

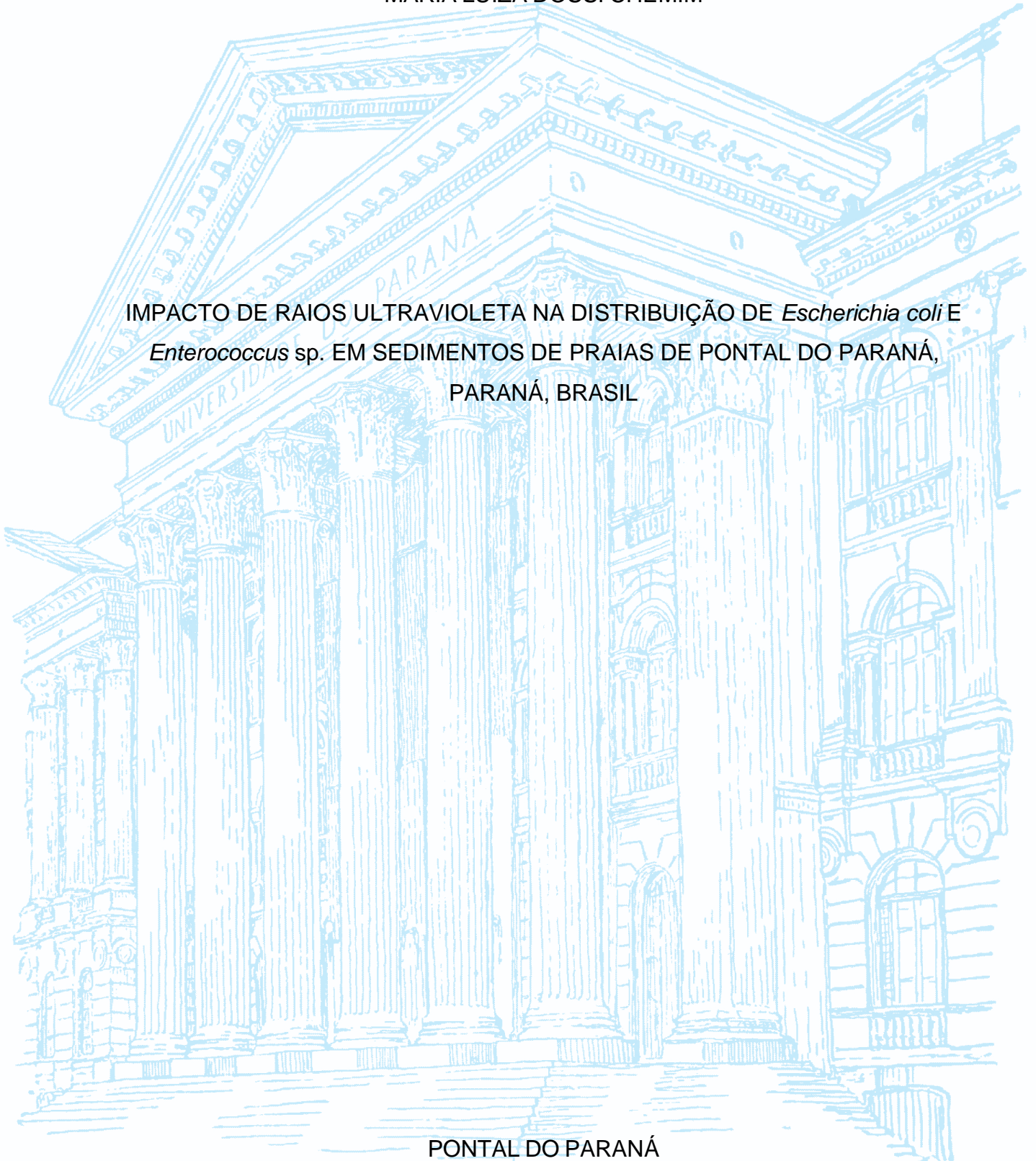
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARIA LUIZA DOSSI CHEMIM

IMPACTO DE RAIOS ULTRAVIOLETA NA DISTRIBUIÇÃO DE *Escherichia coli* E
Enterococcus sp. EM SEDIMENTOS DE PRAIAS DE PONTAL DO PARANÁ,
PARANÁ, BRASIL

PONTAL DO PARANÁ

2022



MARIA LUIZA DOSSI CHEMIM

IMPACTO DE RAIOS ULTRAVIOLETA NA DISTRIBUIÇÃO DE *Escherichia coli* E
Enterococcus sp. EM SEDIMENTOS DE PRAIAS DE PONTAL DO PARANÁ,
PARANÁ, BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Oceanografia, Campus Pontal do Paraná - Centro de Estudos do Mar, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Profa. Dra. Hedda Elisabeth Kolm.

PONTAL DO PARANÁ

2022

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DO CENTRO DE ESTUDOS DO MAR

C426i Chemim, Maria Luiza Dossi
Impacto de raios ultravioleta na distribuição de *Escherichia coli* e *Enterococcus sp.* em sedimento de praias de Pontal do Paraná, Paraná, Brasil / Maria Luiza Dossi Chemim . – Pontal do Paraná, 2022.
1 arquivo [65 f.] : PDF.

Orientadora: Profa. Dra. Hedda Elisabeth Kolm

Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Paraná, Campus Pontal do Paraná, Centro de Estudos do Mar, Curso de Oceanografia.

1. *Escherichia coli*. 2. Água - Poluição. I. Kolm, Hedda Elisabeth. II. Título. III. Universidade Federal do Parana.

CDD – 598.95

TERMO DE APROVAÇÃO

Maria Luiza Dossi Chemim

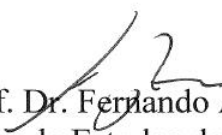
“IMPACTO DE RAIOS ULTRAVIOLETA NA DISTRIBUIÇÃO DE *Escherichia coli* E *Enterococcus sp.* EM SEDIMENTOS DE PRAIAS DE PONTAL DO PARANÁ, BRASIL”

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharela em Oceanografia, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos membros:




Prof. Dra. Hedda Elisabeth Kolm

Orientadora - Centro de Estudos do Mar (CPP-CEM) – UFPR



Prof. Dr. Fernando Augusto Silveira Armani
Centro de Estudos do Mar (CPP-CEM) - UFPR



Prof. Dra. Silvia Pedroso Melegari
Centro de Estudos do Mar (CPP-CEM) - UFPR

Pontal do Paraná, 15 de setembro de 2022

À minha família.
Sem eles, nada disso teria sido possível.

AGRADECIMENTOS

É pequeno o espaço para tantos agradecimentos necessários. Cada momento que passei até chegar onde estou, foi graças a alguém que esteve disponível em me ajudar.

Começo agradecendo à minha família. Primeiramente aos meus pais Marcelo Chemim e Ana Paula Dossi Chemim, que nunca duvidaram da minha capacidade, e sempre me apoiaram em todas as decisões, por mais loucura que aquilo fosse. Sou grata também à minha irmã, Marcela Giovana Dossi Chemim, que se espelhou em mim em tantos momentos, e nunca deixou de estar ao meu lado, mesmo com tantas discussões de quem ficaria com a última bolacha do pacote. Também agradeço a minha avó, Ana Maria Barbosa, minha maior inspiração de força e resiliência.

Ainda, agradeço a minha madrinha, Maria Claudia Chemim Machado, por todos os anos que me levou ao colégio, por ter sido a melhor professora de matemática, e por ter colaborado com minhas aulas de redação para o vestibular que fui aprovada.

À minha prima oceanógrafa, Liana Perozzo dos Santos, responsável por me apresentar a melhor graduação que alguém poderia ter.

À minha orientadora Hedda Elisabeth Kolm, e à técnica de laboratório Fernanda Kasumi Ishii, que nesses quatro anos de convivência, me ensinaram muito mais do que microbiologia. Me ensinaram sobre a vida.

Aos meus professores do ensino médio, em especial, ao professor Carlos Gomes. Professor de biologia, que com suas histórias e ricos conhecimentos, despertou enormemente meu interesse pela área.

Aos meus professores da graduação. Em especial, aqueles que ficarão guardados eternamente em minha memória e em meu coração: Carlos Roberto Soares e Paulo da Cunha Lana. Foram os primeiros responsáveis pelo meu amor à ciência e à pesquisa.

Agradeço também aos laboratórios responsáveis pelas minhas análises sedimentares. Ao Laboratório de Oceanografia Geológica (LOGeo - UFPR), e aos alunos Brendo Benato Rutyna, Laura Nauck e Sabrina Ramos, pela disponibilidade e ajuda nas análises de matéria orgânica e carbonato de cálcio. Ao Laboratório de

Física dos Solos - UFPR, à Professora Dr^a. Karina M. V. Cavalieri Polizeli e à Josianne Meyer, pela disponibilidade e ajuda nas análises de granulometria.

Agradeço a todos os locais que me deram a oportunidade de estágio, e enriqueceram o meu conhecimento profissional e pessoal. Foram fundamentais para eu estar me tornando uma pessoa apaixonada pelo que faz. Obrigada Submarine - Escola de Mergulho, Projeto Coral Vivo e Projeto Tamar.

Ao Fabiano Costa Gomes, meu companheiro e melhor amigo. Esteve comigo em todos os momentos, quer tenham sido bons, quer tenham sido ruins. Me apoiou, me motivou e me aconselhou em absolutamente todas as minhas decisões. Agradeço também pelas aulas de cálculo, física ou qualquer outro assunto que envolvesse contas.

Por fim, gostaria de agradecer a todos os meus amigos e colegas que fiz nesses anos. Em especial, Yasmym Schutz, Rafael Simão, Tathiane Marques e Jennifer Guimarães. Meu coração sempre terá um local reservado para vocês. Obrigada.

“O mar, uma vez que lança seu feitiço, aprisiona a pessoa em sua rede de maravilhas para sempre.”

- *Jacques Cousteau.*

RESUMO

Os oceanos e as zonas costeiras representam ambientes de enorme importância para diversas populações. Apesar dessas inúmeras importâncias, os problemas ambientais vêm se agravando a todo momento. O lançamento de esgotos sanitários é um dos tipos mais comuns de poluição oceânica, seja por meio de contribuições de cursos d'água ou por meio de emissários submarinos, e a emissão destes efluentes causam diversos problemas ambientais e de saúde pública. Nem sempre a contaminação por esgotos sanitários é perceptível pela visão ou olfato. Sendo assim, são necessárias análises laboratoriais para avaliação das condições de qualidade sanitária. Para estas análises, são utilizados micro-organismos indicadores, como a *Escherichia coli* (*E. coli*) e *Enterococcus* sp. Além dos organismos indicadores, existem os coliformes totais. Foi objetivo do presente estudo, avaliar se os raios ultravioletas do sol interferem na quantidade de coliformes totais, *E. coli* e *Enterococcus* sp. em sedimentos (até a profundidade de 10 cm) coletados na região entre-maré, de duas praias do município de Pontal do Paraná. As amostras foram coletadas no inverno de 2021 e no verão de 2022. As amostras coletadas em Pontal do Sul receberam a letra "P", enquanto as de Ipanema receberam a letra "I". A coleta no inverno recebeu a letra "I", e a do verão, a letra "V". Quanto à profundidade, as amostras foram separadas em "A", "B", "C", "D" e "E", onde a letra "A" é a camada superficial, e a letra "E" a mais profunda (Exemplo: I-PA, coleta realizada no inverno, em Pontal do Sul, na superfície do sedimento). Com os resultados, foi possível observar que, no inverno, os valores de temperatura, pH e areia fina tiveram relação positiva com todas as amostras estudadas, e com os coliformes totais, na amostra I-PA do inverno. A salinidade, a *E. coli* e os *Enterococcus* sp. foram mais elevados nas profundidades I-PD e I-PE, ambas no inverno. Em Ipanema, as correlações foram positivas entre a matéria orgânica, pH e areia fina, no inverno. Os valores de *Enterococcus* sp. foram mais elevados na amostra V-IA no verão, que na I-IA no inverno. Ainda foram observados valores altos da temperatura, salinidade e areia grossa no verão. Os maiores valores de coliformes totais, foram na amostra V-IC, e os valores de *E. coli* foram nos pontos I-IA (no inverno) e V-IC (no verão). Os baixos valores de *Enterococcus* sp. obtidos nas camadas superficiais de sedimento, tanto no verão quanto no inverno, comprovaram a hipótese inicial de que raios ultravioletas são capazes de

interferirem na distribuição de micro-organismos indicadores de poluição, através de camadas de sedimento. Ainda, as grandes diferenças observadas entre os resultados dos parâmetros analisados nas praias, indicam que para diferentes praias é necessário diferentes legislações. Por fim, para as próximas pesquisas, sugere-se que os estudos sejam realizados em maiores profundidades, para a observação de possíveis maiores diferenças entre os resultados superficiais e mais profundos.

Palavras-chave: Coliformes. Qualidade sanitária. Raios ultravioleta. Pontal do Paraná.

ABSTRACT

Oceans and coastal zones represent environments of enormous importance for different populations. Despite these innumerable importances, environmental problems are getting worse all the time. The release of sanitary sewage is one of the most common types of ocean pollution, and the emission of these effluents causes several environmental and public health problems. Contamination by sanitary sewage is not always perceptible by sight or smell. Therefore, laboratory analyzes are necessary to evaluate the sanitary quality conditions. For these analyses, indicator microorganisms are used, such as *Escherichia coli* (*E. coli*) and *Enterococcus* sp. In addition to indicator organisms, there are total coliforms. The objective of the present study was to evaluate whether the ultraviolet rays of the sun interfere with the amount of total coliforms, *E. coli* and *Enterococcus* sp. in sediments (up to a depth of 10 cm) collected in the intertidal region of two beaches in the municipality of Pontal do Paraná. The samples were collected in the winter of 2021 and in the summer of 2022. The samples collected in Pontal do Sul received the letter "P", while those from Ipanema received the letter "I". The collection in the winter received the letter "I", and the one in the summer, the letter "V". As for depth, the samples were separated into "A", "B", "C", "D" and "E", where the letter "A" is the superficial layer, and the letter "E" the deepest (Example: I-PA, collection carried out in winter, in Pontal do Sul, on the surface of the sediment). With the results, it was possible to observe that, in the winter, the values of temperature, pH and fine sand had a positive relationship with all the samples studied, and with the total coliforms, in the winter I-PA sample. Salinity, *E. coli* and *Enterococcus* sp. were higher at I-PD and I-PE depths, both in winter. In Ipanema, correlations were positive between organic matter, pH and fine sand in winter. The values of *Enterococcus* sp. were higher in the V-IA sample in the summer than in the I-IA sample in the winter. High values of temperature, salinity and coarse sand were also observed in the summer. The highest values of total coliforms were in the sample V-IC, and the values of *E. coli* were in points I-IA (in winter) and V-IC (in summer). The low values of *Enterococcus* sp. obtained in the superficial layers of sediment, both in summer and in winter, confirmed the initial hypothesis that ultraviolet rays are capable of interfering in the distribution of microorganisms that indicate pollution, through layers of sediment. Still, the great differences observed between the results of the

parameters analyzed in the beaches, indicate that for different beaches it is necessary different legislation. Finally, for future research, it is suggested that the studies be carried out at greater depths, in order to observe possible greater differences between superficial and deeper results.

