



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

SILVÂNIO DA SILVA SOUSA SEGUNDO

CONTAMINAÇÃO DO RIO MACEIÓ, PITIMBU/PB

Recife

2023

SILVÂNIO DA SILVA SOUSA SEGUNDO

CONTAMINAÇÃO DO RIO MACEIÓ, PITIMBU/PB

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Engenharia Civil.

Área de concentração: Geotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Alves da Motta Sobrinho.

Recife

2023

Catálogo na fonte:
Bibliotecária Sandra Maria Neri Santiago, CRB-4 / 1267

S456c Segundo, Silvano da Silva Sousa.
Contaminação do Rio Maceió, Pitimbu/Pb / Silvano da Silva Sousa
Segundo. – 2023.
90 f.: il., fig., e tab.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Alves da Motta Sobrinho.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Recife, 2023.
Inclui referências.

1. Engenharia civil. 2. Pitimbu/PB. 3. Parâmetros físico-químicos. 4.
Microplásticos. I. Motta Sobrinho, Maurício Alves da (Orientador). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG/2023-48

SILVÂNIO DA SILVA SOUSA SEGUNDO

CONTAMINAÇÃO DO RIO MACEIÓ, PITIMBU/PB

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Engenharia Civil. Área de concentração: Geotecnia.

Aprovada em: 24/02/2023.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Maurício Alves da Motta Sobrinho (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Jaime Joaquim da Silva Pereira (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Marisete Dantas de Aquino (Examinador Externo)
Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Cláudia de Oliveira Cunha (Examinador Externo)
Universidade Federal da Paraíba

A todos os envolvidos no meu crescimento e formação, deixo aqui meu mais profundo e sincero agradecimento, na esperança de me tornar metade do homem merecedor de todo amor que recebo todos os dias da minha vida.

A senhora Agamenilra Arruda, minha mãe, a quem devo mais do que a vida, mas a essência, o discernimento e a alma, deixo a maior das reverências, na certeza de que seus olhos foram até aqui e serão, para todo sempre, o meu clarão. Se agora sou intitulado mestre, como devo intitular aquela que me ensinou? O verdadeiro mestre é você.

A senhora Agamenilde Arruda Dantas, minha tia, a quem devo a coragem e ânimo para dar continuidade aos estudos e seguimento nos programas de pós-graduação, meu muito obrigado, seus conselhos jamais me levaram à caminhos os quais tenha me arrependido de trilhar. Mantenha-me em seus pensamentos e orações, sinto suas energias a todo instante, meu anjo da guarda na Terra.

A senhora Maria Zenilde Arruda, minha avó, aquela em que, nem nos contos ou livros, jamais, tomei ciência de ser humano mais forte e resiliente, meu muito obrigado, pelo seu colo, pelo seu exemplo e por ser a substância formadora da base sólida que permite a toda nossa família alçar os voos mais belos e longínquos.

A senhora Tainá Rolim, minha namorada e futura esposa, agradeço pela paz que promove em minha vida, pelo carinho com cada pequeno detalhe que nos cerca e, em especial, por me permitir sonhar com a construção de uma família sólida, amorosa e absolutamente feliz. Sem você nenhuma conquista teria propósito.

Aos demais que fazem ou já fizeram parte da minha história, neste ou no próximo plano, meus agradecimentos, na certeza de que cada dia, cada experiência e cada emoção vivida construíram a mim e ao meu caminho.

De um homem verdadeiramente feliz,

Mestre Silvânio Segundo.

AGRADECIMENTOS

O presente projeto de mestrado foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) do Brasil, pela concessão da bolsa de estudo – código de financiamento 001.

Agradecimento especial ao Professor Doutor Maurício Motta (UFPE), que, através da sua brilhante bagagem técnica, alinhada com sua conduta ética e humana, permitiu a execução desse trabalho, fornecendo os contatos, caminhos, acessos e conhecimentos essenciais à conclusão do programa de pós-graduação.

Agradecimento à Professora Doutora Cláudia Cunha (UFPB), que conduziu e orientou os estudos a respeito dos microplásticos, oferecendo também acesso aos laboratórios da UFPB, bem como contato com outros discentes da Universidade Federal da Paraíba que foram de vital importância para desenvolvimento desse trabalho.

Agradecimento à discente do doutorado em engenharia química da UFPE, Maryne Patrícia da Silva, que auxiliou na determinação dos parâmetros físico-químicos das amostras de água através dos testes em laboratório da Universidade Federal de Pernambuco.

Agradecimento a discente Jessica Aparecida dos Santos, da graduação em química da UFPB, que auxiliou na execução do ensaio de filtração por densidade, nos laboratórios da Universidade Federal da Paraíba, permitindo assim a preparação das amostras para análises posteriores.

Agradecimento a discente do doutorado em biologia da UFPB, Ana Luisa Araújo de Amorim, que auxiliou na visualização e registro microscópicos dos microplásticos, bem como recolhimento destes materiais, para avaliação posterior, nos laboratórios da Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

O município de Pitimbu/PB necessita de atendimento de saneamento básico, além de um melhor gerenciamento de resíduos sólidos. Ainda, tem suas águas constantemente poluídas pela população local, a qual descarta todo tipo de material no curso d'água. Dentre os resíduos, destacam-se materiais orgânicos e plásticos, até mesmo eletrodomésticos e móveis. O forte crescimento populacional e urbano, vinculado ao aumento do turismo sazonal (importante fonte de renda para a localidade), especialmente nos meses de verão, alertam para a necessidade de caracterização e tratamento do corpo hídrico e do controle da poluição de resíduos sólidos das praias da cidade. Esse trabalho teve por objetivo realizar a análise dos parâmetros físico-químicos das águas do Rio Maceió, bem como identificar a presença de plásticos e microplásticos (MPs) na água e na areia da praia, em zonas próximas à foz do rio. Para tanto, foram determinados pontos de coletas de água e de areia em quatro diferentes campanhas, de modo que o estudo contemplasse as variações dos períodos de cheia e de seca. Foram analisados o índice de cor, turbidez, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pH, condutividade, entre outros. Já as amostras de areia foram preparadas para visualização microscópica e recolhimento dos materiais plásticos observados, seguindo para sua caracterização através do espectrofotômetro com transformada de Fourier na região do infravermelho (FTIR). Os resultados apontaram alteração, além dos padrões permitidos, em alguns dos parâmetros físico-químicos da água, bem como a presença de plásticos e MPs em vários dos exemplares das amostras de areia e de água. Pelos resultados obtidos, pode-se concluir que há impactos antrópicos no entorno do rio Maceió, característicos, especialmente, das atividades econômicas desenvolvidas na região.

Palavras-chave: Pitimbu/PB; parâmetros físico-químicos; microplásticos.

ABSTRACT

The municipality of Pitimbu/PB needs basic sanitation services, in addition to better solid waste management. Still, its waters are constantly polluted by local population, which discards all kinds of material in the watercourse. Among the residues, organic and plastic materials stand out, even household appliances and furnitures. The strong population and urban growth, linked to the increase in season tourism (an important source of income for the locality), especially in the summer mouths, call attention to the need to characterize and treat the water body and to control the pollution of solid waste on the beaches from the city. This work aimed to carry out the analysis of the physical-chemical parameters of the water of the Maceió river, as well as to identify the presence of plastics and microplastics (PMs) in the water and sand on the beach, in areas close to the mouth of the river. For this purpose, water and sand collection points were determined in four different campaigns, so that the study could contemplate the variations of the flood and dry periods. The color index, turbidity, biochemical oxygen demand (BOD), pH, conductivity, among others, were analyzed. The sand samples were prepared for microscopic visualization and collection of the observed plastics materials, followed by their characterization through the Fourier Transform Spectrophotometer in the Infrared Region (FTIR). The results showed alteration, beyond the permitted standards, in some of the physical-chemical parameters of the water, as well as the presence of plastic and PMs in several of the samples of the sand and water samples. Based on the results obtained, it can be concluded that there are anthropic impacts around the Maceió river, especially characteristics of the economic activities carried out in the region.

Keywords: Pitimbu/PB; parameters physical-chemical; microplastics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Proposta de classificação dos microplásticos por diferentes autores	22
Figura 2 – Pellets, exemplo de MPs primários	23
Figura 3 - Microplásticos secundários	24
Figura 4 - Mapa geral do município de Pitimbu localizado no estado da Paraíba- Brasil	26
Figura 5 - Hidrografia do município de Pitimbu/PB	27
Figura 6 - Localização geográfica dos pontos de coleta de água (P1-W, P2-W e P3- W)	30
Figura 7 - Localização geográfica dos pontos de coleta de areia (P1-S, P2-S e P3-S)	31
Figura 8 - Procedimento de preparação das amostras de areia	35
Figura 9 - Coleta P1-C1-W	38
Figura 10 - Coleta P2-C1-W	39
Figura 11 - Coleta P3-C1-W	40
Figura 12 - Coleta P1-C1-S	41
Figura 13 - Coleta P2-C1-S	41
Figura 14 - Coleta P3-C1-S	42
Figura 15 - Coleta P1-C2-W	43
Figura 16 - Coleta P2-C2-W	44
Figura 17 - Coleta P3-C2-W	44
Figura 18 - Coleta P1-C2-S	45
Figura 19 - Coleta P2-C2-S	46
Figura 20 - Coleta P3-C2-S	46
Figura 21 - Coleta P1-C3-W	47
Figura 22 - Coleta P2-C3-W	48
Figura 23 - Coleta P3-C3-W	49
Figura 24 - Coleta P1-C3-S	49
Figura 25 - Coleta P2-C3-S	50
Figura 26 - Coleta P3-C3-S	51
Figura 27 - Coleta P1-C4-W	52
Figura 28 - Coleta P2-C4-W	53
Figura 29 - Coleta P3-C4-W	54

Figura 30 - Coleta P1-C4-S.....	55
Figura 31 - Coleta P2-C4-S.....	56
Figura 32 - Coleta P3-C4-S.....	57
Figura 33 - Visualização microscópica da amostra P2-C1-W.....	65
Figura 34 - Visualização microscópica da amostra P3-C1-S.....	66
Figura 35 - Visualização microscópica da amostra P1-C2-S.....	67
Figura 36 - Visualização microscópica da amostra P2-C2-S.....	68
Figura 37 - Visualização microscópica da amostra P3-C2-S.....	69
Figura 38 - Visualização microscópica da amostra P1-C3-W.....	70
Figura 39 - Visualização microscópica da amostra P2-C3-W.....	71
Figura 40 - Visualização microscópica da amostra P3-C3-W.....	72
Figura 41 - Visualização microscópica da amostra P1-C3-S.....	73
Figura 42 - Visualização microscópica da amostra P2-C3-S.....	74
Figura 43 - Visualização microscópica da amostra P3-C3-S.....	75
Figura 44 - Visualização microscópica da amostra P1-C4-W.....	76
Figura 45 - Visualização microscópica da amostra P2-C4-W.....	77
Figura 46 - Visualização microscópica da amostra P3-C4-W.....	78
Figura 47 - Visualização microscópica da amostra P1-C4-S.....	79
Figura 48 - Visualização microscópica da amostra P2-C4-S.....	80
Figura 49 - Espectro na região do infravermelho com FTIR com ATR da amostra de MP (P2-C1-W).....	82
Figura 50 - Espectro na região do infravermelho com FTIR com ATR da amostra de MP (P3-C1-S) (1).....	82
Figura 51 - Espectro na região do infravermelho com FTIR com ATR da amostra de MP (P3-C1-S) (2).....	83
Figura 52 - Espectro na região do infravermelho com FTIR com ATR da amostra de MP (P1-C2-S).....	83
Figura 53 - Espectro na região do infravermelho com FTIR com ATR da amostra de MP (P2-C2-S).....	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados climatológicos de Pitimbu-PB.....	28
Tabela 2 - Lista de identificação de polímeros com base no valor de absorvância do espectro infravermelho	37
Tabela 3 - Resultado dos parâmetros de efluentes das 4 coletas	58
Tabela 4 - Resultados dos parâmetros de água da primeira coleta.....	60
Tabela 5 - Resultados dos parâmetros de água da segunda coleta	61
Tabela 6 - Resultados dos parâmetros de água da terceira coleta.....	62
Tabela 7 - Presença de MPs nas amostras.....	81

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	USOS DA ÁGUA.....	17
3.2	A POLUIÇÃO E O IMPACTO AMBIENTAL	17
3.3	MEIO FAUNA	19
3.4	PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	20
3.5	PLÁSTICOS NOS CORPOS HÍDRICOS.....	21
3.6	MICROPLÁSTICOS	22
4	MATERIAIS E MÉTODOS	25
4.1	ÁREA DE ESTUDO	25
4.2	CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	28
4.3	DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA	29
4.3.1	Coleta da Água	29
4.3.2	Coleta da Areia	30
4.4	ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE ÁGUA	31
4.4.1	Caracterização da Qualidade da Água	31
4.5	ANÁLISE DE PLÁSTICOS E MICROPLÁSTICOS NAS AMOSTRAS.....	33
4.5.1	Preparação das Amostras de Água	33
4.5.2	Preparação das Amostras de Areia	33
4.6	VISUALIZAÇÃO MICROSCÓPICA DAS AMOSTRAS.....	36
4.7	CARACTERIZAÇÃO DOS MPS	36
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1	CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS DE COLETA	38
5.1.1	Primeira Coleta (02/05/2022)	38
5.1.2	Segunda Coleta (19/07/2022)	43
5.1.3	Terceira Coleta (29/09/2022)	47
5.1.4	Quarta Coleta (24/10/2022)	52
5.2	RESULTADOS DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	58

5.2.1	Resultado dos Parâmetros Físico-Químicos da Amostra de Água da Primeira Coleta (02/05/2022)	60
5.2.2	Resultado dos Parâmetros Físico-Químicos da Amostra de Água da Segunda Coleta (19/07/2022)	61
5.2.3	Resultado dos Parâmetros Físico-Químicos da Amostra de Água da Terceira Coleta (29/09/2022)	62
5.2.4	Resultado dos Parâmetros Físico-Químicos da Amostra de Água da Quarta Coleta (24/10/2022)	63
5.3	VISUALIZAÇÃO MICROSCÓPICA DOS MPS	64
5.3.1	Visualização Microscópica das Amostras da Primeira Coleta	64
5.3.1.1	Visualização Microscópica da Amostra (P2-C1-W).....	65
5.3.1.2	Visualização Microscópica da Amostra (P3-C1-S).....	66
5.3.2	Visualização Microscópica das Amostras da Segunda Coleta	67
5.3.2.1	Visualização Microscópica da Amostra (P1-C2-S).....	67
5.3.2.2	Visualização Microscópica da Amostra (P2-C2-S).....	68
5.3.2.3	Visualização Microscópica da Amostra (P3-C2-S).....	69
5.3.3	Visualização microscópica das mostras da terceira coleta	70
5.3.3.1	Visualização microscópica da amostra (P1-C3-W)	70
5.3.3.2	Visualização microscópica da amostra (P2-C3-W)	71
5.3.3.3	Visualização microscópica da amostra (P3-C3-W)	72
5.3.3.4	Visualização microscópica da amostra (P1-C3-S)	73
5.3.3.5	Visualização microscópica da amostra (P2-C3-S)	74
5.3.3.6	Visualização microscópica da amostra (P3-C3-S)	75
5.3.4	Visualização Microscópica das Amostras da Quarta Coleta	76
5.3.4.1	Visualização microscópica da amostra (P1-C4-W)	76
5.3.4.2	Visualização microscópica da amostra (P2-C4-W)	77
5.3.4.3	Visualização microscópica da amostra (P3-C4-W)	78
5.3.4.4	Visualização microscópica da amostra (P1-C4-S)	79
5.3.4.5	Visualização microscópica da amostra (P2-C4-S)	80
5.4	PRESENÇA DE MPS NAS AMOSTAS	81
5.5	CARACTERIZAÇÃO DOS MPS	81
6	CONCLUSÕES	85
7	RECOMENDAÇÕES	86
	REFERÊNCIAS	87

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o crescimento populacional, a ocupação desordenada em locais próximos a rios, praias, e em áreas de mata atlântica, as atividades antrópicas exercidas pela população e pelas indústrias de médio e grande porte têm contribuído para a degradação ambiental do rio Maceió e das praias localizadas na cidade de Pitimbu no Estado da Paraíba (SILVA, 2017; ALMEIDA *et al.*, 2019).

