



INSTITUTO FEDERAL  
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
Fluminense

MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
*MODALIDADE PROFISSIONAL*

MICROPLÁSTICOS EM AMBIENTES COSTEIROS: PARTÍCULAS ENCONTRADAS EM  
PRAIAS DA REGIÃO DOS LAGOS/RJ

ISABEL CRISTINA TOMAZ FIRME

MACAÉ-RJ

2022

ISABEL CRISTINA TOMAZ FIRME

MICROPLÁSTICOS EM AMBIENTES COSTEIROS: PARTÍCULAS ENCONTRADAS EM  
PRAIAS DA REGIÃO DOS LAGOS/RJ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Desenvolvimento, Sustentabilidade e Inovação.

Orientador: Dr. Manildo Marcião de Oliveira.

Coorientador: Dr. Victor Barbosa Saraiva.

MACAÉ-RJ

2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F524m      Firme, Isabel Cristina Tomaz 1993-.  
Microplásticos em ambientes costeiros: partículas encontradas em praias da Região dos Lagos/RJ / Isabel Cristina Tomaz Firme. — Campos dos Goytacazes, RJ, 2022.  
xiii, 47 f.: il. color.

Orientador: Manildo Marcião de Oliveira, 1969-.  
Coorientador: Victor Barbosa Saraiva, 1976-.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Campos dos Goytacazes, RJ, 2022.  
Inclui referências.  
Área de concentração: Sustentabilidade Regional.  
Linha de Pesquisa: Desenvolvimento, Sustentabilidade e Inovação.

1. Água - Qualidade - Lagos (RJ : Microrregião). 2. Plásticos - Análise. 3. Praias. 4. Poluição marinha. I. Oliveira, Manildo Marcião de, 1969-, orient. II. Saraiva, Victor Barbosa, 1976-, coorient. III. Título.


CDD 628.116

(23. ed.)

Dissertação intitulada **MICROPLÁSTICOS EM AMBIENTES COSTEIROS: PARTÍCULAS ENCONTRADAS EM PRAIAS DA REGIÃO DOS LAGOS/RJ**, elaborada por **Isabel Cristina Tomaz Firme** e apresentada, publicamente, perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense - IFFluminense, na área concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Desenvolvimento, Sustentabilidade e Inovação.


Aprovado em: 04 de outubro de 2022.

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 MANILDO MARCIAO DE OLIVEIRA  
Data: 30/12/2022 12:37:36-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>


---

Manildo Marcião de Oliveira, Doutor em Biociências Nucleares / Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) – Orientador

Documento assinado digitalmente  
 VICTOR BARBOSA SARAIVA  
Data: 04/01/2023 16:15:22-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Victor Barbosa Saraiva, Doutor em Ciências (Biofísica) / Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) – Coorientador

Documento assinado digitalmente  
 JADER LUGON JUNIOR  
Data: 04/01/2023 13:20:52-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Jader Lugon Junior, Doutor em Modelagem Computacional / Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) – Membro interno



---

Marcos Antonio dos Santos Fernandez, Doutor em Química (Química Analítica Inorgânica) / Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ) – Membro externo

## **DEDICATÓRIA**

Dedico a Deus pelo fôlego de vida e a minha irmã Maria Ingra (em memória) por ser a minha inspiração de força e coragem.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Instituto Federal Fluminense (IFFluminense), pela oportunidade de cursar o mestrado em Engenharia Ambiental.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPEA), especialmente ao Manildo Marcião de Oliveira pela empatia, compreensão e orientação ao longo dessa pesquisa.

Ao Laboratório de Ecotoxicologia e Microbiologia Ambiental (LEMAM) por todo apoio, em especial aos pesquisadores Bárbara, Jorge e Samantha.

Agradeço aos professores presentes na banca por aceitarem o convite e pelas considerações realizadas.

Aos meus colegas de turma pelos conhecimentos compartilhados.

Aos meus pais, Vilma e Ailton, por toda dedicação com a minha vida, e ao Alan por todo companheirismo e incentivo ao longo desses anos.

Agradeço à Universidade Federal Fluminense (UFF), onde me formei em Engenharia de Produção, em especial aos professores Flávio Machado e Maria Helena pelo suporte na conclusão da graduação e por me incentivarem a entrar no mestrado.

**EPÍGRAFE**

“Não fui eu que ordenei a você? Seja forte e corajoso! Não se apavore nem desanime, pois, o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar" (Josué 1:9).

## LISTA DE FIGURAS

<b>ARTIGO CIENTÍFICO 1</b>	
Figura 1 – Cadeia produtiva da indústria do plástico.....	04
Figura 2 – Aspecto de uma zona de acumulação de resíduos numa praia da Caparica com destaque para os pellets.....	06
Figura 3 – Fragmentos de plástico organizados segundo as dimensões.....	06
Figura 4 – Partículas de a) polipropileno; b) polietileno e c) polietileno com visível contaminação identificadas com recurso à técnica SF-TIR. (escala 500 $\mu$ m).....	06
Figura 5 – Rede utilizada durante um arrasto horizontal teste nas águas superficiais na Baía de Guanabara.....	07
Figura 6 – Rede de náilon utilizada para coleta de amostras.....	08
Figura 7 – Equipamento microscópio óptico estereoscópico.....	08
Figura 8 – Possíveis vias de transporte de microplásticos para o ambiente aquático e suas interações biológicas.....	10
<b>ARTIGO CIENTÍFICO 2</b>	
Figura 1 – Etapas para realização da pesquisa.....	18
Figura 2 – Praia Rasa, Armação dos Búzios (Canal da Marina).....	20
Figura 3 – Praia do Forte, Cabo Frio (Canal do Itajuru).....	20
Figura 4 – Praia da Boca da Barra, Rio das Ostras (Foz do Rio das Ostras e da Passagem do canal).....	20
Figura 5 – Microplásticos obtidos na Praia Rasa (Armação dos Búzios), pontos 1, 2 e 3, na primeira coleta.....	26
Figura 6 – Microplásticos obtidos na Praia do Forte (Cabo Frio), pontos 1, 2 e 3, na primeira coleta.....	26
Figura 7 – Microplásticos obtidos na Praia Boca da Barra (Rio das Ostras), pontos 1, 2 e 3, na primeira coleta.....	26
Figura 8 – <i>Boxplot</i> caracterizando as médias de microplásticos das praias.....	27
Figura 9 – <i>Tukey Honest Significant Difference</i> , com intervalo de confiança de 95% das diferenças entre as médias de microplásticos.....	29
Figura 10 – Microplásticos obtidos na Praia Rasa (Armação dos Búzios), pontos 1, 2 e 3, na segunda coleta.....	30
Figura 11 – Microplásticos obtidos na Praia do Forte (Cabo Frio), pontos 1 e 3, na segunda coleta. No ponto 2 não foram encontrados microplásticos.....	30



Figura 12 – Microplásticos obtidos na Praia Boca da Barra (Rio das Ostras), pontos 1, 2 e 3, na segunda coleta.....	31
Figura 13 – <i>Boxplot</i> caracterizando as médias de microplásticos das praias.....	32
Figura 14 – <i>Tukey Honest Significant Difference</i> , com intervalo de confiança de 95% das diferenças entre as médias de microplásticos.....	33
Figura 15 – Gráfico da média e desvio padrão das coletas realizadas em 2020 e 2022, em Armação dos Búzios.....	34
Figura 16 – Gráfico da média e desvio padrão das coletas realizadas em 2020 e 2021, em Cabo Frio.....	34
Figura 17 – Gráfico da média e desvio padrão das coletas realizadas em 2021 e 2022, em Rio das Ostras.....	35
Figura A-1 – Pontos de amostragem do Inea em praias de Armação dos Búzios.....	42
Figura A-2 – Pontos de Amostragem do Inea em praias de Cabo Frio.....	42
Figura A-3 – Pontos de Amostragem do Inea em praias de Rio das Ostras.....	43
Figura B-1 – Quadrado amostral de madeira de 1 m x 1 m.....	44
Figura B-2 – Mistura de areia e água.....	44
Figura B-3 – Mistura sendo filtrada.....	44
Figura B-4 – Filtros secando a temperatura ambiente.....	44
Figura C-1 – Resíduos separados a olho nu.....	45
Figura C-2 – Tratamento com compostos químicos.....	45
Figura C-3 – Aquecimento a banho maria.....	45
Figura C-4 – Peneiração dos resíduos.....	45
Figura C-5 – Resíduos secando.....	46
Figura C-6 – Resíduos após secarem a temperatura ambiente.....	46
Figura C-7 – Lupa binocular para análise visual.....	46

## LISTA DE TABELAS

<b>ARTIGO CIENTÍFICO 2</b>	
Tabela 1 – Quantificação dos microplásticos coletados na praia Rasa (Armação dos Búzios)	25
Tabela 2 – Quantificação dos microplásticos coletados na praia do Forte (Cabo Frio).....	25
Tabela 3 – Quantificação dos microplásticos coletados na praia Boca da Barra (Rio das Ostras).....	25
Tabela 4 – Resultados da primeira coleta realizada nas praias Rasa (Armação dos Búzios), do Forte (Cabo Frio) e Boca da Barra (Rio das Ostras).....	27

Tabela 5 – ANOVA One-Way, comparando-se as médias de microplásticos entre as praias analisadas.....	28
Tabela 6 – Quantificação dos microplásticos coletados na praia Rasa (Armação dos Búzios), na segunda coleta.....	29
Tabela 7 – Quantificação dos microplásticos coletados na praia do Forte (Cabo Frio), na segunda coleta.....	29
Tabela 8 – Quantificação dos microplásticos coletados na praia Boca da Barra (Rio das Ostras), na segunda coleta.....	30
Tabela 9 – Resultados da segunda coleta realizada nas praias Rasa (Armação dos Búzios), do Forte (Cabo Frio) e Boca da Barra (Rio das Ostras).....	31
Tabela 10 – ANOVA <i>One-Way</i> , comparando-se as médias de microplásticos entre as praias analisadas.....	33
Tabela 11 – Quantidade de microplásticos em sedimentos das praias deste estudo e de outras investigações.....	37

## LISTA DE QUADROS

<b>ARTIGO CIENTÍFICO 1</b>	
Quadro 1 – Resumo dos procedimentos para a coleta de microplásticos na costa portuguesa.	05
Quadro 2 – Procedimentos para separação de microplásticos.....	07
<b>ARTIGO CIENTÍFICO 2</b>	
Quadro 1 – Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem das praias a serem estudadas em Armação dos Búzios, Cabo Frio e Rio das Ostras.....	19
Quadro 2 – Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem na primeira coleta das praias estudadas.....	21
Quadro 3 – Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem na segunda coleta das praias estudadas.....	22
Quadro 4 – Massa dos resíduos secos da primeira coleta.....	23
Quadro 5 – Massa dos resíduos secos da segunda coleta.....	24

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABIPLAST – Associação Brasileira da Indústria do Plástico.

ANOVA – Análise de Variância

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

IFFluminense – Instituto Federal Fluminense.

INEA – Instituto Estadual do Ambiente.

LEMAM – Laboratório de Ecotoxicologia e Microbiologia Ambiental.

ONU – Organização das Nações Unidas.

UNEP – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

# MICROPLÁSTICOS EM AMBIENTES COSTEIROS: PARTÍCULAS ENCONTRADAS EM PRAIAS DA REGIÃO DOS LAGOS/RJ

## RESUMO

A poluição por plásticos nos ambientes aquáticos responde como uma das maiores consequências do antropoceno no planeta. Os microplásticos podem ser produzidos pela degradação destes plásticos e estão presentes em praticamente todos os ambientes (atmosférico, terrestre e aquático). Uma breve revisão bibliográfica narrativa foi desenvolvida sobre o tema microplásticos com enfoque nos impactos no meio ambiente, considerando estudos sobre as fontes de resíduos que geram, procedimentos para coleta e análise em laboratório. Em ambientes costeiros marinhos, principalmente praias arenosas, os microplásticos podem ser coletados e analisados. Na Região dos Lagos do Estado do Rio de Janeiro, nas cidades com forte atividade de turismo: Armação dos Búzios Cabo Frio e Rio das Ostras foram coletadas amostras para análise de partículas de microplásticos entre os anos de 2020 e 2022 que compreendiam o período da pandemia da COVID-19. Os resultados demonstraram que das três praias estudadas apenas a Boca da Barra (Rio das Ostras) apresentou aumento significativo de partículas comparando as duas coletas (2021 e 2022). A confirmação da presença destes poluentes nas praias estudadas reforça a necessidade da continuidade do monitoramento para melhor auxiliar os gestores nas ações de governança para a preservação destes ambientes costeiros.

**Palavras-chave:** Microplásticos. Zona litorânea. Ambientes marinhos. Sedimentos.

**MICROPLASTICS IN COASTAL ENVIRONMENTS: PARTICLES FOUND ON BEACHES IN  
REGIÃO DOS LAGOS/RJ**

**ABSTRACT**

*Plastic pollution in aquatic environments is one of the greatest consequences of the Anthropocene on the planet. Microplastics can be produced by the degradation of these plastics and are present in practically all environments (atmospheric, terrestrial and aquatic). A brief narrative bibliographic review was developed on the topic of microplastics, focusing on the impacts on the environment, considering studies on the sources of waste they generate, procedures for collection and analysis in the laboratory. In coastal marine environments, particularly sandy beaches, microplastics can be collected and analyzed. In coastal marine environments, particularly sandy beaches, microplastics can be collected and analyzed. In the Lagos Region of the State of Rio de Janeiro, in cities with strong tourism activity: Armação dos Búzios Cabo Frio and Rio das Ostras samples were collected for analysis of microplastic particles between the years 2020 and 2022 that comprised the period of the pandemic of COVID-19. The results showed that of the three beaches studied, only Boca da Barra (Rio das Ostras) showed a significant increase in particles comparing the two collections (2021 and 2022). The confirmation of the presence of these pollutants on the beaches studied reinforces the need for continuity of monitoring to better assist managers in governance actions for the preservation of these coastal environments.*

**Keywords:** *Microplastics. Coastal zone. Marine environments. Sediments.*

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE QUADROS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	x
RESUMO.....	xi
<i>ABSTRACT</i> .....	xii
APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	01
<b>ARTIGO CIENTÍFICO 1: MICROPLÁSTICOS E IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE: ANÁLISE DE OCORRÊNCIAS NO AMBIENTE MARINHO.....</b>	02
1. INTRODUÇÃO.....	03
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	04
3. MÉTODOS.....	10
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	10
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
<b>ARTIGO CIENTÍFICO 2: ANÁLISE VISUAL DE MICROPLÁSTICOS EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DE PRAIAS NOS MUNICÍPIOS DE ARMAÇÃO DOS BÚZIOS, CABO FRIO E RIO DAS OSTRAS.....</b>	15
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. MATERIAL E MÉTODO.....	18
2.1. Material.....	18
2.2. Método.....	18
3. RESULTADOS.....	25
3.1. Resultado da primeira coleta.....	25
3.2. Resultado da segunda coleta.....	29
4. DISCUSSÃO.....	35
5. CONCLUSÃO.....	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA DISSERTAÇÃO .....	42
APÊNDICE A – DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	43
APÊNDICE B – PROCEDIMENTOS PARA A AMOSTRAGEM.....	45
APÊNDICE C – ANÁLISES EM LABORATÓRIO.....	46

## APRESENTAÇÃO

De acordo com Hidalgo-Ruz *et al.* (2012), os microplásticos no ambiente marinho são normalmente encontrados como pelotas, fragmentos ou fibras e são compostos de diversos polímeros, alguns mais densos do que a água do mar, esperando-se que esses afundem até o fundo do mar. Estes incluem poliamida, poliéster, PVC e acrílico, entre outros. Existem outros mais leves que a água do mar e costumam ser encontrados flutuando na superfície, incluindo polietileno, polipropileno e poliestireno.