Keywords: Coliforms. Sanitary quality. Ultraviolet rays. Pontal do Paraná.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 A) Mapa do Brasil; B) Litoral do Paraná; C) Município de Pontal do Paraná, com os pontos de coleta Ipanema e Pontal do Sul.....	29
FIGURA 2 A) Corers utilizados para a coleta; B) Coleta das amostras de verão (2022).....	30
FIGURA 3 Amostras de sedimento sendo separadas e colocadas em placas de Petri.....	32
FIGURA 4 A) Densímetro de Bouyoucos em provetas de 1000 mL, para a análise de argila e silte; B) Peneira de malha 0,53 mm, para a separação de areia fina e grossa.....	34
FIGURA 5 Ataque químico de ácido clorídrico e peróxido de hidrogênio nas amostras de sedimento.....	35
FIGURA 6 Erlenmeyers sendo agitados a 200 rpm.....	36
FIGURA 7 Preparação dos Erlenmeyers para serem vertidos em cartelas.....	36
FIGURA 8 Cartelas recém tiras da estufa, para análise de bactérias em luz ultravioleta.....	37
FIGURA 9 Incidência dos raios solares, em lx, analisados nos meses de inverno e verão.....	38
FIGURA 10 Temperatura média coletada em campo.....	39
FIGURA 11 Salinidade média analisada em laboratório.....	39
FIGURA 12 pH médio analisado em laboratório.....	40
FIGURA 13 Gráfico em barras representando as médias de areia grossa e fina, em gramas, analisadas nas amostras de inverno (I) e verão (V).....	41
FIGURA 14 ANOVA da matéria orgânica encontrada em cada uma das amostras de sedimento estudadas.....	42
FIGURA 15 ANOVA do carbonato de cálcio (CaCO ₃) em cada uma das amostras de sedimento estudadas.....	43

FIGURA 16 ANOVA dos coliformes totais encontrados em cada uma das amostras de sedimento estudadas.....	44
FIGURA 17 ANOVA de <i>E. coli</i> encontrada em cada uma das amostras de sedimento estudadas.....	45
FIGURA 18 ANOVA do <i>Enterococcus sp.</i> encontrado em cada uma das amostras de sedimento estudadas.....	46
FIGURA 19 Análise dos componentes principais (PCA), dos dados coletados em Ipanema.....	47
FIGURA 20 Análise dos componentes principais (PCA), dos dados coletados em Pontal do Sul.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

ANA	- Agência Nacional de Águas
CEP	- Complexo Estuarino de Paranaguá
Cfa	- Clima Subtropical Úmido
CNUDM	- Comissão das Nações Unidas sobre o Direito do Mar
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
DHN	- Diretoria de Hidrografia e Navegação
<i>E. coli</i>	- <i>Escherichia coli</i>
ETE	- Estação de Tratamento de Esgoto
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MMA	- Ministério do Meio Ambiente
NMP	- Número mais provável
OMS	- Organização Mundial da Saúde
Rpm	- Rotação por minuto
Sanepar	- Companhia de Saneamento do Paraná
SISNAMA	- Sistema Nacional do Meio Ambiente
SMAC	- Secretaria do Município do Meio Ambiente
Unicef	- Fundo das Nações Unidas para a Infância
UV	- Ultravioleta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS.....	19
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3 REVISÃO DE LITERATURA	20
3.1 OCEANOS, ZONAS COSTEIRAS E POLUIÇÃO.....	20
3.2 SANEAMENTO AMBIENTAL.....	20
3.2.1 Esgoto.....	21
3.3 CONAMA.....	22
3.3.1 Resoluções CONAMA Nº274/2000 e Nº357/2005.....	22
3.3.2 Demais resoluções.....	23
3.4 BACTÉRIAS.....	23
3.4.1 Coliformes.....	24
3.5 RAIOS ULTRAVIOLETA EM BACTÉRIAS.....	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS	28
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	28
4.2 COLETA.....	30
4.3 ANÁLISES LABORATORIAIS.....	31
4.3.1 Salinidade e pH.....	32
4.3.2 Peso seco do sedimento.....	32
4.3.3 Granulometria.....	33
4.3.4 Matéria orgânica e carbonato de cálcio.....	34
4.3.5 Análises microbiológicas no sedimento.....	35
4.3.6 Análise dos resultados.....	37
5 RESULTADOS	38
5.1 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS.....	38
5.1.1 Lux.....	38
5.1.2 Temperatura.....	38

5.1.3 Salinidade e pH.....	39
5.2 ANÁLISES SEDIMENTOLÓGICAS.....	40
5.2.1 Granulometria.....	40
5.2.2 Matéria orgânica e carbonato de cálcio.....	41
5.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	43
5.3.1 Coliformes totais.....	43
5.3.2 <i>Escherichia coli</i>	44
5.3.3 <i>Enterococcus</i> sp.....	45
5.4 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA).....	46
6 DISCUSSÃO.....	49
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
REFERÊNCIAS.....	54
ANEXO I - VALORES ABSOLUTOS PONTAL DO SUL.....	63
ANEXO II - VALORES ABSOLUTOS IPANEMA.....	64

1 INTRODUÇÃO

Os oceanos e as zonas costeiras representam ambientes de enorme importância para diversas populações, refletindo desde questões ambientais, econômicas, até questões de lazer. É nos oceanos onde são encontradas as principais fontes petrolíferas; é responsável por cerca de 20% da proteína da alimentação humana; representa local de transporte marítimo; é setor de subsistência de comunidades tradicionais; além de ser utilizado como espaço de entretenimento e diversão (PÖRTNER et al., 2014). Ainda, de forma indireta, os oceanos também nos proporcionam a principal fonte de oxigênio e captação natural de carbono, trabalhando no equilíbrio climático global (PÖRTNER et al., 2014).

Apesar das inúmeras importâncias oceânicas existentes, algumas situações constantemente afetam a qualidade das atividades marinhas (NEVES; MUEHE, 2008). Por ser utilizado das mais diversas formas, e com o aumento populacional e industrial e o conseqüente aumento na quantidade de resíduos depositados nos sedimentos dos oceanos, os problemas ambientais vêm se agravando a todo momento, sendo as atividades antrópicas responsáveis pelas maiores ações prejudiciais (VIEIRA, 2000).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef), cerca de 4,5 bilhões de pessoas no mundo não possuem acesso ao saneamento básico, o que amplia as descargas irregulares no ambiente marinho. Ainda, a OMS informou que 80% das doenças que ocorrem nos países em desenvolvimento, estão associadas à distribuição de água não potável, também ampliando a precariedade das condições de saúde pública (ABRAHÃO; ALENCASTRO, 2012; MARQUEZI; GALLO; DIAS, 2010).

Assim, o lançamento de esgotos sanitários é um dos tipos mais comuns de poluição dos oceanos, seja por meio de contribuições de cursos d'água ou por meio de emissários submarinos (MACHADO et. al., 2018). A emissão destes efluentes causam diversos problemas ambientais e de saúde pública. Segundo a Trata Brasil, em 2020, o esgoto não tratado representava 5,3 milhões de piscinas olímpicas despejadas na natureza, por ano. Em números mais exatos, isso significa que 10 bilhões, 625 milhões e 580 mil litros de efluentes não são tratados, chegando, assim, nos rios, mares e oceanos. Nos efluentes, tanto industriais como domésticos,

despejados, é possível encontrar fármacos, químicos e resíduos orgânicos (TRATA BRASIL, sem ano).

Nem sempre a contaminação por esgotos sanitários é perceptível pela visão ou olfato. Sendo assim, são necessárias análises laboratoriais para avaliação das condições de qualidade. Para estas análises, são utilizados parâmetros químicos, como o coprostanol, ou parâmetros biológicos como micro-organismos indicadores, sendo a *Escherichia coli* (*E. coli*) e o *Enterococcus* sp. regulamentados pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

O CONAMA é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), instituído pela Lei 6.938, de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. É de acordo com sua Resolução N°274/2000 o estabelecimento de padrões de condições de balneabilidade (apenas para a água, e não para sedimento). Ainda, outra resolução de importância para este estudo, a Resolução N°357/2005 (complementada e alterada pelas Resoluções N°397/2008 e N°430/2011) que classifica os corpos de água, diretrizes ambientais, estabelece os padrões e as condições de lançamento de efluentes, e ainda quantifica os valores que poderão ser encontrados de *E. coli* e *Enterococcus* sp. nas análises laboratoriais, para avaliar se a água está própria para consumo/recreação ou não. Além destas resoluções, o Ministério da Saúde é responsável pela Portaria N°888/2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e vigilância da qualidade da água, exclusivamente para consumo humano.

Os micro-organismos indicadores, então, podem ser definidos como: coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* (*E. coli*) e *Enterococcus* sp. Os coliformes termotolerantes são bacilos e Gram-negativos, e fermentam a lactose a 44,5°C em banho-Maria. Dentre as espécies presentes neste grupo, apenas a *E. coli* é de origem fecal (BIER, 1963; SILVA, 2014). Já os *Enterococcus* sp., são bactérias Gram-positivas, pertencem a família *Enterococcaceae* e realizam reação com agentes antissoro do grupo D de Lancefield (PORTE, 2007). Além dos organismos indicadores, existem os coliformes totais, bactérias em formas de bacilos, Gram-negativas, capazes de fermentar a lactose a 35°C (SILVA, 2014).

As praias são ambientes que proporcionam momentos de recreação e lazer. São locais onde, além de abrigar diversas espécies de peixes, capturados através da pesca para o consumo humano, as famílias se encontram e confraternizam,

principalmente em feriados e época de alta temporada. Apesar da importância do monitoramento das praias, a legislação brasileira somente prevê valores de coliformes para a água, não levando em consideração os sedimentos das regiões praias. Para sedimentos, apesar de intensas buscas bibliográficas, foi encontrada somente uma normativa que estabelece a qualidade dos mesmos: a legislação municipal (Resolução da Secretaria do Município do Meio Ambiente – SMAC Nº468/10) para o Município do Rio de Janeiro.

Entretanto, os coliformes possuem uma tendência de se associar majoritariamente ao sedimento marinho, quando comparados à água do mar (VIEIRA, 2000). Apesar desta informação ser comprovada, existe uma precariedade de estudos da qualidade sanitária de sedimentos, bem como quais são os fatores que influenciam a sua distribuição (ANDRAUS, PIMENTEL, DIONÍSIO; 2013). Além disso, são poucas as pesquisas feitas nas regiões entre-marés do litoral do Paraná. Dentre elas podemos destacar Santos; Kolm; Sautter (2008) que estudaram o sedimento da região entre-marés ao longo da Baía de Guaratuba, Miquelante; Kolm (2011) que estudaram sedimentos coletados na região entre-marés da Ilha do Mel, e Andraus; Pimentel; Dionísio (2013), que estudaram os sedimentos secos e úmidos nas praias de Matinhos, Caiobá e Guaratuba.

Estudos, como o de Wheeler, Burke , Spain (2003), e de Skórczewski, et al. (2012), relatam o potencial de associação das bactérias ao sedimento, visto que ele fornece nutrientes, e boas estruturas para abrigo. Tais estruturas são importantes para a proteção das bactérias, devido ao fato de auxiliarem na diminuição da penetração dos raios ultravioleta, provenientes do sol, tanto no solo, como nos corpos destes micro-organismos (SKÓRCZEWSKI, et al. 2012).

Segundo Muela, García-Bringas, Arana (2000), dentre os estresses aos quais as bactérias, quando no ambiente, são submetidas, a influência da radiação solar é a mais importante para sua sobrevivência. Os raios ultravioleta atingem e alteram o seu código genético, sendo o principal efeito, a desaceleração das funções metabólicas que afetam principalmente a capacidade de formação de colônias, ocasionando a morte destes seres (SINTON, FINLAY, LYNCH, 1999; BARBOSA, 2016).

2 OBJETIVOS

Foi objetivo do presente estudo, avaliar se os raios ultravioletas do sol interferem na quantidade de *Escherichia coli* e *Enterococcus* sp. em sedimentos (até a profundidade de 10 cm) coletados na região entre maré, nos balneários de Pontal do Sul e Ipanema, ambos do município de Pontal do Paraná.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar possível correlação da distribuição de coliformes totais, *Escherichia coli* e *Enterococcus* sp., de acordo com o tipo praial em que foram coletadas;
- Avaliar se existem diferenças entre a influência dos raios ultravioletas no verão e no inverno;
- Comparar os resultados obtidos com parâmetros físicos, químicos e geológicos das águas intersticiais e dos sedimentos.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 OCEANOS, ZONAS COSTEIRAS E POLUIÇÃO

De acordo com o IBGE (Censo 2011), 26,6% da população brasileira reside em áreas litorâneas, e suas formas de vida causam impacto diretamente nestas regiões, podendo alterar negativamente os benefícios que os oceanos e zonas costeiras são capazes de nos proporcionar. Segundo Pörtner, et al., (2014) são os oceanos os maiores responsáveis pela produção de oxigênio. Abrigam espécies e ecossistemas valorizados no turismo e na recreação. A sua biodiversidade oferece recursos para medicamentos inovadores. Seus ecossistemas, como manguezais e recifes coralíneos, protegem as costas de tsunamis e tempestades. Absorvem 93% do calor acumulado na atmosfera, desempenhando um papel importante na dinâmica climática global (NATIONAL GEOGRAPHIC, 2019). Todas essas mudanças representam riscos para a vida marinha e podem afetar a capacidade dos oceanos de realizar a ampla gama de funções que são de vital importância para a saúde ambiental e humana.

Segundo o Decreto Nº 99.165, de 12 de março de 1990, da Comissão das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), a poluição do meio marinho significa:

“a introdução pelo homem, direta ou indiretamente, de substâncias ou de energia no meio marinho, incluindo os estuários, sempre que a mesma provoque ou possa vir provocar efeitos nocivos, tais como danos aos recursos vivos e à vida marinha, riscos à saúde do homem, entrave às atividades marítimas, incluindo a pesca e as outras utilizações legítimas do mar, alteração da qualidade da água do mar, no que se refere à sua utilização, e deterioração dos locais de recreio”.

3.2 SANEAMENTO AMBIENTAL

O saneamento ambiental é um conjunto de ações que têm como objetivo o melhoramento da qualidade de vida de toda a população, através da distribuição de água de boa qualidade, esgotamento sanitário adequado, limpeza e drenagem

urbana e o manejo de resíduos sólidos e de águas pluviais (TRATA BRASIL, sem ano).

Apesar de ser considerado básico para a sobrevivência humana, em diversos locais do planeta ainda há a precariedade dessas ações, o que contribui para a ampliação de doenças, mortalidade infantil e a poluição de diferentes ecossistemas (MOURA et al., 2011; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, sem ano).

3.2.1 Esgoto

O sistema de coleta e esgotamento sanitário possui a finalidade de tratar e escoar os dejetos gerados pelas atividades antrópicas. O esgoto é separado em três diferentes classificações: esgoto doméstico – o qual é proveniente das residências; esgoto industrial – que contém resíduos industriais; e o esgoto pluvial – o qual coleta a água da chuva (PEDROZA, et al. 2010). Cada um destes possui um tratamento ou finalidade específica, onde o doméstico e o industrial necessitam de estações próprias de tratamento antes de serem lançados novamente à natureza, enquanto o pluvial é direcionado para as galerias pluviais, interligadas com rios, córregos, gamboas, sangradouros e mares, por onde é feito o escoamento das águas da chuva (NUVOLARI, 2011).