O uso e ocupação do solo são fatores determinantes no que diz respeito a qualidade e quantidade de água disponíveis para utilização das comunidades. Sabido a falta de planejamento e má execução dos assentamentos populacionais no Brasil, é importante a constante vigilância de suas bacias hidrográficas.

O município de Pitimbu está inserido na Mesorregião da Mata Paraibana e na Microrregião do litoral Sul de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Segundo o último censo, realizado em 2010, o município possui uma população de 17.024 habitantes sendo 61% residindo na região urbana e 39% na zona rural. O município possui o maior litoral do estado da Paraíba com 26 km de praia no total caracterizada por uma paisagem natural bastante diversificada, o que causa uma preocupação de uma parcela da população local bem como de pequenos empreendedores que atuam na área do turismo pela preservação desses recursos naturais e da sua cultura tradicional (PGI, 2016; SILVA, 2017).

Outras atividades humanas de forte importância na citação desse trabalho são a presença de três grandes fábricas de cimento nas regiões adjacentes ao rio Maceió, bem como a presença de um lixão, no qual é depositado todo o resíduo sólido produzido pela população. Além disto, o saneamento básico ainda não é uma realidade no município, uma vez que a CAGEPA (Companhia de Águas e Esgoto do Estado da Paraíba) ainda não disponibiliza o serviço para a população local.

O município de Pitimbu também é palco de um intenso fluxo migratório sazonal, durante os meses de verão, com turistas e visitantes, especialmente das cidades de João Pessoa/PB, Recife/PE e suas regiões metropolitanas, se alojando na cidade e intensificando a relação entre o conjunto populacional e o meio ambiente, uma vez que a cidade não dispõe da infraestrutura devida para acomodação de fluxo tão intenso.

As atividades humanas e industriais são as principais responsáveis pela contaminação dos recursos hídricos, pois grande parte do subproduto do que é consumido tem como destino as matrizes aquáticas, sejam superficiais ou subterrâneas. Especialmente em áreas aquíferas, a contaminação resulta do descarte indevido de excreções, materiais domésticos, como eletrodomésticos e móveis, produtos de limpeza, restos de matéria orgânica, descarte de materiais de pesca, entre outros.

A crescente contaminação desse recurso, abundante, porém finito, tem aumentado o número de discussões, pesquisas e intervenções a nível nacional e internacional em relação a possíveis métodos de remediação do volume de poluentes contidos nos cursos aquáticos, especialmente em relação a capacidade de autodepuração dos mesmos. Seguindo esse raciocínio, destacam-se os estudos acerca das zonas hiporreicas, definidas como o volume de sedimentos contidos no leito do rio, e considerada como uma intersecção de transição entre as águas superficiais e subterrâneas, na qual se desenvolvem processos biogeoquímicos com capacidade de atenuação de poluentes.

O relatório *“Plastics, EDCs and Health: A Guide For Public Interest Organizations and Policy-makers on Endocrine Disruption Chemicals and Plastics”* (FLAWS *et al.*, 2020) revelou que a poluição plástica nos ecossistemas aquáticos cresceu consideravelmente nos últimos anos e deve dobrar até 2030, trazendo consequências terríveis para a saúde, a economia, a biodiversidade e o clima.

Os plásticos estão diretamente relacionados a cerca de 1,7 gigatoneladas de CO₂ emitidos na atmosfera. A ingestão dos MPs através da comida, do ar e da água podem causar lesões celulares, uma vez que sua presença já foi identificada na corrente sanguínea humana, o que significa que esse material é capaz de viajar pelo corpo e ficar alojado em alguns órgãos.

No mundo macroscópico, a intensa presença dos resíduos plástico em ambientes terrestres e aquáticos já é um amplo problema econômico de escala global, interferindo nas atividades de pesca, uma vez que altera o ciclo e habitat natural dos animais marinhos, de transporte, de modo que esses materiais atrapalham a navegação de alguns navios, apresentando risco ao funcionamento das hélices e turbinas.

Países do sudeste asiático como Tailândia, Filipinas, Vietnã e Indonésia, já apresentam níveis jamais imaginados de poluição aquática por materiais plásticos,

são conhecidos como “Os Oceanos de plástico”. Em ambiente terrestre, O Deserto do Atacama, no Chile, tem visto o depósito desses materiais aumentar exponencialmente na última década, formando verdadeiras montanhas de resíduos.

A sistematização da poluição das fontes aquáticas tem ocorrido em muitos mananciais, aumentando assim o desafio para os sistemas distribuidores de água, como também para a saúde pública. Dessa forma, a evolução no que diz respeito às consequências, ao descarte e aos tratamentos adequados dos insumos presentes nos recursos hídricos tem despertado grande interesse da comunidade científica e da sociedade de modo geral, sabido que muitos desses poluentes são persistentes no meio ambiente e não são completamente removidos, mesmo quando submetidos a tratamentos convencionais.

Contexto apresentado, a pesquisa tem como objetivo caracterizar um trecho médio do rio Maceió, localizado na cidade de Pitimbu/PB, de modo a analisar a influência das ações antrópicas em suas águas, através da análise dos parâmetros físico-químicos e verificando a possível presença de microplásticos (MPs) em suas imediações. Além do mais, uma vez identificada a presença dos MPs, eles serão caracterizados, objetivando mapear as possíveis origens destes materiais.

2 OBJETIVOS

Nessa sessão foram elencados os principais objetivos traçados para desenvolvimento da pesquisa.

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o impacto ambiental do rio Maceió a partir da análise de parâmetros físico-químicos em um trecho médio do rio, bem como identificar a presença de plásticos nestas águas e nas areias das praias adjacentes à foz do rio.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a qualidade de água dos pontos monitorados através de análises físico-químicas;
- Verificar a ocorrência de plásticos (micro e meso) nas águas e areias das praias adjacentes à foz do rio;
- Identificar o tipo do polímero presente nas amostras de água e de areia;
- Inferir a possível origem dos materiais e poluentes causadores da poluição.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta sessão serão apresentadas as bases bibliográficas de referência da literatura atual que deram suporte para o desenvolvimento do trabalho, além de serem de suma importância no que diz respeito aos parâmetros comparativos e avaliativos dos resultados encontrados com o desenvolvimento dessa pesquisa.

3.1 USOS DA ÁGUA

Os principais usos das águas da bacia hidrográfica do rio são o abastecimento humano, a agropecuária e o abastecimento de indústrias, especialmente as fábricas de cimento instaladas na região. Além disto, as águas também são utilizadas para o turismo, lazer e pesca.

A bacia do rio Abiaí é responsável pelo abastecimento de mais de 40% da população do estado da Paraíba, sendo fonte do recurso para os municípios de João Pessoa, Cabedelo, Bayeux, Santa Rita, Conde, Alhandra, Pitimbu, entre outros.

3.2 A POLUIÇÃO E O IMPACTO AMBIENTAL

A poluição de corpos hídricos por águas residuais que ocorre na zona costeira e nas nascentes dos rios é um dos impactos ambientais mais preocupantes, pois as consequências são inserções de grandes quantidades de nutrientes (principalmente nitrogênio e fósforo) e de carbono orgânico enriquecendo as águas. Por conseguinte, o aumento na demanda bioquímica de oxigênio causa uma diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido na água, fenômeno conhecido como eutrofização, que está associado ao despejo de esgotos domésticos em ambientes aquáticos. Nessa região também ocorrem atividades de recreação da população ribeirinha, como consumo de bebidas e comidas nas margens do rio e banhos, e

consequentemente, geração de plásticos e garrafas plásticas e de vidro (COUTINHO; BARBOSA *et al.*, 2017; BRITO *et al.*, 2020).

De acordo com a Resolução nº 01/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a definição de impacto ambiental consiste em:

“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio causada por qualquer forma de matéria ou resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos naturais.” (CONAMA, 1986, p.1).

Procurando preservar o ecossistema do município de Pitimbu (PB), mantendo o mínimo de integridade possível dos mesmos, foi desenvolvido em 2015 o Plano de Gestão Integrada da Orla Marítima - Projeto Orla. Este projeto teve a participação efetiva de representantes do setor público e de segmentos da sociedade civil do município, além de órgãos que integram a Comissão Técnica Estadual - CTE do Projeto Orla. Contudo ainda é observado que mesmo com estas ações, necessita-se ainda de educação e conscientização da população que vive, principalmente próximos aos rios e às praias, pois são os mais expostos aos resultados da degradação ambiental daquela região (PGI, 2016; COUTINHO, 2017; PACHECO *et al.*, 2020).

As principais fontes poluidoras da bacia do rio Abiaí e do próprio rio Maceió são os efluentes industriais, especialmente vindouros das fábricas de cimento instaladas na região, os esgotos domésticos não tratados e os resíduos sólidos lançados a céu aberto, além da larga utilização de agrotóxicos no plantio de cana de açúcar e demais agronegócios da região.

O município de Pitimbu não tem Estação de Tratamento de Esgoto (ETE). A disposição dos dejetos gerados pela população é, em sua maioria, destinada às fossas e fossas sépticas, as quais, quando cheias, são esvaziadas por caminhões de limpeza, que fazem a sucção do material e o encaminham para disposição final. É sabido que muitas das empresas que atuam na região não dão o destino correto para os efluentes recolhidos, jogando o material nos corpos d'água de áreas adjacentes.

Importante também destacar a poluição, tanto orgânica quanto inorgânica, causada pela intensa atividade pesqueira da região, uma vez que, muitos dos pescados são tratados nas imediações do rio Maceió, nas feiras livres ali presentes, tendo seus restos, muitas vezes, despejados no próprio corpo d'água do rio. Além dos resíduos deixados pelos instrumentos de pesca, como redes, isopor, lanças, aparelhos de cargas, entre outros.

3.3 MEIO FAUNA

A meio fauna é determinada como animais bentônicos de pequeno tamanho que vivem em intensa interação com substratos em ambientes aquáticos, sendo possível sua retenção em malhas com abertura entre 500 e 42 μm (MARE, 1942; MARIA, WANDENESS E ESTEVES, 2016).

A distribuição temporal da meio fauna na variação de diversos fatores físico-químicos, como temperatura, salinidade, disponibilidade energética, mudanças na estrutura dos sedimentos, entre outros (BOUVY E SOYER, 1989).

São encontrados em vasta variedade de habitats, dentre água doces, salgadas, altas e baixas profundidades, caracterizando-se como grupo ecológico muito heterogêneo (COULL, 1999).

Os estudos demonstram as complexas relações envolvendo a meio fauna e variáveis ambientais, podemos citar: os processos hidrodinâmicos (PALMER, 1986), temperatura, concentração de oxigênio e a composição geoquímica dos sedimentos (ARMONIES E HELLWIG-ARMONIES, 1987; CARTES *et al.*, 2002).

O Ministério do Meio Ambiente afirma que algumas espécies, como os nematoides, são vetores de patógenos humanos e parasitas animais, podendo causar problemas de saúde pública e prejuízos as atividades econômicas.

A composição e as características das comunidades meiofaunísticas tem sido estudada a fim de comprovar suas complexas interações com o meio e com as inúmeras variáveis ambientais. Maciel *et al.* (2015) desenvolveram um estudo acerca de indicadores de poluição e contaminações urbanas. Cartes *et al.* (2002) avaliaram animais como agentes potenciais de degradação de matéria orgânica. Tufenkji, Ryan e Elimelech (2002) e Giere (2009) também definem a meiofauna como agente

que favorecer a degradação da matéria orgânica, além de estimular as atividades microbianas, trabalhando na formação do biofilme na área de interação entre as águas superficiais e as águas subterrâneas, afetando diretamente a taxa de infiltração. A velocidade de percolação é inversamente proporcional a atenuação dos poluentes, em resumo, a meiofauna apresenta um papel vital na autopurificação da área de interação rio-aquífero.

3.4 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Para avaliar a qualidade da água do rio Maceió, as análises físico-químicas normatizadas pela Resolução CONAMA 357/05 são de essencial importância. Todavia, a realização de todas as análises, incluindo metais e nutrientes, são onerosas e demandam tempo e equipamentos específicos. Muitos estudos limitam o número de parâmetros aos mais comuns e utilizados para avaliar a qualidade da água para fins de consumo e do descarte de efluentes.

Dentre os parâmetros mais utilizados para definir as características físicas das águas naturais estão a cor, turbidez, níveis de sólidos totais, sabor e odor. Apesar de se apresentarem como índices físicos, são de grande importância para análises preliminares no que diz respeito as características de qualidade química da água como, por exemplo, as concentrações de sólidos dissolvidos, associados à cor e os níveis de sólidos em suspensão, que estão associados à turbidez. As aplicações nos estudos e análises que ocorrem nos ambientes aquáticos, bem como sua caracterização e controle de qualidade de águas, tornam as características físicas indispensáveis à grandíssima maioria dos levantamentos sobre qualidade das águas (PIVELI, 2001).

Os parâmetros químicos mais importantes incluem: o potencial de hidrogênio (pH), alcalinidade de carbonatos, alcalinidade de bicarbonatos, alcalinidade de hidróxidos, entre outros. Estes parâmetros são muito utilizados para definir a qualidade da água, onde são avaliados o teor orgânico, a força iônica, presença de nutrientes, presença de compostos sintéticos, entre outros.

3.5 PLÁSTICOS NOS CORPOS HÍDRICOS

Dentre os diversos contaminantes em corpos hídricos, os plásticos estão entre os mais persistentes. Além de reduzirem a penetração de luz e a troca de oxigênio da superfície, muitos se decompõem e são ingeridos por organismos que habitam estes meios, promovendo efeitos tóxicos por toda cadeia trófica (DI BENEDITTO e AWABDI, 2014; TALSNESS *et al.*, 2009; ANDRADY, 2011; DUIS e COORS, 2016; RIOS *et al.*, 2007). Ademais, os POPs (Poluentes Orgânicos Persistentes) podem ser adsorvidos por estes contaminantes contribuindo para a potencialização do seu efeito deletério ao meio ambiente (BAKIR *et al.*, 2014; WANG *et al.*, 2015).