Pesquisas apontam que os microplásticos, além de estarem presentes em sedimentos, rios, oceanos e grupos de organismos marinhos, podem ser encontrados também inerentes ao ser humano. No estudo feito por Ragusa *et al.* (2021), pela primeira vez, vários fragmentos microplásticos foram detectados por Microespectroscopia Raman em amostras de placenta humana coletadas de seis pacientes com gestações sem intercorrências. Isso mostra o nível de exposição humana a microplásticos e micropartículas em geral.

Diante do exposto, essa dissertação está dividida em dois artigos. O Artigo Científico 1, no qual foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema de microplásticos abordando as fontes de resíduos que geram essas partículas, alguns procedimentos para a coleta de microplásticos, os materiais utilizados para coletá-los e para analisá-los em laboratório e os efeitos dos microplásticos no meio ambiente e na saúde de seres vivos.

E o Artigo Científico 2, que trata de uma pesquisa de campo a fim de analisar os microplásticos coletados em praias localizadas nos municípios de Armação dos Búzios, Cabo Frio e Rio das Ostras, com a realização das seguintes etapas: definição da área de estudo da pesquisa; levantamento dos materiais utilizados; definição dos procedimentos para a amostragem; realização de duas coletas a partir de sedimentos e água nas praias selecionadas, análises em laboratório das partículas coletadas e análises estatísticas, como a ANOVA. O laboratório utilizado foi o Laboratório de Ecotoxicologia e Microbiologia Ambiental (LEMAM) – IFFluminense Campus Cabo Frio/RJ.

## ARTIGO CIENTÍFICO 1

Artigo de Revisão publicado no Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego. Essentia Editora IFFLUMINENSE, e-ISSN 2177-4560, DOI: 10.19180/2177 4560.v14n12020p4-17. Submetido em 19 de fevereiro de 2020, aceito em 09 de março 2020 e publicado em 16 de abril de 2020.

### MICROPLÁSTICOS E IMPACTOS NO MEIO AMBIENTE: ANÁLISE DE OCORRÊNCIAS NO AMBIENTE MARINHO

*MICROPLASTICS AND ENVIRONMENTAL IMPACTS: ANALYSIS OF OCCURRENCES IN THE MARINE ENVIRONMENT*

Isabel Cristina Tomaz Firme - IFFluminense/PPEA

Manildo Marcião de Oliveira - IFFluminense/PPEA

#### RESUMO

O aumento da utilização de plástico tem provocado o acúmulo de partículas microplásticas no meio ambiente, em especial, nos oceanos. Isso se deve, principalmente, ao descarte incorreto desses resíduos plásticos. No Brasil, como esse tema é considerado novo e o número de estudos publicados ainda é escasso, há uma grande oportunidade de se estudar a respeito dos microplásticos. Dessa maneira, nesse artigo, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema de microplásticos e impactos no meio ambiente, com foco em analisar ocorrências no ambiente marinho. Para isso, estudou-se fontes de resíduos que geram os microplásticos, procedimentos para coleta de microplásticos, materiais utilizados para coletá-los e para analisá-los em laboratório e efeitos dos microplásticos no meio ambiente e na saúde de seres vivos.

**Palavras chave:** Resíduos plásticos. Microplásticos. Impactos ambientais. Ambiente marinho.

#### ABSTRACT

*The increased use of plastic has caused the accumulation of microplastic particles in the environment, especially in the oceans. This is mainly due to the incorrect disposal of these plastic wastes. In Brazil, as this theme is considered new and the number of published studies is still scarce, there is a great opportunity to study about microplastics. Thus, in this article, a literature review was conducted on the subject of microplastics and environmental impacts, focusing on analyzing occurrences in the marine environment. To this end, we studied waste sources that generate microplastics, procedures for collecting microplastics, materials used to collect and analyze them in the laboratory, and effects of microplastics on the environment and health of living things.*



**Keywords:** *Plastic waste. Microplastics. Environmental impacts. Marine environment.*

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Lucio *et al.* (2019), os microplásticos são definidos como fragmentos plásticos menores do que 5 mm de diâmetro. Cole *et al.* (2011) afirmam que os microplásticos presentes no meio ambiente podem ser de origem primária ou secundária. Quando formados pela indústria, são denominados primários e quando formados de detritos gerados a partir dos macroplásticos são secundários. Isto é, os microplásticos primários são produzidos em tamanhos microscópicos, como, por exemplo, os subprodutos utilizados para produzir produtos cosméticos (DERRAIK, 2002). Já os microplásticos secundários são considerados partículas microscópicas formadas pela fragmentação de macroplásticos que ocorre no meio ambiente (COLE *et al.*, 2011). Olivatto *et al.* (2018) complementam que os microplásticos representam um agrupamento de distintos materiais sintéticos poliméricos.

O uso crescente de plástico e o seu descarte não adequado têm contribuído para o acúmulo deste detrito no meio ambiente, em especial nos oceanos (SILVA, 2016). De acordo com Hammer, Kraak e Parsons (2012), o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) atua desde 1974 na elaboração de planos de ação envolvendo o governo de diversos países com o intuito de combater o problema da poluição por lixo plástico nos oceanos e zonas costeiras, esse programa conta com a participação de mais de 140 países e 18 zonas costeiras.

A Organização das Nações Unidas (ONU), em 2017, publicou o documento final da Conferência das Nações Unidas sobre os oceanos, onde foi firmado o compromisso de conservar e usar sustentavelmente os oceanos, mares e recursos marinhos, afim de realizar ações para conter a entrada de resíduos plásticos no oceano. Esses materiais têm sido relatados por estudos, em diferentes matrizes ambientais, a nível global e apresentam riscos para os organismos na base da cadeia alimentar. No entanto, no Brasil, o interesse pelo assunto ainda é novo e poucos estudos foram publicados nos últimos anos (OLIVATTO *et al.*, 2018).

No Brasil, a Lei nº 6.938 de 1981 dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e tem como objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. Essa Política possui princípios como o planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais e o acompanhamento do estado da qualidade ambiental (BRASIL, 1981).

Segundo Hidalgo-Ruz *et al.* (2012), estão sendo encontradas partículas de microplásticos em amostras de água e sedimento coletadas em rios, lagos, mares e oceanos. Olivatto *et al.* (2018) complementam que a poluição ambiental por macroplásticos e por partículas de microplásticos é

considerada como um dos fatores que mais afetam a biodiversidade. Os autores ressaltam que esse tema tem feito parte de pesquisas nos últimos anos. Apesar de estudos sobre microplásticos serem recentes na literatura científica brasileira, a região costeira do nordeste e sudeste do país tem concentrado pesquisas sobre a ocorrência, distribuição e análise química dessas partículas em amostras ambientais tanto em sedimento arenoso, quanto em água (OLIVATTO *et al.*, 2018).

De acordo com Everaert *et al.* (2018), há a previsão de que em 2100 aumente de 9,6 a 48,8 m<sup>3</sup> as partículas de microplásticos que flutuam no oceano. Isso representa um aumento de 50 vezes em comparação com as concentrações atuais. Entretanto, ainda hoje, a concentração pode ser excedida em locais fortemente poluídos com microplásticos flutuantes (EVERAERT *et al.*, 2018).

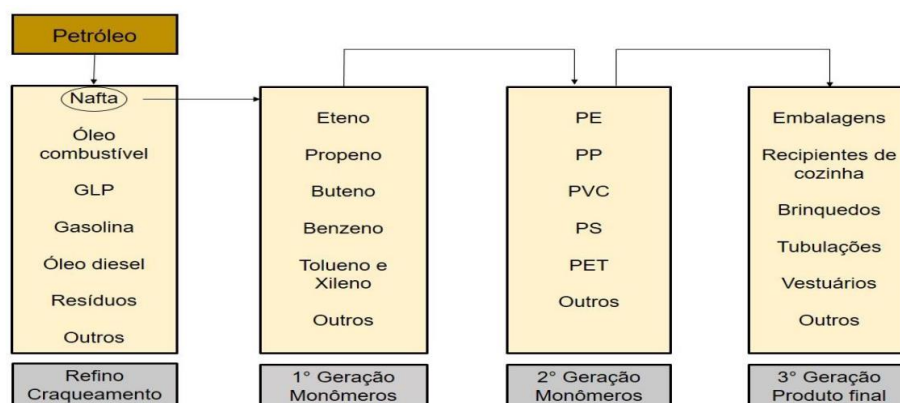
Diante da contextualização apresentada, esse artigo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica sobre o tema de microplásticos e impactos no meio ambiente, com foco em analisar ocorrências no ambiente marinho.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Fontes de resíduos que geram os microplásticos

A Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST), no ano de 2015, representou resumidamente a cadeia produtiva do plástico, desde o refino do óleo bruto de petróleo até a produção dos transformados plásticos. Essa cadeia produtiva, adaptada por Olivatto (2017), pode ser observada na Figura 1.

Figura 1. Cadeia produtiva da indústria do plástico.



Fonte: Olivatto (2017) adaptada de ABIPLAST (2015).

Sabe-se que atividades executadas pelos seres humanos geram resíduos. A partir do momento que estes resíduos não são adequadamente tratados e descartados, acabam gerando poluentes que provocam impactos negativos ao meio ambiente (ISLAM; TANAKA, 2004). Destaca-se, segundo Islam e Tanaka (2004), o oceano como, muitas vezes, o destino final de resíduos produzidos pela

sociedade, já que as principais fontes de poluentes são de origem doméstica, industriais, de atividades portuárias e agrícolas.

Segundo Browne *et al.* (2011), os microplásticos conhecidos como primários podem surgir de procedimento de lavagem de roupas com tecidos sintéticos. Esse procedimento libera fibras plásticas microscópicas que podem alcançar o ambiente marinho, por meio do descarte incorreto de efluentes domésticos.

As partículas costumam entrar no ambiente marinho devido a atividades terrestres, como escoamentos. Isso representa um risco para todo o ecossistema, pois a sua presença impacta muito os oceanos, lagos, mares, rios, áreas costeiras e até mesmo nas regiões polares (AUTA; EMENIKE; FAUZIAH, 2017). Andrady (2011) reafirma que cerca de 80% do lixo plástico presente no ambiente marinho é de fonte terrestre, devido ao despejo direto pela população, da drenagem de rios e lançamentos de esgotos, atingindo assim o oceano. Enquanto o percentual restante corresponde às fontes marinhas, aquelas geradas pelas atividades marítimas das plataformas oceânicas, tráfego de embarcações e atividade pesqueira.

Eriksen *et al.* (2014) acrescentam que a quantidade de resíduos plásticos no ambiente marinho está relacionada com a densidade populacional e a ausência de gestão para a coleta de resíduos sólidos. Ivar do Sul e Costa (2013) afirmam que os resíduos plásticos podem ser distribuídos através dos ventos, correntes oceânicas e turbulência causada pelo tráfego de embarcações. Dessa maneira, esses resíduos podem ser transportados para longas distâncias.

## 2.2 Procedimentos para coleta de microplásticos

Sobral, Farias e Martins (2011) empregaram em sua pesquisa uma metodologia com o objetivo de avaliar a quantidade de plásticos nas praias estudadas, identificando os tipos de polímeros e analisando os contaminantes. O Quadro 1 retrata um resumo dos procedimentos adotados para a coleta de microplásticos na costa portuguesa.

**Quadro 1. Resumo dos procedimentos para a coleta de microplásticos na costa portuguesa.**

Procedimentos	Definições
Definição das áreas de coleta	Para a coleta de amostras, foram definidas áreas de 50 x 50 cm e de 2 x 2 m (quadrados) nas zonas de acumulação, onde foram recolhidos os primeiros 2 cm de areia.
Separação das partículas maiores por cravação	As amostras das áreas maiores foram separadas usando um crivo metálico, que permite recolher <i>pellets</i> e todos os plásticos de dimensões superiores. Nos quadrados 50 x 50 cm, a areia foi recolhida e a separação dos plásticos foi feita em seguida no laboratório.
Separação das demais partículas por diferença de densidade	No laboratório, os demais plásticos foram separados da areia por diferença de densidade, sendo as amostras introduzidas em tanques com uma solução concentrada de NaCl (140 g L <sup>-1</sup> ).
Filtração da água	Após a separação do plástico, a água foi filtrada em elementos filtrantes, recorrendo a uma bomba de vácuo. Depois os filtros foram observados à lupa binocular para quantificar as partículas de plástico.
Classificação dos microplásticos	A classificação, a contagem e o peso de microplásticos foram feitos por classes de tamanho, mm a mm até aos 10 mm.

Identificação dos polímeros	A identificação dos polímeros foi feita por Micro-Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier ( $\mu$ -FTIR).
Análise das informações	A informação espectral foi analisada com o software OMNIC® que integra uma base de dados que permite identificar os polímeros.
Determinação das classes	A determinação foi feita por cromatografia gasosa com espectrometria de massa (GC-MS) com o equipamento DSQ Thermo, operando em modo SIM (Selected Ion Monitoring mode). Os microplásticos foram pesquisados à lupa binocular e posteriormente medidos ao microscópio.

Fonte: Adaptado de Sobral, Frias e Martins (2011).

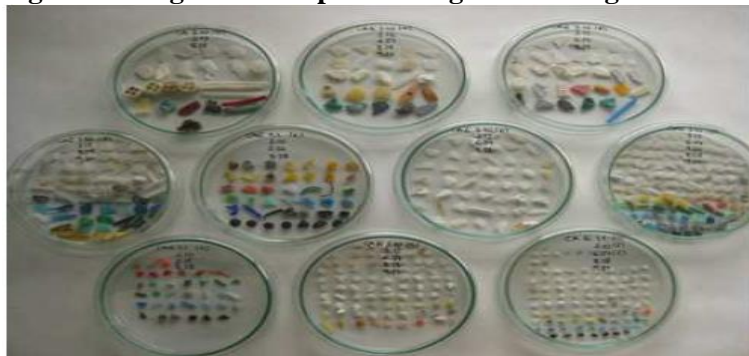
Segundo os autores, as Figuras 2, 3 e 4, respectivamente, retratam exemplo da zona de acumulação de resíduos, da organização dos plásticos de acordo com o seu tamanho e os tipos de microplásticos encontrados.

**Figura 2. Aspecto de uma zona de acumulação de resíduos numa praia da Caparica com destaque para os pellets.**



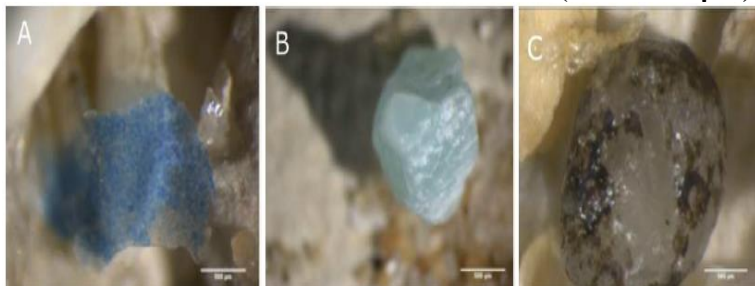
Fonte: Sobral, Frias e Martins (2011).

**Figura 3. Fragmentos de plástico organizados segundo as dimensões.**



Fonte: Sobral, Frias e Martins (2011).

**Figura 4. Partículas de a) polipropileno; b) polietileno e c) polietileno com visível contaminação identificadas com recurso à técnica SF-TIR. (escala 500  $\mu$ m).**



Fonte: Sobral, Frias e Martins (2011).