Mesmo sendo caracterizado como um recurso básico, 2,4 bilhões de pessoas no mundo vivem sem esgoto sanitário, e cerca de 1 bilhão ainda realizam suas necessidades fisiológicas a céu aberto, apresentando um foco contínuo de doenças e contaminação de águas (ONU, sem ano). No Brasil, o saneamento básico é um direito do povo, definindo pela Lei nº.11.445/2007, contudo, até o ano do presente estudo, 100 milhões de brasileiros ainda não possuem acesso a ele (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, sem ano).

A principal companhia de saneamento que atende o Estado do Paraná é a Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar). Segundo o relatório de esgotamento sanitário ambiental municipal de 2017, da Agência Nacional de Águas (ANA), Pontal do Paraná apresenta apenas uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), localizada no balneário de Ipanema. Dados relatam que a taxa de mortalidade infantil vem diminuindo ao longo dos anos nas praias paranaenses, mas

é necessário um maior investimento em saneamento básico para melhores condições de vida (CANAVESE; POLIDORO 2013).

No Brasil, as cidades litorâneas são constantemente afetadas pela poluição proveniente do despejo irregular de efluentes (VIEIRA, 2000).

Devido a serem regiões de transição entre terra e mar, as praias arenosas sofrem inúmeras influências de ambos ambientes. As regiões superficiais de solos arenosos até 20 cm de profundidade são povoadas quase que exclusivamente por bactérias (RHEINHEIMER, 1969 e 1977 apud VIEIRA, 2000), e nos últimos anos, com o aumento descontrolado de poluição, tem havido uma preocupação com a contaminação das areias das praias, que podem conter micro-organismos e parasitas patogênicos ao meio ambiente e seres humanos (VIEIRA, 2000).

3.3 CONAMA

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é um órgão consultivo deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA). Foi fundado em 2 de setembro de 1981, é regulamentado pela Lei 6.938/81, detalhado de forma mais específica pelo Decreto 99.274/90, e ainda pelo seu Regimento Interno Nº452/2011. O CONAMA é presidido pelo Ministro de Estado do Meio Ambiente, que atualmente (2022) está sob o comando de Joaquim Álvaro Pereira Leite. Presta assessoria e propõe ao conselho de governo parâmetros jurídicos e técnicos, promovendo o uso adequado de políticas ambientais através de moções, recomendações e de resoluções que, apesar de não serem leis, são instrumentos normativos com maior incidência prática dentro do direito ambiental (Ministério do Meio Ambiente – MMA). As reuniões do CONAMA ocorrem a cada três meses e são públicas e abertas a toda a sociedade (Ministério do Meio Ambiente – MMA).

3.3.1 Resoluções CONAMA Nº274/2000 e Nº357/2005

A Resolução Nº274 do CONAMA, entrou em vigor em 2000, e tem por finalidade definir os critérios de balneabilidade em águas brasileiras, enquanto a Resolução Nº357, que entrou em vigor em 2005, tem como finalidade classificar os

corpos de água, enquadrá-los, e ainda, estabelecer as condições e padrões de lançamento de efluentes.

O principal objetivo de ambas é viabilizar a qualidade da água para as atividades humanas. Com isso, os corpos de água doce, salobra e salina são classificados pela Resolução CONAMA 357/2005, a qual foi complementada e alterada pelas Resoluções N°397/2008 e N°430/2011. Já a Resolução 274/2000 do CONAMA classifica as águas, de acordo com as quantidades de coliformes termotolerantes, *E. coli* ou *Enterococcus* sp. em: especiais, muito boas, boas e insatisfatórias para a balneabilidade.

Apesar destas normas e controles de água, ainda existe uma precariedade de estudos de coliformes em sedimentos marinhos. Estudos como os de Santos, Kolm, Sautter (2008), Miquelante, Kolm (2011), Andraus, Pimentel e Dionísio (2013), Lesreck et al (2016) e de César (2020 - dados não publicados) comprovam a informação de que o sedimento de várias praias está contaminado por micro-organismos indicadores de poluição.

3.3.2 Demais resoluções

Apesar de insistentes buscas, somente foi encontrada uma resolução específica de *Escherichia coli* na praia, para o Município do Rio de Janeiro. Segundo a Resolução da Secretaria do Município do Meio Ambiente – SMAC N°468/10, não é recomendado o contato com a areia quando encontrados valores superiores a 3.800 unidades formadoras de colônias de *E. coli* por 100g de sedimento.

3.4 BACTÉRIAS

Estes organismos são seres unicelulares e procariontes, que medem cerca de 0,2 a 1,5 µm de comprimento. São encontradas no solo, na água, no ar, nas plantas, nos humanos e em diversos outros seres. Possuem quatro tipos de morfologia fundamentais: cocos (pequenas esferas), bacilos (bastonetes retos), vibriões (bastonetes curvos) e espirilos (em forma de hélice), e também, podem ser diferenciadas de acordo com a coloração de Gram, sendo Gram-negativas ou Gram-positivas (LEVINSON, 2010; BIER, 1963). As bactérias Gram-positivas apresentam

coloração violeta, depois de corados, enquanto as Gram-negativas apresentam, depois de corados, coloração rosada (LEVINSON, 2010; BIER, 1963).

Algumas bactérias são autotróficas e outras heterotróficas. As autotróficas são capazes de produzir seu próprio alimento, seja pela quimiossíntese ou fotossíntese, enquanto as heterotróficas oxidam substratos orgânicos e inorgânicos, para a obtenção do alimento (PFENNIG, 1967; KIRCHMAN, 1994). Ainda, existem as anaeróbicas, que não crescem na presença de oxigênio, aeróbicas, obrigatoriamente necessitam de oxigênio, e facultativas, que não precisam de oxigênio, mas se desenvolvem na presença dele. Algumas bactérias são capazes de produzir esporos bacterianos (LEVINSON, 2010; BIER, 1963).

As bactérias são organismos extremamente importantes em nosso planeta. São elas responsáveis pela ciclagem de nutrientes, fixação de nitrogênio, tornam o solo mais fértil, participam de diversos ciclos de elementos, e além de todos estes, e outros benefícios na natureza, ainda são utilizadas na fabricação de bebidas, como vinho, alimentos, como iogurte, e diversos fármacos para o melhoramento de nossa saúde. Apesar de seus benefícios, também podem ser causadoras de diversas doenças, quando patógenas, sendo as responsáveis pela tuberculose, sífilis, cólera, etc... (CORRALES et al., 2015; PONTARA, 2010).

3.4.1 Coliformes

Os coliformes são subdivididos em: coliformes totais, coliformes termotolerantes, *Escherichia coli* e *Enterococcus* sp. (COHEN; SHUVAL, 1973).

Os coliformes totais são bacilos Gram-negativos, aeróbicos e anaeróbicos facultativas (YOUN-JOO; KAMPBELL; BREIDENBACH, 2002). Fermentam a lactose com a produção de gás a 35-40°C de 24-48 horas e ainda podem realizar reação com a enzima β – galactosidase. Neste grupo estão presentes diversos gêneros, sendo os maiores representantes a *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter* (FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE, 2013).

Os coliformes termotolerantes (antigamente também conhecidos como coliformes fecais) são classificados segundo a Resolução CONAMA N°274/2000, Art. 1º como:

- d) coliformes fecais (termotolerantes): bactérias pertencentes ao grupo dos coliformes totais caracterizadas pela presença da enzima

β -galactosidade e pela capacidade de fermentar a lactose com produção de gás em 24 horas à temperatura de 44-45°C em meios contendo sais biliares ou outros agentes tensoativos com propriedades inibidoras semelhantes. Além de presentes em fezes humanas e de animais podem, também, ser encontradas em solos, plantas ou quaisquer efluentes contendo matéria orgânica.

A *Escherichia coli* está presente no trato gastrointestinal inferior dos organismos homeotérmicos, possuindo alguns de seus sorotipos causadores de diversas infecções tais como: infecção urinária, apendicite, peritonite, gastroenterite infantil (YOUN-JOO; KAMPBELL; BREIDENBACH, 2002). Por ser exclusivamente de origem fecal, e sobreviver por um tempo limitado fora do organismo, é um grande indicativo de contaminação sanitária recente (YOUN-JOO; KAMPBELL; BREIDENBACH, 2002). A transmissão ocorre de forma oral e fecal normalmente pelo consumo de água e comida contaminada. Pode ainda ser transmitida por sedimentos, já que neles podem ser encontradas grandes quantidades de matéria orgânica, o que leva à sua associação com bactérias (SILVA, 2014; WHITMAN, NEVERS, 2003). É classificada pela Resolução CONAMA N°274/2000, Art. 1º como:

e) bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae, caracterizada pela presença das enzimas β -galactosidade e β -glicuronidase. Cresce em meio complexo a 44-45°C, fermenta lactose e manitol com produção de ácido e gás e produz indol a partir do aminoácido triptofano. A *Escherichia coli* é abundante em fezes humanas e de animais, tendo, somente, sido encontrada em esgotos, efluentes, águas naturais e solos que tenham recebido contaminação fecal recente.

O gênero *Enterococcus* é um grupo de bactérias anaeróbicas facultativas e comensais do aparelho digestivo e urinário (SACRAMENTO, 2015). Pertencem a ordem *Lactobacillales* e a família *Enterococcaceae*, possuem uma grande resistência, sobrevivendo em pH alcalino e alta salinidade, além de realizarem reação com agentes antissoro do grupo D de Lancefield. Atualmente existem 29 espécies. Podem produzir diversas infecções, tais como endocardite e infecções urinárias, e as duas espécies mais comuns, responsáveis pela grande maioria das infecções enterocócicas, são o *E. faecalis* e o *E. faecium* (SILVA, 2014; PORTE, et

al. 2007; SANTOS, SOUZA, COSTA, 2004). São classificados segundo a Resolução CONAMA Nº274/2000, Art. 1º como:

f) bactérias do grupo dos estreptococos fecais, pertencentes ao gênero *Enterococcus* (previamente considerado estreptococos do grupo D), o qual se caracteriza pela alta tolerância às condições adversas de crescimento, tais como: capacidade de crescer na presença de 6,5% de cloreto de sódio, a pH 9,6 e nas temperaturas de 10° e 45°C. A maioria das espécies dos *Enterococcus* são de origem fecal humana, embora possam ser isolados de fezes de animais.

3.5 RAIOS ULTRAVIOLETAS EM BACTÉRIAS

As bactérias presentes na água e no sedimento são afetadas por diversos elementos como a matéria orgânica, capacidade de retenção de umidade, temperatura, água, luz solar, entre outros (MUELA, GARCÍA-BRINGAS, ARANA, 2000; WHEELER ALM, BURKE, SPAIN, 2003. apud ANDRAUS, PIMENTEL, DIONÍSIO, 2013).

Os raios ultravioletas possuem seu comprimento de onda entre 100 e 400 nm. Dentre esses comprimentos, os raios podem ser subdivididos em um tipo específico. O raio ultravioleta A (UV-A) está entre 315 a 400 nm, e normalmente é o responsável pelas mudanças na pele humana; o raio ultravioleta B (UV-B) tem comprimento de ondas entre 280 e 315 nm, e é o responsável pelas queimaduras e possíveis cânceres de pele; o raio ultravioleta C (UV-C) está entre 200 a 280 nm, e é nesta faixa que ocorre a inativação de micro-organismos (COUTO, et al., 2021).

A radiação ultravioleta (UV), proveniente do sol, é uma radiação natural de aproximadamente 220 nm, que penetra no corpo das bactérias, atingem os ácidos nucleicos, alterando o seu código genético e gerando reações fotoquímicas que impossibilita a reprodução, e conseqüentemente, a morte destes organismos (WOJTENKO, STINSON, FIELD, 2001; WISBECK, et al., 2011). A mortalidade das bactérias também está associada à espécie, a quantidade de exposição a estes raios, e à dose disposta de acordo com as características presentes no dia, como sol, neblina e chuva. Por apresentarem esta característica, desde os anos 1990,

raios ultravioletas têm sido utilizados para inativar micro-organismos presentes em águas contaminadas (WISBECK, et al., 2011; BARBOSA, 2016).

Apesar de ser considerado uma forma de mortalidade das bactérias, alguns trabalhos como os de Whitman; Nevers (2003) e Vieira et al. (2015), afirmam que os sedimentos, além de fornecer matéria orgânica para os organismos, ainda servem como forma de proteção para os mesmos, visto que ocorre dificuldade de penetração destes raios, em maiores profundidades do sedimento.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O litoral do Paraná (FIGURA 1B), localizado no sul do Brasil (FIGURA 1A) possui 90 quilômetros de extensão e é dividido em sete municípios (Guaraqueçaba, Antonina, Morretes, Guaratuba, Paranaguá, Matinhos e Pontal do Paraná).

Nas duas extremidades do arco praial paranaense existem duas grandes baías, o Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e a Baía de Guaratuba, que distribuem constantemente grande aporte de sedimentos para a região (ALVES; LAMOUR, 2011).

Segundo a Organização Não Governamental SOS Mata Atlântica, restam apenas 12,4% da floresta que existia originalmente, e a maior parte desta riqueza natural está presente no litoral do Paraná. De acordo com a Secretaria do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo, do Paraná, o litoral é o berço da colonização, apresentando diversos pontos turísticos históricos, ilhas, comunidades tradicionais e manguezais, e ainda possui um dos maiores portos do Brasil, localizado em Paranaguá.

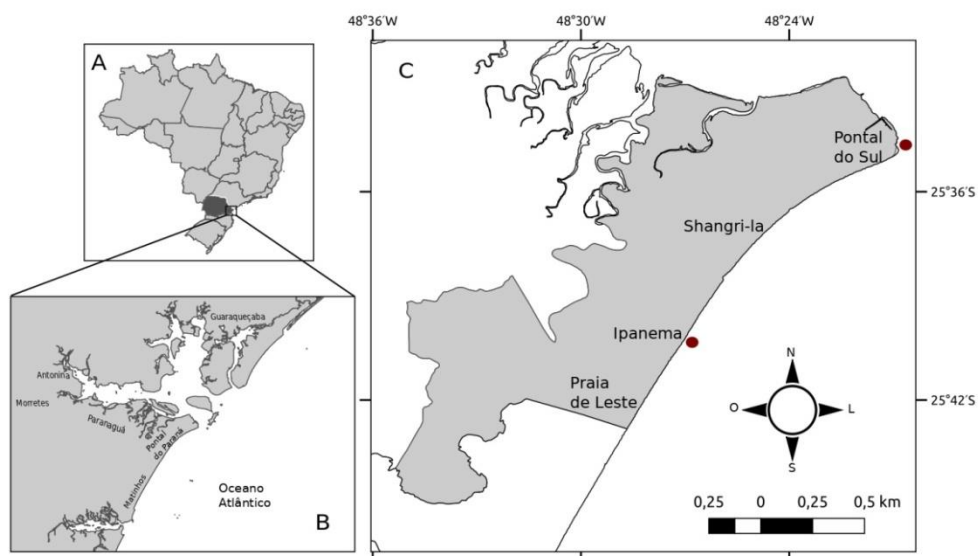
Finalmente, em 50 quilômetros existem uma série de balneários. Os mais importantes são Guaratuba, Caiobá, Matinhos, Praia de Leste, Ipanema e Pontal do Sul.