Organismos de pequeno porte são as principais preocupações quando se fala de MPs no oceano ou corpos hídricos, uma vez que sua ingestão pode causar a obstrução do trato digestivo, impedindo assim a passagem do alimento (VAN FRANEKER e LAW, 2015; GREGORY, 2009). A sua ingestão pode também causar uma falsa sensação de saciedade, causando a sua desnutrição. Podem também provocar alterações hormonais, alterando a sua reprodução e taxa de crescimento (COLABUONO *et al.*, 2010; GESAMP, 2015)

O estudo intitulado “OCORRÊNCIA E VARIABILIDADE DE MICROPLÁSTICOS EM RIO URBANO”, realizado na bacia urbana Anhanduí, em Campo Grande – MS, constatou que, mesmo sem a presença de indústrias, o córrego de onde foram coletadas as amostras de água carregavam elevadas concentrações de MPs, da ordem de 1,2 a 11,3 itens/m³ (FERREIRA, MARIA GABRIELA ALVES, 2021), demonstrando assim a altíssima capacidade de expansão das áreas de contaminação desses materiais.

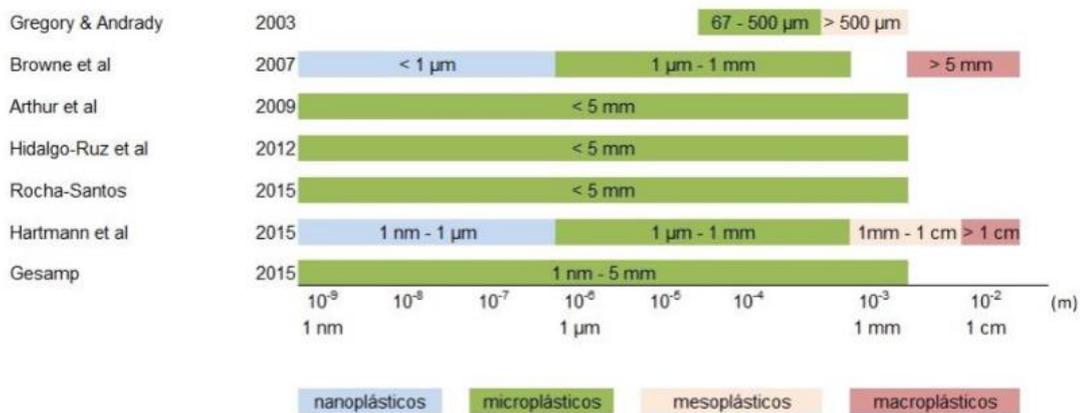
Outro estudo realizado no maior rio inteiramente português, rio Mondengo, com sua foz localizada no Oceano Atlântico, próximo a cidade de Figueira da Foz, apontou que durante o inverno e verão há presença de MPs na sua superfície e sedimentos, destacando sua variabilidade em função das estações do ano, maré e índice pluviométrico, destacando também que a região estudada tem a presença de indústrias e serve como importante corredor para embarcações (SOBRAL, MARIA PAULA, 2022).

3.6 MICROPLÁSTICOS

A presença de pequenos detritos de plásticos no ambiente marinho foi relatada pela primeira vez na literatura científica no início da década 1970. Os maiores resíduos, quando expostos no meio ambiente, sofrem sucessivas fragmentações e geram detritos de plástico cada vez menores. Thompson *et al.* (2004) empregou pela primeira vez o termo microplásticos (MPs) para definir as partículas de plástico de tamanho reduzido.

Quanto a definição da escala microscópica, são classificados em categorias que variam de acordo com seu tamanho, sendo ele, nanoplásticos <1 μ , microplásticos 1 μ e 5mm, mesoplásticos entre 5 mm e 2,5 cm, macroplásticos entre 2,5 cm e 1 m e os megaplásticos maiores que 1 m (GALGANI *et al.*, 2015).

Figura 1 - Proposta de classificação dos microplásticos por diferentes autores



Fonte: Olivatto (2017).

Os microplásticos dispersos no meio ambiente pode ter sua origem classificada como primária ou secundária (COLE *et al.*, 2011). Os primários são aqueles cujo processo produtivo já prevêem sua granulometria já produzidos em tamanhos microscópicos (mais conhecidos na indústria como “pellet”), tais como os insumos utilizados nas formulações de produtos cosméticos de higiene pessoal que são utilizados como abrasivos (DERRAIK, 2002a). Já os MPs secundários são aqueles que resultam da fragmentação de materiais de plásticos maiores, descartados incorretamente (Figura 1)(COSTA *et al.*, 2016).

Os MPs primários (Figura 2) atingem o meio ambiente por meio do descarte inadequado das etapas em processos industriais e por meio da perda acidental durante o seu transporte, sendo frequentemente encontrados em portos, complexos industriais e em alto mar. São também comumente utilizados na indústria de cosméticos e higiene pessoal, esses produtos, normalmente utilizados em domicílios, são transportados para os cursos hídricos por meio dos efluentes domésticos. No Brasil, desde 2016, está sendo discutido a PL 6528/2016, a qual tem por finalidade proibir a manipulação, fabricação, importação e comercialização, em todo território nacional, de produtos de higiene pessoal, cosméticos e perfumaria que contenham a adição intencional de microesferas plásticas.

Esses MPs podem ser transportados para os corpos hídricos e chegar aos oceanos através do esgoto urbano, rede coletora de água de chuva, efluentes industriais, carreamento superficial (de plásticos degradados no solo) ou ainda, e bastante frequente (infelizmente) lançamento direto nos rios e canais (BROWNE, *et al.*, 2011; FENDALL e SEWELL, 2009; OGATA *et al.*, 2009; NAPPER *et al.*, 2015).

Figura 2 – Pellets, exemplo de MPs primários



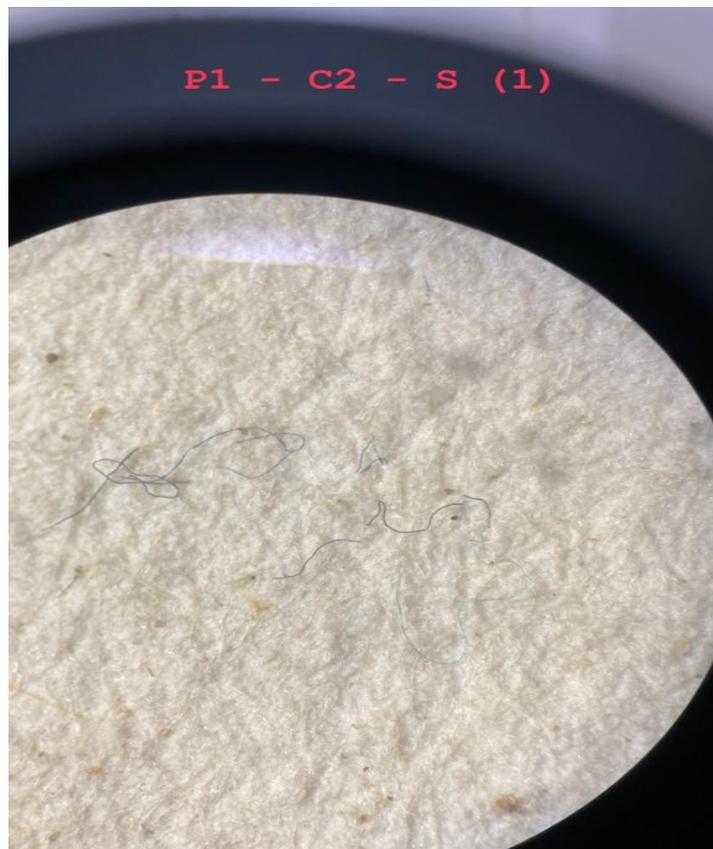
Fonte: Portal dos resíduos.

A fragmentação e transformação dos maiores corpos de plásticos em MPs secundários (Figura 3) ocorre quando este é exposto a diversos fatores, como radiação UV, presença de oxigênio, mudanças de temperatura, umidade, entre outros. Os materiais plásticos, quando expostos às intempéries, sofrem alterações físicas e químicas, tornando-se mais frágeis e fragmentando-se em partículas progressivamente menores.

A presença constante e invisível dos MPs na sociedade atual é um fato, entretanto, as consequências para a saúde humana e os impactos ecológicos ainda são discutidos pela comunidade científica. O principal problema ambiental já observado é a ingestão desses materiais, especialmente devido ao seu tamanho reduzido. A obstrução do trato digestivo é especialmente preocupante nos seres de níveis tróficos inferiores, bem como a alteração das taxas hormonais de reprodução e crescimento (KIM *et al.*, 2018).

Os riscos biológicos para saúde humana sugerem, com sua ingestão se dando até mesmo através da inalação, o aumento da probabilidade de doenças respiratórias e cardiovasculares, bem como câncer pulmonar, em casos de maior concentração.

Figura 3 - Microplásticos secundários



Fonte: O Autor (2023).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Nessa sessão foi feita uma descrição da área estudada, no que diz respeito a sua posição, hidrografia e climatologia. Também foi realizado o apontamento dos pontos de coleta, além da justificativa para escolha dos mesmos. Foi realizada a definição da metodologia utilizada para coleta, preparação das amostras, visualização microscópica e caracterização dos MPs.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Pitimbu foi fundado em 1 de janeiro de 1554, como vila, elevando-se a categoria de município em 22 de dezembro de 1961 e se encontra inserido no domínio da bacia hidrográfica do rio Abiaí (

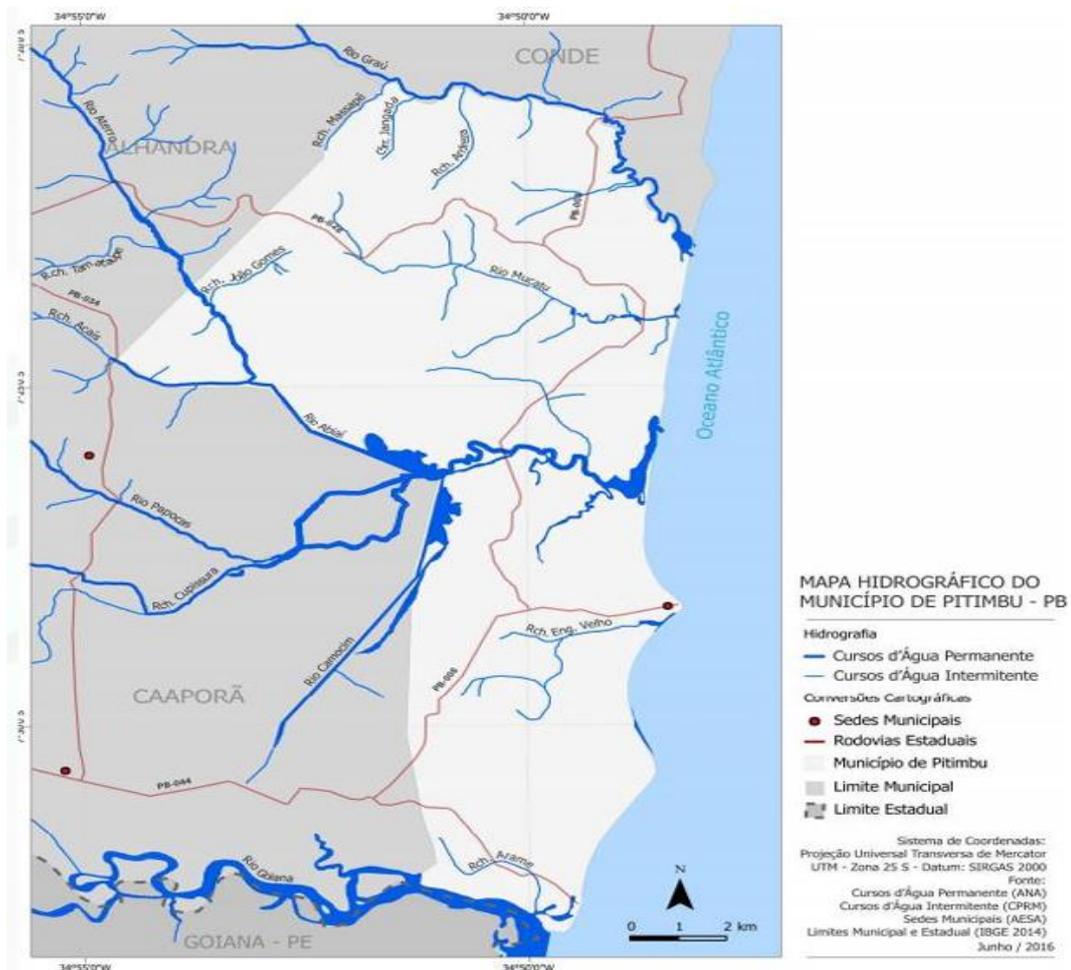
Figura 4). Seus principais tributários são: os rios Graú, Abiaí, Mucatu, Aterro, Papocas, Camocim e Goiana, além dos riachos: Massapê, Andreza, João Gomes, Engenho Velho, Arame e o córrego Jangada. Os principais corpos de acumulação são as lagoas do Frazão e do Brandão. Todos os cursos d'água no município têm regime de escoamento perene e o padrão de drenagem é o dendrítico. (CRPM, 2005).

planeta, apenas 2,5% são de água doce (PGI, 2016, BARBOSA *et al.*, 2017; ALMEIDA *et al.*, 2019).

Além disso, na região da nascente do rio Maceió, de forma costumeira chamado pela população local de rio Marcelino, existe ainda alguns fragmentos de mata ciliar, que foram derrubadas devido ao desmatamento e a cultura canavieira. A mata ciliar é extremamente importante para a preservação dos rios pois ele é responsável pela regulagem da quantidade e temperatura da água, proteção do solo, barreira natural de sedimentos e abrigo para animais (BARBOSA *et al.*, 2017; CAVALCANTI; CRUZ; MOURA, 2019).

Localizada na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, abrangendo pequenas bacias costeiras, caracterizadas pela pequena extensão e pouca vazão de seus corpos d'água, integra a microrregião do litoral sul da Paraíba, além ser parte da região metropolitana de João Pessoa (Figura 5 - Hidrografia do município).

Figura 5 - Hidrografia do município de Pitimbu/PB



Fonte: Adaptado de ANA (2010); AESA (2016); IBGE (2014).

De acordo com a proposta de instituição do Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Sul (2004), o município de Pitimbu/PB encontra-se inserido no domínio da bacia hidrográfica do rio Abiaí, localizado no litoral sul do estado da Paraíba, na fronteira com o estado de Pernambuco, entre as latitudes 7°10' e 7°30' Sul e entre as longitudes 34°48' e 35°06' Oeste, tendo uma área de 449,5 km² e um perímetro de 110,5 km.

4.2 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

No que diz respeito ao clima, em Pitimbu vigora o clima do tipo Aw', que corresponde a um clima úmido, segundo a classificação de Koeppen. As variações sobre a distribuição de temperatura são de 20° a 24°C, quando atingem valores mínimos, e 28° a 33°C quando atingem valores máximos, nos meses de novembro e dezembro.

De acordo com a Tabela 1, a precipitação média anual é de 1938,7 mm sobre a bacia, com período chuvoso entre abril e julho. O gradiente longitudinal de precipitações é elevado, variando de forma decrescente do litoral para o interior. A evaporação é relativamente alta. A precipitação média anual varia na ordem de 2.000 a 2.500 mm, onde os valores decrescem do interior do município para o litoral. A umidade relativa do ar medida na bacia varia de 68% a 85%, onde os valores máximos ocorrem entre os meses de julho e agosto e os mínimos entre os meses de novembro e janeiro. A média anual na bacia atinge 80%. O período chuvoso inicia-se de fevereiro a março e prolonga-se até agosto. O período de estiagem é de 05 a 06 meses.

