias com resistência a beta-lactâmicos em ambiente de manguezal urbano. 2023. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas: Microbiologia e Imunologia) - Instituto de Microbiologia Paulo de Góes, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2023.

Brasil (2000). Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. Dispõe sobre os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2018/01/RESOLU%C3%87%C3%83O-CONAMA-n%C2%BA-274-de-29-de-novembro-de-2000.pdf>. Acesso em 3 de maio de 2024.

Brasil (2019). Agência Nacional das Águas - ANA. (s.d.). Usos da água. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/ usos-da-agua>. (Acesso em 17 de maio de 2024).

Brasil (2022a). Painel saneamento Brasil. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/localidade?id=33>. (Acesso em 24 de maio de 2024).

Brasil (2022b). Instrução normativa - in nº 161, de 1º de julho de 2022 – ANVISA. Dispõe sobre o padrão microbiológico dos alimentos. Disponível em: https://antigo.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/TN_161_2022_.pdf/b08d70cb-add6-47e3-a5d3-fa317c2d54b2. Acesso em 2 de junho de 2024.

Brasil (2024). Ministério da Saúde. Surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos no Brasil: Informe 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dtha/publicacoes/surtos-de-doencas-de-transmissao-hidrica-e-alimentar-no-brasil-informe-2024>. (Acesso em: 04 de maio de 2024).

BRASIL é 8º maior poluidor plástico do planeta, aponta estudo. Folha de S.Paulo, São Paulo, 3 out. 2024. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2024/10/brasil-e-8o-maior-poluidor-plastico-do-planeta-aponta-estudo.shtml>. Acesso em: 12 dez. 2024.

Canellas, A. L. B., da Costa, W. F., Paranhos, R., & Laport, M. S. (2021). Diving into the unknown: identification of antimicrobial resistance hotspots in a tropical urban estuary. *Letters in Applied Microbiology*, 73(3), 270-279.

Canellas, A. L. B. (2020). Isolamento e caracterização de bactérias do gênero *Vibrio* das águas da Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brasil. *Repositório Institucional Pantheon*.

Castro, H. M. P. D. (2003). Efeito da radiação solar e da salinidade sobre o crescimento de *Escherichia coli*.

CEDAE (2024). Companhia Estadual de Águas e Esgotos. Baía de Guanabara. Disponível em: <https://cedae.com.br/baiadeguanabara>. (Acesso em: 14 de maio de 2024).

CETESB (2024). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Balneabilidade e saúde. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/praias/balneabilidadeesauade/>. (Acesso em 10 de maio de 2024).

Coelho, V. (2007). Baía de Guanabara: uma história de agressão ambiental.

Comitê da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara (CBH-BG). Plano de Recuperação Ambiental da Baía de Guanabara. Rio de Janeiro: CBH-BG, 2023. Disponível em: <https://comitebaiadeguanabara.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Plano-de-Recuperacao-Ambiental-da-Baia-de-Guanabara.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2024.

Conselho Estadual de Recursos Hídricos. (2013). Resolução CERHI-RJ nº 107 de 22 de maio de 2013. Disponível em: <https://www.comiteguandu.org.br/legislacoes/ResolucoesCERHI/Resolucao-CERHI-107.pdf>. (Acesso em: 05 de maio de 2024).

De Lima, F. P., Hilinski, E. G., Flores, M. N. P., & Almodovar, A. A. B. (2021). Segurança no uso do Colilert® para avaliação microbiológica da qualidade da água tratada para diálise. *Boletim do Instituto Adolfo Lutz-BIAL*, 1-4.

De Menezes, P. M. L., de Andrade, L. G., Lepore, V. M. G., da Silva, B. S., & Ferreira, T. D. S. F. (2004). Evolução Histórica-Geográfica-Cartográfica da Ilha do Fundão.

Freitas, A. R., Tedim, A. P., Almeida-Santos, A. C., Duarte, B., Elghaieb, H., Abbassi, M. S., & Peixe, L. (2022). High-resolution genotyping unveils identical ampicillin-resistant *Enterococcus faecium* strains in different sources and countries: a one health approach. *Microorganisms*, 10(3), 632.

G1. Praia da Ilha do Governador é invadida por lixo. Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/rio-de-janeiro/bom-dia-rio/video/praias-da-ilha-do-governador-e-invadida-por-lixo-10215386.ghtml>. Acesso em: 13 jan. 2025.

Gonçalves, V. D., Meirelles-Pereira, F., Cataldo, M., Fonseca, B. D. O., Nogueira, B. A., Olivella, J. G. B., & Pereira, J. A. A. (2019). Detection of multidrug-resistant Enterobacteriaceae isolated from river waters flowing to the Guanabara Bay and from clinical samples of hospitals in Rio de Janeiro, Brazil. *Biomedica*, 39, 135-149.

Hagler, A. N., & Mendonça-Hagler, L. C. (1981). Yeasts from marine and estuarine waters with different levels of pollution in the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Applied and Environmental Microbiology*, 41(1), 173-178.