O município de Pontal do Paraná (FIGURA 1C) confronta ao Sul com o município de Matinhos, a Oeste com o Município de Paranaguá e a Leste e Norte é banhado pelo Oceano Atlântico, sendo a norte pela Baía de Paranaguá. Segundo o IBGE (2019) apresenta um território de 200,410 Km² e uma população estimada de 27.915 pessoas. O clima da planície costeira paranaense, segundo a classificação de Koeppen, é tipo Cfa (Clima Subtropical Úmido - Mesotérmico), com média do mês mais quente superior a 22°C e no mês mais frio inferior a 18°C, sem estação seca definida, verão quente e geadas menos frequentes (VANHONI; MENDONÇA, 2008). A atmosfera do litoral do Paraná é controlada, na maior parte do ano, pelo Anticiclone do Atlântico Sul, sendo que as massas polares são mais atuantes no inverno e a tropical atlântica no verão (VANHONI; MENDONÇA, 2008).

De acordo com a Prefeitura Municipal de Pontal do Paraná, 23 Km das praias do Paraná, com 48 diferentes balneários, são pertencentes a este município. A economia deve-se principalmente ao turismo veranista, que emprega grande porcentagem da população, e durante o ano outras atividades regionais comemorativas, como a Festa da Tainha e a Festa do Camacho (Prefeitura Municipal de Pontal do Paraná, sem ano). Os balneários mais importantes de Pontal do Paraná são Praia de Leste, onde está localizada a prefeitura, Ipanema, com muito comércio, e Pontal do Sul, onde está localizada a Câmara Municipal. Em Pontal do Sul há também o ponto de saída de barcos para a Ilha do Mel e outras regiões do complexo estuarino.

Dentre os balneários pertencentes ao município de Pontal do Paraná, foram escolhidos, para este trabalho, o de Ipanema e o de Pontal do Sul (FIGURA 1C), visto que os dois recebem uma grande quantidade de turistas no verão, e suas praias apresentam diferentes características. Ipanema está localizada entre Praia de Leste e Pontal do Sul. É um balneário com praia exposta, recebendo grande ação direta das ondas. Pontal do Sul é o último balneário do município, e se encontra ao sul do Complexo Estuarino de Paranaguá. É protegida pela ação direta das ondas, devido às ilhas do Mel e da Galheta em sua frente.

FIGURA 1 - A) Mapa do Brasil; B) Litoral do Paraná; C) Município de Pontal do Paraná, com os pontos de coleta Ipanema e Pontal do Sul.



Fonte: a autora (2022).

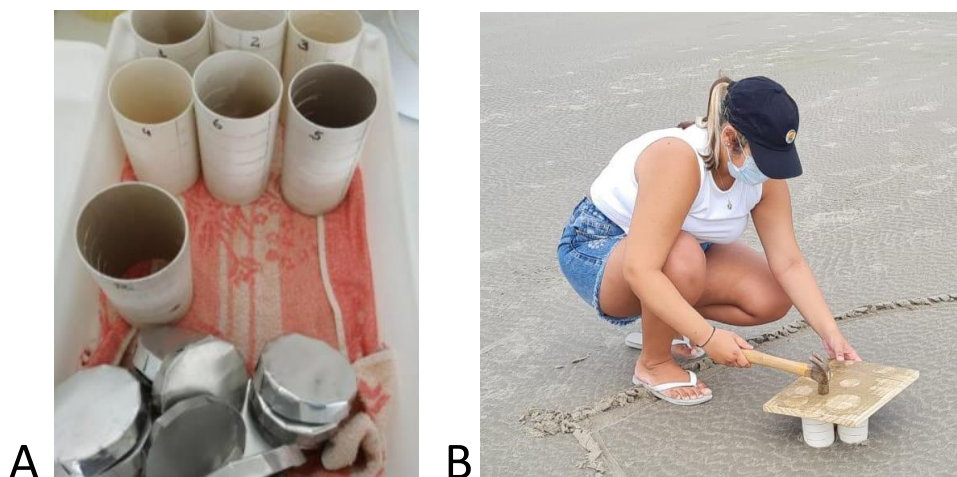
4.2 COLETA

As amostras de sedimento foram coletadas no inverno de 2021 e verão de 2022, em triplicata, na região entre-marés dos balneários de Ipanema e Pontal do Sul. A região entre-marés é uma faixa litorânea que ocorre entre a maré mais alta e a maré mais baixa do local, onde ocorre a deposição de matéria orgânica (SUGUIO, 1992 apud MIQUELANTE, 2007).

Todas as coletas foram feitas em finais de vazante ou baixa-mares de sizígia, em dias sem chuva. Os horários foram escolhidos de acordo com as tábuas de marés da Barra de Paranaguá – Canal da Galheta, disponibilizadas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN).

Para tanto, foram utilizados corers de material de PVC, com 12 cm de altura, e semi recortados a cada 2 cm (FIGURA 2A). Tais corers foram ajustados um ao lado do outro (FIGURA 2B) em local com o mínimo possível de contato humano ou animal (sem pegadas). Eles foram afundados no sedimento e, com auxílio de uma cortadeira, retirados do local. Após a coleta, foram tampados em ambas extremidades com tampas de alumínio para evitar a perda de sedimento durante o transporte.

FIGURA 2 - A) Corers utilizados para a coleta; B) Coleta das amostras de verão (2022).



Fonte: Figura 2A César (2020) (Não publicado), Figura 2B Kolm (2022).

No campo foi medido ainda, com um luxímetro, a intensidade da luz solar e com termômetro tipo espeto, a temperatura do sedimento superficial, e coletadas amostras de água intersticial para análises de salinidade e pH, em triplicata. Todas as amostras foram levadas ao Laboratório de Microbiologia Ambiental e Marinha do Campus Pontal do Paraná – Centro de Estudos do Mar, em caixas de isopor contendo gelo.

Cada amostra recebeu um nome específico de acordo com local, estação e profundidade em que foram coletados. As amostras coletadas em Pontal do Sul receberam a letra “P”, enquanto as de Ipanema receberam a letra “I”. A coleta no inverno recebeu a letra “I”, e a do verão, a letra “V”. Quanto à profundidade, as amostras foram separadas em “A”, “B”, “C”, “D” e “E”, onde a letra “A” é a camada mais superficial, e a letra “E” a mais profunda (Exemplo: I-PA, coleta realizada no inverno, em Pontal do Sul, na superfície do sedimento).

4.3 ANÁLISES LABORATORIAIS

No laboratório, todas as amostras de sedimento foram divididas nos 2 cm já pré-recortados nos corers, e cada alíquota foi acondicionada em placa de Petri de vidro (FIGURA 3). Em seguida cada uma das amostras de sedimento foi dividida para as respectivas finalidades: 5 cm³ para a obtenção do peso seco, 15 cm³ para as análises de coliformes totais e *Escherichia coli*, 15cm³ para a análise de *Enterococcus* sp. e o restante para as análises sedimentológicas. De cada alíquota de sedimento foram feitas análises de granulometria, matéria orgânica, carbonato de cálcio, coliformes totais, *Escherichia coli* e *Enterococcus* sp.

FIGURA 3 - Amostras de sedimento sendo separadas e colocadas em placas de Petri



. Fonte: Ishii (2020).

4.3.1 Salinidade e pH

Para a obtenção dos valores de salinidade (medida com refratômetro marca QA Supplies, LCC, modelo MT-100 ATC) e pH (peagâmetro portátil digital marca ION, modelo PHP-500.) foram coletadas amostras de água intersticial.

4.3.2 Peso seco do sedimento

Para a obtenção do peso seco do sedimento, foi retirada uma sub-amostra de 5 cm³, acondicionada em placa de Petri previamente pesada, pesado novamente e mantido em estufa por 72 horas em temperatura de 60°C para secagem do material. Após as 72 horas (peso constante), as amostras foram novamente pesadas, para a obtenção do valor do sedimento seco com a placa de Petri em gramas e, por diferença de peso, foi calculado o peso seco da amostra em gramas e em centímetros cúbicos.

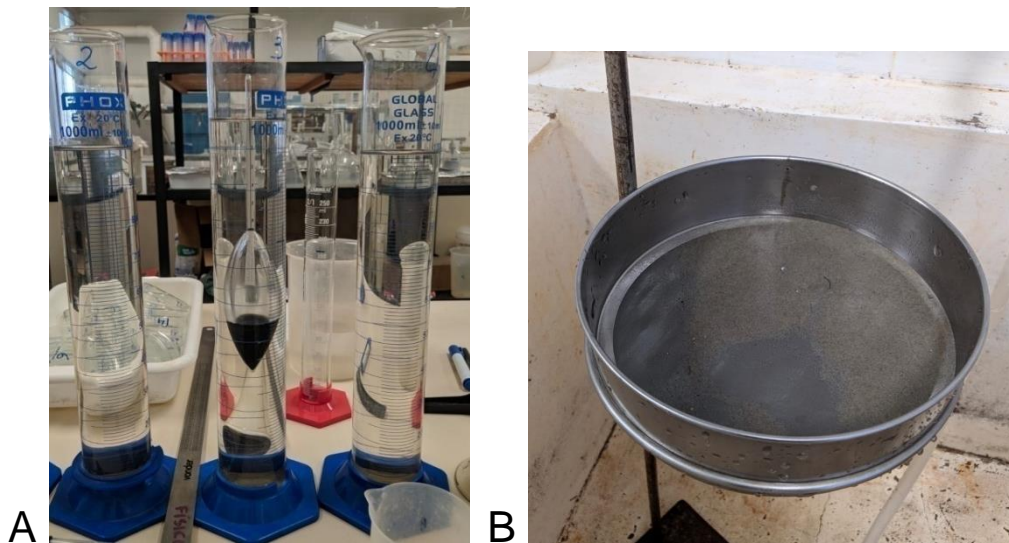
4.3.3 Granulometria

As análises granulométricas foram realizadas no Laboratório de Física dos Solos, no Setor de Ciências Agrárias, na Universidade Federal do Paraná. Nesta análise, foi utilizado o método de Hidrômetro de Bouyoucos, descrito por Gee, Bauder (1986).

Primeiramente, foram separadas 50 g de cada amostra, e levadas para uma estufa de secagem à 60°C por 12h. Após a secagem, as amostras foram novamente pesadas e separadas 40 g para de fato iniciar a granulometria. Devidamente pesadas, as amostras foram acondicionadas em potes de vidro de aproximadamente 400 mL para agitação, junto à 200 mL da solução dispersante Calgon (4 g L⁻¹ de NaOH + 10g L⁻¹ de hexametáfosfato de sódio). As amostras foram agitadas em mesa agitadora, com 400 rpm, por 16h. Após a agitação, o conteúdo foi colocado em provetas de 1000 mL, completado o volume com água, e homogeneizado. A primeira leitura foi feita com o Densímetro de Bouyoucos (FIGURA 4A) 40s após este processo. Enquanto a segunda leitura, feita 2h após este processo.

Para os resultados de tamanho de grãos, as provetas com o conteúdo foram despejadas em uma peneira de malha 0,53 mm (FIGURA 4B), da marca BERTEL, lavadas com água destilada, acondicionadas em placas de Petri, e levadas novamente para uma estufa de secagem à 60 C por 12h. Após este processo, as amostras foram novamente pesadas e despejadas em uma nova peneira, de malha 0,2 mm, da marca DIN. Os resultados foram obtidos através da comparação dos pesos das amostras antes e depois das análises de granulometria e peneiramento.

FIGURA 4 - A) Densímetro de Bouyoucos em provetas de 1000 mL, para a análise de argila e silte; B) Peneira de malha 0,53 mm, para a separação de areia fina e grossa.



Fonte: a autora (2022).

4.3.4 Matéria orgânica e carbonato de cálcio

As análises de matéria orgânica e carbonato de cálcio (CaCO_3), foram realizadas no Laboratório de Oceanografia Geológica (LOGeo), do Campus Pontal do Paraná - Centro de Estudos do Mar da UFPR.

Das alíquotas separadas, foram utilizadas parcelas de aproximadamente 10 g de sedimentos secos para as análises. Estas parcelas foram pesadas para conhecimento da quantidade exata, depois levadas em copos de Becker de 50 ml a exaustores, para serem submetidos ao ataque químico com ácido clorídrico (HCl) a 10% para os carbonatos, e peróxido de hidrogênio (H_2O_2) 30 vols. para matéria orgânica (FIGURA 5). Após o ataque, as amostras permaneceram duas horas em descanso. Depois foram passadas em papel filtro 21mm previamente pesados, e levados para a secagem em uma estufa a 60°C , para que, através da comparação dos pesos secos das amostras antes e depois das reações químicas, fosse obtida a quantificação destes teores, como descrito por Gross (1971), e adaptado para tal estudo. Finalmente, todos os resultados foram calculados em centímetros cúbicos.

FIGURA 5 - Ataque químico de ácido clorídrico e peróxido de hidrogênio nas amostras de sedimento.



Fonte: Nauck (2022).

4.3.5 Análises microbiológicas no sedimento

Para as análises de coliformes totais, *Escherichia coli* e *Enterococcus* sp., em sedimento, foram separadas duas sub-amostras de 15 cm³ cada, acondicionadas em dois Erlenmeyers de 250 mL previamente pesados e autoclavados. Os Erlenmeyers foram pesados novamente com o sedimento, e a cada um, adicionados 135 mL de água destilada autoclavada. Os frascos foram agitados a 200 rpm por 15 minutos (FIGURA 6), e mantidos em repouso por 10 minutos para a decantação do sedimento, seguindo, em linhas gerais, a metodologia descrita por Santos; Kolm; Sautter (2008), adaptado para o presente estudo.

FIGURA 6 - Erlenmeyers sendo agitados a 200 rpm.



Fonte: a autora (2022).

Após este processo, 100 mL do líquido sobrenadante foram transferidos para outros dois Erlenmeyer, também de 250 mL (FIGURA 7) e, em um foi adicionado um flaconete de meio de cultivo Colilert para crescimento de coliformes totais e *E. coli* e no outro um flaconete de Enterolert para *Enterococcus* sp. O conteúdo foi vertido em cartelas que foram seladas e levadas a estufas a 36°C por 18 horas e 41°C, por 24 horas, respectivamente.

FIGURA 7 - Preparação dos Erlenmeyers para serem vertidos em cartelas.



Fonte: a autora (2022).

Para a obtenção do número mais provável (NMP) de coliformes totais, *Escherichia coli* e *Enterococcus* sp. foi realizada a contagem dos campos de coloração amarela no ótico e fluorescente, sob luz ultravioleta de 365 nm (FIGURA 8), com auxílio de uma tabela fornecida pela empresa IDEXX Quanti Tray.

FIGURA 8 - Cartelas recém tiras da estufa, para análise de bactérias em luz ultravioleta.



Fonte: a autora (2022).

4.3.6 Análise dos resultados

A análise dos resultados foi feita através da ANOVA (Análise de Variância) e do PCA (Análise dos Componentes Principais) utilizando o pacote estatístico Estatística 10.0.