Tabela 1 - Dados climatológicos de Pitimbu-PB

DADOS CLIMATOLÓGICO DE PITIMBU – PB													
MÊS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Temperatur a Máxima Média (°C)	31,0	30,8	30,6	29,9	29,1	28,2	28,0	28,1	29,0	30,1	30,6	30,6	29,7
Temperatur a Média (°C)	26,3	26,1	26,1	25,6	24,9	24,0	23,7	23,5	24,6	25,5	25,9	26,0	25,2
Temperatur a Mínima Média (°C)	21,6	21,5	21,7	21,4	20,8	19,8	19,4	19,0	20,3	21,0	21,2	21,4	20,8
Precipitação (mm)	89	142	224	262	329	335	285	185	93	57	49	56	210 6

Fonte: Adaptado de Climate, 2020.

4.3 DEFINIÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

Foram determinados três pontos para coleta das amostras de água (Px – Cy – W (x – número do Ponto; y – número da coleta; W- water (água))) e três pontos para coleta das amostras de areia (Px – Cx – S (x – número do Ponto; y – número da Coleta; S- Sand (areia))), em quatro diferentes coletas.

Jugou-se importante realizar as coletas de modo a contemplar as variabilidades das estações de cheia e de seca, dessa forma, foram marcadas as visitas para maio e julho (estação de cheia), setembro e outubro (estação de seca).

Para cada coleta utilizou-se GPS, balde, corda, trena, colher de pedreiro, 3 sacos plásticos no modelo “ziplock”, três garrafas plásticas com 5 litros de volume, seis garrafas plásticas com 1,5 litros de volume, caixa de isopor e gelo.

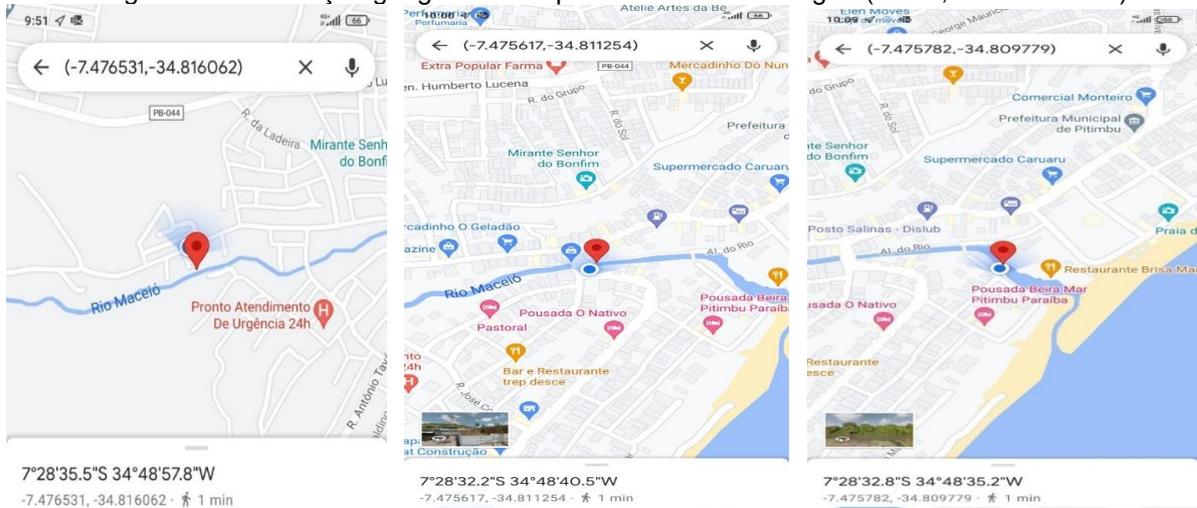
4.3.1 Coleta da Água

O ponto P1-W está localizado numa região mais afastada do centro da cidade, o ponto P2-W está localizado numa região com maior fluxo de pessoas e veículos e o ponto P3-W está localizado mais próximo do mar (

Figura 6).

Em cada ponto de amostragem de água eram coletados 5 litros e outras duas de 1,5 litros, armazenadas em garrafas plásticas livres de impurezas e imediatamente acondicionadas em isopor com gelo, de modo a conservar as propriedades da amostra.

Figura 6 - Localização geográfica dos pontos de coleta de água (P1-W, P2-W e P3-W)



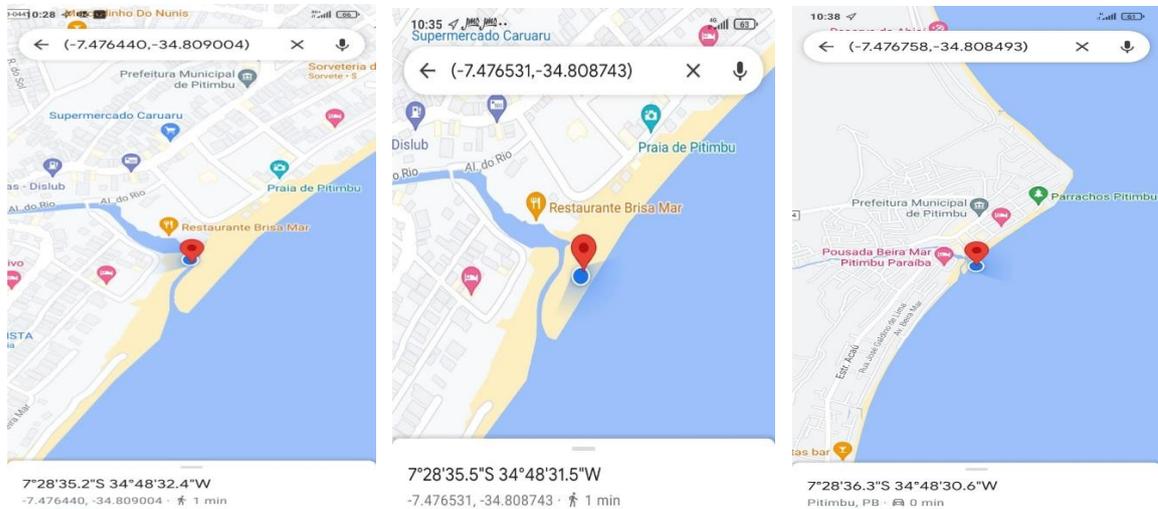
Fonte: Google Maps (2022).

4.3.2 Coleta da Areia

O ponto P1-S está localizado na região imediatamente próxima ao acesso do rio à areia da praia, o ponto P2-S está localizado em um ponto médio entre a foz do rio e o mar, já o ponto P3-3 fica na região imediatamente próxima ao alcance das águas do mar (Figura 7).

A metodologia utilizada para a realização da amostragem de areia é adaptada da pesquisa de Ivar do Sul (2014). A coleta foi realizada em um quadrante de 1 m^2 demarcado com uma trena, onde foi retirado 1 cm de areia com o auxílio de uma colher de pedreiro. Em seguida, as amostras foram colocadas em sacos no modelo “ziplock” e identificadas.

Figura 7 - Localização geográfica dos pontos de coleta de areia (P1-S, P2-S e P3-S)



Fonte: Google Maps (2022).

4.4 ANÁLISE DAS AMOSTRAS DE ÁGUA

Uma parte das amostras coletadas, de cada ponto, foi encaminhada para análise da qualidade de água (garrafas de 1,5 litros), outra parte (garrafas de 5 litros) foi encaminhada para análise de efluentes e a terceira parte (garrafa de 1,5 litros) encaminhada para filtração e análise microscópica.

4.4.1 Caracterização da Qualidade da Água

As análises físico-químicas das amostras de água foram realizadas no Laboratório de Análises de Minerais, Solos e Água (LAMSA) localizado no Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ-UFPE). Foram realizadas as análises de pH, Cor Aparente, Turbidez, Sólidos

Dissolvidos Totais, Condutividade Elétrica, Alcalinidade de Carbonatos, Alcalinidade de bicarbonatos, Alcalinidade de Hidróxidos, Dureza Total, Dureza Devida a Carbonatos, Dureza Devida a Não Carbonatos, Amônia, Nitrito, Nitrato, Nitrito + Nitrato, Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio, Ferro, Cloretos, Sulfatos, Bicarbonatos e Carbonatos. Os métodos estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1 – Métodos utilizados das análises das amostras de água

Parâmetro	Und	Referência
pH (potenciométrico)	-	pHmetro inoLab
Cor aparente	(uH)	
Turbidez	(uT)	Turbid. Thermo Orion
Sólidos dissolvidos totais	(mg/L)	Condutiv. Mettler MC266
Condutividade elétrica a 25 °C	(μ S/cm)	Condutiv. Mettler MC266
Alcalinidade de carbonatos	(mg/L em CaCO ₃)	
Alcalinidade de bicarbonatos	(mg/L em CaCO ₃)	
Alcalinidade de hidróxidos	(mg/L em CaCO ₃)	
Dureza total	(mg/L em CaCO ₃)	
Dureza devida a carbonatos	(mg/L em CaCO ₃)	
Dureza devida a não carbonatos	(mg/L em CaCO ₃)	
Amônio	(mg/L em NH ₄)	Kit Merck NH ₄ (114752)
Nitrito	(mg/L em N)	SMEWW 4500 - NO ₂ -
Nitrato	(mg/L em N)	SMEWW 4500 - NO ₃ -
Nitrito + Nitrato	(mg/L em N)	
Cálcio	mg/L de Ca	
Magnésio	mg/L de Mg	
Sódio	mg/L de Na	
Potássio	mg/L de K	
Ferro	mg/L de Fe	Kit MERCK Fe(114761)
Cloretos	mg/L Cl ₂	Kit MERCK Cl ₂ (00598)
Sulfatos	mg/L de SO ₄ ⁻²	SMEWW 4500 - SO ₄ ⁻²
Bicarbonatos	mg/L de (HCO ₃)	
Carbonatos	mg/L de (CO ₃)	

Fonte: O Autor (2023).

As análises físico-químicas das amostras de efluente foram realizadas no Laboratório Interdisciplinar de Meio Ambiente (LIMA) do Grupo de Pesquisa em Processos e Tecnologias Ambientais (GPTA), localizado no Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ-UFPE). Foram realizadas as análises de Cor, Turbidez, Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO), pH e Condutividade. Os métodos estão

apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Métodos utilizados das análises das amostras de água como efluente

Parâmetro	Und	Método	Referência
Cor	uH (Hazen)	Fotocolorimétrico	SMEWW 2120 C
Turbidez	NTU	Nefelométrico	SMEWW 2130 B
DQO	(Mg O ₂ /L)	Colorimétrico	SMEWW 5220 C
DBO	(Mg O ₂ /L)	Manométrico	Adaptado do SMEWW 5210
pH	-	Potenciométrico	SMEWW 4500 B
Condutividade elétrica a 25 °C	(mS/cm)	analítico condutivímetro	

Fonte: O Autor (2023).

4.5 ANÁLISE DE PLÁSTICOS E MICROPLÁSTICOS NAS AMOSTRAS

Foi sessão foi realizada a descrição dos procedimentos utilizados para preparação das amostras após a coleta e envio aos devidos laboratórios.

4.5.1 Preparação das Amostras de Água

Para análise da presença de plásticos e MPs nas amostras de água, uma das garrafas de 1,5 litros, de cada ponto, foram encaminhadas, imediatamente após a coleta, para o LEQA, Laboratório de Estudos em Química Ambiental, localizado no DQ-UFPB.

As amostras foram passadas em uma membrana de papel filtro quantitativo e filtrada a vácuo, logo após foram dispostas para secagem na estufa a 40 graus Celsius.

4.5.2 Preparação das Amostras de Areia

Os MPs foram extraídos das amostras de areia por diferença de densidade, ou seja, por flotação. De acordo com Besley (2017), o processo deve ser realizado utilizando-se solução salina concentrada composta por mistura de 358,9g de NaCl em 1 litro de água deionizada.

A Figura 8 apresenta as etapas de preparo. Cada amostra de areia foi separada em 3 porções. Utilizando uma proveta de 2.000 mL, foram acrescentados 400 mL de uma das porções, já separadas, de areia, e preenchido o demais volume da proveta com a solução salina concentrada. A proveta de 2.000 mL foi apoiada em duas peneiras, uma mais grossa, com malha de 2,68 mm, na parte superior, e outra mais fina, com malha 0,025 mm, na parte inferior.

Foi disposto um tubo fino, ligado a uma bomba, que saia de dentro da base de suporte do sistema sendo direcionado para dentro da proveta, ocasionando assim o refluxo da mistura. Dessa forma foi realizado a separação por densidade, onde o material mais fino era transbordado e o material mais pesado permanecia dentro da proveta.

Depois, o volume transbordado era recolhido em beques, com a menor quantidade de água possível (geralmente 20 mL). Foi acrescentado uma solução com 10 ml de KI (iodeto de potássio), com pureza padrão analítico (P.A.), saturada, com concentração de 50 g de iodeto para 100 ml de água, com densidade 1,53, de modo que a densidade da solução salina se mantenha menor do que a da adição, a mistura foi agitada e aguardado o tempo de decantação (15 min).

O balão de fundo chato foi emborcado até estar próximo da horizontal, de modo que o material decantado não chegasse à boca. Finalmente, realizava-se a filtração a vácuo e depois a membrana filtro de náilon, não estéril, com porosidade 0,45 μm x 25 mm, era disposta para secagem.

Figura 8 - Procedimento de preparação das amostras de areia



Fonte: O Autor (2023).

4.6 VISUALIZAÇÃO MICROSCÓPICA DAS AMOSTRAS

A visualização microscópica foi realizada no Laboratório de Invertebrados Paulo Young (LIPY) do Departamento de Sistemática e Ecologia no Centro de Ciências Exatas e da Natureza da UFPB, através de um microscópio estereoscópico da marca OLYMPUS, modelo SZ40, com faixa de ampliação 80x. Através destas visualizações foi possível verificar a presença, ou não, dos MPs nas amostras.

4.7 CARACTERIZAÇÃO DOS MPS

Após visualização no microscópio, foram selecionados os MPs que melhor representavam as amostras, para então serem submetidos a técnica FTIR. Os espectros na região infravermelho foram obtidos com uso de um espectrofotômetro com Transformada de Fourier (FTIR) da marca SHIMADZU, modelo IRPrestige-2 (Kyoto, Japão), utilizando o método de Refletância Total Atenuada (ATR). A região do espectro utilizada foi a faixa entre 4000-600 cm^{-1} , empregando 32 varreduras. A análise foi realizada no Laboratório de Combustíveis e Materiais (LACOM) do Centro de Ciências Exatas e da Natureza na Universidade Federal da Paraíba.

O ensaio permite a identificação da intensidade e posição relativa a todas as absorções ou picos na região do infravermelho e seu resultado é representado por um gráfico que apresenta a intensidade de absorção *versus* número de ondas (PAVIA *et al.*, 2016), fazendo possível a determinação do polímero comparando os valores obtidos no gráfico do espectro infravermelho do composto com a Tabela 2, na qual busca-se a correspondência entre os valores.