- Heijnen, Leo; Medema, Gertjan (2006). Quantitative detection of *E. coli*, *E. coli* O157 and other shiga toxin producing *E. coli* in water samples using a culture method combined with real-time PCR. *J Water Health*, 4 (4), 487–498. <https://doi.org/10.2166/wh.2006.0032>.
- Hinrichsen, S. (2022). Doenças causadas pela água contaminada. *Tua Saúde*. Disponível em: <https://www.tuasaude.com/doencas-causadas-pela-agua-contaminada/>. (Acesso em: 23 de fevereiro de 2022).
- IBGE. Biblioteca IBGE. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=443104>. (Acesso em: 17 de junho de 2024).
- Jornal da USP. (2020). Dados da ONU mostram que 1,5 mil pessoas morrem anualmente por doenças ligadas à falta de saneamento. Disponível em: <https://jornal.usp.br/atualidades/dados-da-onu-mostram-que-15-mil-pessoas-morrem-anualmente-por-doencas-ligadas-a-falta-de-saneamento/>. (Acesso em 20 de maio de 2024).
- Marques, L., Roberto, J., & Silva, P. (2020). Embarcação verde, sistema flutuante de limpeza da água da baía de Guanabara. *Revista Augustus*, 25(50), 81-91.
- Meals, D. W., Harcum, J. B., & Dressing, S. A. (2013). Monitoring for microbial pathogens and indicators. *Tech Notes*, 9.
- Moisani, M. M., Newman, L., Leite, A. M. D. O., Barbosa, A. C. B., & Souza, M. D. P. D. (2021). Caracterização química e microbiológica de moluscos bivalves coletados, cultivados e comercializados na costa do estado do Rio de Janeiro.
- Montagner, C. C., Dias, M. A., Paiva, E. M., & Vidal, C. (2021). Microplásticos: ocorrência ambiental e desafios analíticos. *Química nova*, 44(10), 1328-1352.
- Motlagh, A. M., & Yang, Z. (2019). Detection and occurrence of indicator organisms and pathogens. *Water Environment Research*, 91(10), 1402-1408.
- Nascimento, Alessandra Mallmann; Van Der Sand, Sueli Teresinha (2018). O uso de PCR na detecção de *Escherichia coli* enterotoxigênica em amostras de água de esgoto. *Acta Scientiae Veterinariae*, 35(2), 181–188. <https://seer.ufrgs.br/index.php/ActaScientiaeVeterinariae/article/view/15968>.
- Nobre, C. R., da Silva, L. F., & Moreno, B. B. (2022). Capítulo 3: Microplásticos em ecossistemas costeiros e marinhos: comportamentos e impactos à biota. In: Pompêo, M., Rani-Borges, B., & de Paiva, T. C. B. (Orgs.). *Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções*. São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2022. p. 28-42.
- Pereira, C. S., Possas, C. D. A., Viana, C. M., & D. D. P. (2007). *Vibrio* spp. isolados a partir de mexilhões (*Perna perna*) in natura e pré-cozidos de Estação Experimental de Cultivo, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. *Food Science and Technology*, 27, 387-390.
- POLYCARPO, I. R. C. (2017). Utilização da radiação solar para tratamento de água com baixa potabilidade visando o uso e aplicações em zonas rurais.
- Richiardi, L., Pignata, C., Fea, E., Bonetta, S., & Carraro, E. (2023). Are indicator microorganisms predictive of pathogens in water?. *Water*, 15(16), 2964.
- RIO DE JANEIRO (Estado). Decreto n. 48.666, de 2023. Dispõe sobre o Programa Guanabara Azul e cria o Centro Integrado de Gestão da Baía de Guanabara (CIGBG), sem aumento de despesa. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/rj/decreto-n-48666-2023-rio-de-janeiro-dispoe-sobre-o-programa-guanabara-azul-e-cria-o-centro-integrado-de-gestao-da-baia-de-guanabara-cigbg-sem-aumento-de-despesa>. Acesso em: 13 jan. 2025.
- Rodrigues, V. F., Rivera, I. N., Lim, K. Y., & Jiang, S. C. (2016). Detection and risk assessment of diarrheagenic *E. coli* in recreational beaches of Brazil. *Marine pollution bulletin*, 109(1), 163-170.

- Rubini, S., Galletti, G., D’Incau, M., Govoni, G., Boschetti, L., Berardelli, C., & Giacometti, F. (2018). Occurrence of *Salmonella enterica* subsp. *enterica* in bivalve molluscs and associations with *Escherichia coli* in molluscs and faecal coliforms in seawater. *Food Control*, 84, 429-435.
- Sampaio, M. (2003). Estudo de Circulação Hidrodinâmica 3D e Trocas de Massas d’ água da Baía de Guanabara – RJ. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- SANTOS, B. D. M. (2018). Eficiência de ecobarreiras em rio dominado por maré.
- Santiago, G. S. (2022). Perfil fenotípico e genotípico de resistência a antimicrobianos e virulência em *Enterococcus* spp. isolados de águas recreacionais costeiras do estado de São Paulo (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Silva, D. M.; & Domingues, L. (2015). On the track for an efficient detection of *Escherichia coli* in water: A review on PCR-based methods. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 113, 400-411.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.12.015>.
- Tábua de Marés (2024). Disponível em: <https://tabuademares.com/br/rio-de-janeiro/rio-de-janeiro>.
- Vianna, M. B., Wasserman, J. C., Bastos, O. M., Barcellos, R. G. S., & Barbosa, A. S. (2013). Gestão da qualidade bacteriológica da água dos rios Macacu, Caceribu, Guapi-Açu e Guapi-Macacu, Rj, Brasil. *Engevista*, 15(3).
- Waideman, M. A., Teixeira, V. P., Uemura, E. H., Stamford, T. M., Leal, D. A. G., Stangarlin-Fiori, L., Ferreira, S. M. R., Taconeli, C. A., & Beux, M. R. (2020). Enterococci used as complementary indicator of fecal contamination to assess water quality from public schools in the city of Curitiba, Paraná, Brazil. *Braz. J. Food Technol.*, 23, e2019155.
- WWF (2019). World Wildlife Found - WWF. Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico>. (Acesso em: 23 de maio de 2024).