Outro estudo, este realizado por Coppock *et al.* (2017), relata que fatores como a complexidade, despesa, baixa eficiência de extração e incompatibilidade com sedimentos prejudicam

os métodos para extrair microplásticos de sedimentos marinhos. Coppock *et al.* (2017) apresentam um método para separar microplásticos de sedimentos de diferentes tipos, a partir do uso do princípio da flutuação de densidade. O método apresentado pode ser reproduzido em laboratório e em campo (COPPOCK *et al.*, 2017). O Quadro 2 resume os procedimentos adotados por esse método.

**Quadro 2. Procedimentos para separação de microplásticos.**

Procedimentos	Definições
<i>The Sediment-Microplastic Isolation</i> (SMI), ou seja, Isolamento Microplástico de Sedimentos.	Realizado através de um aparelho personalizado que extrai microplásticos de sedimentos em uma única etapa, com eficiência média de 95,8%.
Flutuação de densidade.	A uma densidade de 1,5 g cm <sup>3</sup> , o Cloreto de Zinco pode ser usado como meio de flutuação efetivo e relativamente barato.
Cravação artificial.	Por cravação artificial de sedimentos microplásticos de baixa e alta densidade, o método foi validado e sua relevância ambiental foi ainda testada por extração de plásticos presentes em amostras de sedimentos naturais de locais que variam no tipo de sedimentos (lodo fino, argila e areia grossa).

Fonte: Adaptado de Coppock (2017).

### 2.3 Materiais para coleta de microplásticos e para análise em laboratório

Para a coleta das amostras de água e/ou sedimentos, podem ser utilizados materiais como: balde de inox, coletor com braço retrátil, batiscafo (exemplos de amostradores de superfície); garrafas Van Dorn e de Niskin, armadilha de Schindler-Patalas (trampa), bomba de água, redes de plâncton (exemplos de amostradores de profundidade/coluna d'água); amostradores de fundo; amostradores de nécton. Já para a análise em laboratório, geralmente, são utilizados Lupa binocular, Espectroscópio, Infravermelho e Microscópio.

As Figuras 5, 6 e 7, a seguir, demonstram alguns equipamentos utilizados em pesquisas para a coleta de amostras e para a sua análise em laboratório.

**Figura 5. Rede utilizada durante um arrasto horizontal teste nas águas superficiais na Baía de Guanabara.**



Fonte: Olivatto (2017).

**Figura 6. Rede de náilon utilizada para coleta de amostras.**



Fonte: Olivatto (2017).

**Figura 7. Equipamento microscópio óptico estereoscópico.**



Fonte: Olivatto (2017).

## **2.4 Efeitos dos microplásticos no meio ambiente e na saúde de seres vivos**

Como foi visto anteriormente, nos últimos anos, as partículas de microplásticos tiveram um aumento no ambiente. Por isso, pesquisadores têm buscado conduzir experimentos a fim de avaliar a disponibilidade e os impactos dos microplásticos no ambiente. De acordo com Lucio *et al.* (2019), os seres-vivos têm se mostrado passíveis a absorver essas partículas, levando ao acúmulo destas ao longo da cadeia alimentar. Quando se fala em efeitos de microplásticos em animais, torna-se mais fácil encontrar pesquisas, porém, em humanos existe uma dificuldade de se encontrar trabalhos, necessitando assim de análises para entender a interação entre microplásticos e o ser humano (LUCIO *et al.*, 2019).



De acordo com Sobral, Frias e Martins (2011), conforme o plástico for se degradando nos oceanos, o número de fragmentos será cada vez maior em quantidade e de menor tamanho. Isso facilitará a adsorção de poluentes persistentes, bioacumuláveis e tóxicos, aumentando assim o risco de introdução destes compostos ao nível dos consumidores primários, como o zooplâncton e peixes filtradores.

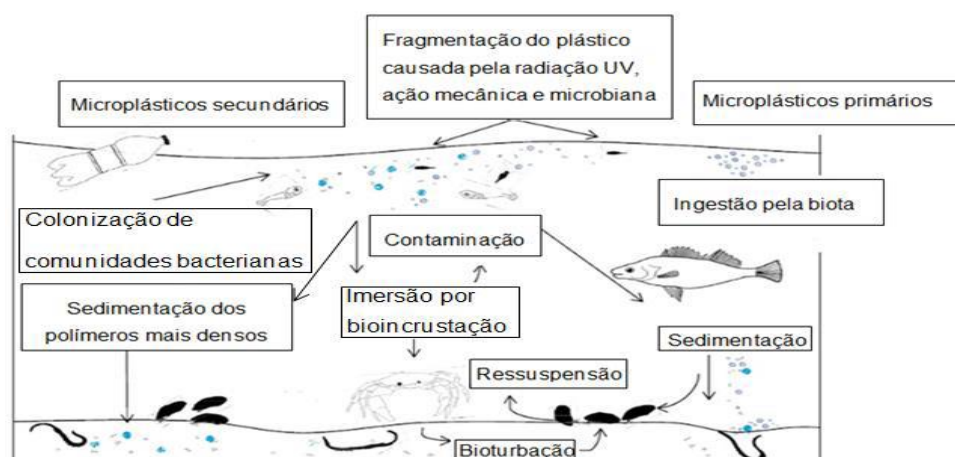
Nos últimos anos, estudos revistos por Cole *et al.* (2011) confirmam a ingestão de partículas de plástico por diversos grupos de organismos marinhos. Segundo Murray e Cowie (2011), foi identificada a presença de fibras plásticas no material estomacal de pequenos peixes. O que pode colocar em risco a saúde do predador do topo da cadeia, já que podem estar dentro do consumo humano.

Um estudo feito por Silva-Cavalcanti *et al.* (2017) buscou avaliar a ingestão de microplásticos por uma espécie de peixe comum de água doce, que é consumida por seres humanos em regiões semi-áridas da América do Sul. Restos de plástico e outros itens alimentares encontrados no intestino dos peixes coletados foram analisados, observando-se que 83% dos peixes possuíam restos de plástico no interior do seu intestino. Segundo Silva-Cavalcanti *et al.* (2017), a maior parte dos detritos plásticos recuperados a partir das vísceras do peixe foram microplásticos. Além disso, notou-se que os peixes consumiam mais microplásticos nas seções urbanizadas do rio. Vale ressaltar que as consequências do consumo humano desse peixe não foram avaliadas no estudo.

De acordo com um estudo de E Silva *et al.* (2016), os microplásticos têm prejudicado o desenvolvimento larval em mexilhões, visto que essas partículas podem adsorver contaminantes em concentrações elevadas, podendo causar efeitos tóxicos na biota. Esses efeitos tóxicos são, em grande parte, vinculados com a exposição direta de organismos através da ingestão de microplásticos contaminados. O objetivo desse estudo foi realizar experiências para avaliar a toxicidade dos lixiviados de pellets de plástico virgens e pellets encalhados, recolhidos em uma área marinha costeira protegida para o desenvolvimento embrionário do mexilhão marrom. Segundo E Silva *et al.* (2016), observou-se que os embriões dos mexilhões são sensíveis ao lixiviado e os resultados sugerem que detritos de microplástico podem ser perigosos, mesmo se a ingestão não é a principal via de interação de organismos marinhos com restos de plástico contaminados. Por fim, os autores concluíram que, para avaliar o risco real deste tipo de postura contaminante para os ecossistemas costeiros, é importante compreender a interação de vias de exposição direta e indireta para microplásticos.

Olivatto (2017) retrata em seu estudo um esquema adaptado de Wright *et al.* (2013) com as possíveis vias de transporte de microplásticos para o ambiente aquático e suas interações biológicas. Como pode ser visto na Figura 8, a seguir.

**Figura 8. Possíveis vias de transporte de microplásticos para o ambiente aquático e suas interações biológicas.**



Fonte: Olivatto (2017) adaptada de Wright *et al.* (2013).

### 3. MÉTODOS

Uma pesquisa deve ser iniciada a partir de uma questão que deve ser respondida, isto é, uma dúvida para a qual se quer buscar a resposta. Logo, pesquisar é buscar ou procurar resposta para alguma coisa (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Segundo Gil (2002, p.17), pesquisa é definida como “(...) o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa desenvolve-se por um processo constituído de várias fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados”.

Essa pesquisa pode ser classificada, quanto aos seus objetivos, como uma pesquisa Exploratória-Descritiva. Uma pesquisa desse tipo possui o objetivo de familiarizar o problema, a fim de torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Grande parte dessas pesquisas envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com as partes envolvidas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão (GIL, 2002). A fim de obter mais informações acerca do tema estudado, representa a fase preliminar da pesquisa, orientando os objetivos, métodos e a construção das hipóteses. Segundo Triviños (1987), a pesquisa descritiva exige do investigador uma série de informações sobre o que deseja pesquisar. Esse tipo de estudo pretende descrever os fatos e fenômenos de determinada realidade.

Neste artigo, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema de microplásticos e impactos no meio ambiente, com foco em analisar ocorrências no ambiente marinho. Foram feitas buscas em bancos de pesquisa como Periódico Capes, Scopus, Elsevier, etc.

### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pesquisas sobre os impactos da poluição por microplásticos no planeta são escassas e recentes. Por isso, buscou-se estudar nesse artigo fontes de resíduos que geram os microplásticos,



procedimentos para coleta de microplásticos, materiais utilizados para coletá-los e para analisá-los em laboratório e efeitos dos microplásticos no meio ambiente e na saúde de seres vivos.

Estudos apontam que o plástico é considerado o lixo mais comum encontrado nos oceanos e é biodegradado lentamente. A produção mundial de plásticos tem crescido e há décadas os plásticos vêm substituindo, cada vez de forma mais intensa, os produtos naturais. Nos últimos anos, as partículas de microplásticos tiveram um aumento significativo no ambiente e pesquisas desenvolvidas no Brasil demonstram como que a poluição microplástica já é uma realidade nos sedimentos, nas águas das praias e rios, e no país.

A velocidade com que é produzido lixo, cuja matéria-prima é o plástico, tem feito desse material um problema não apenas para os oceanos, mas também para quem consome organismos de origem marinha, já que os seres-vivos têm se mostrado suscetíveis à absorção de microplásticos. A partir do momento que estes resíduos não são adequadamente tratados e descartados, acabam gerando poluentes que provocam impactos negativos ao meio ambiente.

Considerando que os microplásticos são partículas que impactam diretamente no meio ambiente, a partir da revisão bibliográfica apresentada, nota-se a oportunidade de analisar se partículas de microplásticos podem ser encontradas nas praias localizadas em regiões do Brasil, especialmente na Região dos Lagos no estado do Rio de Janeiro, devido à escassez desse tipo de estudo na referida região.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPLAST. **Associação Brasileira da Indústria do Plástico**, 2015. Disponível em: <<http://www.abiplast.org.br/>>. Acesso em 21 de outubro de 2019.

ANDRADY, Anthony L. **Microplastics in the marine environment**. Marine Pollution Bulletin, v. 62, n. 8, p. 1596-1605, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

AUTA, H. S.; EMENIKE, C. U.; FAUZIAH, S. H. **Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions**. Environment international, v. 102, p. 165-176, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

BRASIL, Lei. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

BROWNE, M. A. CRUMP, P. NIVEN, S. T. TEUTEN, E. TONKIN, A. GALLOWAY, T. THOMPSON, R. C. **Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks.** *Environmental Science & Technology*, v. 45, n. 21, p. 9175-9179, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/es201811s>>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

COLE, Matthew, LINDEQUE, Pennie, HALSBAND, Claudia, GALLOWAY, Tamara S. **Microplastics as contaminants in the marine environment: A review.** *Marine Pollution Bulletin*, v. 62, n. 12, p. 2588-2597, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

COPPOCK, Rachel L., COLE, Matthew., LINDEQUE, Penelope K., QUEIRÓS, Ana M., GALLOWAY, Tamara. S. **A small-scale, portable method for extracting microplastics from marine sediments.** *Environmental Pollution*, v. 230, p. 829-837, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.07.017>>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

DERRAIK, Jose. G. **The pollution of the marine environment by plastic debris: a review.** *Marine Pollution Bulletin*, v. 44, 2002. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

ERIKSEN, Marcus, LEBRETON, Laurent C. M., CARSON, Henry S. THIEL, Martin, MOORE, Charles J., BORERRO, Jose C., GALGANI, Francois, RYAN, Peter G., REISSER, Julia. **Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea.** *PloS one*, v. 9, n. 12, p. e111913, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>>. Acesso em 21 de outubro de 2019.

E SILVA, Pablo Pena Gandara; NOBRE, Caio Rodrigues; RESAFFE, Priscila; PEREIRA, Camilo Dias Seabra; GUSMÃO, Felipe. **Leachate from microplastics impairs larval development in brown mussels.** *Water research*, v. 106, p. 364-370, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.10.016>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2020.

EVERAERT, Gert, VAN CAUWENBERGHE, Lisbeth, DE RIJCKE, Maarten, KOELMANS, Albert A., MEES, Jan, VANDEGEHUCHTE, Michiel, JANSSEN, Colin R. **Risk assessment of microplastics in the ocean: Modelling approach and first conclusions.** *Environmental Pollution*, v. 242, p. 1930-1938, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.07.069>>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa.** Plageder, 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 21 de

outubro de 2019.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. Disponível em: <[http://www.urca.br/itec/images/pdfs/modulo%20v%20-%20como\\_elaborar\\_projeto\\_de\\_pesquisa\\_-\\_antonio\\_carlos\\_gil.pdf](http://www.urca.br/itec/images/pdfs/modulo%20v%20-%20como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf)>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

HAMMER, Jort; KRAAK, Michiel H. S.; PARSONS, John. R. **Plastics in the marine environment: the dark side of a modern gift**. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology. Springer: New York, 2012. Disponível em: <[https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3414-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3414-6_1)>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

HIDALGO-RUZ, Valeria; GUTOW, Lars; THOMPSON Richard. C.; THIEL, Martin. **Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification**. Environmental Science & Technology, 2012, 46, 6. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/es2031505>>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

ISLAM, M. Shahidul.; TANAKA, Masaro. **Impacts of pollution on coastal and marine ecosystems including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and synthesis**. Marine Pollution Bulletin, v.48, p.624-649. 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2003.12.004>>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

IVAR DO SUL, Juliana A.; COSTA, Monica F. **Plastic pollution risks in an estuarine conservation unit**. Journal of Coastal Research, v. 65, n. sp1, p. 48-53, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.2112/SI65-009.1>>. Acesso em 21 de outubro de 2019.

LUCIO, Fabiola Terra; MAGNONI, Diane Marques; PIMENTA,Veronica Elisa; CONTE, Helio. **Disponibilidade e influência dos microplásticos nos seres vivos e ambiente: uma revisão**. Revista Conexão Ciência, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.24862/cco.v14i1.908>>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

MURRAY, Fiona; COWIE, Phillip Rhys. **Plastic contamination in the decapod crustacean Nephrops norvegicus**. (Linnaeus, 1758). Marine Pollution Bulletin, v. 62, n. 6, p. 1207-1217, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.03.032>>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

OLIVATTO, Glaucia Peregrina. **Estudo sobre Microplásticos em águas superficiais na porção oeste da Baía de Guanabara**. Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.17771/PUCRio.acad.29926>>. Acesso em:

21 de outubro de 2019.

OLIVATTO, G. P.; CARREIRA, R.; TORNISIELO, V. L.; MONTAGNER, C. C. **Microplásticos: Contaminantes de Preocupação Global no Antropoceno**. Rev.Virtual Quim, v.10, n.6, p.1968-1989, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.21577/1984-6835.20180125>>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

ONU. Nações Unidas no Brasil. **Nosso Oceano, Nosso Futuro: Chamada para Ação Documento final da Conferência das Nações Unidas sobre os Oceanos**. Junho de 2017. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-divulga-versao-em-portugues-do-documento-final-da-conferencia-oceanos/>>. Acesso em 21 outubro de 2018.