Tabela 2 - Lista de identificação de polímeros com base no valor de absorbância do espectro infravermelho

Polímero	Bandas de absorção (cm⁻¹)
Polietileno tereftalato	1713, 1214, 1094, 720
Polietileno de alta densidade	2915, 2845, 1472, 1462, 730, 717
Polietileno de baixa densidade	2915, 2845, 1467, 1462, 1377, 730, 717
Policloreto de vinila	1427, 1331, 1255, 1099, 966, 616
Polipropileno	2915, 2850, 2838, 1455, 1377, 1166, 997, 972, 840, 808
Poliestireno	3024, 2847, 1601, 1492, 1027, 694, 537
Acrlonitrila butadieno estireno	2922, 1602, 1494, 1452, 966, 759, 698
Acetato de celulose	1743, 1368, 904, 600
Espuma vinílica acetinada	2917, 2848, 1740, 1469, 1241, 1020, 720
Latex	2960, 2920, 2855, 1447, 1376, 1167
Nitrilo	2917, 2849, 2237, 1605, 1440, 1360, 1197, 967
Náilon	3298, 2932, 2858, 1634, 1538, 1464, 1372, 1274, 1199, 687
Policarbonato	2966, 1768, 1503, 1409, 1364, 1186, 1158, 1013, 828
Acrílico	2992, 2949, 1721, 1433, 1386, 1238, 1189, 1141, 985, 964, 750
Etileno propileno fluorado	2101, 1147, 638, 554, 509
Poliuretano	2865, 1731, 1531, 1451, 1223

Fonte: Adaptado de Juang *et al.* (2018).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção estão presentes os resultados da avaliação visual do impacto ambiental, e das análises da presença de plásticos na água e na areia. Em seguida, são apresentadas as análises de qualidade da água e caracterização dos tipos de plásticos presentes nas amostras coletadas.

5.1 CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS DE COLETA

Nessa sessão estão presentes imagens e descrições características de cada uma das coletas e seus respectivos pontos de amostragem.

5.1.1 Primeira Coleta (02/05/2022)

O clima se apresentava seco, sem ocasião de precipitações nas 48 horas anteriores.

a) Ponto 1 de coleta da amostra de água (P1-C1-W)

Figura 9 - Coleta P1-C1-W

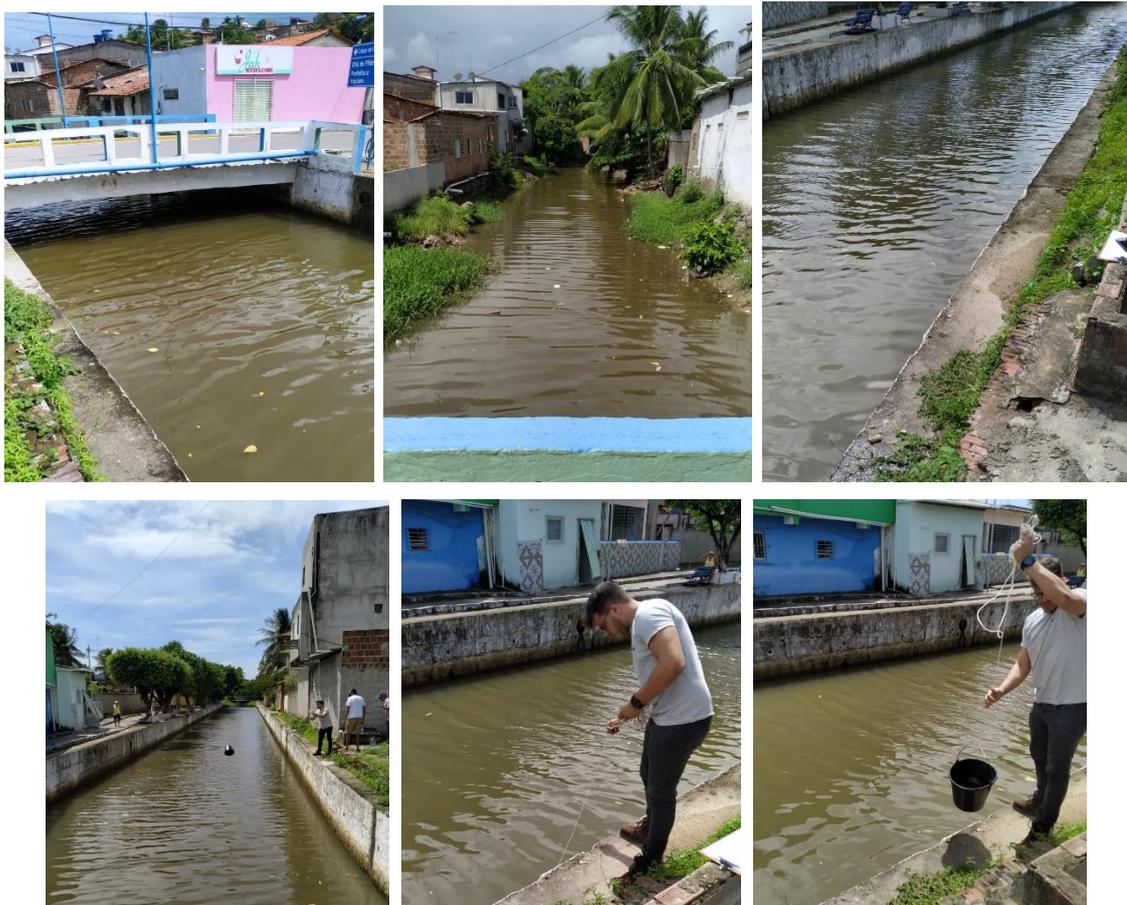


Fonte: O Autor (2023).

A água apresentava baixa turbidez com poucos resíduos sólidos aparentes flutuantes, apesar da presença de resíduos sólidos nas margens, em especial, caixas de remédios, embalagens de biscoitos e salgados, tampas de refrigerantes, possivelmente provenientes das casas mais próximas as margens além da população com acesso ao trecho.

b) Ponto 2 de coleta da amostra de água (P2-C1-W)

Figura 10 - Coleta P2-C1-W



Fonte: O Autor (2023).

A água apresentava alta turbidez com baixíssima presença de resíduos sólidos aparentes flutuantes.

c) Ponto 3 de coleta da amostra de água (P3-C1-W)

Figura 11 - Coleta P3-C1-W



Fonte: O Autor (2023).

A água apresentava alta turbidez com baixa presença de resíduos sólidos aparentes flutuantes. Presença de resíduos sólidos nas margens, como garrafas plásticas e embalagens de achocolatados, possivelmente provenientes dos moradores e pescadores que frequentam a área.

d) Ponto 1 de coleta da amostra de areia (P1-C1-S)

Figura 12 - Coleta P1-C1-S



Fonte: O Autor (2023).

O ponto apresentava baixa presença de resíduos sólidos aparentes em sua superfície, bem como na camada imediatamente inferior (1 cm de profundidade).

e) Ponto 2 de coleta da amostra de areia (P2-C1-S)

Figura 13 - Coleta P2-C1-S



Fonte: O Autor (2023).

Presença de resíduos sólidos aparentes orgânicos, filetes dos galhos e raízes da vegetação do manguezal, presente na foz do rio, e inorgânicos, em especial linhas de material plástico oriundas do desprendimento das redes de pesca.

f) Ponto 3 de coleta da amostra de areia (P3-C1-S)

Figura 14 - Coleta P3-C1-S



Fonte: O Autor (2023).

Sem presença de resíduos sólidos aparentes em sua superfície, bem como na camada imediatamente inferior (1 cm de profundidade).

5.1.2 Segunda Coleta (19/07/2022)

O clima se apresentava úmido, com ocasião de precipitações nas 48 horas anteriores à visita.

a) Ponto 1 de coleta da amostra de água (P1-C2-W)

Figura 15 - Coleta P1-C2-W



Fonte: O Autor (2023).

A água apresentava turbidez média com poucos resíduos flutuantes, baixa presença de resíduos sólidos aparentes nas margens, ainda, como na C1, principalmente, caixas de remédios, embalagens de biscoitos e salgados e tampas de refrigerantes, provenientes do descarte da população que frequenta a área.

b) Ponto 2 de coleta da amostra de água (P2-C2-W)

Figura 16 - Coleta P2-C2-W



Fonte: O Autor (2023).

A água apresentava alta turbidez, com presença de resíduos sólidos orgânicos aparentes (folhas de árvores) em sua superfície. Destacou-se também a presença de uma camada oleosa na superfície, característica do descarte de materiais de limpeza domésticos no corpo do curso d'água.

c) Ponto 3 de coleta da amostra de água (P3-C2-W)

Figura 17 - Coleta P3-C2-W



Fonte: O Autor (2023).

A água apresentou turbidez média, com baixíssima presença de resíduos sólidos aparentes em sua superfície ou nas margens do rio.

d) Ponto 1 de coleta da amostra de areia (P1-C2-S)

Figura 18 - Coleta P1-C2-S



Fonte: O Autor (2023).

O ponto apresentava baixa presença de resíduos sólidos aparentes em sua superfície, bem como na camada imediatamente inferior (1 cm de profundidade).

e) Ponto 2 de coleta da amostra de areia (P2-C2-S)

Figura 19 - Coleta P2-C2-S



Fonte: O Autor (2023).

O ponto apresentava baixa presença de resíduos sólidos aparentes em sua superfície, bem como na camada imediatamente inferior (1 cm de profundidade).

f) Ponto 3 de coleta da amostra de areia (P3-C2-S)

Figura 20 - Coleta P3-C2-S



Fonte: O Autor (2023).

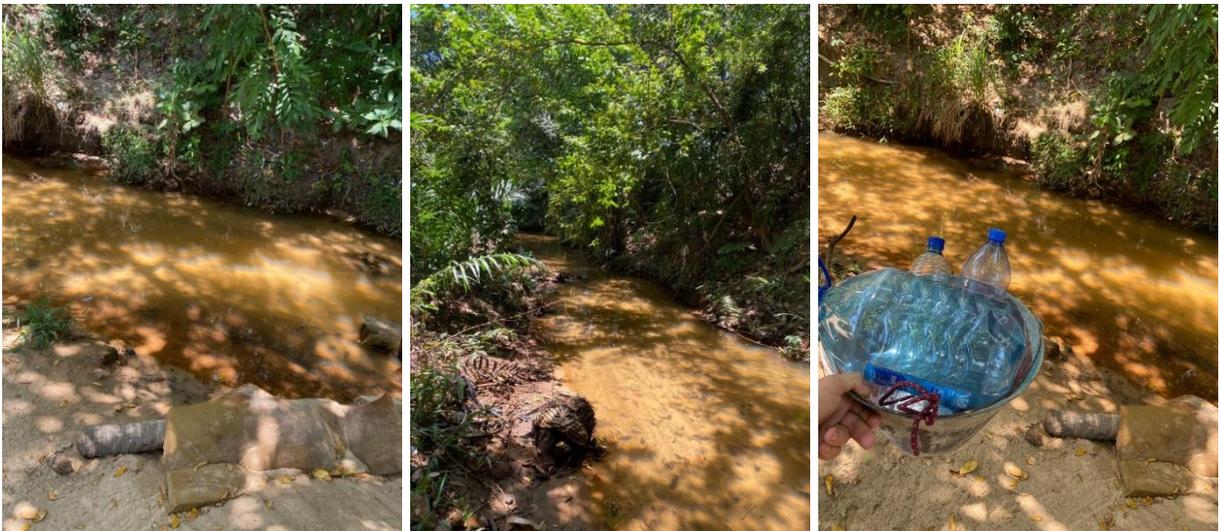
O ponto apresentava baixa presença de resíduos sólidos aparentes em sua superfície, bem como na camada imediatamente inferior (1 cm de profundidade).

5.1.3 Terceira Coleta (29/09/2022)

O clima se apresentava seco, sem ocasião de precipitações nas 48 horas anteriores.

a) Ponto 1 de coleta da amostra de água (P1-C3-W)

Figura 21 - Coleta P1-C3-W



Fonte: O Autor (2023).

A água apresentava turbidez média com baixíssima presença de resíduos sólidos flutuantes aparentes ou em suas margens.

a) Ponto 2 de coleta da amostra de água (P2-C3-W)

Figura 22 - Coleta P2-C3-W



Fonte: O Autor (2023).

A água apresentava alta turbidez, com presença de resíduos sólidos orgânicos aparentes (folhas de árvores) em sua superfície. Manteve-se a presença da camada oleosa na superfície, a exemplo da C2, característica do descarte de materiais de limpeza domésticos no corpo do curso d'água.

c) Ponto 3 de coleta da amostra de água (P3-C3-W)

Figura 23 - Coleta P3-C3-W



Fonte: O Autor (2023).

A água apresentava turbidez alta com baixíssima presença de resíduos sólidos flutuantes aparentes ou em suas margens.

d) Ponto 1 de coleta da amostra de areia (P1-C3-S)

Figura 24 - Coleta P1-C3-S



Fonte: O Autor (2023).

Baixa presença de resíduos sólidos orgânicos aparentes na cama superficial de areia, oriundos da região de manguezal da foz do rio, dispostos através da variação do volume de água do mesmo.

e) Ponto 2 de coleta da amostra de areia (P2-C3-S)

Figura 25 - Coleta P2-C3-S



Fonte: O Autor (2023).

Pouca presença de resíduos sólidos orgânicos aparentes na camada superficial de areia.

f) Ponto 3 de coleta da amostra de areia (P3-C3-S)

Figura 26 - Coleta P3-C3-S



Fonte: O Autor (2023).

Presença de um corpo de resíduo sólido plástico imediatamente ao lado da região de coleta.

5.1.4 Quarta Coleta (24/10/2022)

O clima se apresentava úmido com ocorrência de precipitações nas últimas 48 horas.

a) Ponto 1 de coleta da amostra de água (P1-C4-W)

Figura 27 - Coleta P1-C4-W



Fonte: O Autor (2023).

A água apresentava baixa turbidez com baixa presença resíduos sólidos flutuantes aparentes ou em suas margens.

b) Ponto 2 de coleta da amostra de água (P2-C4-W)

Figura 28 - Coleta P2-C4-W



Fonte: O Autor (2023).

A água apresentava turbidez média, com baixíssima presença de resíduos sólidos aparentes em sua superfície. Manteve-se a presença da camada oleosa na superfície, a exemplo da C2 e C3, característica do descarte de materiais de limpeza domésticos no corpo do curso d'água. Foi possível também observar a presença de objetos no fundo do corpo d'água, assemelhando-se com um pneu e um eletrodoméstico.

c) Ponto 3 de coleta da amostra de água (P3-C4-W)

Figura 29 - Coleta P3-C4-W



Fonte: O Autor (2023).

Alta turbidez e alta presença de resíduos sólidos aparentes orgânicos, restos de comida, e inorgânicos, embalagens plásticas, caixas de leite e sacos plásticos. Os resíduos, possivelmente, são oriundos do maior fluxo de pescadores e atividades pesqueiras característicos do período.

d) Ponto 1 de coleta da amostra de areia (P1-C4-S)

Figura 30 - Coleta P1-C4-S



Fonte: O Autor (2023).

Média presença de resíduos sólidos orgânicos aparentes na superfície da areia.

e) Ponto 2 de coleta da amostra de areia (P2-C4-S)

Figura 31 - Coleta P2-C4-S



Fonte: O Autor (2023).