A ANOVA tem como objetivo comparar médias das diferentes amostras para verificar se essas amostras possuem médias iguais ou não. Além de analisar o desvio-padrão. A PCA é utilizada para analisar as relações entre diferentes variáveis, e explicar as variáveis através de componentes.

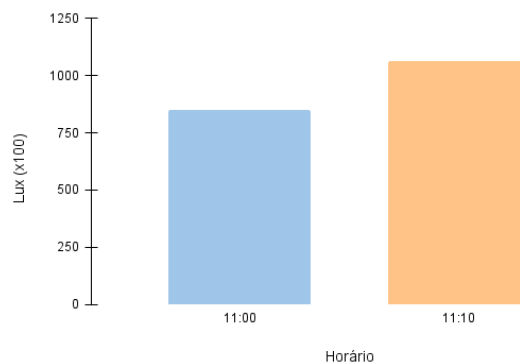
5 RESULTADOS

5.1 PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS

5.1.1 Lux

A partir dos resultados da intensidade luminosa encontrados (FIGURA 9), foi possível observar uma maior incidência dos raios solares na coleta realizada no verão, onde, às 11 horas e 10 minutos da manhã, a intensidade chegou a 1062 lux (x100). Enquanto no inverno, a intensidade observada de lux, às 11h, chegou a 850 lux (x100).

FIGURA 9 - Incidência dos raios solares, em lux, analisados nos meses de inverno e verão.



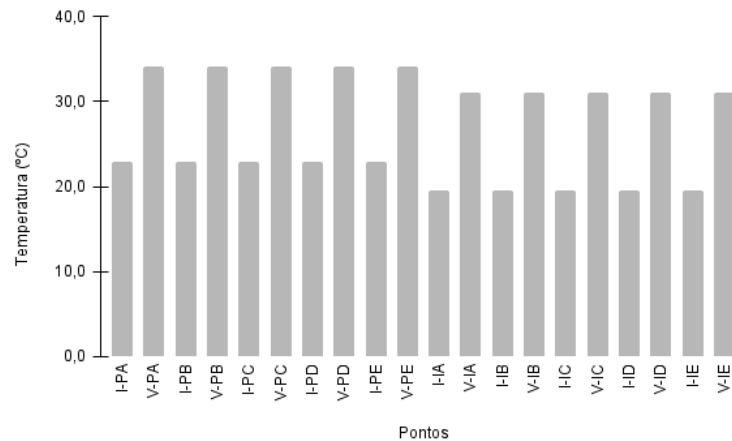
Fonte: a autora (2022).

5.1.2 Temperatura

A partir da FIGURA 10 e dos ANEXO I e II, é possível observar a diferença entre as temperaturas médias de inverno e verão. A temperatura na coleta realizada no período de inverno (2021) variou entre 19,5°C e 23°C, onde Ipanema representou as temperaturas levemente mais baixas quando comparadas às encontradas em Pontal do Sul.

No verão (2022), essa característica se repetiu. As temperaturas encontradas no balneário de Ipanema, novamente foram relativamente menores das encontradas em Pontal do Sul. A temperatura entre os pontos variou de 31°C e 34°C.

FIGURA 10 - Temperatura média coletada em campo.



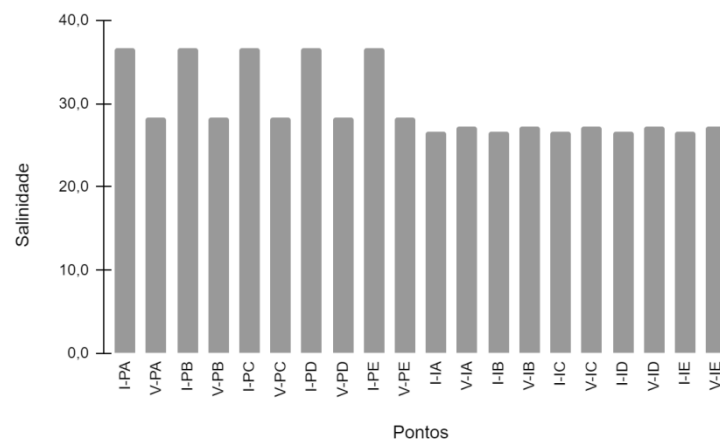
Fonte: a autora (2022).

5.1.3 Salinidade e pH

A salinidade (FIGURA 11) analisada no inverno, foi mais elevada quando comparada às amostras de verão. O valor de salinidade de inverno, coletadas em Pontal do Sul foram mais altos que as demais, sendo de 36,7 o valor máximo, e 28,3 o mínimo.

Nas amostras coletadas em Ipanema, os valores de verão foram levemente mais altos, sendo a média máxima de salinidade de 27,3, enquanto a mínima foi de 26,7.

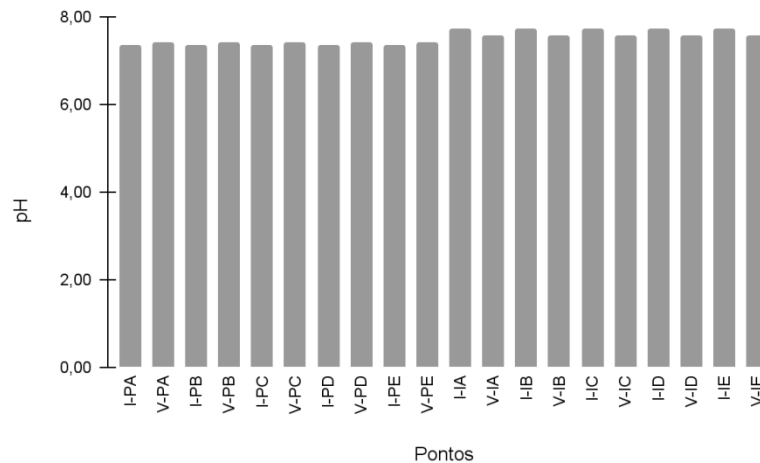
FIGURA 11- Salinidade média analisada em laboratório.



Fonte: a autora (2022).

Quanto ao pH (FIGURA 12), os maiores valores, de uma maneira geral, foram encontrados na praia de Ipanema, tanto no verão, quanto no inverno. O maior valor de pH nesta praia foi de 7,72, no inverno, e o menor foi de 7,58, no verão. Em Pontal do Sul os valores variaram entre 7,42 no verão, e 7,36 no inverno.

FIGURA 12 - pH médio analisado em laboratório.



Fonte: a autora (2022).

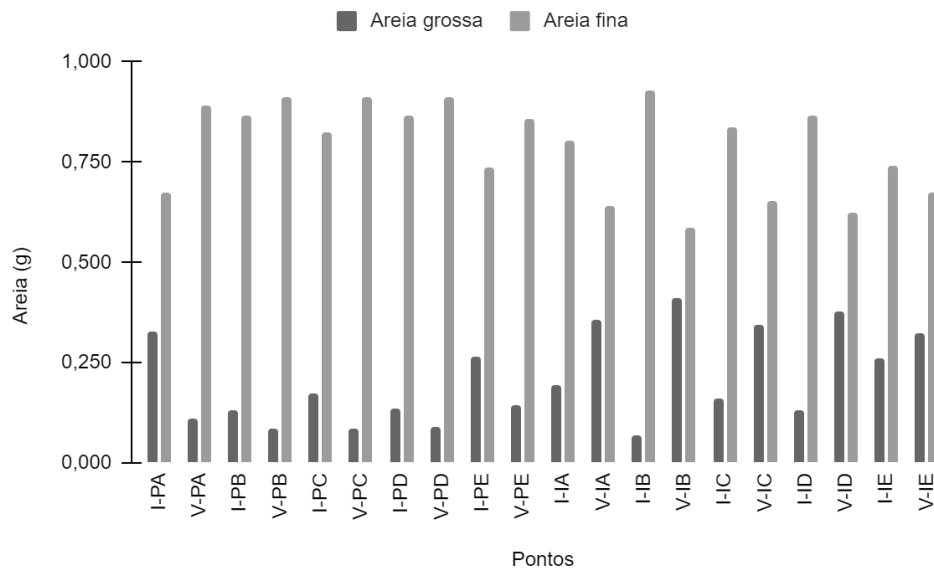
5.2 ANÁLISES SEDIMENTOLÓGICAS

5.2.1 Granulometria

Em nenhuma das amostras analisadas foi encontrada argila ou silte.

Na figura 13, é possível observar maiores teores de areia fina, em ambos os pontos. Na praia de Ipanema, foi possível notar uma maior porcentagem de areia grossa, quando comparada com a quantidade de areia grossa analisada em Pontal do Sul. Além disso, também foi possível observar variações sazonais. Em Ipanema a quantidade de areia grossa foi maior no verão. Ao contrário, em Pontal do Sul sua maior quantidade foi no inverno.

FIGURA 13 - Gráfico em barras representando as médias de areia grossa e fina, em gramas, analisadas nas amostras de inverno (I) e verão (V).



Fonte: a autora (2022).

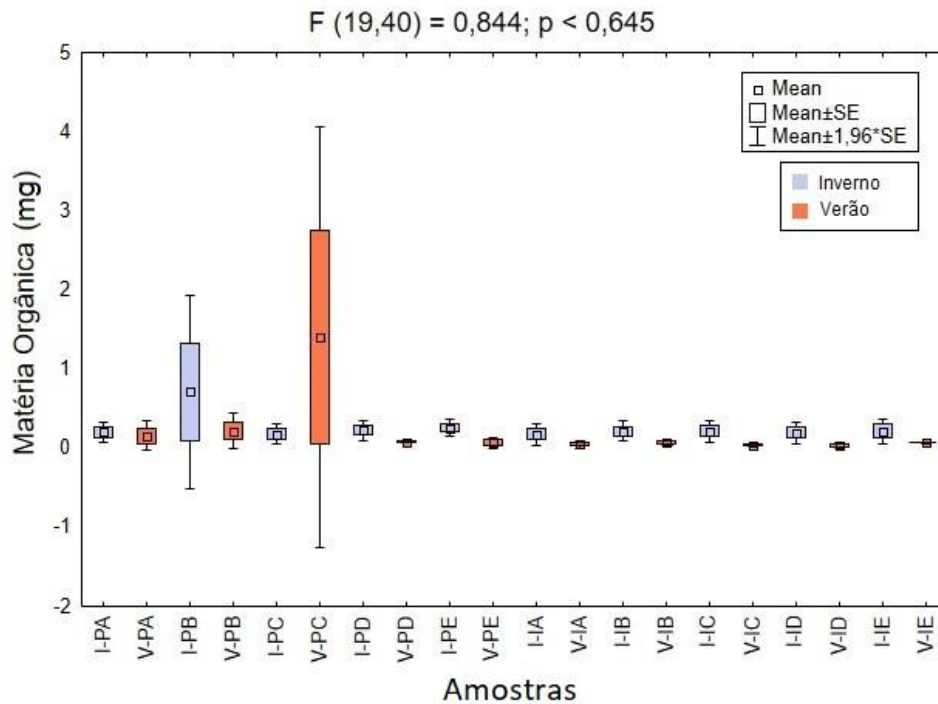
5.2.2 Matéria orgânica e carbonato de cálcio

A FIGURA 14 representa a ANOVA realizada com os valores de matéria orgânica, encontrada nas amostras de sedimento analisadas.

Tanto na coleta realizada no inverno, quanto na coleta realizada no verão, Pontal do Sul teve os maiores valores médios somados de matéria orgânica, com 1,939 mg, em 10 g de sedimento no verão, e 1,591 mg, em 10 g de sedimento, no inverno. Em Ipanema, a soma dos valores médios no verão foi de 0,265 mg, e 1,023 mg, em 10 g de sedimento, no inverno.

Nas profundidades não foram observadas grandes diferenças, entretanto os maiores valores pontuais, foram observados nos pontos I-PB (1,956 mg em 10 g de sedimento) e V-PC (4,118 mg em 10 g de sedimento), e os menores valores nos pontos V-IC (0,040 mg em 10 g de sedimento) e V-ID (0,036 mg em 10 g de sedimento).

FIGURA 14 - ANOVA da matéria orgânica encontrada em cada uma das amostras de sedimento estudadas.



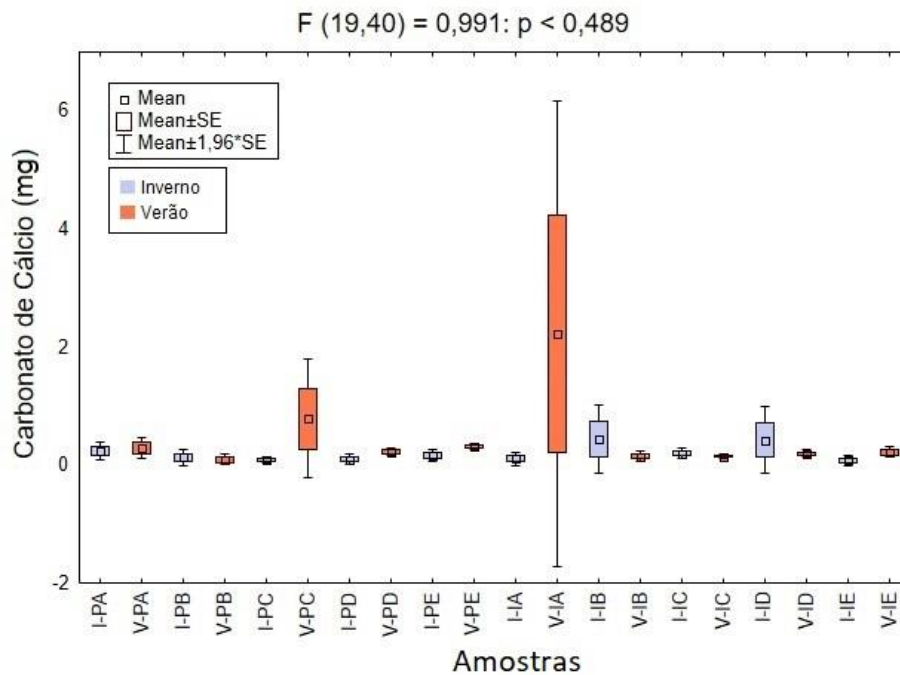
Fonte: a autora (2022).

Na FIGURA 15 pode ser observada a ANOVA do carbonato de cálcio (CaCO_3).

Os menores valores totais das somas das amostras, tanto na coleta de inverno (0,732 mg em 10 g de sedimento), quanto na coleta de verão (1,704 mg e 10 g de sedimento) foram registrados em Pontal do Sul. Já em Ipanema, os valores foram de 1,250 mg (em 10 g de sedimento) no inverno, e 2,927 (em 10 g de sedimento), no verão.

As profundidades não tiveram diferenças significativas entre si, porém, os pontos V-PC e V-IA foram os pontos com maiores quantidades de CaCO_3 , com 0,786 mg e 2,218 mg (em 10 g de sedimento), respectivamente.

FIGURA 15 - ANOVA do carbonato de cálcio (CaCO_3) encontrado em cada uma das amostras de sedimento estudadas.



Fonte: a autora (2022).