SILVA, Pablo Pena Gandara e. **Contaminação e toxicidade de microplásticos em uma área de proteção marinha costeira**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2016. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-27092016-084059/en.php>>. Acesso em 21 de outubro de 2019.

SILVA-CAVALCANTI, Jacqueline Santos; SILVA, José Diego B.; FRANÇA, Elton José de; ARAÚJO, Maria Christina Barbosa de; GUSMÃO, Felipe. **Microplastics ingestion by a common tropical freshwater fishing resource**. Environmental Pollution, v. 221, p. 218-226, 2017. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.068>>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2020.

SOBRAL, Paula; FRIAS, João; MARTINS, Joana. **Microplásticos nos oceanos-um problema sem fim à vista**. Revista Ecológica, Lisboa, v.3, p.12-21, 2011. Disponível em: <[https://www.speco.pt/images/Artigos\\_Revista\\_Ecologia/revistaecologia\\_3\\_art\\_3\\_3.pdf](https://www.speco.pt/images/Artigos_Revista_Ecologia/revistaecologia_3_art_3_3.pdf)>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

TRIVIÑOS, Augusto. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987. Disponível em: <[http://www.hugoribeiro.com.br/biblioteca-digital/Trivinos-Introducao-Pesquisa-em\\_Ciencias-Sociais.pdf](http://www.hugoribeiro.com.br/biblioteca-digital/Trivinos-Introducao-Pesquisa-em_Ciencias-Sociais.pdf)>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

WRIGHT, Stephanie L.; THOMPSON, Richard C.; GALLOWAY, Tamara S. **The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review**. Environmental Pollution, v. 178, p. 483-492, 2013. Disponível em: < <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031> >. Acesso em: 27 de novembro de 2019.

## ARTIGO CIENTÍFICO 2

### ANÁLISE VISUAL DE MICROPLÁSTICOS EM SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DE PRAIAS NOS MUNICÍPIOS DE ARMAÇÃO DOS BÚZIOS, CABO FRIO E RIO DAS OSTRAS

#### *VISUAL ANALYSIS OF MICROPLASTICS IN SURFACES SEDIMENTS OF BEACHES IN THE MUNICIPALITIES OF ARMAÇÃO DOS BÚZIOS, CABO FRIO AND RIO DAS OSTRAS*

Isabel Cristina Tomaz Firme - IFFluminense/PPEA  
Bárbara Santos da Silva Oliveira IFFluminense/Cabo Frio  
Jorge Luiz Cerqueira Santos IFFluminense/Cabo Frio  
Victor Barbosa Saraiva - IFFluminense/PPEA  
Manildo Marcião de Oliveira - IFFluminense/PPEA

#### RESUMO

O acúmulo de partículas plásticas menores ou iguais a 5 mm, conhecidas como microplásticos, em sedimentos e água de praias tem se tornado um problema para o ambiente marinho. Este trabalho buscou analisar os microplásticos coletados nas praias Rasa (Armação dos Búzios), do Forte (Cabo Frio) e Boca da Barra (Rio das Ostras), no Rio de Janeiro, classificando-os de acordo com o seu tamanho e verificando as diferenças estatísticas entre os locais. Foram realizadas duas coletas em 3 pontos de cada praia estudada. O sedimento superficial de areia (5 cm) das praias foi usado para coleta dos microplásticos, no laboratório as amostras foram triadas e levadas a processos de tratamento químico com peróxido de hidrogênio e sulfato de ferro II, em seguida para observação em microscópio estereoscópio. Na primeira coleta, coletaram-se 45 unidades de microplásticos, sendo 17 unidades na praia Rasa, 19 na praia do Forte e 9 na Boca da Barra. Já na segunda coleta, coletaram-se 61 unidades de microplásticos, sendo 19 unidades na praia Rasa, 4 na praia do Forte e 38 na Boca da Barra. Não foram observadas diferenças entre as quantidades de microplásticos nas areias das praias em 2020 e 2021, mas em 2022 diferenças foram observadas. Os resultados apontam para um aumento na Boca da Barra (Rio das Ostras). O estudo ressalta a necessidade do monitoramento contínuo das áreas estudadas para avaliar o risco ecológico e a saúde humana da poluição por microplásticos em praias da região.

**Palavras-chave:** Microplásticos. Ambiente Marinho. Sedimentos.

### **ABSTRACT**

*The accumulation of plastic particles smaller than or equal to 5 mm, known as microplastics, in sediments and beach water has become a problem for the marine environment. This work sought to analyze the microplastics collected on the beaches Rasa (Armação dos Búzios), do Forte (Cabo Frio) and Boca da Barra (Rio das Ostras), in Rio de Janeiro, classifying them according to their size and verifying the statistical differences between the averages of these pollutants. Two collections were carried out at 3 points of each beach studied. The surface sediment of sand (5 cm) from the beaches was used to collect the microplastics, in the laboratory the samples were sorted and taken to chemical treatment processes with hydrogen peroxide and iron II sulfate, then for observation under a stereoscopic microscope. In the first collection, 45 units of microplastics were collected, being 17 units in Rasa beach, 19 in Forte beach and 9 in Boca da Barra. In the second collection, 61 units of microplastics were collected, being 19 units on Rasa beach, 4 on Forte beach and 38 on Boca da Barra. No differences were observed between the amounts of microplastics in the sandy beaches in 2020 and 2021, but in 2022 differences were observed. The results point to an increase in the mouth of Boca da Barra (Rio das Ostras). The study highlights the need for continuous monitoring of the studied areas to assess the ecological risk and human health from microplastic pollution on beaches in the region.*

**Keywords:** *Microplastics. Marine Environment. Sediments.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os microplásticos (partículas < 5 mm) são poluentes globais prioritários em estudos da ecotoxicologia dos oceanos e também para a saúde humana (PERUMAL; MUTHURAMALINGAM, 2021). Nos últimos anos, a produção mundial de plásticos tem crescido e as partículas de microplásticos tiveram um aumento significativo no ambiente, tanto que pesquisas desenvolvidas no Brasil demonstram como que a poluição microplástica já é uma realidade nos sedimentos, nas águas das praias e rios, e no país (OLIVATTO *et al.*, 2018). Nota-se que a velocidade com que é produzido lixo desta matéria-prima tem feito desse material um problema não apenas para os oceanos, mas também para quem consome organismos de origem marinha (DU *et al.*, 2021).

Os microplásticos são classificados como: microplásticos primários que são produzidos para uma aplicação específica (microfibras de roupas, microesferas, loções pelling, esfoliantes corporais e cosméticos) e encontrados no ambiente desta mesma forma e os secundários que são formados pela fragmentação e degradação de macropolásticos (ACHARYA *et al.*, 2021; VIVEKANAND *et al.*, 2021). Estes microplásticos secundários são a maioria presente nos oceanos levando em consideração a alta quantidade de macropolásticos já existentes neste ambiente oriundo do descarte inadequado do lixo (EFIMOVA *et al.*, 2018). Os microplásticos podem ser compostos quimicamente de: Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Poliestireno (PS), Polietileno tereftalato (PET); e Policloreto de vinila (PVC) (ANDRADY, 2011). Em praias marinhas, como as do Báltico, encontra-se principalmente Polietileno (PE), Polipropileno (PP) e Poliestireno (PS) (EFIMOVA *et al.*, 2018). As formas dos microplásticos são variadas, podendo ser de vários tipos: como tablet, esférico, oblonga, forma cilíndrica e de disco (ACHARYA *et al.*, 2021).

O impacto da poluição dos plásticos e microplásticos se relaciona fortemente com três objetivos do desenvolvimento sustentável: o objetivo 3 (Boa saúde e bem-estar), o objetivo 12 (Consumo e produção responsáveis) e objetivo 14 (Vida debaixo d'água) (ISSIFU; SUMAILA, 2020).

Considerando que os microplásticos são partículas que impactam diretamente no meio ambiente, nota-se a oportunidade de analisar os microplásticos coletados em praias localizadas em regiões do Brasil, especialmente no litoral do estado do Rio de Janeiro, devido à escassez desse tipo de estudo na região.

A área de estudo dessa pesquisa é representada por praias localizadas nos municípios de Armação dos Búzios (ou Búzios, como é conhecido), Cabo Frio e Rio das Ostras. Portanto, utilizando como referência a proximidade com a localização dos pontos de amostragem do monitoramento de balneabilidade realizado pelo Inea em praias desses municípios e considerando a importância da análise em praias dos pontos localizados próximos a saída de galerias de águas

pluviais, rios ou canais de drenagem, foram definidas três praias a serem estudadas em cada município de interesse dessa pesquisa.

Esse trabalho tem como objetivo analisar os microplásticos coletados nas praias Rasa (Armação dos Búzios), do Forte (Cabo Frio) e Boca da Barra (Rio das Ostras), no Rio de Janeiro, em relação a quantidade em dois anos dentro do período relacionado a Pandemia da COVID-19.

## 2. MATERIAL E MÉTODO

### 2.1 Material

Considerando a disponibilidade dos equipamentos no Laboratório de Ecotoxicologia e Microbiologia Ambiental (LEMAM) do Instituto Federal Fluminense – Campus Cabo Frio, para a coleta das amostras, a partir de água do mar e sedimentos, foram utilizados os seguintes materiais: amostrador quadrado de madeira de 1m x 1m e 5cm de profundidade, trena, baldes, copos, pá de obra, filtros de papel, suportes para filtro de papel, saco plástico transparente zipado, papel vegetal, lápis 6B.

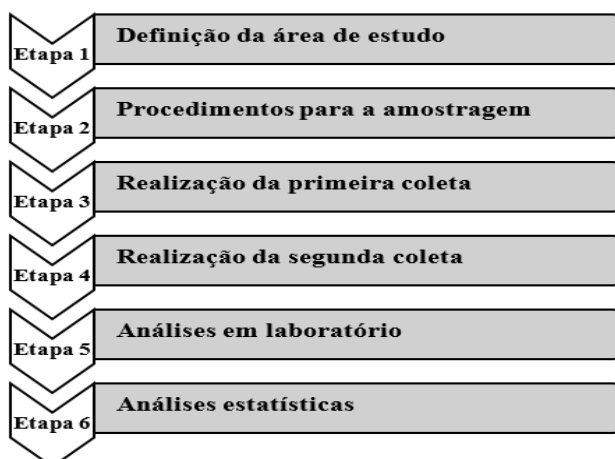
Já para a análise em laboratório, os seguintes materiais foram utilizados: pinça modelo ABC STAINLESS L93-S 4, béquer, Peróxido de hidrogênio 30%, solução aquosa de Sulfato ferroso Fe II, termômetro, aquecedor a banho maria, peneira de análise granulométrica com malha de 325 µm, placa de Petri, lupa binocular, balança, recipientes pequenos com tampa.

### 2.2 Método

Essa pesquisa pode ser classificada, quanto a sua abordagem, como quantitativa, quanto a natureza, como aplicada, quanto ao seu objetivo, como descritiva, e quanto ao procedimento, como pesquisa de campo, de acordo com Gerhardt e Silveira (2009).

Quanto a execução da pesquisa, ela foi dividida em seis etapas, conforme a Figura 1.

**Figura 1. Etapas para a realização da pesquisa.**



Fonte: Elaborada pela autora.



- **Etapa 1: Definição da área de estudo**

A área de estudo dessa pesquisa é representada por praias localizadas nos municípios de Armação dos Búzios, Cabo Frio e Rio das Ostras, municípios estes marcados por atividades turísticas. Vale destacar que, em 2017, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) elaborou um quadro com novas divisões geográficas regionais denominadas como regiões geográficas intermediárias e imediatas. Sendo assim, de acordo com essa nova divisão, geograficamente os municípios de interesse dessa pesquisa estão na região geográfica imediata denominada Cabo Frio e Macaé – Rio das Ostras, sendo estas pertencentes a região geográfica intermediária denominada Macaé – Rio das Ostras – Cabo Frio. Sobre a Região Hidrográfica dos municípios estudados, Armação dos Búzios e Cabo Frio pertencem a Região Hidrográfica VI e Rio das Ostras a Região Hidrográfica VIII (IBGE, 2017).

Utilizando como referência a localização dos pontos de amostragem do monitoramento de balneabilidade realizado pelo Inea (2019) em praias e considerando os pontos de coleta mais próximos à saída de galerias de águas pluviais, rios ou canais de drenagem, foram definidas as praias a serem estudadas em cada município de interesse dessa pesquisa e a localização dos pontos de coleta das amostras de água e sedimentos. Assim, destaca-se o Quadro 1, que traz as coordenadas geográficas da rede de monitoramento de balneabilidade de praias dos municípios de Armação dos Búzios, Cabo Frio e Rio das Ostras. Vale destacar que as coordenadas geográficas utilizadas pelo Inea representam uma base para a definição dos pontos de coleta deste trabalho, podendo a localização destes pontos ser adaptada de acordo com a necessidade do projeto.

As figuras presentes no Apêndice A retratam os pontos de amostragem utilizados pelo Inea para o monitoramento de balneabilidade realizado nos municípios de interesse da pesquisa.

**Quadro 1. Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem das praias a serem estudadas em Armação dos Búzios, Cabo Frio e Rio das Ostras.**

<b>Município</b>	<b>Praia</b>	<b>Localização dos pontos de coleta</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
Armação dos Búzios	Praia Rasa	Em frente à Avenida José Bento Ribeiro Dantas (mais próximo ao Canal da Marina)	-22.75396667	-41.94578611
Cabo Frio	Praia do Forte	À direita da Praça do Forte (mais próximo ao Canal Itajuru)	-22.88468333	-42.00767500
Rio das Ostras	Praia Boca da Barra	Em frente à Rua Boca da Barra nº 248 (mais próximo a Foz do Rio das Ostras e da Passagem do Canal).	-22.53358611	-41.93704722

Fonte: Adaptado de INEA (2019).

Como foi destacado anteriormente sobre a importância dos pontos de coleta de microplásticos estarem localizados próximos à saída de galerias de águas pluviais, rios ou canais de drenagem, observa-se nas Figuras 2, 3 e 4 os locais onde foram realizadas as coletas em cada praia estudada.

**Figura 2. Praia Rasa, Armação dos Búzios (Canal da Marina).**



Fonte: Elaborada pelos autores.

**Figura 3. Praia do Forte, Cabo Frio (Canal do Itajuru).**



Fonte: Elaborada pelos autores.

**Figura 4. Praia da Boca da Barra, Rio das Ostras (Foz do Rio das Ostras e da Passagem do canal).**



Fonte: Elaborada pelos autores.

- **Etapa 2: Procedimentos para a amostragem**

Seguindo os procedimentos utilizados com base em Silva (2016), foram realizadas duas coletas em 3 pontos da zona litorânea (limite existente entre o nível das marés – alta e baixa) de cada praia estudada. Na areia, foi colocado o quadrado amostral de madeira (de 1 m x 1 m e 5 cm de profundidade) em 3 pontos diferentes, com um distanciamento horizontal de 10 metros entre os pontos. Após delimitar a zona de coleta com o quadrado, a areia foi retirada a um nível de 5 cm de profundidade, com o auxílio de pá de obra, sendo depositada no balde.

Em seguida, despejou-se água do mar no balde com a areia, na proporção da mesma

quantidade de areia e água do mar. Misturou-se a areia e a água no balde, aguardando alguns minutos para continuar o procedimento. Depois que se observou o assentamento, e ocorrendo o processo conhecido como flotação, coletou-se com o auxílio de um copo a mistura de água que estava suspensa na superfície do balde.