Alta presença de resíduos sólidos orgânicos aparentes na cama superficial da areia.

f) Ponto 3 de coleta da amostra de areia (P3-C4-S)

Figura 32 - Coleta P3-C4-S



Fonte: O Autor (2023).

Sem presença de resíduos sólidos aparentes na camada superficial ou imediatamente inferior (1 cm de profundidade).

As análises físico-químicas das amostras de água foram realizadas no Laboratório de Análises de Minerais, Solos e Água (LAMSA) localizado no Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco (DEQ-UFPE). Foram realizadas as análises de Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de oxigênio (DBO), cor, turbidez e condutividade.

5.2 RESULTADOS DA QUALIDADE DA ÁGUA

O rio Maceió é bastante utilizado pela comunidade local seja para fins recreativos de contato primário como para consumo e irrigação de hortaliças, portanto de acordo com a Resolução nº 357/2005 (CONAMA, 2005), este rio é de classe 2. Os valores de pH variaram de 7 a 5,36 apresentando um certo grau de acidez.

Mesmo com o descarte de resíduos e esgoto em seu curso, os valores de DQO e DBO, os quais expressam a concentração de matéria orgânica, estão baixos, permitindo enquadrar o ponto 1 como Classe 1 e os pontos 2 e 3 como Classe 2, no que diz respeito à DBO.

Tabela 3 - Resultado dos parâmetros de efluentes das 4 coletas

-	1ª Coleta - 04/05/2022			2ª Coleta - 22/07/2022			3ª Coleta - 29/09/2022			4ª Coleta - 27/10/2022		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
COR (Hazen)	62	69	84	71	84	62	64	68	55	65	64	62
TURBIDEZ (NTU)	18,5	24	37,5	23	20,4	19,1	25,9	32,2	19,1	21	16,5	19
DQO (mg O₂/L)	15,53	12,81	29,14	11,758	17,787	26,83	6,19	23,19	22,03	14,14	17,476	8,4205
DBO (mg O₂/L)	2,0	3,5	3,5	3,00	4,00	4,00	4,5	9,5	6	3,5	4,5	8
pH	6,37	6,52	6,49	6,33	6,52	6,59	6,84	6,78	6,76	6,78	6,79	6,82
Condutividade (mS/cm)	64,32	133,61	781,7	105,95	92,22	141,47	96,54	343,4	808,6	119,06	193,23	864

Fonte: O Autor (2023).

Percebe-se um valor notoriamente maior no parâmetro de Cor, nas primeiras duas coletas (C1 e C2), o que é natural, dado que essas coletas foram realizadas no período de chuva. Ressalta-se também o fato do ponto P2 apresentar a maior média no referido índice, sendo esse o ponto mais acessível e de maior contato com a população local.

Quanto a Turbidez, percebe-se uma variação não homogênea, tanto no que diz respeito as coletas, quanto aos pontos, entretanto a média da coleta C1 se apresenta consideravelmente mais alta do que as demais, devido ao maior índice pluviométrico do período da campanha.

No que diz respeito a DQO, o ponto P3 apresenta, com exceção da quarta coleta, um valor muito superior aos demais pontos, tendo sua possível razão apoiada pelo fato de ser circundado por uma região de manguezal.

A DBO apresentou notáveis valores superiores na terceira e quarta coleta, ambas realizadas no período de seca da região. Os pontos P2 e P3, em todas as campanhas, apresentaram valores superiores quando comparados aos resultados do P1, reflexo da maior intensidade das ações antrópicas e da presença do manguezal nas imediações.

O pH manteve baixos níveis de variação, tanto em relação aos pontos de coleta quanto as diferentes campanhas, variando entre 6,33 – 6,84.

A Condutividade apresentou valores muito superiores nos períodos de cheia, C3 e C4, bem como valores muito superiores no P3 quando comparados com os valores de P1 e P2, em qualquer das campanhas. Fato também causado pela presença do manguezal nas imediações do P3.

Girardi *et al.* (2019) compararam os parâmetros físico-químicos das águas e efluentes da Bacia do rio Itajaí em diferentes estações do ano e em períodos de diferentes índices pluviométricos. De modo similar a este trabalho, encontraram valores mais altos de cor, turbidez e DBO nos períodos de cheia, bem como verificaram a presença de compostos inorgânicos característicos de fertilizantes.

5.2.1 Resultado dos Parâmetros Físico-Químicos da Amostra de Água da Primeira Coleta (02/05/2022)

Tabela 4 - Resultados dos parâmetros de água da primeira coleta

1º Coleta				
	Entrada: 05/05/2022			
	Saída: 18/06/2022			
Parâmetro	P1	P2	P3	VPM
pH (potenciométrico)	7,04	7	7,15	6 a 9,5
Cor aparente (UH)	42	39	52	15
Turbidez (UT)	8,59	13,5	31,5	5
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	41,76	87,48	594,18	1000
Condutividade elétrica a 25 °C (µS/cm)	69,61	145,8	990,3	-
Alcalinidade de carbonatos (mg/L em CaCO ₃)	0	0	0	-
Alcalinidade de bicarbonatos (mg/L em CaCO ₃)	10,89	20,79	30,69	-
Alcalinidade de hidróxidos (mg/L em CaCO ₃)	0	0	0	-
Dureza total (mg/L em CaCO ₃)	17	28	120	500
Dureza devida a carbonatos (mg/L em CaCO ₃)	10,89	20,79	30,69	
Dureza devida a não carbonatos (mg/L em CaCO ₃)	17	7,21	89,31	
Amônia (mg/L em NH ₃)	0,07	0,07	0,14	1,2
Nitrito em (mg/L em N)	0,03	0,06	0,11	1
Nitrato (mg/L em N)	1,12	1,68	2,07	10
Nitrito + Nitrato (proporcional em N)	0,14	0,23	0,32	
Cátions				
Cálcio (em Ca)	1,6	4,81	14,03	-
Magnésio (em Mg)	3,16	3,89	20,67	-
Sódio (em Na)	7,4	19	150	200
Potássio (em K)	0	0	5	-
Ferro (em Fe)	1,05	1,01	0,64	0,3
Ânions				
Cloretos (em Cl)	14	30	280	250
Sulfatos (em SO ₄)	5,74	6,92	45,48	250
Bicarbonatos (em HCO ₃)	13,28	25,35	37,42	-
Carbonatos (em CO ₃)	0	0	0	-

Fonte: O Autor (2023).

A primeira coleta ocorreu em um período com maior precipitação, o que pode ser observado pelo valor mais elevado da turbidez (Tabela 4) para os três pontos na primeira campanha. O ponto 1 situa-se mais para o interior (mais próximo da nascente) e deveria ser o ponto com melhor qualidade, por não sofrer efeitos antrópicos. Resultados nessa direção foram observados por Bastos *et al.* (2020). Todavia este ponto é cercado por canaviais, que (possivelmente) receberam

adubação no mês de julho, sendo parte do fertilizante carregado para o corpo hídrico.

5.2.2 Resultado dos Parâmetros Físico-Químicos da Amostra de Água da Segunda Coleta (19/07/2022)

Tabela 5 - Resultados dos parâmetros de água da segunda coleta

2ª Coleta				
	Entrada: 20/07/2022			
	Saída: 28/07/2022			
Parâmetro	P1	P2	P3	VPM
pH (potenciométrico)	5,36	6,21	6,4	6 a 9,5
Cor aparente (UH)	14	43	31	15
Turbidez (UT)	10,9	14,8	13,9	5
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	133,32	76,14	106,98	1000
Condutividade elétrica a 25 °C (µS/cm)	222,2	126,9	178,3	-
Alcalinidade de carbonatos (mg/L em CaCO ₃)	0	0	0	-
Alcalinidade de bicarbonatos (mg/L em CaCO ₃)	4,95	19,8	21,78	-
Alcalinidade de hidróxidos (mg/L em CaCO ₃)	0	0	0	-
Dureza total (mg/L em CaCO ₃)	108	38	30	500
Dureza devida a carbonatos (mg/L em CaCO ₃)	4,95	19,8	21,78	
Dureza devida a não carbonatos (mg/L em CaCO ₃)	64,8	18,2	8,22	
Amônia (mg/L em NH ₃)	0,22	0,39	0,52	1,2
Nitrito em (mg/L em N)	0,03	0,04	0,05	1
Nitrato (mg/L em N)	1,133	5,2	2,4	10
Cátions				
Cálcio (em Ca)	14,4	9,62	4,81	-
Magnésio (em Mg)	17,5	3,4	4,38	-
Sódio (em Na)	17	10,4	20,74	200
Potássio (em K)	0,6	0,7	1,74	-
Ferro (em Fe)	<0,05	0,66	0,82	0,3
Ânions				
Cloretos (em Cl)	20	22	38	250
Sulfatos (em SO ₄)	1,03	4,63	4,63	250
Bicarbonatos (em HCO ₃)	6,04	24,14	26,56	-
Carbonatos (em CO ₃)	0	0	0	-

Fonte: O Autor (2023).

A adubação pode ser constatada pela concentração de potássio mais elevada na segunda coleta. Este fato é corroborado pelo incremento das concentrações de compostos nitrogenados (nitrito, nitrato e amônia), de magnésio e cálcio. De acordo

com a Resolução 357/2005 (CONAMA, 2005), o ponto 1 poderia ser classificado como Classe I, não fosse o valor do pH abaixo de 6,0 na segunda coleta, fato esse associado, possivelmente, a lixiviação do fertilizante.

Destaca-se ainda na Tabela 5, o teor de cloretos mais elevados no ponto 3, o qual se encontra mais próximo do mar, sofrendo assim influência da salinidade do mesmo. Isto foi enfatizado na segunda coleta, a qual ocorreu em maré alta, havendo assim um maior aporte de cloretos.

5.2.3 Resultado dos Parâmetros Físico-Químicos da Amostra de Água da Terceira Coleta (29/09/2022)

Tabela 6 - Resultados dos parâmetros de água da terceira coleta

3º Coleta				
	Entrada:	20/09/2022		
	Saída:	26/12/2022		
Parâmetro	P1	P2	P3	VPM
pH (potenciométrico)	6,6	6,67	6,71	6 a 9,5
Cor aparente (UH)	31	32	33	15
Turbidez (UT)	16,3	11,4	13,7	5
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	50,4	163,62	514,8	1000
Condutividade elétrica a 25 °C (µS/cm)	84	212,7	858	-
Alcalinidade de carbonatos (mg/L em CaCO ₃)	0	0	0	-
Alcalinidade de bicarbonatos (mg/L em CaCO ₃)	13,86	19,8	21,78	-
Alcalinidade de hidróxidos (mg/L em CaCO ₃)	0	0	0	-
Dureza total (mg/L em CaCO ₃)	22	44	110	500
Dureza devida a carbonatos (mg/L em CaCO ₃)	13,86	19,8	21,78	
Dureza devida a não carbonatos (mg/L em CaCO ₃)	8,14	24,2	88,22	
Amônia (mg/L em NH ₃)	0,23	0,35	0,36	1,2
Nitrito em (mg/L em N)	0,04	0,05	0,05	1
Nitrato (mg/L em N)	0,86	1,45	2,16	10
Cátions				
Cálcio (em Ca)	4	6,41	12,02	-
Magnésio (em Mg)	2,92	6,81	19,46	-
Sódio (em Na)	9,51	42,27	153,6	200
Potássio (em K)	0,66	2,47	8,24	-
Ferro (em Fe)	0,97	0,87	0,33	0,3
Ânions				
Cloretos (em Cl)	16	70	280	250
Sulfatos (em SO ₄)	8,93	14,68	40	250
Bicarbonatos (em HCO ₃)	16,9	24,14	26,56	-
Carbonatos (em CO ₃)	0	0	0	-

Fonte: O Autor (2023).

A Tabela 6, apresenta os resultados da terceira coleta (C3) nos quais foram constatados valores de pH mais básicos nas amostras. A turbidez e a cor aparente seguem acima dos valores de referência em todos os pontos de coleta. A concentração elevada de ferro pode ser explicada pela adubação das plantações em regiões adjacente com fertilizantes com bases férricas, utilizados nos cultivos de cana de açúcar e mandioca. O teor de cloretos mais elevados no ponto 3 é decorrente da proximidade desse ponto amostral com o mar.

5.2.4 Resultado dos Parâmetros Físico-Químicos da Amostra de Água da Quarta Coleta (24/10/2022)

Os testes nas amostras de água da quarta coleta (C4) enviadas para caracterização dos parâmetros físico-químicos ao LAMSA, Laboratório de Análises de Minerais, Solos e Água, DQE-UFPE, não foram realizados devido à um problema de logística do próprio laboratório, logo, a análise e comparação desses índices não foram possíveis nesse trabalho.

Conforme pode ser observado na Figura 9, Figura 15, Figura 23 e Figura 29, muito dos contaminantes são plásticos, os quais irão se degradar (as cadeias poliméricas se romperão principalmente pela ação do sol, gerando MPs que irão contaminar as praias da cidade e do mundo. Afinal, estes poluentes uma vez lançados no mar, contaminam os oceanos de todo o planeta (GALGANI *et al.*, 2021; PURBA *et al.*, 2018). Durante as campanhas, pode-se observar que os pontos com maior volume de resíduos foram o ponto 3, seguido do ponto 2. Isso deve-se, possivelmente, ao fato do ponto 2 situar-se “dentro da cidade”, no qual o rio corre por um canal com laterais de concreto, enquanto no ponto 3 há uma área de mangue, com trecho sinuoso, que permite assim a acumulação dos resíduos. O descarte irregular dos resíduos sólidos tem se tornado um dos grandes problemas na gestão de centros urbanos (SILVA; ALMEIDA, 2019).

Os resíduos sólidos lançados no rio, já estão contaminando as praias. O ponto 1 fica na foz do rio Maceió, no qual pode-se observar parte de um pneu e saco de leite (Figura 12). Observa-se ainda mais plásticos na Figura 13 e a delimitação da

área para a coleta e posterior análise dos MPs na (Figura 14). Uma forma de minimizar esse impacto, seria a reciclagem desses materiais, que poderia ser auxiliada por sistemas da indústria 4.0, como relatam Marcucci e Borges (2021). Os mercados poderiam também fazer esse papel, por sua capilaridade permitiria uma maior retirada de plástico do meio ambiente, pela reciclagem não só das sacolas, como de garrafas PETs (COSTA *et al.*, 2020). Outra opção reportada pela literatura, e nesse caso podem ser utilizados até plásticos encontrados no meio ambiente, é a fabricação de concreto leve (RIBAS *et al.*, 2020). Entretanto, para que isso ocorra é necessário que haja a conscientização ambiental da população, o que pode ser alcançado pela educação ambiental (BRITO *et al.*, 2019)

5.3 VISUALIZAÇÃO MICROSCÓPICA DOS MPS

Nesta sessão serão apresentados os resultados da visualização microscópica tanto de água (W) quanto de areia (S).

5.3.1 Visualização Microscópica das Amostras da Primeira Coleta

Nas amostras de água (P1-C1-W) e (P3-C1-W) e nas de areia (P1-C1-S) e (P2-C1-S) não foram encontrados exemplares de MPs.

5.3.1.1 Visualização Microscópica da Amostra (P2-C1-W)

Figura 33 - Visualização microscópica da amostra P2-C1-W



Fonte: O Autor (2023).