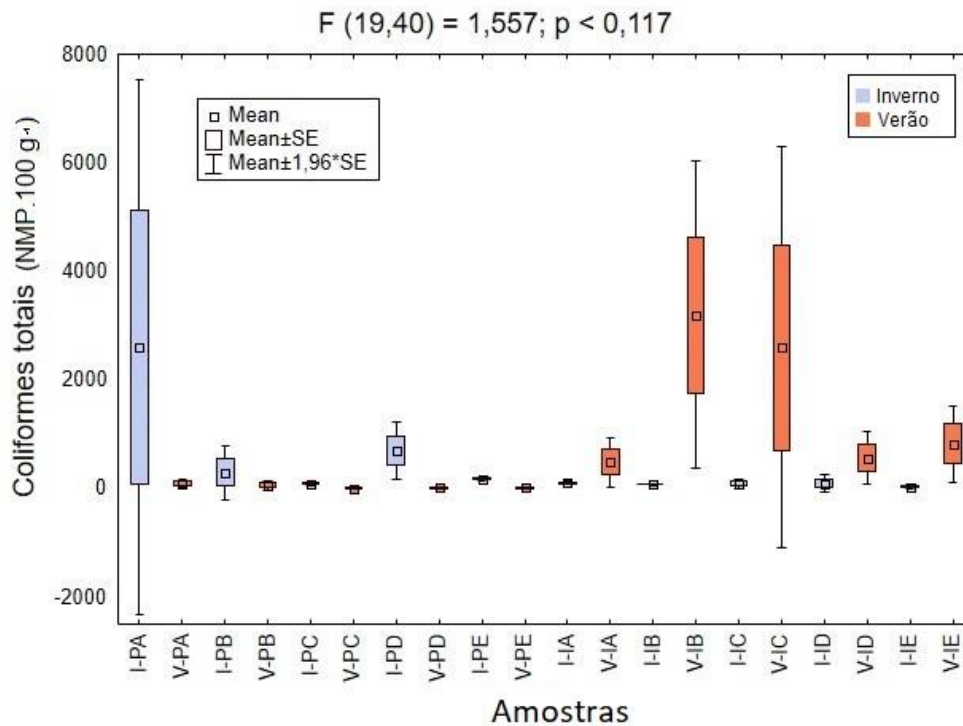
5.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

5.3.1 Coliformes totais

Com a soma dos valores médios de ambos os pontos, em cada estação, é possível observar uma maior quantidade de coliformes no verão, com 7.863 NMP.100 g⁻¹.

Em Pontal do Sul, os valores de coliformes totais foram significativamente mais elevados no inverno. O maior valor médio destes micro-organismos (2.607 NPM.100 g⁻¹) pode ser observado na amostra I-PA. Entretanto, no verão, o valor médio de coliformes totais encontrados na praia de Pontal do Sul foi de 197 NPM.100 g⁻¹, menor que o de Ipanema. No balneário de Ipanema, foram registrados valores altos destes micro-organismos nas amostras V-IB e VIC no verão (FIGURA 16).

FIGURA 16 - ANOVA dos coliformes totais encontrados em cada uma das amostras de sedimento estudadas.

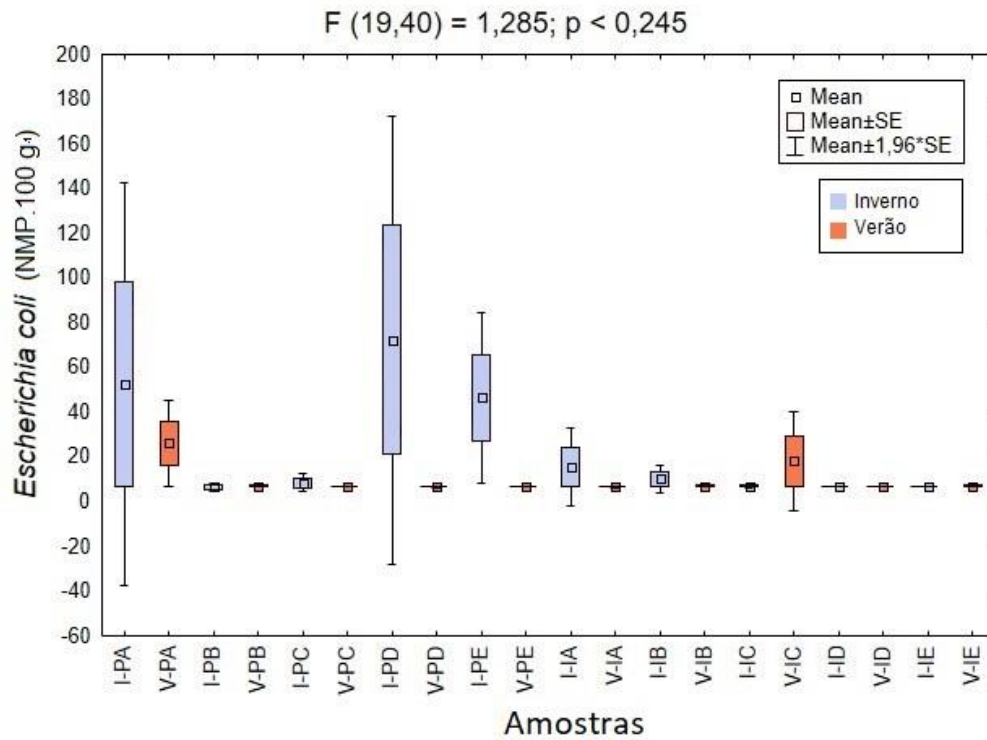


Fonte: a autora (2022).

5.3.2 *Escherichia coli*

Como pode ser observado na figura 17, os maiores valores de *E. coli* foram registrados na amostra I-PD ($72 \text{ NMP.100 g}^{-1}$) seguidos de perto pelos dos sedimentos I-PA ($52 \text{ NMP.100 g}^{-1}$) e I-PE ($46 \text{ NMP.100 g}^{-1}$), todos em Pontal do Sul, no inverno. Os menores valores foram de 6 NMP.100 g^{-1} , nos pontos V-IA, I-IC, I-ID, V-ID e I-IE.

Quantidades menores de *E.coli* foram registradas no verão nas duas praias. Vale a pena destacar quantidades pequenas destes micro-organismos encontrados nas amostras V-PA ($26 \text{ NMP.100 g}^{-1}$), em Pontal do Sul, e V-IC ($18 \text{ NMP.100 g}^{-1}$) em Ipanema.

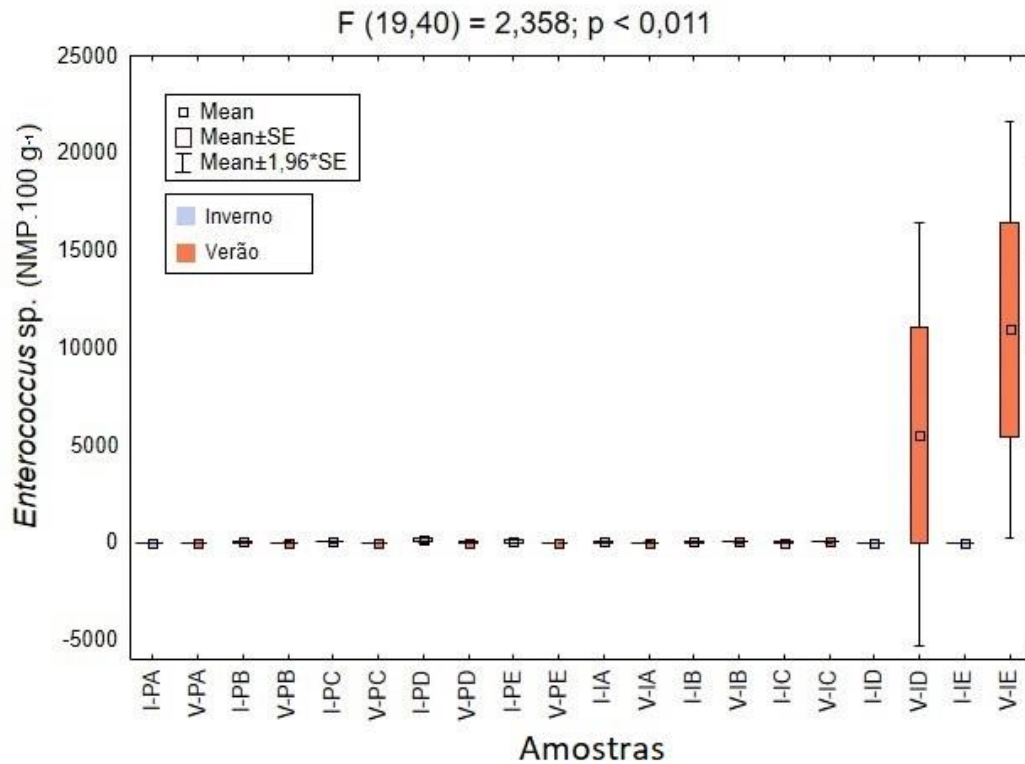
FIGURA 17 - ANOVA da *E.coli* encontrada em cada uma das amostras de sedimento estudadas.

Fonte: a autora (2022).

5.3.3 *Enterococcus* sp.

As maiores quantidades de *Enterococcus* sp., com um máximo de 5.554 NMP.100 g⁻¹ e 10.942 NMP.100 g⁻¹, foram observadas nas amostras V-ID e V-IE, respectivamente, coletadas no verão de Ipanema (FIGURA 18). Neste balneário foram encontrados os maiores valores deste micro-organismo. Entretanto, o ponto I-IE foi o ponto de menor valor, com 6 NMP.100 g⁻¹.

FIGURA 18 - ANOVA de *Enterococcus* sp. encontrado em cada uma das amostras de sedimento estudadas.



Fonte: a autora (2022).

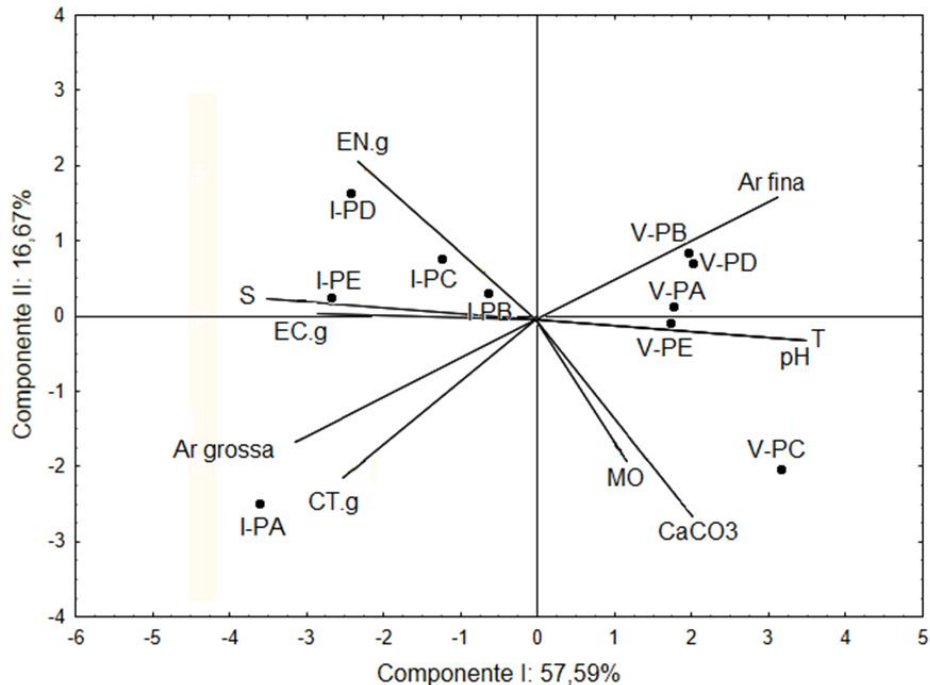
5.4 ANÁLISE DOS COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA)

Dos sedimentos analisados em Pontal do Sul, o primeiro componente de PCA (FIGURA 19) explicou 57,59% da variabilidade total e mostrou uma correlação positiva da temperatura, do pH e da areia fina em todas as amostras coletadas no verão, e negativa destes parâmetros, principalmente na amostra I-PE no inverno. Correlação negativa pode ser observada com a salinidade e as *E. coli*. Vale ressaltar ainda que os maiores valores de salinidade e *E. coli* foram observados nos sedimentos da amostra I-PE.

O segundo componente explicou 16,67% da variabilidade total e mostrou uma correlação positiva com os *Enterococcus* sp. e negativa com o CaCO_3 e a matéria orgânica principalmente na amostra I-PD e, em menor grau na I-PC. Este componente mostrou ainda uma correlação positiva dos coliformes totais na amostra I-PA, todas no inverno.

A amostra I-PB não interferiu na análise.

FIGURA 19 - Análise dos componentes principais (PCA), dos dados coletados em Pontal do Sul.

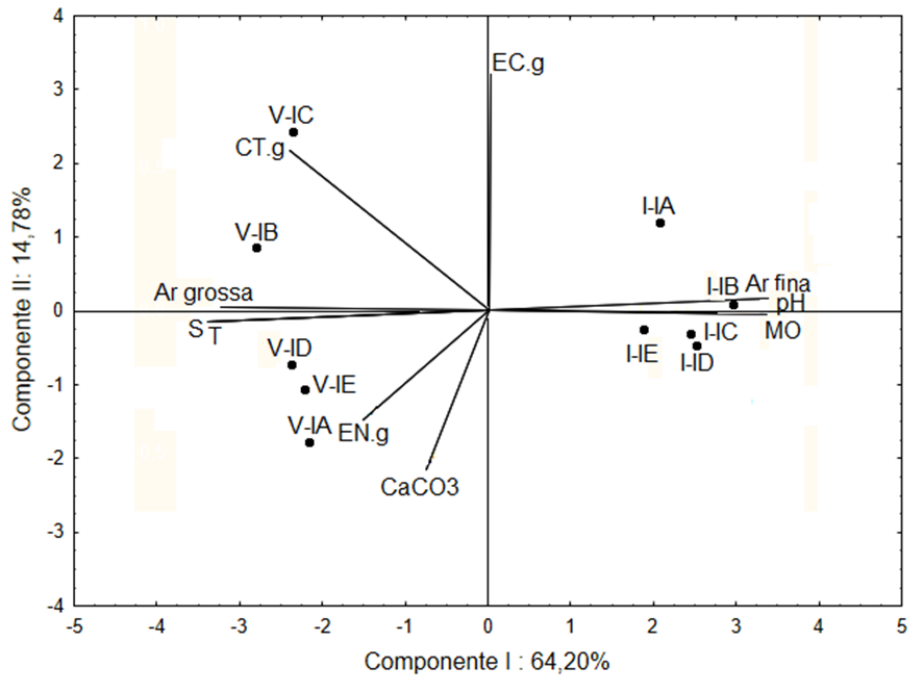


Fonte: a autora (2022).

O primeiro componente da Análise dos Componentes Principais (PCA) efetuada dos parâmetros estudados, tanto no inverno como no verão, na praia de Ipanema (FIGURA 20), explicou 64,20% da variabilidade total. Ele mostrou uma correlação positiva da matéria orgânica, do pH e da areia fina, e uma negativa da salinidade, da temperatura e da areia grossa dos sedimentos de todas as profundidades no inverno. Correlação inversa destes parâmetros pode ser observada nas areias das amostras V-IB, V-ID e V-IE no verão.