Depois, utilizando filtro de papel e suporte para filtro, a mistura de areia mais água do mar foi filtrada e o filtro foi armazenado em sacos plásticos. Esse procedimento se repetiu para todos os 3 pontos. No final das coletas, todas os filtros foram levados para o laboratório LEMAM, sendo armazenadas em bancadas para secarem a temperatura ambiente.

As Figuras dos procedimentos para a amostragem estão disponíveis no Apêndice B.

- **Etapa 3: Realização da primeira coleta**

A primeira coleta na praia Rasa foi realizada em 12 de novembro de 2020, próxima ao Canal da Marina. Com previsão de maré baixa para às 7h28min da manhã, segundo o site Tábua de marés, e com a fase lunar como lua Minguante. O horário de chegada na praia Rasa foi em torno de 9h da manhã e saída por volta de 13h da tarde.

Na praia do Forte, a primeira coleta foi realizada em 18 de novembro de 2020, próxima ao Canal da Itajuru. Com previsão de maré baixa para às 11h46min da manhã e com a fase lunar como lua Nova. O horário de chegada na praia do Forte foi em torno de 11h30min da manhã e saída por volta de 13h30min da tarde.

Foi realizada em 19 de janeiro de 2021, na praia Boca da Barra, a primeira coleta em 3 pontos próximos a Foz do Rio das Ostras e da Passagem do Canal. Com previsão de maré baixa para às 12h27min da tarde e com a fase lunar como lua Nova. O horário de chegada na praia Boca da Barra foi em torno de 9h30min da manhã e saída por volta de 12h.

O Quadro 2 mostra o número de filtros utilizados em cada ponto e as coordenadas geográficas dos pontos de amostragem das praias estudadas na primeira coleta.

**Quadro 2. Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem na primeira coleta das praias estudadas.**

Praia	Ponto de coleta	Número de filtros	Latitude	Longitude
Rasa	Ponto 1	8	-22.742861	-41.952056
	Ponto 2	8	-22.742861	-41.952222
	Ponto 3	8	-22.742861	-41.952278
do Forte	Ponto 1	8	-22.8851385	-42.0071934
	Ponto 2	8	-22.8851573	-42.0071684
	Ponto 3	9	-22.8850081	-42.0071417

<b>Boca da Barra</b>	Ponto 1	9	-22.5330342	-41.9369729
	Ponto 2	10	-22.5329101	-41.936808
	Ponto 3	9	-22.5329733	-41.9371479

Fonte: Elaborado pelos autores.

- **Etapa 4: Realização da segunda coleta**

A segunda coleta na praia Rasa foi realizada em 18 de janeiro de 2022, próxima ao Canal da Marina. Com previsão de maré baixa para às 10h30min da manhã, segundo o site Tábua de marés e com a fase lunar como lua Cheia. O horário de chegada na praia Rasa foi em torno de 8h e saída por volta de 9h30min da manhã.

Já na praia do Forte, foi realizada em 23 de outubro de 2021 próxima ao Canal da Itajuru. Com previsão de maré baixa para às 10h31min da manhã e com a fase lunar como lua Minguante. O horário de chegada na praia do Forte foi em torno de 10h da manhã e saída por volta de 13h da tarde.

Foi realizada em 19 de janeiro de 2022, na praia Boca da Barra, a segunda coleta próxima à Foz do Rio das Ostras e da Passagem do Canal. Com previsão de maré baixa para às 9h13min da manhã e com a fase lunar como lua Cheia. O horário de chegada na praia Boca da Barra foi em torno de 7h da manhã e saída por volta de 8hmin da manhã.

O Quadro 3 mostra o número de filtros utilizadas e as coordenadas geográficas dos pontos de amostragem na segunda coleta das praias estudadas.

**Quadro 3. Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem na segunda coleta das praias estudadas.**

<b>Praia</b>	<b>Localização do ponto de coleta</b>	<b>Número de filtros</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>
<b>Rasa</b>	Ponto 1	10	-22.743371	-41.952158
	Ponto 2	10	-22.742775	-41.952229
	Ponto 3	10	-22.7426576	-41.9523243
<b>do Forte</b>	Ponto 1	7	-22.8847594	-42.0071343
	Ponto 2	4	-22.8847594	-42.0071343
	Ponto 3	14	-22.8847549	-42.0072875
<b>Boca da Barra</b>	Ponto 1	10	-22.5330957	-41.9368916
	Ponto 2	10	-22.5332832	-41.9367511
	Ponto 3	10	-22.5331421	-41.9366451

Fonte: Elaborado pelos autores.

- **Etapa 5: Análises em laboratório**

Após a coleta nos pontos determinados anteriormente, os filtros foram depositados em bancadas do laboratório para secarem em temperatura ambiente. Depois de seco, cada filtro foi analisado a olho nu, de acordo com o seu respectivo ponto de coleta, e os resíduos encontrados dentro deles foram separados com o auxílio de uma pinça, armazenados em um béquer para cada ponto e pesados.

Posteriormente, de acordo com Olivatto (2017) foi realizado um tratamento com peróxido de hidrogênio para ocorrer a degradação da matéria orgânica presente dentre os resíduos e limpeza das amostras. Colocou-se então em cada béquer com os resíduos secos 20 ml de solução aquosa de sulfato de Fe II a 0,05 M (vale destacar que o cálculo realizado para o preparo da solução considerou os 3 pontos de uma vez, sendo 1,11g a massa utilizada de sulfato de Fe II para 80 ml de água destilada – para os 3 pontos daria 60 ml e 20 ml a mais de sobra, caso fosse preciso), em seguida adicionou-se 20 ml de peróxido de hidrogênio 30%. Essa mistura permaneceu na bancada a temperatura ambiente por 5 minutos. Após esse procedimento, cada béquer com a mistura foi aquecido a uma temperatura de 75°C durante 30 minutos, verificada com termômetro, em um aquecedor a banho maria.

Depois de esfriar a temperatura ambiente, a mistura foi filtrada em peneira de análise granulométrica com malha de 325  $\mu\text{m}$ , sendo que os resíduos filtrados foram mantidos em placas de Petri abertas para secarem a temperatura ambiente.

Os valores da massa dos resíduos secos antes e após o tratamento com solução aquosa de sulfato de Fe II e peróxido de hidrogênio da primeira coleta foram registrados no Quadro 4 e da segunda coleta no Quadro 5.

**Quadro 4. Massa dos resíduos secos da primeira coleta.**

<b>Praia</b>	<b>Ponto de coleta</b>	<b>Massa dos resíduos secos antes do tratamento</b>	<b>Massa dos resíduos secos após o tratamento</b>
<b>Rasa</b>	Ponto 1	0,11g	0,03g
	Ponto 2	0,06g	0,01g
	Ponto 3	0,43g	0,38g
<b>do Forte</b>	Ponto 1	0,87 g	0,32 g
	Ponto 2	0,69 g	0,39 g
	Ponto 3	1,33 g	0,96 g
<b>Boca da Barra</b>	Ponto 1	0,97 g	0,81 g
	Ponto 2	0,19 g	0,10 g
	Ponto 3	0,59 g	0,25 g

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Quadro 5. Massa dos resíduos secos da segunda coleta.**

<b>Praia</b>	<b>Ponto de coleta</b>	<b>Massa dos resíduos secos antes do tratamento</b>	<b>Massa dos resíduos secos após o tratamento</b>
<b>Rasa</b>	Ponto 1	0,89 g	0,65 g
	Ponto 2	0,43 g	0,09 g
	Ponto 3	0,54 g	0,30 g
<b>do Forte</b>	Ponto 1	1,9 g	0,53 g
	Ponto 2	0,24 g	0,08 g
	Ponto 3	2,66 g	1,22 g
<b>Boca da Barra</b>	Ponto 1	0,92 g	0,90 g
	Ponto 2	2,65 g	2,36 g
	Ponto 3	0,67 g	0,57g

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após os resíduos secarem na placa de Petri, houve a sua separação, com auxílio de uma pinça e uma lupa binocular, identificando se os resíduos tratavam de microplásticos ou matéria orgânica. Ressalta-se que essa triagem dos microplásticos foi feita por meio de análise visual, observando através da lupa.

Quando os microplásticos foram identificados, eles foram separados de acordo com o seu tamanho e armazenados em recipientes de vidro. Foi realizada a contagem manual e categorização por tamanho dos microplásticos. As classes de tamanhos foram categorizadas de acordo com o tamanho do eixo maior do item plástico (mm), sendo  $\leq 1$  mm;  $> 1 \leq 2$  mm;  $> 2 \leq 3$  mm;  $> 3 \leq 4$  mm;  $> 4 \leq 5$  mm. (OLIVATTO, 2017). Ou seja, foram identificadas partículas de 1 a 5 mm.

Ressalta-se que as análises em laboratório referentes a primeira coleta foram realizadas nos dias 16 e 17 de novembro de 2020 para a praia Rasa e nos dias 01 e 06 de fevereiro de 2021 para as praias do Forte e Boca da Barra. Já as análises em laboratório referentes a segunda coleta foram realizadas nos dias 05 e 12 de fevereiro de 2022 para as três praias estudadas. E o laboratório utilizado foi o Laboratório de Ecotoxicologia e Microbiologia Ambiental (LEMAM) – IFFluminense Campus Cabo Frio/RJ.

As Figuras das análises em laboratório estão disponíveis no Apêndice C.

- **Etapa 6: Análises estatísticas**

Após as análises em laboratório, os resultados obtidos com a contagem dos microplásticos foram analisados estatisticamente, com o auxílio do RStudio e do Microsoft Excel, a fim de verificar as diferenças estatísticas entre as médias destes poluentes em cada coleta. No R, foi realizada a Análise de Variância (ANOVA) através dos Testes de Shapiro-Wilk, de Bartlett, de Durbin-Watson e do Teste Tukey. Já no Excel, foi realizado o Teste t de *Student*.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Resultado da primeira coleta

Durante a análise em laboratório das amostras coletadas, os microplásticos encontrados foram quantificados de acordo com o seu tamanho, considerando aqueles com tamanho até 5 mm, como mostra as Tabelas 1, 2 e 3.

**Tabela 1: Quantificação dos microplásticos coletados na praia Rasa (Armação dos Búzios).**

Microplásticos (partículas/m <sup>2</sup> ) na Praia Rasa – Armação dos Búzios – Coleta 1			
Classes de tamanhos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
≤ 1 mm	0	0	2
> 1 ≤ 2 mm	2	2	3
> 2 ≤ 3 mm	2	1	1
> 3 ≤ 4 mm	0	1	0
> 4 ≤ 5 mm	1	1	1
Total	5	5	7

Fonte: Elaborada pelos autores.

**Tabela 2: Quantificação dos microplásticos coletados na praia do Forte (Cabo Frio).**

Microplásticos (partículas/m <sup>2</sup> ) na Praia do Forte – Cabo Frio – Coleta 1			
Classes de tamanhos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
≤ 1 mm	3	1	1
> 1 ≤ 2 mm	2	1	1
> 2 ≤ 3 mm	1	0	2
> 3 ≤ 4 mm	1	1	1
> 4 ≤ 5 mm	3	0	1
Total	10	3	6

Fonte: Elaborada pelos autores.

**Tabela 3: Quantificação dos microplásticos coletados na praia Boca da Barra (Rio das Ostras).**

Microplásticos (partículas/m <sup>2</sup> ) na Praia Boca da Barra – Rio das Ostras – Coleta 1			
Classes de tamanhos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
≤ 1 mm	0	0	0
> 1 ≤ 2 mm	1	2	2
> 2 ≤ 3 mm	0	0	1
> 3 ≤ 4 mm	0	0	0
> 4 ≤ 5 mm	1	1	1
Total	2	3	4

Fonte: Elaborada pelos autores.

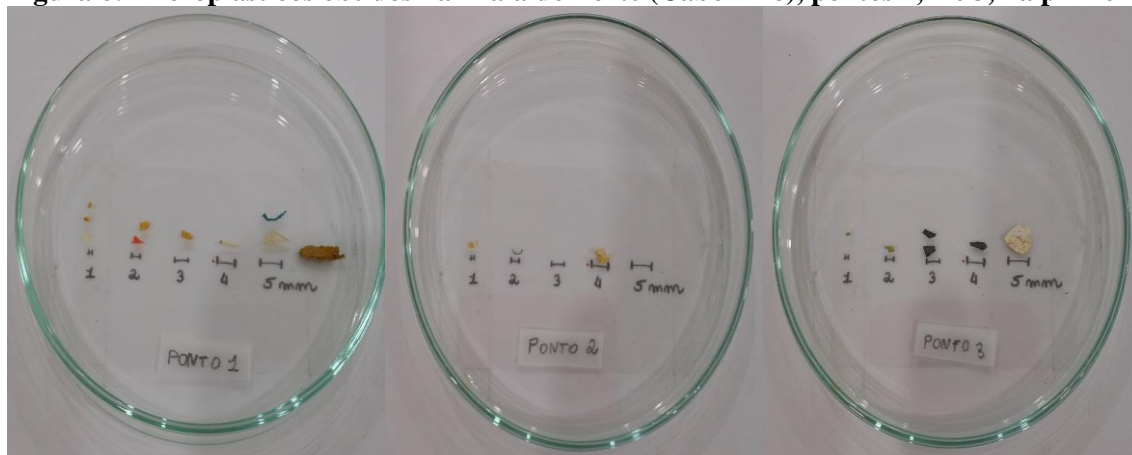
As Figuras 5, 6 e 7 retratam os microplásticos encontrados nas praias estudadas na primeira coleta.

**Figura 5: Microplásticos obtidos na Praia Rasa (Armação dos Búzios), pontos 1, 2 e 3, na primeira coleta.**



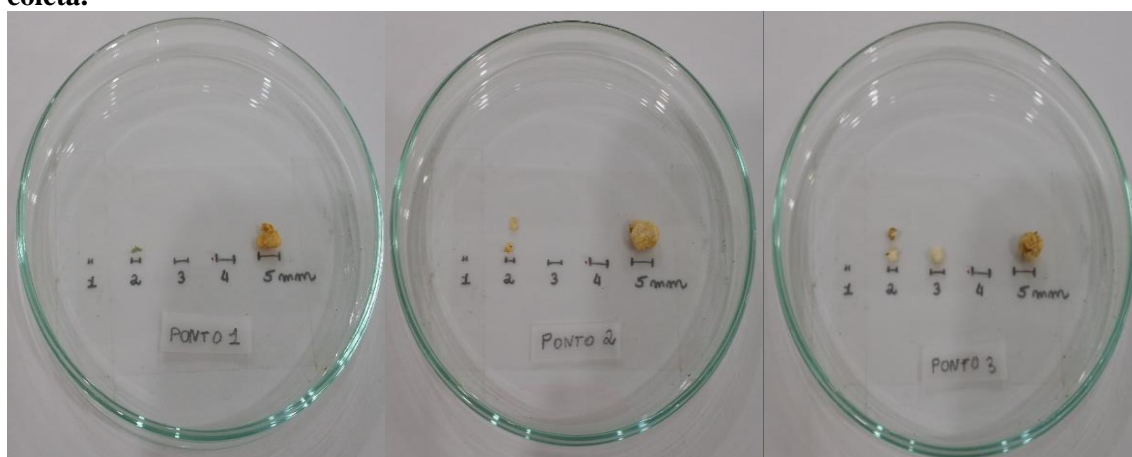
Fonte: Elaborada pelos autores.

**Figura 6: Microplásticos obtidos na Praia do Forte (Cabo Frio), pontos 1, 2 e 3, na primeira coleta.**



Fonte: Elaborada pelos autores.

**Figura 7: Microplásticos obtidos na Praia Boca da Barra (Rio das Ostras), pontos 1, 2 e 3, na primeira coleta.**



Fonte: Elaborada pelos autores.