Presença de filamentos plásticos, característicos da fragmentação das redes de pesca, encontrado especialmente em regiões pesqueiras.

5.3.1.2 Visualização Microscópica da Amostra (P3-C1-S)

Figura 34 - Visualização microscópica da amostra P3-C1-S



Fonte: O Autor (2023).

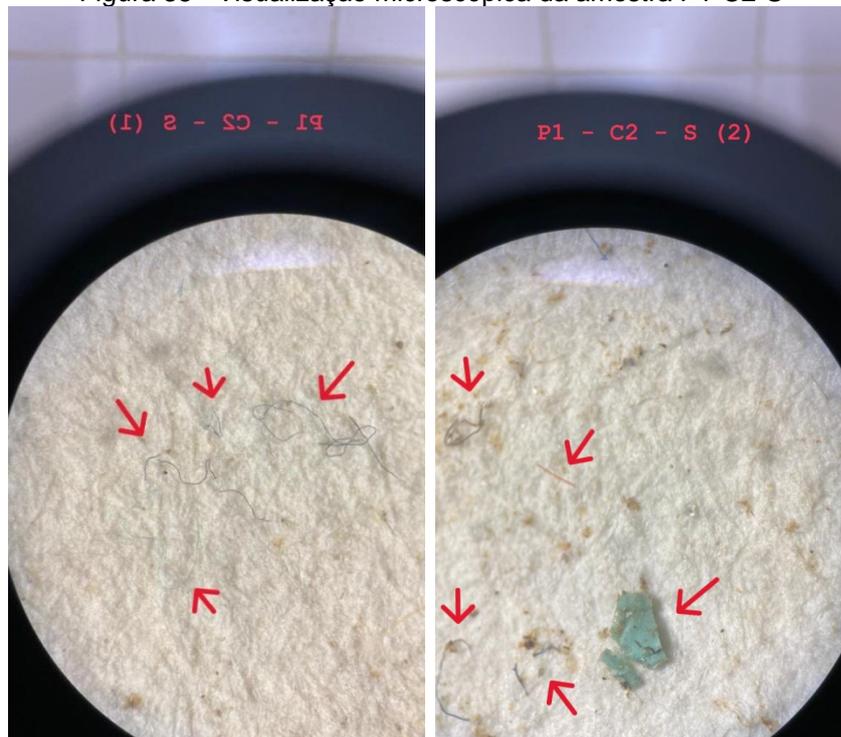
Presença de fragmentos de materiais plásticos, característicos da desagregação de materiais de composição plástica, como garrafas e embalagens, pela sua exposição a agentes de intemperismo.

5.3.2 Visualização Microscópica das Amostras da Segunda Coleta

Nas amostras água (P1-C2-W), (P2-C2-W) e (P3-C2-W) não foram encontrados exemplares de MPs.

5.3.2.1 Visualização Microscópica da Amostra (P1-C2-S)

Figura 35 - Visualização microscópica da amostra P1-C2-S



Fonte: O Autor (2023).

Presença de grande quantidade de filamentos e fragmentos plásticos, característicos da fragmentação das redes de pesca e da desagregação de materiais de composição plástica pela sua exposição a agentes de intemperismo, respectivamente. Volume superior ao verificado no mesmo ponto da C1.

5.3.2.2 Visualização Microscópica da Amostra (P2-C2-S)

Figura 36 - Visualização microscópica da amostra P2-C2-S

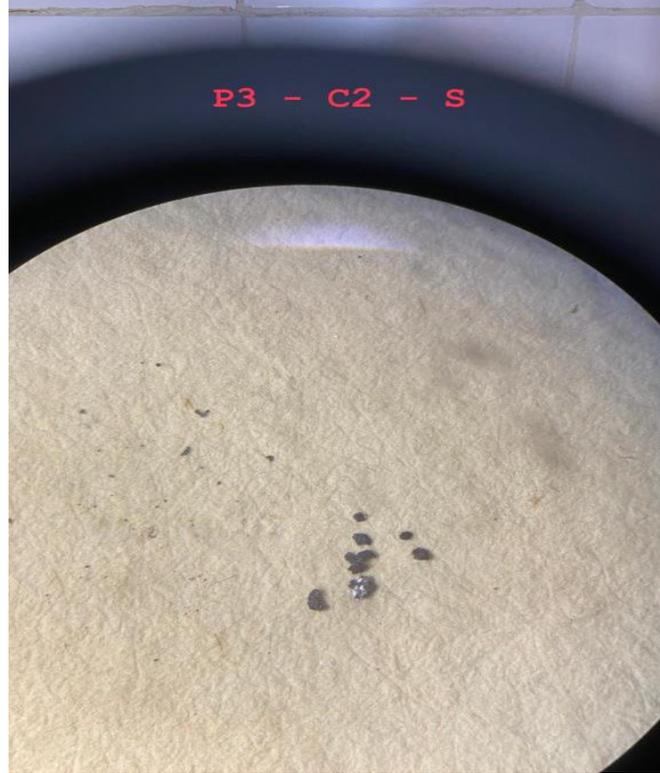


Fonte: O Autor (2023).

Presença de fragmentos de materiais plásticos, característicos da desagregação de materiais de composição plástica pela sua exposição a agentes de intemperismo.

5.3.2.3 Visualização Microscópica da Amostra (P3-C2-S)

Figura 37 - Visualização microscópica da amostra P3-C2-S



Fonte: O Autor (2023).

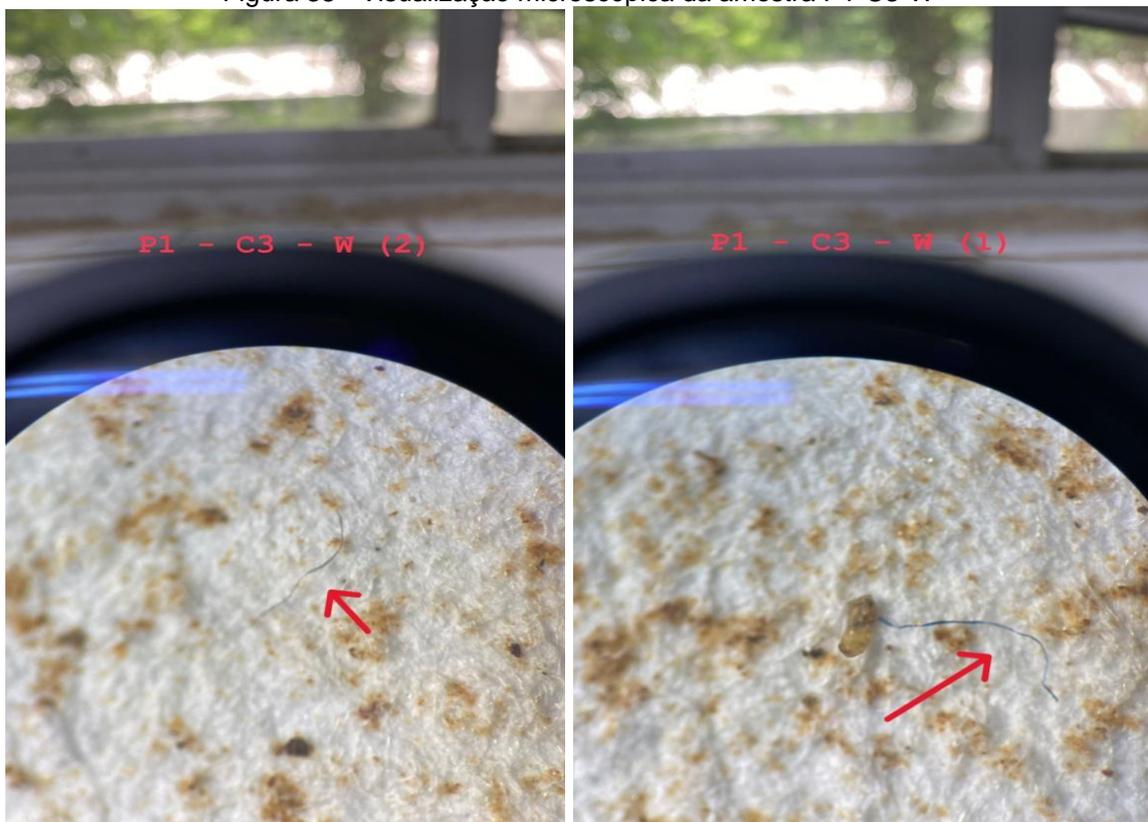
Presença de materiais sem classificação definida através apenas de visualização microscópica.

5.3.3 Visualização microscópica das mostras da terceira coleta

Nessa sessão foi realizada a visualização microscópica das amostras de areia água anteriormente preparadas.

5.3.3.1 Visualização microscópica da amostra (P1-C3-W)

Figura 38 - Visualização microscópica da amostra P1-C3-W

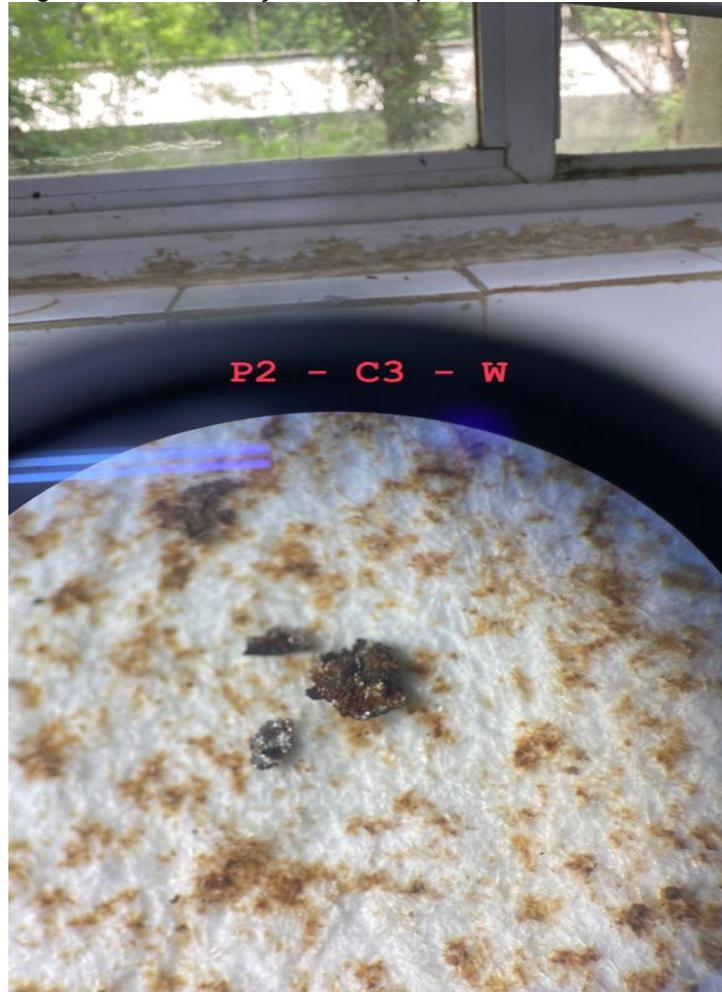


Fonte: O Autor (2023).

Presença de filamentos plásticos, característicos da fragmentação das redes de pesca em pequenas quantidades.

5.3.3.2 Visualização microscópica da amostra (P2-C3-W)

Figura 39 - Visualização microscópica da amostra P2-C3-W



Fonte: O Autor (2023).

Presença de materiais sem classificação definida através da visualização microscópica.

5.3.3.3 Visualização microscópica da amostra (P3-C3-W)

Figura 40 - Visualização microscópica da amostra P3-C3-W

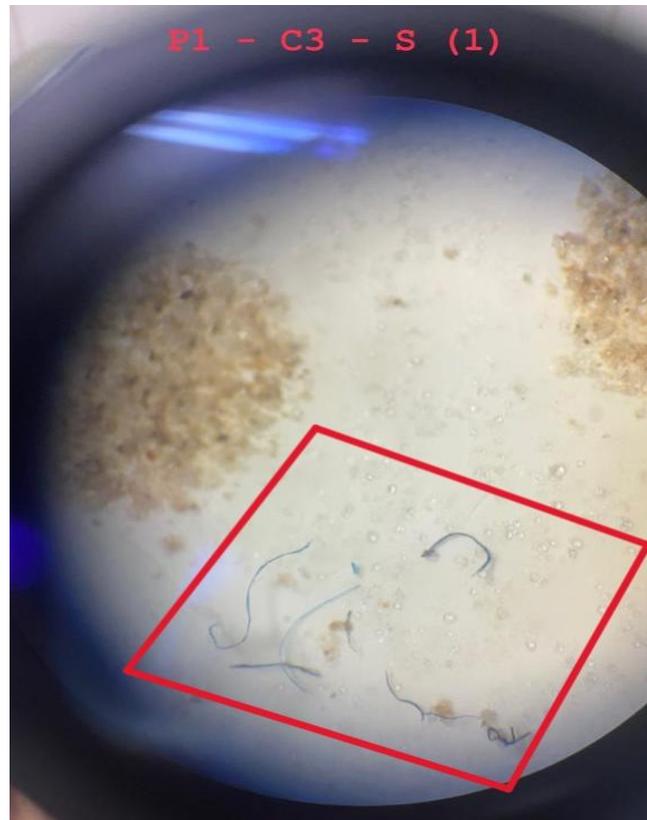


Fonte: O Autor (2023).

Presença de filamentos plásticos, característicos da fragmentação das redes de pesca, em pequena quantidade, e materiais com aparência férrica.

5.3.3.4 Visualização microscópica da amostra (P1-C3-S)

Figura 41 - Visualização microscópica da amostra P1-C3-S

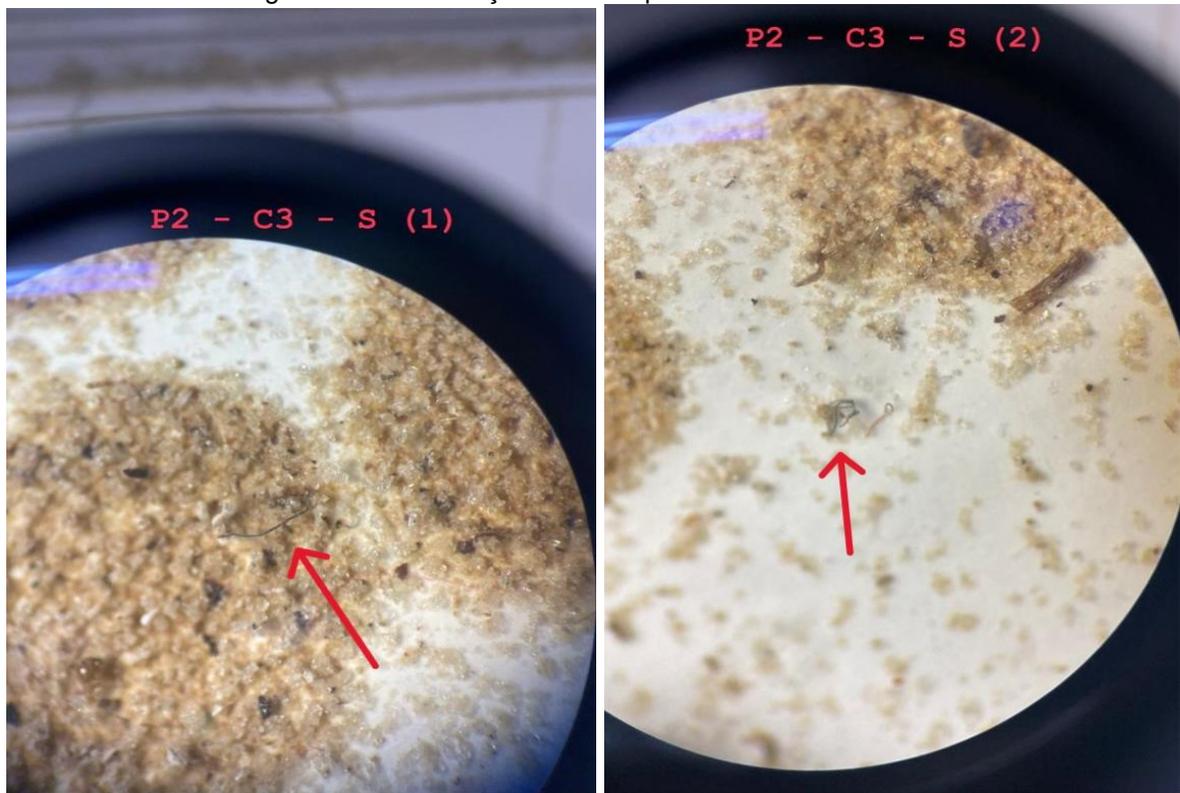


Fonte: O Autor (2023).