O segundo componente explicou 14,78% da variabilidade total e mostrou uma correlação positiva dos *Enterococcus* sp. na amostra V-IA, no verão e negativa nesta mesma amostra no inverno. Os coliformes totais foram mais elevados nos sedimentos V-IC, no verão. Finalmente, a *E. coli* foi mais elevada no ponto I-IA no inverno e V-IC no verão. Correlação negativa ainda pode ser observada da *E. coli* com o CaCO₃.

FIGURA 20 - Análise dos componentes principais (PCA), dos dados coletados em Ipanema.



Fonte: a autora (2022).

6 DISCUSSÃO

A intensidade luminosa e a temperatura foram mais elevados no verão, o que de fato acontece devido a inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao seu plano orbital e o movimento de translação do planeta ao redor do Sol, onde, no Brasil, os meses de verão ocorrem devido ao eixo estar mais inclinado ao hemisfério sul, e nos meses de inverno, estar mais inclinado ao hemisfério norte (REBOITA, et al., 2012). Porém, as coletas foram realizadas em dias ensolarados, e o possível baixo valor da intensidade luminosa no inverno, também pode estar relacionado a passagens de nuvens no momento de coleta. Apesar de terem sido feitas as coletas em horários diferentes, devido à altura da maré, o horário de intensidade luminosa foi padronizado. Nos horários das coletas as intensidades luminosas foram semelhantes nos dois períodos (inverno e verão).

No inverno as salinidades foram maiores nas amostras coletadas em Pontal do Sul, e no verão em Ipanema. De acordo com Lessa, et al. (2009), é comum os valores de salinidade aumentarem no verão, nestas latitudes, devido à elevada taxa de evaporação que ocorre nessa estação, fazendo com que os sais permaneçam em maiores quantidades na água. Entretanto, no inverno, em Ipanema, as amostras de sedimento e água intersticial foram coletadas ao lado de um sangradouro, com água doce proveniente da drenagem de água da chuva continental, o que também pode ter interferido nos resultados da presente pesquisa.

Os valores de pH podem estar relacionados com os de salinidade, visto que, quando as salinidades foram mais altas, o pH foi menor, enquanto em salinidades mais baixas, o pH foi maior. Segundo Silva, et. al. (2002), as salinidades de fato podem ser influenciadas pelos valores de pH, temperatura e densidades ocorrentes em determinado local, entretanto, os valores ocorrem de forma positiva (quanto maior a temperatura, maior a densidade, maior salinidade e maior o pH), o que sugere outros fatores que possam ter influenciado nos resultados deste parâmetro. A partir da análise dos componentes principais (PCA), é possível observar que em Ipanema o pH esteve relacionado à matéria orgânica e à areia fina no inverno, e em Pontal do Sul à temperatura e areia fina no verão.

De acordo com Alves, Lamour (2011), os grãos de areia encontrados ao longo da costa paranaense diminuem seu diâmetro médio quanto mais próximo do

Complexo Estuarino de Paranaguá. Esta informação, é possível ser comparada com os dados obtidos no presente estudo, já que os maiores teores de areia grossa foram encontrados em Ipanema, e os maiores de areia fina, em Pontal do Sul. Segundo Souza (1991 apud Miquelante 2007), os teores de materiais finos estão relacionados com o aumento da frequência de energia de ondas, intensificadas pelos ventos. Quando ocorre, no ambiente, grande energia, os materiais mais finos tendem a ser retirados, enquanto os sedimentos mais grossos são depositados. Trask (1939 apud Tyson, 1995) ressalta que o conteúdo orgânico de sedimentos geralmente aumenta quando os grãos que os constituem são mais finos.

Ainda sobre os dados sedimentológicos, foi possível observar uma maior quantidade de matéria orgânica na coleta realizada no inverno. Isso não corrobora com os resultados encontrados por Paranhos Filho (1996), que analisou as relações morfodinâmicas em praias da Ilha do Mel. O autor ainda cita que a quantidade de matéria orgânica, sedimentos finos, e o diâmetro médio dos grãos, são maiores no verão.

Quanto aos resultados de profundidade, é observado uma possível relação dos raios ultravioleta com a distribuição de micro-organismos. Na praia de Ipanema, no verão, os coliformes totais foram maiores nos pontos V-IB e V-IC, e os *Enterococcus* sp., maiores nos pontos V-ID e V-IE. Esta relação pode estar associada ao fato das primeiras camadas de sedimento receberem uma maior quantidade de penetração dos raios ultravioleta, alterando o código genético dos organismos, e conseqüentemente, ocasionando a morte deles (WHITMAN; NEVERS, 2003). Ainda, pode ser observado uma menor quantidade de matéria orgânica nos pontos V-IC e VI-D, possibilitando uma relação da matéria orgânica com as bactérias estudadas, isso porque, a queda da quantidade de matéria orgânica, pode ser um indicativo do consumo da mesma pelos micro-organismos.

Como citado anteriormente, as amostras V-ID e V-IE, coletadas no verão de Ipanema, tiveram altos resultados de *Enterococcus* sp. Além da possibilidade de maiores efeitos de raios ultravioleta nas bactérias, em camadas mais superficiais, este resultado também pode estar associado a maior quantidade de areias grossas encontradas nos mesmos pontos. Segundo Skórczewski, et al. (2012), que estudaram a abundância e distribuição de bactérias indicadoras fecais na areia da praia recreativa no sul do Mar Báltico, as estruturas sedimentares são importantes

para a proteção das bactérias, devido ao fato de auxiliarem na diminuição da penetração dos raios ultravioleta, provenientes do sol, tanto no solo, como nos corpos destes micro-organismos. A areia grossa encontrada no local, pode ter diminuído a proteção destes seres, e de certa forma, contribuído então, com a penetração dos raios ultravioleta nas camadas superiores, afetando a distribuição das bactérias no sedimento.

Os coliformes totais tiveram uma relação positiva com o ponto I-PA coletado no inverno em Pontal. Esta foi a amostra em que, nesta praia, foram encontrados os maiores coliformes totais. Entretanto, os maiores valores destes micro-organismos, considerando-se as duas praias, foram encontrados na praia de Ipanema, no verão.

Os resultados de *Enterococcus* sp. também foram encontrados em maiores quantidades no verão, já os resultados de *Escherichia coli* foram maiores na coleta realizada no inverno. Resultados semelhantes foram observados por Miquelante (2007), que estudou sedimentos coletados na região entre-marés da Ilha do Mel. Estas informações poderiam ser explicadas devido às baixas temperaturas reduzirem a velocidade metabólica de bactérias, induzindo a dormência das mesmas (DEFLAUN; MAYER, 1983). Além disso, nos meses de verão ocorre um aumento da população litorânea. Dados apresentados pelo Bem Paraná (2017), relatam a quadruplicação da população na alta temporada do litoral paranaense, o que poderia explicar o aumento das bactérias na coleta realizada no verão.

De uma forma geral, a quantidade de coliformes totais e *Enterococcus* sp. foram maiores na praia de Ipanema, quando comparada a praia de Pontal do Sul. Não necessariamente estes organismos estão associados à poluição humana (YOUN-JOO; KAMPBELL; BREIDENBACH, 2002; SACRAMENTO, 2015), porém, possivelmente, a praia de Ipanema está em condições mais poluídas que Pontal do Sul. Uma das possíveis justificativas para maiores quantidades destas bactérias na praia de Ipanema, pode estar associada à Estação de Tratamento de Esgoto, da Sanepar, localizada neste balneário.

A grande diferença de resultados entre as praias indica a necessidade da avaliação de diferentes parâmetros, para a criação de uma legislação de qualidade sanitária de sedimentos. Estas grandes diferenças entre tais parâmetros, também indicam que praias diferentes necessitam de legislações diferentes.

Comparando os resultados de *E. coli* (ANEXO I e II), de Ipanema e Pontal do Sul, com a Resolução SMAC nº 468 de 28 de janeiro de 2010, para o município do Rio de Janeiro, poderia ser dito que as praias estão dentro dos limites previstos, já que, em 100 g⁻¹ de sedimento, foram formadas menos de 3.800 colônias de *E. coli*.

Os resultados coletados em Ipanema, nas amostras de coliformes totais, V-IB e V-IC, coletadas no verão, e as amostras de *Enterococcus* sp., V-ID e V-IE, também coletadas no verão, foram fundamentais para esta pesquisa. Tais resultados corroboram com a hipótese inicial de maiores quantidades de bactérias em camadas mais inferiores de sedimento, devido ao maior contato dos raios UV em camadas mais superficiais.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do presente estudo, foi possível analisar os diferentes compartimentos e processos costeiros que podem ou não, afetar a distribuição de bactérias indicadoras de poluição no sedimento marinho.

Foi possível observar maiores teores de areia grossa na praia de Ipanema, e os maiores teores de areia fina, na praia de Pontal do Sul.

Os dados de coliformes totais e *Enterococcus* sp. comprovaram a hipótese inicial de que raios ultravioleta são capazes de interferirem na distribuição destes micro-organismos nas camadas de sedimento.

Os resultados de *Escherichia coli*, apesar de terem sido relativamente baixos, foram maiores na coleta realizada no inverno, enquanto os resultados de coliformes totais e *Enterococcus* sp., maiores no verão.

De uma forma geral, a quantidade de coliformes totais e *Enterococcus* sp. foram maiores na praia de Ipanema, quando comparada a praia de Pontal do Sul, possivelmente indicando que a praia de Ipanema está mais poluída que Pontal do Sul.

A diferença entre os resultados observados em cada praia indica a necessidade da avaliação de diferentes parâmetros, para a criação de uma legislação de qualidade sanitária de sedimentos. Ainda, as grandes diferenças entre tais parâmetros, também indicam que praias diferentes necessitam de legislações diferentes.

Por fim, para as próximas pesquisas, sugere-se que os estudos sejam realizados em maiores profundidades, para a observação de possíveis maiores diferenças entre a quantidade de coliformes em sedimentos superficiais e mais profundos.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, C. M. de S.; ALENCASTRO, L. H. Análise das ações e políticas públicas na gestão de resíduos sólidos nos municípios do litoral do Paraná. In: **VI Encontro Nacional da ANPPAS**, Belém – PA. 2012.

ALVES, L. C.; LAMOUR, M. R. Tendências de transporte sedimentar ao longo das praias do município de Pontal do Paraná (PR): Dados preliminares. **XVII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário – ABEQUA**. 2011.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Atlas Esgotos**. 2017.

<http://atlasesgotos.ana.gov.br/#:~:text=No%20Brasil%2C%2043%25%20da%20popula%C3%A7%C3%A3o,nem%20tratamento%2C%20isto%20%C3%A9%2C%20sem.>

Acesso em: 22 de setembro de 2020.

ANDRAUS, S., PIMENTEL, I. C., DIONÍSIO, J. A. Microbiological monitoring of seawater and sand of beaches Matinhos, Caiobá e Guaratuba-PR, Brazil. **Estudos de Biologia**. v. 36, p. 43-55, 2013.

BARBOSA, A. de O. **Uso da radiação ultravioleta como técnica avançada de tratamento de água**. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba. 2016.

BEM PARANÁ. **Notícias**. 2017.

<https://www.bemparana.com.br/noticias/parana/populacao-do-litoral-do-parana-quadruplica-na-temporada-de-verao/>. Acesso em 29 de agosto de 2022.

BIER, O. **Bacteriologia e Imunologia**. 11^a edição. São Paulo: Edições Melhoramentos. 1963. 332pp.

CANAVESE, D.; POLIDORO, M. Uma análise integrada de saúde e ambiente e o desenvolvimento do litoral do Paraná. **Geografia Médica e da Saúde**. v. 9, n. 17, p. 17-27, 2013.

COHEN, J.; SHUVSL, H. I. Coliforms, fecal coliforms, and fecal streptococci as indicators of water pollution. **Water, Air, & Soil Pollution**. v. 2, p. 85–95. 1973.

COUTO, J. F.; SILVA, M. S. da.; MACHADO, W. C. A.; TYRREL, M. A. R.; COUTO, F. F.; NUNES, M. A. S.; FIGUEIREDO, N. M. A. de. Desinfecção à base de radiação ultravioleta-c: um estudo bibliométrico no contexto internacional. **Research, Society and Development**. nº 1, v. 10. 2021.

CORRALES, L. C.; ROMERO, D. M. A.; MARCÍAS, J. A. B.; VARGAS, A. M. C. Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. **NOVA**. v. 13, n. 23, p. 55 -81. 2015.

DEFLAUN, M.; MAYER, L. M. Relationships between bacteria and grain surfaces in intertidal sediments. **Limnology and Oceanography**. nº 5, v. 28, p. 873-881. 1983.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual prático de análise de água**. 4^a edição. Brasília: Funasa. 2013. p. 11 – 14.

GROSS, M. G. 1971. **Carbon determination**. In: Carver, R E. ed. Procedures in sedimentary petrology. New York, Wiley-Interscience. p.38-46.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e estados**.

<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/pontal-do-parana.html>. Acesso em 21 de setembro de 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Notícias**. 2010.

[https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-](https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?busca=1&id=1&idnoticia=2036&t=ibge-parceria-marinha-brasil-lanca-atlas-geografico-zonas-costeiras-oceanicas&view=noticia)

[censo.html?busca=1&id=1&idnoticia=2036&t=ibge-parceria-marinha-brasil-lanca-atlas-geografico-zonas-costeiras-oceanicas&view=noticia](https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?busca=1&id=1&idnoticia=2036&t=ibge-parceria-marinha-brasil-lanca-atlas-geografico-zonas-costeiras-oceanicas&view=noticia). Acesso em 20 de outubro de 2022.

KIRCHMAN, D. L. The uptake of inorganic nutrients by heterotrophic bacteria.

Microb. Ecol. v. 28, p. 255–271. 1994.

LESSA, G. C., M. ANDRADE, J. B. de. **Oceanografia física**. In Hatje, V. & J. B.

Andrade (eds), Baía de Todos os Santos – aspectos oceanográficos. Salvador:

EDUFBA. p. 67–119. 2009.

LEVINSON, W. **Microbiologia Médica e Imunologia**. 10ª edição. Porto Alegre:

AMGH Editora Ltda. 2011. p. 13-26.

MACHADO, A.; LOURENÇO, G.; HAMMES, T.; PARISI, M. Anemia falciforme: aspectos clínicos e epidemiológicos. **XXIII Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e**

Extensão. Cruz Alta. 2018.

MARQUEZI, M. C.; GALLO, C. R.; DIAS, C. T. S. Comparação entre métodos para a análise de coliformes totais e *E. coli* em amostras de água. **Revista Instituto Adolfo Lutz**. v. 69, n. 3, p. 291–296, 2010.

MIQUELANTE, F. A. **Distribuição espaço-temporal de bactérias heterotróficas totais, coliformes totais e *Escherichia coli* em sedimentos superficiais da região entremarés da Ilha do Mel, Paraná (BR)**. 2007. 79 f. Monografia - Curso de graduação de Oceanografia, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná. 2007.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **CONAMA**.

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 20 de setembro de 2020.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **CONAMA**.

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/>. Acesso em 25 de setembro de 2021.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Municípios Costeiros**.