As análises estatísticas foram implementadas no ambiente R *statistical software* (RStudio 4.2.0) e em planilha eletrônica (Microsoft Excel 2016 versão 2211).

A análise comparativa das médias de microplásticos (número de partículas por m<sup>2</sup>) entre as três praias é apresentada na Tabela 4 e no *Boxplot* da Figura 8. Pode-se observar que a praia do Forte



possui a maior média de microplásticos (6,3333 partículas por m<sup>2</sup>) entre as três praias estudadas. Já a praia Boca da Barra, quando comparada às demais praias, possui a menor média de microplásticos (3,0000 partículas por m<sup>2</sup>). Por fim, na praia Rasa, nota-se que a média de microplásticos foi de 5,6667 partículas por m<sup>2</sup>.

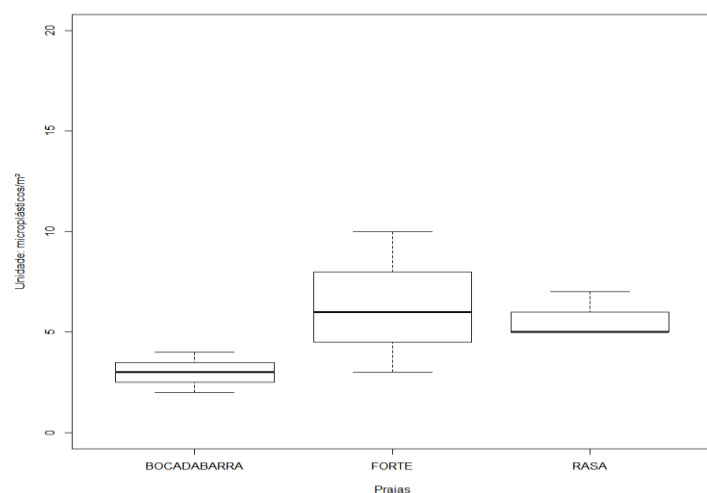
Quanto à dispersão dos dados, percebe-se que a praia do Forte possui a maior variabilidade das médias (desvio padrão 3,5119) de microplásticos, enquanto a Boca da Barra tem uma menor variabilidade (desvio padrão 1,0000). Isso pode ser observado através do desvio padrão da amostra em cada praia (Tabela 4).

**Tabela 4. Resultados da primeira coleta realizada nas praias Rasa (Armação dos Búzios), do Forte (Cabo Frio) e Boca da Barra (Rio das Ostras).**

Praia Rasa – Armação dos Búzios (Coleta 1)			
	Partículas/m <sup>2</sup>	Valor médio	Desvio padrão da amostra
Ponto 1	5	5,6667	1,1547
Ponto 2	5		
Ponto 3	7		
Total	17		
Praia do Forte – Cabo Frio (Coleta 1)			
	Partículas/m <sup>2</sup>	Valor médio	Desvio padrão da amostra
Ponto 1	10	6,3333	3,5119
Ponto 2	3		
Ponto 3	6		
Total	19		
Praia Boca da Barra – Rio das Ostras (Coleta 1)			
	Partículas/m <sup>2</sup>	Valor médio	Desvio padrão da amostra
Ponto 1	2	3,0000	1,0000
Ponto 2	3		
Ponto 3	4		
Total	9		

Fonte: Elaborada pelos autores.

**Figura 8. Boxplot caracterizando as médias de microplásticos das praias.**



Fonte: Elaborada pelos autores.

Sabe-se que a validade da Análise de Variância (ANOVA) pode ser verificada por meio da realização da Análise de Resíduos e os resíduos são utilizados para indicar se os valores observados estão distantes dos valores estimados pela ANOVA. Para que haja normalidade, os resíduos devem seguir Distribuição de Probabilidade Normal.

A hipótese de normalidade foi confirmada através do Teste de Shapiro-Wilk ao nível de significância de 5% ( $W = 0.94716$ ,  $p\text{-value} = 0.6589$ ). Como foi adotado um nível de significância de 5% ( $\alpha = 0.05$ ), nota-se que o p-valor obtido ( $p\text{-value} = 0.6589$ ) foi maior do que o nível de significância. Logo, pode-se afirmar que os resíduos seguem a Distribuição Normal.

Os resíduos devem possuir um padrão de variabilidade semelhantes entre os grupos para garantir a sua homocedasticidade. O Teste de Bartlett de homogeneidade de variâncias forneceu estatísticas para afirmar um padrão de variabilidade semelhante dos resíduos (Bartlett's K-squared = 3.2088,  $df = 2$ ,  $p\text{-value} = 0.201$ ), validando a suposição de homocedasticidade a um nível de significância de 5%. O p-valor obtido ( $p\text{-value} = 0.201$ ) foi maior do que o nível de significância, logo existe homogeneidade de variâncias entre os resíduos.

Sobre a independência dos resíduos, considera-se que não deve existir correlação dos resíduos ao longo da ordem de coleta dos dados. O teste estatístico de Durbin-Watson evidenciou que há independência entre os resíduos ( $DW = 2.3826$ ,  $p\text{-value} = 0.4393$ ), adotando um nível de significância de 5%, pois o valor de  $p\text{-value} = 0.4393$  obtido foi maior do que o nível de significância. Pode-se concluir que existe independência entre os resíduos.

Sendo assim, a Análise de Variância, resumida na Tabela 5, evidencia que não existe diferença estatisticamente significativa entre as médias de microplásticos nas praias analisadas ( $p\text{-valor} = 0.2282$ ), considerando um nível de significância de 5%. Para existir diferença estatisticamente significativa entre as médias, o p-valor obtido deve ser menor do que o nível de significância.

**Tabela 5. ANOVA One-Way, comparando-se as médias de microplásticos entre as praias analisadas.**

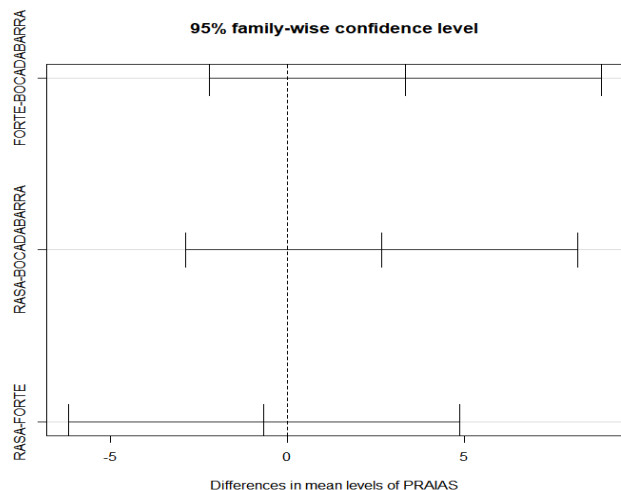
Fatores	df	SQ	MQ	F	p-valor
Praias	2	18.667	9.3333	1.9091	0.2282
Resíduos	6	29.333	4.8889		

Legenda: df: graus de liberdade, SQ: soma quadrática; MQ: média quadrática, F: F calculado  
Fonte: Elaborada pelos autores.

A análise *post hoc* realizada através do *Tukey Honest Significant Difference* (HSD) está apresentada na Figura 9. As comparações múltiplas entre as praias demonstraram onde se encontram (ou não) as diferenças entre as médias de microplásticos. Se o intervalo de confiança contém o 0,

significa que as médias não se diferenciam entre si. O intervalo de confiança do teste Tukey inclui o 0, e demonstra que não há diferenças significativas entre as médias de microplásticos nas praias analisadas.

**Figura 9. Tukey Honest Significant Difference, com intervalo de confiança de 95% das diferenças entre as médias de microplásticos.**



Fonte: Elaborada pelos autores.

Como visto anteriormente, a Análise de Variância (ANOVA) evidenciou que as médias de microplásticos das três praias escolhidas não apresentaram diferenças significativas na primeira coleta.

### 3.2 Resultado da segunda coleta

Após a análise em laboratório das amostras coletadas, os microplásticos encontrados foram quantificados de acordo com o seu tamanho, como mostra as Tabelas 6, 7 e 8.

**Tabela 6. Quantificação dos microplásticos coletados na praia Rasa (Armação dos Búzios), na segunda coleta.**

Microplásticos (partículas/m <sup>2</sup> ) na Praia Rasa – Armação dos Búzios – Coleta 2			
Classes de tamanhos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
≤ 1 mm	6	3	2
> 1 ≤ 2 mm	0	0	1
> 2 ≤ 3 mm	1	0	2
> 3 ≤ 4 mm	1	0	0
> 4 ≤ 5 mm	1	1	1
Total	9	4	6

Fonte: Elaborada pelos autores.

**Tabela 7. Quantificação dos microplásticos coletados na praia do Forte (Cabo Frio), na segunda coleta.**

Microplásticos (partículas/m <sup>2</sup> ) na Praia do Forte – Cabo Frio – Coleta 2			
Classes de tamanhos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
≤ 1 mm	0	0	1
> 1 ≤ 2 mm	1	0	0
> 2 ≤ 3 mm	0	0	1
> 3 ≤ 4 mm	1	0	0
> 4 ≤ 5 mm	0	0	0
Total	2	0	2

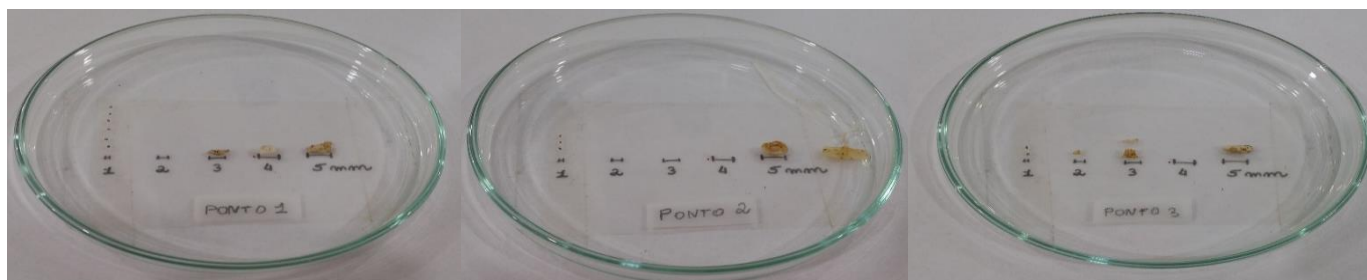
Fonte: Elaborada pelos autores.

**Tabela 8. Quantificação dos microplásticos coletados na praia Boca da Barra (Rio das Ostras), na segunda coleta.**

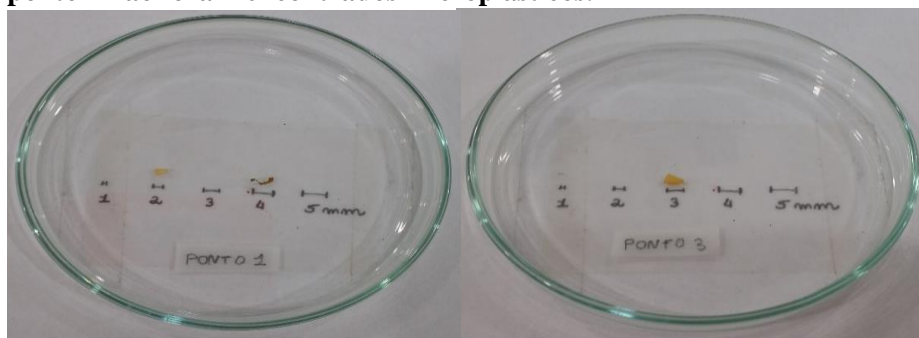
Microplásticos (partículas/m <sup>2</sup> ) na Praia Boca da Barra – Rio das Ostras – Coleta 2			
Classes de tamanhos	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
≤ 1 mm	1	1	0
> 1 ≤ 2 mm	1	4	2
> 2 ≤ 3 mm	3	6	2
> 3 ≤ 4 mm	1	5	0
> 4 ≤ 5 mm	5	3	4
Total	11	19	8

Fonte: Elaborada pelos autores.

As Figuras 10, 11 e 12 retratam os microplásticos encontrados nas praias estudadas na segunda coleta.

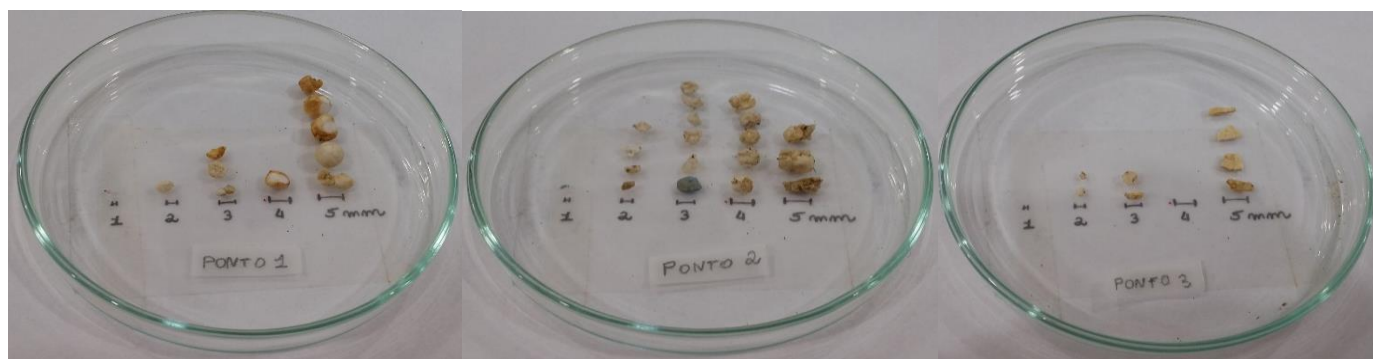
**Figura 10. Microplásticos obtidos na Praia Rasa (Armação dos Búzios), pontos 1, 2 e 3, na segunda coleta.**

Fonte: Elaborada pelos autores.

**Figura 11. Microplásticos obtidos na Praia do Forte (Cabo Frio), pontos 1 e 3, na segunda coleta. No ponto 2 não foram encontrados microplásticos.**

Fonte: Elaborada pelos autores.

**Figura 12. Microplásticos obtidos na Praia Boca da Barra (Rio das Ostras), pontos 1, 2 e 3, na segunda coleta.**



Fonte: Elaborada pelos autores.

A análise comparativa das médias de microplásticos entre as três praias é apresentada na Tabela 9 e no *Boxplot* da Figura 13. Pode-se observar que a praia da Boca da Barra possui a maior média de microplásticos (12,6667 partículas por  $m^2$ ) entre as três praias estudadas. Já a praia do Forte, quando comparada às demais praias, possui a menor média de microplásticos (1,3333 partículas por  $m^2$ ). Por fim, na praia Rasa, nota-se que a média de microplásticos foi de 6,3333 partículas por  $m^2$ .

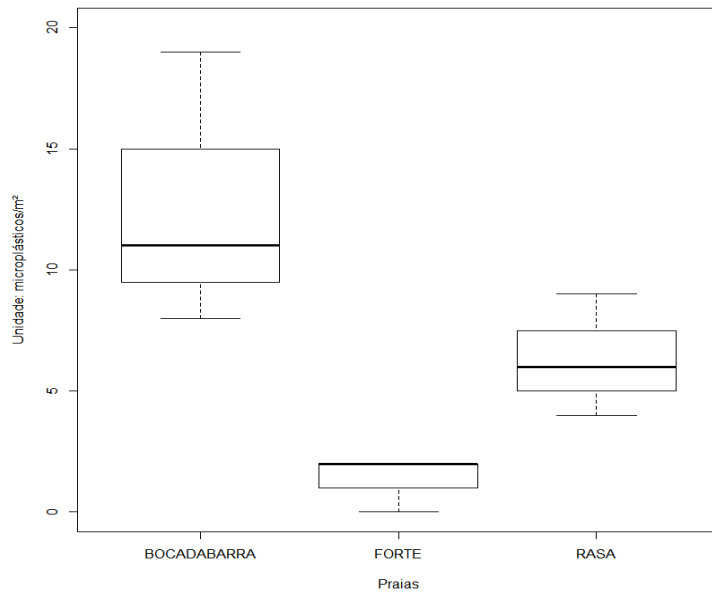
Quanto à dispersão dos dados, percebe-se que a praia da Boca da Barra possui a maior variabilidade das médias (desvio padrão 5,6862) de microplásticos, enquanto a do Forte tem uma menor variabilidade (desvio padrão 1,1547). Isso pode ser observado através do desvio padrão da amostra em cada praia (Tabela 9).

**Tabela 9. Resultados da segunda coleta realizada nas praias Rasa (Armação dos Búzios), do Forte (Cabo Frio) e Boca da Barra (Rio das Ostras).**

Praia Rasa – Armação dos Búzios (Coleta 2)			
	Partículas/ $m^2$	Valor médio	Desvio padrão da amostra
Ponto 1	9	6,3333	2,5166
Ponto 2	4		
Ponto 3	6		
Total	19		
Praia do Forte – Cabo Frio (Coleta 2)			
	Partículas/ $m^2$	Valor médio	Desvio padrão da amostra
Ponto 1	2	1,3333	1,1547
Ponto 2	0		
Ponto 3	2		
Total	4		
Praia Boca da Barra – Rio das Ostras (Coleta 2)			
	Partículas/ $m^2$	Valor médio	Desvio padrão da amostra
Ponto 1	11	12,6667	5,6862
Ponto 2	19		
Ponto 3	8		
Total	38		

Fonte: Elaborada pelos autores.

**Figura 13. Boxplot caracterizando as médias de microplásticos das praias.**



Fonte: Elaborada pelos autores.

Sabe-se que a validade da Análise de Variância (ANOVA) pode ser verificada por meio da realização da Análise de Resíduos e os resíduos são utilizados para indicar se os valores observados estão distantes dos valores estimados pela ANOVA. Para que haja normalidade, os resíduos devem seguir Distribuição de Probabilidade Normal.

A hipótese de normalidade foi confirmada através do Teste de Shapiro-Wilk ao nível de significância de 5% ( $W = 0.95689$ ,  $p\text{-value} = 0.7652$ ). Como foi adotado um nível de significância de 5% ( $\alpha = 0.05$ ), nota-se que o p-valor obtido ( $p\text{-value} = 0.7652$ ) foi maior do que o nível de significância. Logo, pode-se afirmar que os resíduos seguem Distribuição Normal.

Os resíduos devem possuir um padrão de variabilidade semelhantes entre os grupos para garantir a sua homocedasticidade. O Teste de Bartlett de homogeneidade de variâncias forneceu estatísticas para afirmar um padrão de variabilidade semelhante dos resíduos (Bartlett's K-squared = 3.5365,  $df = 2$ ,  $p\text{-value} = 0.1706$ ), validando a suposição de homocedasticidade a um nível de significância de 5%. O p-valor obtido ( $p\text{-value} = 0.1706$ ) foi maior do que o nível de significância, logo existe homogeneidade de variâncias entre os resíduos.

Sobre a independência dos resíduos, considera-se que não deve existir correlação dos resíduos ao longo da ordem de coleta dos dados. O teste estatístico de Durbin-Watson evidenciou que há independência entre os resíduos ( $DW = 2.8556$ ,  $p\text{-value} = 0.7694$ ), adotando um nível de significância de 5%, pois o valor de  $p\text{-value} = 0.7694$  obtido foi maior do que o nível de significância. Pode-se concluir que existe independência entre os resíduos.

A Análise de Variância, resumida na Tabela 10, evidencia que existe diferença estatisticamente significativa entre as médias de microplásticos nas praias analisadas ( $p\text{-valor} = 0.02501$ ), considerando um nível de significância de 5%. Ou seja, para existir diferença estatisticamente significativa entre as médias, o p-valor obtido deve ser menor do que o nível de

significância.

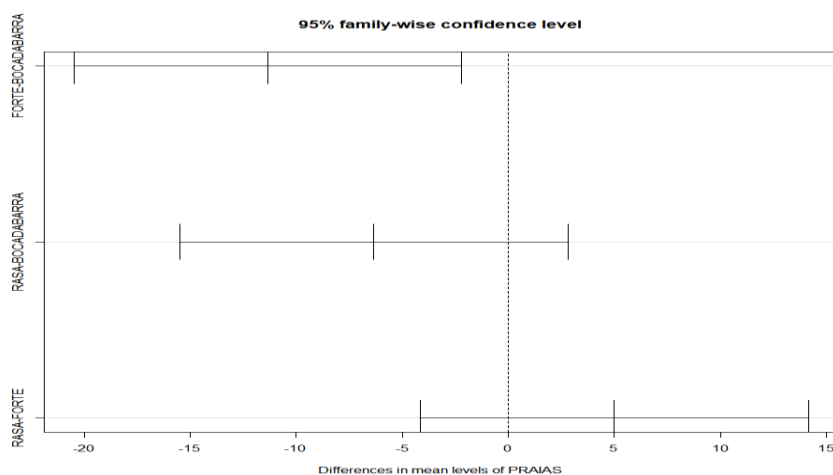
**Tabela 10. ANOVA *One-Way*, comparando-se as médias de microplásticos (unidades) entre as praias analisadas.**

Fatores	df	SQ	MQ	F	p-valor
Praias	2	193.56	96.778	7.2583	0.02501
Resíduos	6	80.00	13.333		

Legenda: df: graus de liberdade, SQ: soma quadrática; MQ: média quadrática, F: F calculado  
Fonte: Elaborada pelos autores.

A análise *post hoc* realizada através do *Tukey Honest Significant Difference* (HSD) está apresentada na Figura 14. As comparações múltiplas entre as praias demonstraram onde se encontram as diferenças entre as médias de microplásticos. Se o intervalo de confiança contém o 0, significa que as médias não se diferenciam entre si. Nota-se que o intervalo de confiança do teste Tukey entre as praias do Forte e Boca da Barra não inclui o 0, logo demonstra que há diferenças significativas entre as médias de microplásticos nessas duas praias analisadas.

**Figura 14. *Tukey Honest Significant Difference*, com intervalo de confiança de 95% das diferenças entre as médias de microplásticos.**



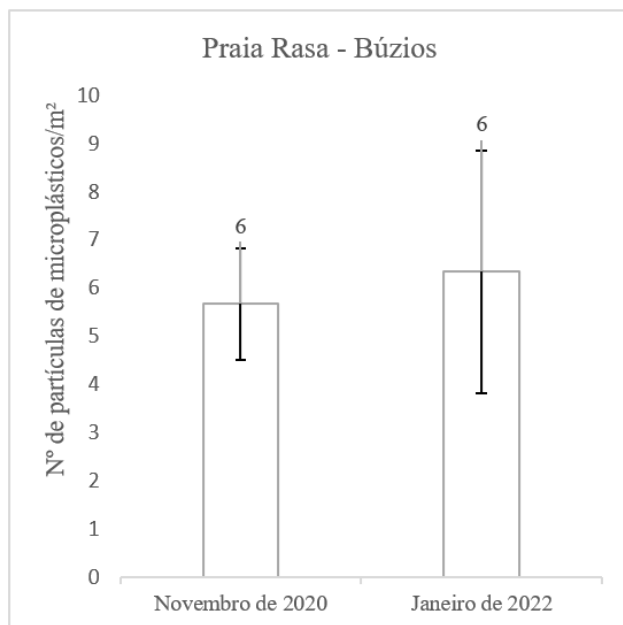
Fonte: Elaborada pelos autores.

Sendo assim, a ANOVA evidenciou que as médias de microplásticos apresentaram diferenças significativas na segunda coleta.

Comparando o período em que as coletas foram realizadas, em novembro de 2020, janeiro e outubro de 2021 e janeiro de 2022, não foi observada diferença significativa entre as médias dos microplásticos coletados na praia Rasa, como mostra o gráfico presente na Figura 15. Na Figura 16, nota-se uma queda nas médias dos microplásticos coletados na praia do Forte. Já na praia Boca da Barra, em Rio das Ostras, observou-se um aumento notório de microplásticos coletados entre os

anos, como destaca a Figura 17, ou seja, as médias de microplásticos coletados apresentaram diferença significativa em Rio das Ostras.

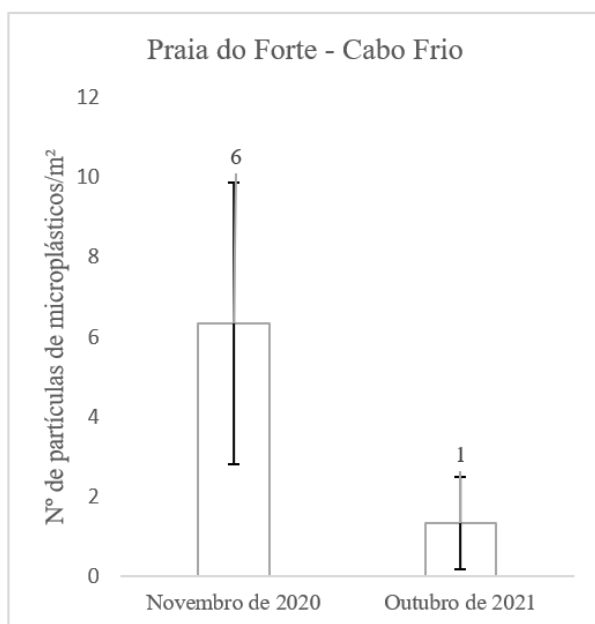
**Figura 15. Gráfico da média e desvio padrão das coletas realizadas em 2020 e 2022, em Armação dos Búzios.**



Legenda: Valores aproximados. Em novembro de 2020, média = 6 e desvio padrão = 1; e em janeiro de 2022, média = 6 e desvio padrão = 3.

Fonte: Elaborada pelos autores.

**Figura 16. Gráfico da média e desvio padrão das coletas realizadas em 2020 e 2021, em Cabo Frio.**

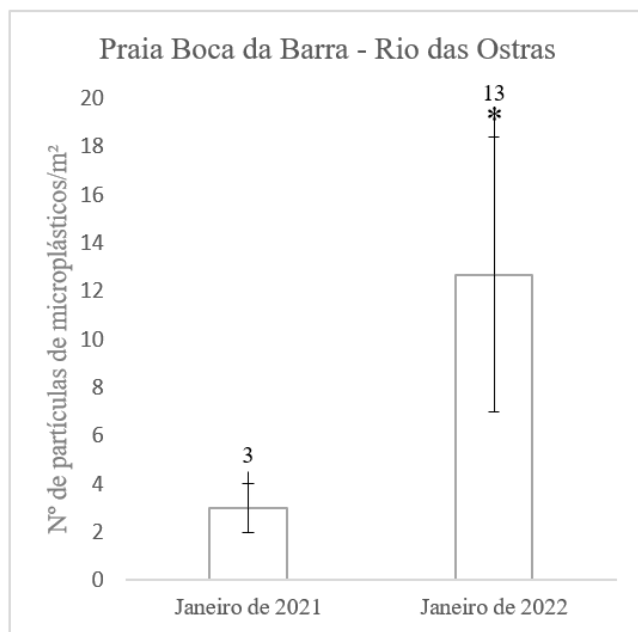


Legenda: Valores aproximados. Em novembro de 2020, média = 6 e desvio padrão = 4; e em outubro de 2021, média = 1 e desvio padrão = 1.

Fonte: Elaborada pelos autores.



**Figura 17. Gráfico da média e desvio padrão das coletas realizadas em 2021 e 2022, em Rio das Ostras.**



Legenda: Valores aproximados. Em janeiro de 2021, média = 3 e desvio padrão = 1; e em janeiro de 2022, média = 13 e desvio padrão = 6. (\*) Diferença significativa Teste t de *Student* ( $p < 0.05$ ).

Fonte: Elaborada pelos autores.

#### 4. DISCUSSÃO

Estudos apontam que os microplásticos estão presentes em praias por todo mundo. Tiwari *et al.* (2019) avaliaram a ocorrência de partículas microplásticas em praias ao longo da costa indiana de três locais diferentes. Para o isolamento de microplásticos da areia foi adotado o método de separação por densidade. Os microplásticos isolados foram caracterizados usando três técnicas analíticas diferentes, a Microscopia de fluorescência, técnicas de Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier com Reflectância Total Atenuada (FTIR-ATR) e Análise com Microscópio Eletrônico de Varredura / Espectroscopia de energia dispersiva de raios-X (SEM-EDS). Foram encontrados microplásticos dos tipos: polietileno (em maior quantidade), poliestireno, policloreto de vinila, entre outros. Esse perfil foi observado de maneira muito semelhante para todos os locais monitorados. Com base na morfologia, a ocorrência de microplásticos de formas fibrosas foi dominante seguido por forma de grânulos, enquanto os plásticos em forma de filmes foram os menos contributivos. Os resultados deste estudo indicam que as areias das praias indianas estão contaminadas com partículas de microplástico. Em nosso estudo, a grande maioria foi de fragmentos rígidos, indicando prevalência de microplásticos secundários, originados da degradação de plásticos no ambiente marinho (ALVAREZ-ZEFERINO *et al.*, 2020).

De acordo com Eo *et al.* (2018), ao analisar o nível básico de poluição microplástica em 20 praias ao longo da costa sul-coreana, todas as partículas microplásticas extraídas das amostras de areia foram identificadas até 20 mm de tamanho usando espectroscopia de infravermelho por

transformada de Fourier. As relações da distribuição de microplásticos com fatores ambientais e relacionados à fonte também foram investigadas.

Já Lots *et al.* (2017) apresentaram a distribuição em larga escala da contaminação microplástica em sedimentos de praia em toda a Europa. Amostras de sedimentos foram coletadas de 23 locais em 13 países por cientistas cidadãos e analisadas usando um procedimento operacional padrão. Houve variabilidade limitada nas características físico-químicas dos plásticos entre os locais de amostragem. A maioria dos microplásticos era fibrosa, com tamanho < 1 mm e de cor azul/preta. Além disso, usando espectroscopia Raman, identificaram partículas como poliéster, polietileno e polipropileno.

O estudo de Veerasingam *et al.* (2016) coletou amostras de microplásticos em seis praias arenosas de Goa (costa da Índia). Essas partículas foram categorizadas com base em cor e tipos de polímeros usando microscópio estereoscópio e espectroscopia FTIR-ATR, respectivamente. Microplásticos de cor branca foram os mais abundantes, e Polietileno (PE) e Polipropileno (PP) foram os tipos de polímeros dominantes de microplásticos depositados em todas as praias.

Yu *et al.* (2016) analisaram a ocorrência de microplásticos na areia da praia do Mar de Bohai, que é o maior mar interno chinês e sua região costeira é uma das zonas mais densamente urbanizadas e industrializadas da China. Amostras de três locais costais foram coletadas, quantificadas e identificadas para análise de microplásticos. Efeitos da profundidade da amostra e da atividade turística foram investigados. As amostras de superfície (2 cm) continham maiores concentrações de microplástico do que as amostras profundas (20 cm). As amostras da praia balnear apresentaram concentrações de microplásticos superiores às da praia não balnear, sugerindo a contribuição direta dos microplásticos da atividade turística. Dos oito tipos de microplásticos encontrados, PEVA (polietileno vinil acetato), LDPE (polietileno de densidade leve) e PS (poliestireno) foram os maiores em abundância.