<https://www.mma.gov.br/informma/item/10609-paran%C3%A1-munic%C3%ADpios-da-zona-costeira.html>. Acesso em 21 de setembro de 2020.

MOURA, J. F. de; CARDOZO, M.; BELO, M. S. da S. P.; A interface da saúde pública com a saúde dos oceanos: produção de doenças, impactos socioeconômicos e relações benéficas. **Ciência & Saúde Coletiva**. v. 16, n. 8, p. 3469-3480, 2011.

MUELA, A.; GARCÍA-BRINGAS, J. M.; ARANA; BARCINA. The Effect of Simulated Solar Radiation on *Escherichia coli*: The Relative Roles of UV-B, UV-A, and Photosynthetically Active Radiation. **Microbial Ecology**. v. 39, p. 65–71. 2000.

NATIONAL GEOGRAPHIC. **Meio-Ambiente**. 2019.

<https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2019/01/2018-foi-o-ano-mais-quente-dos-oceanos-sentiremos-os-efeitos-por-muito-tempo>. Acesso em 15 de outubro de 2022.

NEVES, C. F.; MUEHE, D. Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. **Parcerias Estratégicas Brasília**, DF. n. 27. 2008.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário - coleta, transporte, tratamento e recurso agrícola**. 2ª edição. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda. 2011. p. 37-39.

OMS – Organização Mundial da Saúde. **Relatório Mundial da Saúde**.

<https://www.who.int/eportuguese/publications/WHR2010.pdf?ua=1>. Acesso em 20 de setembro de 2020.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Notícias**.2020. <https://brasil.un.org/pt-br/101526-mais-de-42-bilhoes-de-pessoas-vivem-sem-acesso-saneamento-basico>. Acesso em 19 de agosto de 2022.

PARANHOS FILHO, A.C. **O processo erosivo e as variações morfodinâmicas das praias na Ilha do Mel (Baía de Paranaguá-PR)**. 1996. 253 f. Dissertação de Mestrado - Curso de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1996.

PEDROZA, M. M.; VIEIRA, G. E. G.; SOUSA, J. F. de. PICKLER, A. de C.; LEAL, E. R. M.; MILHOMEN, C. da. C. Produção e tratamento de lodo de esgoto – uma revisão. **Revista Liberato**. Novo Hamburgo. v. 11, n. 16, p. 89-188. 2010.

PFENNIG, N. Photosynthetic bacteria. **Annual Review of Microbiology**. Harvard University. v. 21, p. 285-324. 1967.

PONTARA, E. P. B. Efeitos benéficos das bactérias probióticas na saúde humana. **O professor PDE e os desafios da escola pública paranaense**. v. 2, 2010.

PORTE, L. T.; HERVÉ, B. E. PRAT, S. M. CHANQUEO, L. C. *Enterococcus* sp. Parte I. **Revista Chilena de Infectologia**. v. 24, n. 3, p. 231, 2007.

PÖRTNER, H., O. et al. **Ocean systems**. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., 2014.

Prefeitura de Pontal do Paraná. **Nossa Cidade**.

<http://www.pontaldoparana.pr.gov.br/index.php?sessao=b054603368ncb0&id=1842>.

Acesso em 21 de setembro de 2020.

REBOITA, M. S. KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. da. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. **Terra e Didática**. nº 1, v. 8, p. 34-50. 2012.

SACRAMENTO, A. G. **Caracterização molecular de *Enterococcus* spp. resistentes à vancomicina em amostras clínicas, ambientes aquáticos e alimentos.** 122 f. Tese de doutorado apresentado ao Programa de Pós-graduação em Farmácia, Área de Análises Clínicas, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2015.

SANTOS, B. H. C.; SOUZA, E. L. de; COSTA, I. O. da. Presença de *Enterococcus* sp. em alimento enteral e perfil de resistência a antimicrobianos. **Revista Brasileira B De Ac Análises Clínicas.** v. 36, n. 1, p. 47-49. 2004.

SANTOS, P. R. N.; KOLM, H. E.; SAUTTER, K. D. Bactérias em sedimentos da região entre-marés da Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology.** v. 12, n. 1, p. 9-17, 2008.

SILVA, E. S.; OLIVEIRA, D. D de; SANTOS, F. M. A. dos; LINS, G. A. Correlação entre salinidade, temperatura e pH na área de influência do Porto da Cidade do Rio de Janeiro (Brasil) entre 2016 a 2018. **Revista Sustinere.** n. 1, v. 10, p. 218-237. 2022.

SILVA; M. A. C. da. **Microbiologia Marinha.** 1ª edição. Itajaí, UNIVALI. 2014. 286pp.

SINTON, L. W.; FINLAY R. K.; LYNCH, P. A. Sunlight Inactivation of Fecal Bacteriophages and Bacteria in Sewage-Polluted Seawater. **Applied and Environmental Microbiology.** v. 65, n. 8, p. 3605-3613. 1999.

SMAC. Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. Resolução SMAC nº 468 de 28 de janeiro de 2010. Dispõe sobre a análise e informações das condições das areias das praias do Município do Rio de Janeiro.

SOS Mata Atlântica. **Sobre nós**. <https://www.sosma.org.br/sobre/quem-somos/>. Acesso em 21 de setembro de 2021.

Trata Brasil. **Saneamento**. Sem ano. <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/o-que-e-saneamento>. Acesso em 22 de setembro de 2020.

TYSON, R. V. **Sedimentary Organic Matter: Organic facies and palynofacies**. Londres, Reino Unido: Chapman & Hall. 1995. 615p.

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância. **Água, saneamento e higiene**. <https://www.unicef.org/brazil/t%C3%B3picos/%C3%A1gua-saneamento-e-higiene>. Acesso em 20 de setembro de 2021.

VAHONI, F.; MENDONÇA, F. O clima do litoral do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 3. 2008.

VIEIRA, R. H. S. dos F. Poluição microbiológica de algumas praias brasileiras. **Arquivos de Ciências do Mar**. v. 33, n. 1-2, p. 77-84. 2000.

VIEIRA, R. H. S. dos F.; SANTOS, D. R. dos; CASTELO BRANCO, M. P. de N.; SAMPAIO, S. S.; SOUSA, O. V. de. Efeito da luz solar sobre a sobrevivência de *Escherichia coli*, em areia de praia. **Arquivo de Ciências do Mar**. v. 48, n. 1, p. 20–26. 2015. WHEELER A. E; BURKE J.; SPAIN A. Fecal indicator bacteria are

abundant in wet sand at freshwater beaches. **Water Research**. nº 37, v.16, p. 3978-3982. 2003.

WHITMAN, R. L., NEVERS, M. B. Foreshore sand as a source of *Escherichia coli* in nearshore water of a Lake Michigan beach. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 69, n. 9, p. 5555-5562, 2003.

WISBECK, E.; et al. Desinfecção de água de chuva por radiação ultravioleta. **Engenharia Sanitária Ambiental**. v. 16, n. 4, p. 337-342, 2011.

WOJTENKO, I.; STINSON, M. K.; FIELD, R. Challenges of combined sewer overflow disinfection by ultraviolet light irradiation. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**. nº 3, v. 31, p. 223-239. 2001.

YOUN-JOO, KAMPBELL D. H.; BREIDENBACH, G. P. *Escherichia coli* and total coliforms in water and sediments at lake marinas. **Environmental Pollution**. v. 120, n. 3, p. 771-778. 2002.

ANEXO I - VALORES ABSOLUTOS PONTAL DO SUL

Amostras	Data	Horário	pH	Salinidade	Temperatura (°C)	Areia grossa (mg)	Areia fina (mg)	MO (mg)	CaCO3 (mg)	CT (NIMP:100g-)	EC (NIMP:100g-)	ENT (NIMP:100g-)
I-PA	30/06/2021	14:10	6,9	36	22,8	157	843	0,296	0,327	36,86	7,09	7,54
I-PA	30/06/2021	14:10	7,62	37	23,1	311	689	0,24	0,305	7640,15	6,35	25,85
I-PA	30/06/2021	14:10	7,55	37	23	510	490	0,083	0,082	144,74	144,74	6,56
V-PA	07/03/2022	10:20	6,84	25	34,4	99	901	0,348	0,19	125,74	42,82	6,53
V-PA	07/03/2022	10:28	7,71	25	33,7	191	809	0,121	0,215	17,99	8,99	7,63
V-PA	07/03/2022	10:34	7,72	35	34,01	119	881	0,017	0,472	150,61	27,08	13,26
I-PB	30/06/2021	14:10	6,9	36	22,8	52	948	1,956	0,243	41,45	7,97	15,48
I-PB	30/06/2021	14:10	7,62	37	23,1	241	759	0,101	0,002	810,28	5,01	48,30
I-PB	30/06/2021	14:10	7,55	37	23	105	895	0,086	0,15	42,20	6,70	34,91
V-PB	07/03/2022	10:20	6,84	25	34,4	112	888	0,441	0,169	158,47	6,86	7,16
V-PB	07/03/2022	10:28	7,71	25	33,7	75	925	0,093	0,012	23,41	7,55	6,96
V-PB	07/03/2022	10:34	7,72	35	34,01	76	924	0,122	0,094	6,78	6,78	33,78
I-PC	30/06/2021	14:10	6,9	36	22,8	241	759	0,306	0,143	119,10	13,02	46,38
I-PC	30/06/2021	14:10	7,62	37	23,1	78	922	0,149	0,09	77,07	6,42	20,20
I-PC	30/06/2021	14:10	7,55	37	23	207	793	0,09	0,069	72,73	6,61	61,27
V-PC	07/03/2022	10:20	6,84	25	34,4	28	972	4,118	1,81	13,75	6,87	14,83
V-PC	07/03/2022	10:28	7,71	25	33,7	113	887	0,089	0,314	6,99	6,99	6,96
V-PC	07/03/2022	10:34	7,72	35	34,01	58	942	0,014	0,233	6,86	6,86	6,80
I-PD	30/06/2021	14:10	6,9	36	22,8	64	936	0,304	0,177	389,82	29,47	283,51
I-PD	30/06/2021	14:10	7,62	37	23,1	48	952	0,101	0,027	486,47	13,46	20,12
I-PD	30/06/2021	14:10	7,55	37	23	290	710	0,28	0,098	1226,76	174,35	48,32
V-PD	07/03/2022	10:20	6,84	25	34,4	138	862	0,066	0,198	27,16	6,63	38,53
V-PD	07/03/2022	10:28	7,71	25	33,7	70	930	0,092	0,179	14,13	7,07	6,08
V-PD	07/03/2022	10:34	7,72	35	34,01	62	938	0,087	0,294	6,51	6,51	22,44
I-PE	30/06/2021	14:10	6,9	36	22,8	349	651	0,307	0,262	158,21	12,86	38,70
I-PE	30/06/2021	14:10	7,62	37	23,1	47	953	0,152	0,093	200,87	45,99	183,29
I-PE	30/06/2021	14:10	7,55	37	23	395	605	0,322	0,137	164,60	80,65	13,40
V-PE	07/03/2022	10:20	6,84	25	34,4	120	880	0,14	0,291	6,95	6,95	7,57
V-PE	07/03/2022	10:28	7,71	25	33,7	206	794	0,033	0,364	21,25	6,85	13,29
V-PE	07/03/2022	10:34	7,72	35	34,01	106	894	0,035	0,277	7,19	7,19	6,92

ANEXO II - VALORES ABSOLUTOS IPANEMA

Amostras	Data	Horário	pH	Salinidade	Temperatura (°C)	Área grossa (mg)	Área fina (mg)	MO (mg)	CaCO ₃ (mg)	CT (NMP.100g ⁻¹)	EC (NMP.100g ⁻¹)	ENT (NMP.100g ⁻¹)
I-A	30/06/2021	15:20	7,78	24	19,4	326	674	0,296	0,218	120,18	33,29	16,03
I-A	30/06/2021	15:20	7,63	28	19,6	209	791	0,047	0,056	72,19	6,68	27,37
I-A	30/06/2021	15:20	7,76	28	19,4	50	950	0,187	0,048	120,82	6,98	70,06
V-IA	07/03/2022	09:25	7,59	27	30,08	314	686	0,005	0,153	65,70	6,70	26,91
V-IA	07/03/2022	09:33	7,6	23	31,02	410	590	0,081	0,253	506,88	6,50	26,32
V-IA	07/03/2022	09:37	7,56	32	32,03	350	650	0,066	6,249	876,91	6,97	7,01
I-B	30/06/2021	15:20	7,78	24	19,4	70	930	0,214	0,009	71,31	16,58	52,63
I-B	30/06/2021	15:20	7,63	28	19,6	56	944	0,101	1,009	95,48	7,07	24,93
I-B	30/06/2021	15:20	7,76	28	19,4	86	914	0,327	0,296	77,24	7,02	6,48
V-IB	07/03/2022	09:25	7,59	27	30,08	445	555	0,093	0,069	589,02	7,10	84,03
V-IB	07/03/2022	09:33	7,6	23	31,02	407	593	0,076	0,192	5570,53	6,82	35,56
V-IB	07/03/2022	09:37	7,56	32	32,03	383	617	0,044	0,186	3440,85	7,46	44,60
I-C	30/06/2021	15:20	7,78	24	19,4	109	891	0,079	0,204	75,17	7,75	45,85
I-C	30/06/2021	15:20	7,63	28	19,6	165	835	0,26	0,116	176,02	6,80	21,04
I-C	30/06/2021	15:20	7,76	28	19,4	210	790	0,308	0,274	25,97	6,33	12,14
V-IC	07/03/2022	09:25	7,59	27	30,08	410	590	0,021	0,112	233,57	6,95	21,45
V-IC	07/03/2022	09:33	7,6	23	31,02	308	692	0,063	0,179	6318,81	6,86	36,51
V-IC	07/03/2022	09:37	7,56	32	32,03	317	683	0,037	0,152	1232,51	40,82	61,74
I-D	30/06/2021	15:20	7,78	24	19,4	239	761	0,065	0,991	13,47	6,74	7,32
I-D	30/06/2021	15:20	7,63	28	19,6	52	948	0,3	0,206	259,58	7,13	14,43
I-D	30/06/2021	15:20	7,76	28	19,4	110	890	0,226	0,08	21,83	7,04	7,50
V-ID	07/03/2022	09:25	7,59	27	30,08	412	588	0,004	0,157	141,17	6,95	6,83
V-ID	07/03/2022	09:33	7,6	23	31,02	285	715	0,068	0,159	541,59	6,94	6,70
V-ID	07/03/2022	09:37	7,56	32	32,03	437	563	0,037	0,255	997,33	7,08	16649,37
I-E	30/06/2021	15:20	7,78	24	19,4	158	842	0,061	0,152	6,99	6,99	7,45
I-E	30/06/2021	15:20	7,63	28	19,6	350	650	0,282	0,01	65,48	6,75	6,60
I-E	30/06/2021	15:20	7,76	28	19,4	270	730	0,316	0,082	42,29	6,82	6,72
V-IE	07/03/2022	09:25	7,59	27	30,08	60	940	0,069	0,129	114,06	7,13	7,14
V-IE	07/03/2022	09:33	7,6	23	31,02	475	525	0,064	0,281	1079,58	7,37	16801,53
V-IE	07/03/2022	09:37	7,56	32	32,03	442	558	0,067	0,254	1286,81	7,18	16018,73