Todos os trabalhos apresentados utilizaram análises de espectroscopia para a confirmação dos resultados. Em nosso estudo esta metodologia não foi aplicada. Segundo Burns e Boxall (2018), grande parte dos estudos de monitoramento de microplástico usam somente a identificação visual por microscopia. Deste modo, estudos que não realizam análises químicas nas amostras tendem a superestimar a quantidade de microplásticos no ambiente. Apesar do estudo atual poder ser incluído neste grupo, os resultados ainda assim não descaracterizam a existência de microplásticos nos locais estudados. Nos anos de 2020, 2021 e 2022, as praias analisadas no estudo tiveram um leve aumento na concentração de microplásticos, mas não foi significativo. Porém, na Boca da Barra, em Rio das Ostras, este aumento foi observado com significância estatística. Por outro lado, Cabo Frio teve ligeira queda na quantidade de microplásticos. Este resultado pode ser explicado pelas atividades de limpeza mecânica dos resíduos realizadas pela prefeitura que ocorreram na praia do Forte antes da

coleta. Um resumo com os resultados do estudo atual e dos outros trabalhos apresentados anteriormente, em relação a quantidade de microplásticos encontrados em sedimentos das praias, é mostrado na Tabela 11.

**Tabela 11. Quantidade de microplásticos em sedimentos das praias deste estudo e de outras investigações.**

Referências de estudos	Área de estudo	Quantidade
Este estudo	Praia Rasa, Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brasil.	36 partículas/m <sup>2</sup>
	Praia do Forte, Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil.	23 partículas/m <sup>2</sup>
	Praia Boca da Barra, Rio das Ostras, Rio de Janeiro, Brasil.	47 partículas/m <sup>2</sup>
Tiwari <i>et al.</i> , 2019	Mumbai, costa indiana.	220 ± 50 # MP kg <sup>-1</sup>
	Tuticorin, costa indiana.	181 ± 60 # MP kg <sup>-1</sup>
	Dhanushkodi, costa indiana.	45 ± 12 # MP kg <sup>-1</sup>
Eo <i>et al.</i> , 2018	Praias da costa sul-coreana (considerando microplásticos de 1 a 5 mm).	5038 n/m <sup>2</sup>
Lots <i>et al.</i> , 2017	Zona do Mar Mediterrâneo, Europa.	291 ± 62 # /kg d.w.
	Zona do Oceano Atlântico, Europa.	190 ± 35 # /kg d.w.
	Zona do Mar Báltico, Europa.	270 ± 90 # /kg d.w.
Veerasingam <i>et al.</i> , 2016	Praias de Goa, costa da Índia.	3000 unidades
Yu <i>et al.</i> , 2016	Mar de Bohai, China.	102.9–163.3 # MP kg <sup>-1</sup>

Fonte: Elaborada pelos autores.

Sabe-se que detritos macroplásticos que permanecem nas praias por um longo período podem atuar como uma das principais fontes de microplásticos. Deste modo, para mitigar a poluição microplástica nas praias, é crucial remover macroplásticos e, se possível, outros detritos que podem ser fontes de entrada constantes. Sendo assim, a distribuição de microplásticos nas praias pode estar relacionada à população, precipitação, proximidade de foz de rio e abundância de detritos macroplásticos no local (LOTS *et al.*, 2017).

As fontes prováveis de depósitos de microplásticos podem também ser fontes oceânicas (por exemplo, derrames não intencionais e/ou acidentais de navios durante o seu transporte através de rotas marítimas nacionais e internacionais e/ou de países vizinhos). As descobertas serão úteis para a

modelagem refinada da trajetória de partículas plásticas e práticas eficazes de gerenciamento de remoção de detritos plásticos (VEERASINGAM *et al.*, 2016).

## 5. CONCLUSÃO

As três praias dos municípios estudados (Armação dos Búzios, Cabo Frio e Rio das Ostras) do litoral do Rio de Janeiro foram amostradas. Na primeira coleta, coletaram-se 45 partículas de microplásticos, sendo 17 partículas na praia Rasa, 19 na praia do Forte e 9 na Boca da Barra. Já na segunda coleta, coletaram-se 61 partículas de microplásticos, sendo 19 partículas na praia Rasa, 4 na praia do Forte e 38 na Boca da Barra. A triagem das partículas de microplásticos foi realizada por análise visual, com auxílio de uma lupa binocular.

A Análise de Variância (ANOVA) demonstrou que as médias de partículas de microplásticos das três praias não apresentaram diferenças significativas na primeira coleta (2020-2021), porém, na segunda coleta (2021-2022), a ANOVA evidenciou que as médias de partículas entre as praias apresentaram diferenças significativas.

Constatou-se que a ausência de diferenças entre as médias de partículas de microplásticos na primeira coleta e, em partes, na segunda coleta pode ser explicada pelo período atípico de pandemia vivido pelo mundo e, conseqüentemente, pela menor atividade turística nos municípios estudados. Sendo assim, as praias de uma forma geral tendem a receber menos visitantes e, possivelmente, menos resíduos sendo descartados em praias, rios, canais, etc.

Em relação ao número de partículas médias de microplásticos coletadas, foram encontradas mais partículas na segunda coleta do que na primeira coleta. Um fator que pode ter influenciado nesse resultado é o número de filtros utilizados, tendo em vista que na primeira coleta foram utilizadas menos filtros (77 filtros) do que na segunda coleta (85 filtros).

Como visto, foi detectada a presença destes poluentes nas praias estudadas, podendo servir de suporte para a gestão ambiental dos municípios, auxiliando aos tomadores de decisão quanto a necessidade do monitoramento de microplásticos nas praias.

Sugere-se para trabalhos futuros a importância de realizar coletas com a mesma quantidade de amostras e também em períodos diversos (seco e úmido). Além disso, seria interessante a realização da caracterização das partículas coletadas, juntamente com uma análise química (identificação), para descobrir os tipos de microplásticos coletados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACHARYA, Sanjit et al. **Microfibers from synthetic textiles as a major source of microplastics in the environment: A review**. *Textile Research Journal*, v. 91, n. 17-18, p. 2136-2156, 2021.

ALVAREZ-ZEFERINO, Juan Carlos *et al.* **Method for quantifying and characterization of microplastics in sand beaches**. *Revista internacional de contaminación ambiental*, v. 36, n. 1, p. 151-164, 2020.

ANDRADY, Anthony L. **Microplastics in the marine environment**. *Marine pollution bulletin*, v. 62, n. 8, p. 1596-1605, 2011.

BURNS, Emily E.; BOXALL, Alistair BA. **Microplastics in the aquatic environment: Evidence for or against adverse impacts and major knowledge gaps**. *Environmental toxicology and chemistry*, v. 37, n. 11, p. 2776-2796, 2018.

Balneabilidade das Praias, Localização dos Pontos de Amostragem. **INEA**, 2022. Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/ar-agua-e-solo/balneabilidade-das-praias/>>. Acesso em: 27 de março de 2022.

DU, Hao; XIE, Yuqun; WANG, Jun. **Environmental impacts of microplastics on fishery products: An overview**. *Gondwana Research*, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.j.gr.2021.08.013>>. Acesso em: 09 de agosto de 2022.

EFIMOVA, Irina et al. **Secondary microplastics generation in the sea swash zone with coarse bottom sediments: laboratory experiments**. *Frontiers in Marine Science*, v. 5, p. 313, 2018. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2018.00313/full>

EO, Soeun *et al.* **Abundance, composition, and distribution of microplastics larger than 20 µm in sand beaches of South Korea**. *Environmental pollution*, v. 238, p. 894-902, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117346092>

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Plageder, 2009. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 27 de março de 2022.

IBGE. **O recorte das Regiões Geográficas Imediatas e Intermediárias de 2017**. Disponível em: <[https://ia600603.us.archive.org/2/items/RegiesGeogrificasBrasil2017/Regi%C3%B5es%20geogr%C3%A1ficas\\_Brasil%202017.pdf](https://ia600603.us.archive.org/2/items/RegiesGeogrificasBrasil2017/Regi%C3%B5es%20geogr%C3%A1ficas_Brasil%202017.pdf)>. Acesso em: 03 de julho de 2020.

INEA. **Coordenadas geográficas dos pontos de amostragem de qualidade das águas – praias, 2019.** Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/Esta%C3%A7%C3%B5es-de-Monitoramento-Atualiza%C3%A7%C3%A3o-JAN2019-Praias.pdf>>. Acesso em: 27 de abril de 2020.

ISSIFU, Ibrahim; SUMAILA, U. Rashid. **A review of the production, recycling and management of marine plastic pollution.** Journal of Marine Science and Engineering, v. 8, n. 11, p. 945, 2020.

LOTS, Froukje A.E. *et al.* **A large-scale investigation of microplastic contamination: abundance and characteristics of microplastics in European beach sediment.** Marine Pollution Bulletin, v. 123, n. 1-2, p. 219-226, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X17307312>

OLIVATTO, Glaucia Peregrina. **Estudo sobre Microplásticos em águas superficiais na porção oeste da Baía de Guanabara.** Dissertação de Mestrado, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.17771/PUCRio.acad.29926>>. Acesso em: 27 de março de 2022.

OLIVATTO, G. P.; CARREIRA, R.; TORNISIELO, V. L.; MONTAGNER, C. C. **Microplásticos: Contaminantes de Preocupação Global no Antropoceno.** Rev.Virtual Quim, v.10, n.6, p.1968-1989, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.21577/1984-6835.20180125>>. Acesso em: 27 de março de 2022.

PERUMAL, Karthikeyan; MUTHURAMALINGAM, Subagunasekar. **Global sources, abundance, size, and distribution of microplastics in marine sediments-A critical review.** Estuarine, Coastal and Shelf Science, p. 107702, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2021.107702>>, Acesso em: 09 de agosto de 2022.

SILVA, Pablo Pena Gandara e. **Contaminação e toxicidade de microplásticos em uma área de proteção marinha costeira.** Dissertação de Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 2016. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-27092016-084059/en.php>>. Acesso em: 27 de março de 2022.

TÁBUA de Marés e Solunares de Pescaria. **TÁBUA DE MARÉS**, 2022. Disponível em: <<https://tabuademares.com/>>. Acesso em 27 de março de 2022.

TIWARI, M. *et al.* **Distribution and characterization of microplastics in beach sand from three**

**different Indian coastal environments.** Marine pollution bulletin, v. 140, p. 262-273, 2019.

Disponível

em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X1930075X?via%3Dihub>

VEERASINGAM, S. *et al.* **Characteristics, seasonal distribution and surface degradation features of microplastic pellets along the Goa coast, India.** Chemosphere, v. 159, p. 496-505, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653516308141>

VIVEKANAND, Aashlesha Chekkala; MOHAPATRA, Sanjeeb; TYAGI, Vinay Kumar. Microplastics in aquatic environment: Challenges and perspectives. Chemosphere, v. 282, p. 131151, 2021.

YU, Xubiao *et al.* **Occurrence of microplastics in the beach sand of the Chinese inner sea: the Bohai Sea.** Environmental pollution, v. 214, p. 722-730, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749116303463>

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA DISSERTAÇÃO

HIDALGO-RUZ, Valeria; GUTOW, Lars; THOMPSON Richard. C.; THIEL, Martin. **Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification.** *Environmental Science & Technology*, 2012, 46, 6. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/es2031505>>. Acesso em: 27 de março de 2022.

MILAN, Luis Aparecido. **Estatística aplicada.** 2011. Disponível em: <[http://livresaber.sead.ufscar.br:8080/jspui/bitstream/123456789/707/1/EA\\_Estat%C3%ADsticaAplicada.pdf](http://livresaber.sead.ufscar.br:8080/jspui/bitstream/123456789/707/1/EA_Estat%C3%ADsticaAplicada.pdf)>. Acesso em: 27 de março de 2022.

MORAIS, Carlos. **Escalas de medida, estatística descritiva e inferência estatística.** 2005. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/7325/1/estdescr.pdf>>. Acesso em: 27 de março de 2022.

RAGUSA, Antonio *et al.* **Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta.** *Environment International*, v. 146, p. 106274, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020322297>. Acesso em: 27 de março de 2022.



## APÊNDICE A – DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Figura A-1. Pontos de amostragem do Inea em praias de Armação dos Búzios.



Fonte: Adaptada de INEA (2022).

Figura A-2. Pontos de Amostragem do Inea em praias de Cabo Frio.



Fonte: Adaptada de INEA (2022).

Figura A-3. Pontos de Amostragem do Inea em praias de Rio das Ostras.



Fonte: Adaptada de INEA (2022).



## APÊNDICE B – PROCEDIMENTOS PARA A AMOSTRAGEM

**Figura B-1: Quadrante amostral de madeira de 1 m x 1 m.**



Fonte: Elaborada pelos autores.

**Figura B-2. Mistura de areia e água.**



Fonte: Elaborada pelos autores.

**Figura B-3. Mistura sendo filtrada.**



Fonte: Elaborada pelos autores.

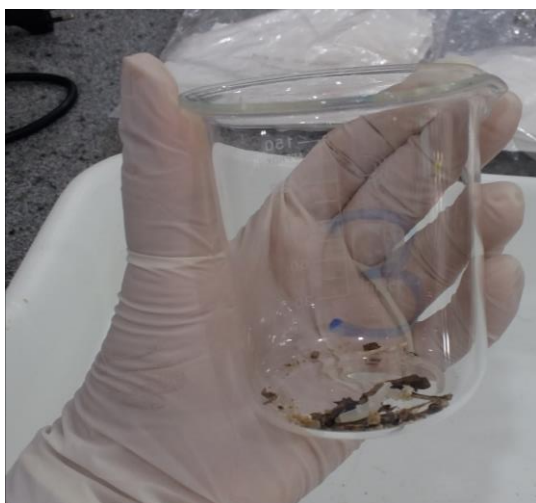
**Figura B-4. Filtros secando a temperatura ambiente.**



Fonte: Elaborada pelos autores.

## APÊNDICE C – ANÁLISES EM LABORATÓRIO

**Figura C-1. Resíduos separados a olho nu.**



Fonte: Elaborada pelos autores.

**Figura C-2. Tratamento com compostos químicos.**



Fonte: Elaborada pelos autores.

**Figura C-3. Aquecimento a banho maria.**



Fonte: Elaborada pelos autores.

**Figura C-4. Peneiração dos resíduos.**



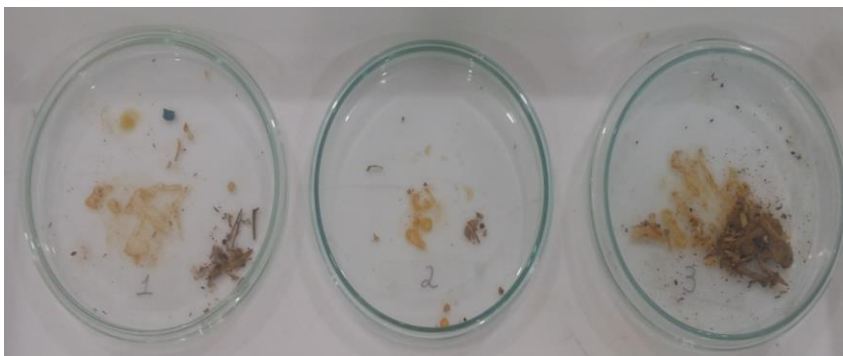
Fonte: Elaborada pelos autores

**Figura C-5. Resíduos secando.**



Fonte: Elaborada pelos autores.

**Figura C-6. Resíduos após secarem a temperatura ambiente.**



Fonte: Elaborada pelos autores.

**Figura C-7. Lupa binocular para análise visual.**



Fonte: Elaborada pelos autores.