Presença de filamentos plásticos, característicos da fragmentação das redes de pesca, em grande quantidade. O P1 apresenta uma tendência de quantidades acentuadas deste material, assim como na C2.

5.3.3.5 Visualização microscópica da amostra (P2-C3-S)

Figura 42 - Visualização microscópica da amostra P2-C3-S

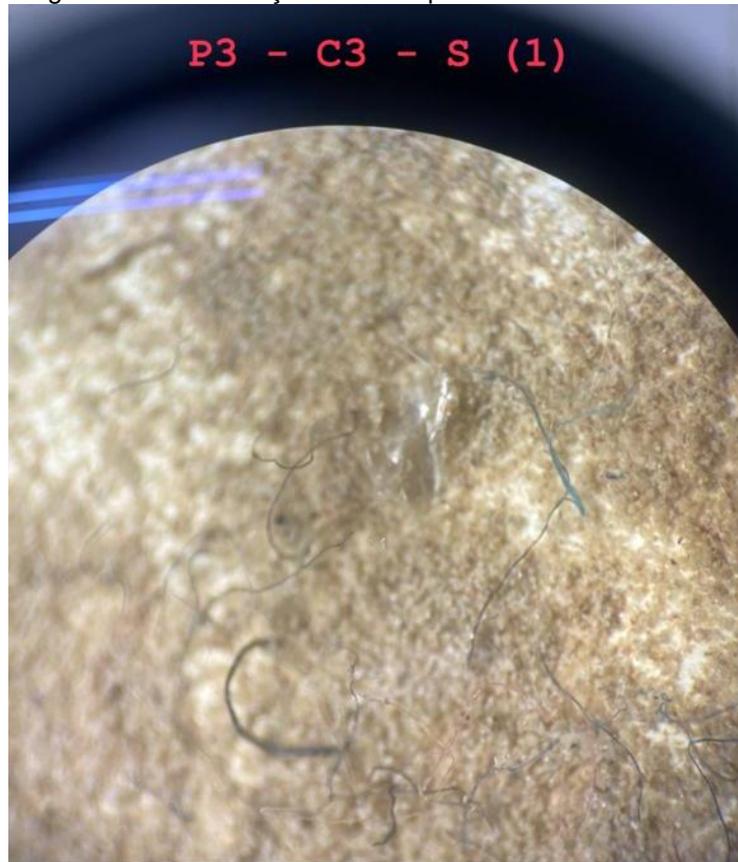


Fonte: O Autor (2023).

Presença de filamentos plásticos, característicos da fragmentação das redes de pesca, encontrado especialmente em regiões pesqueiras.

5.3.3.6 Visualização microscópica da amostra (P3-C3-S)

Figura 43 - Visualização microscópica da amostra P3-C3-S



Fonte: O Autor (2023).

Presença de filamentos plásticos, característicos da fragmentação das redes de pesca, encontrado especialmente em regiões pesqueiras.

5.3.4 Visualização Microscópica das Amostras da Quarta Coleta

Na amostra de areia (P3-C4-S) não foram encontrados exemplares de MPs.

5.3.4.1 Visualização microscópica da amostra (P1-C4-W)

Figura 44 - Visualização microscópica da amostra P1-C4-W

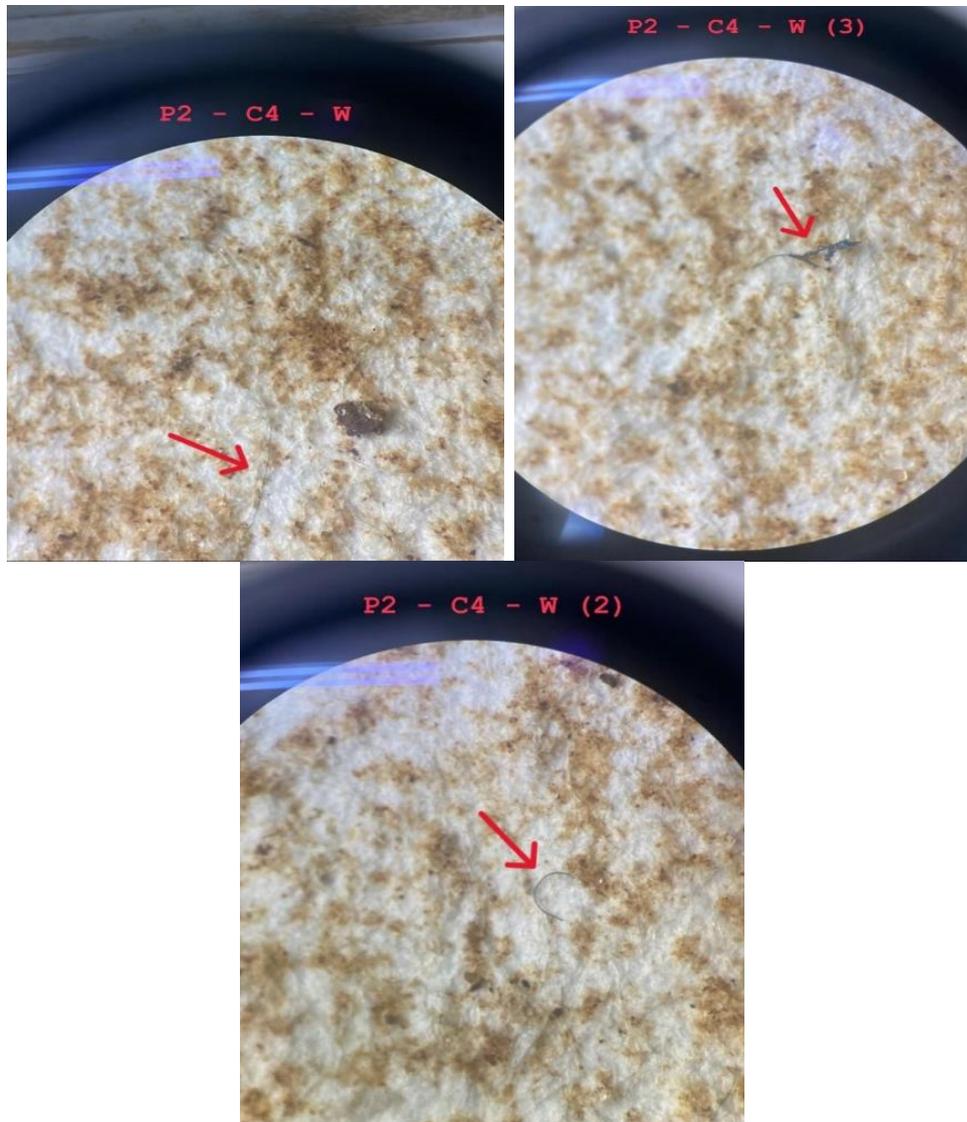


Fonte: O Autor (2023).

Presença de filamentos plásticos, característicos da fragmentação das redes de pesca e materiais com aparência fêrrica.

5.3.4.2 Visualização microscópica da amostra (P2-C4-W)

Figura 45 - Visualização microscópica da amostra P2-C4-W

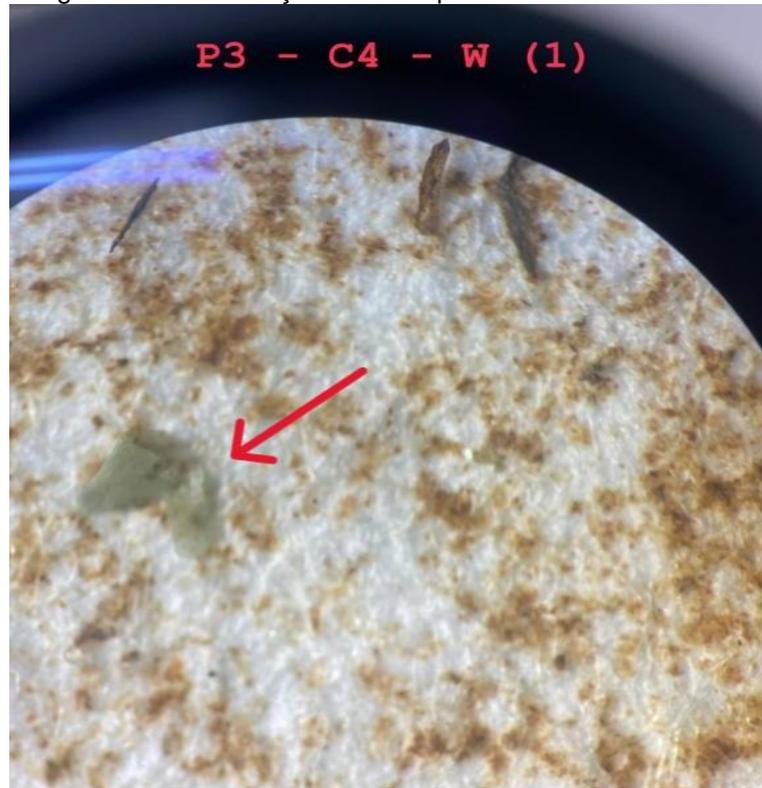


Fonte: O Autor (2023).

Presença de filamentos plásticos, característicos da fragmentação das redes de pesca, encontrado especialmente em regiões pesqueiras.

5.3.4.3 Visualização microscópica da amostra (P3-C4-W)

Figura 46 - Visualização microscópica da amostra P3-C4-W

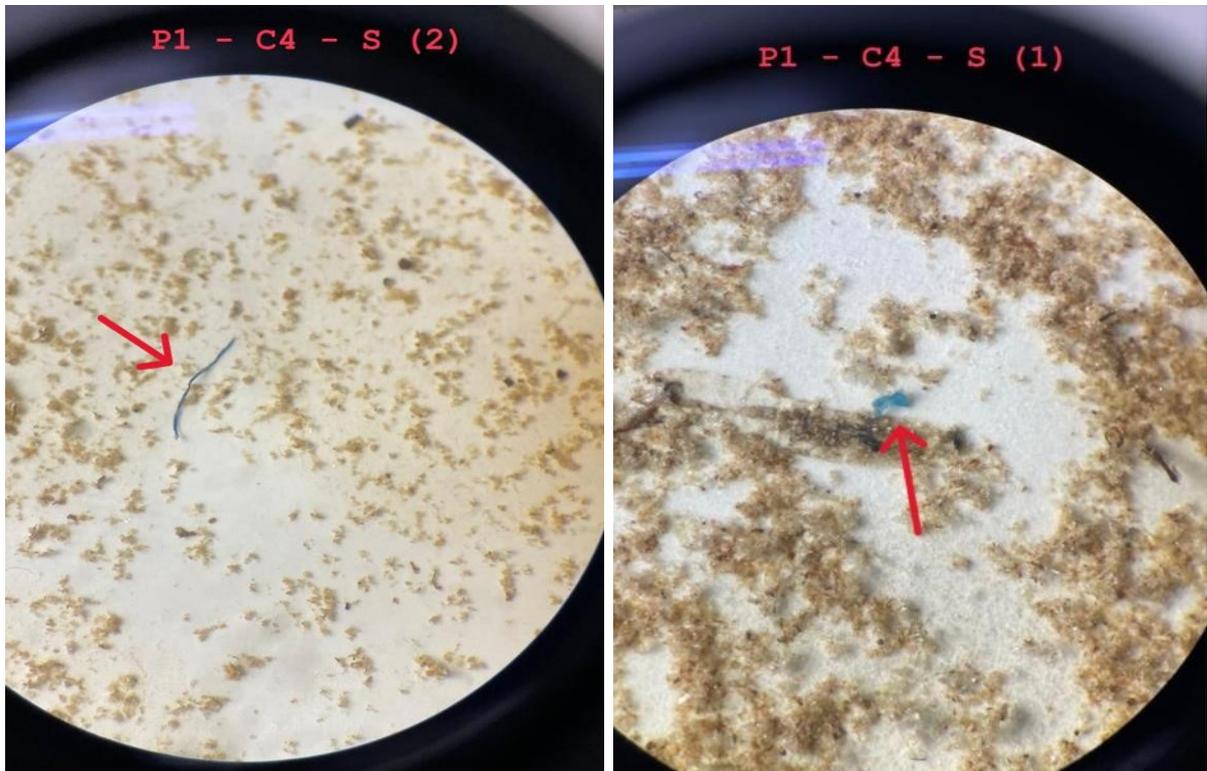


Fonte: O Autor (2023).

Presença de corpo plástico, possivelmente originário da fragmentação de sacola plástica.

5.3.4.4 Visualização microscópica da amostra (P1-C4-S)

Figura 47 - Visualização microscópica da amostra P1-C4-S



Fonte: O Autor (2023).

Presença de filamentos plásticos, característicos da fragmentação das redes de pesca, encontrado especialmente em regiões pesqueiras.

5.3.4.5 Visualização microscópica da amostra (P2-C4-S)

Figura 48 - Visualização microscópica da amostra P2-C4-S



Fonte: O Autor (2023).

Presença de filamentos plásticos, característicos da fragmentação das redes de pesca, encontrado especialmente em regiões pesqueiras.

5.4 PRESENÇA DE MPS NAS AMOSTAS

Verificou-se que, no período de seca, após a circulação do grande volume de água pela região, nos períodos de cheia, há uma presença muito mais constante dos MPs (Tabela 7).

Tabela 7 - Presença de MPs nas amostras

Presença de MP na Amostra							
Estação de Cheia				Estação de Seca			
1º Coleta		2º Coleta		3º Coleta		4º Coleta	
P1-W	NÃO	P1-W	NÃO	P1-W	SIM	P1-W	SIM
P2-W	SIM	P2-W	NÃO	P2-W	SIM	P2-W	SIM
P3-W	NÃO	P3-W	NÃO	P3-W	SIM	P3-W	SIM
P1-S	NÃO	P1-S	SIM	P1-S	SIM	P1-S	SIM
P2-S	NÃO	P2-S	SIM	P2-S	SIM	P2-S	SIM
P3-S	SIM	P3-S	SIM	P3-S	SIM	P3-S	NÃO

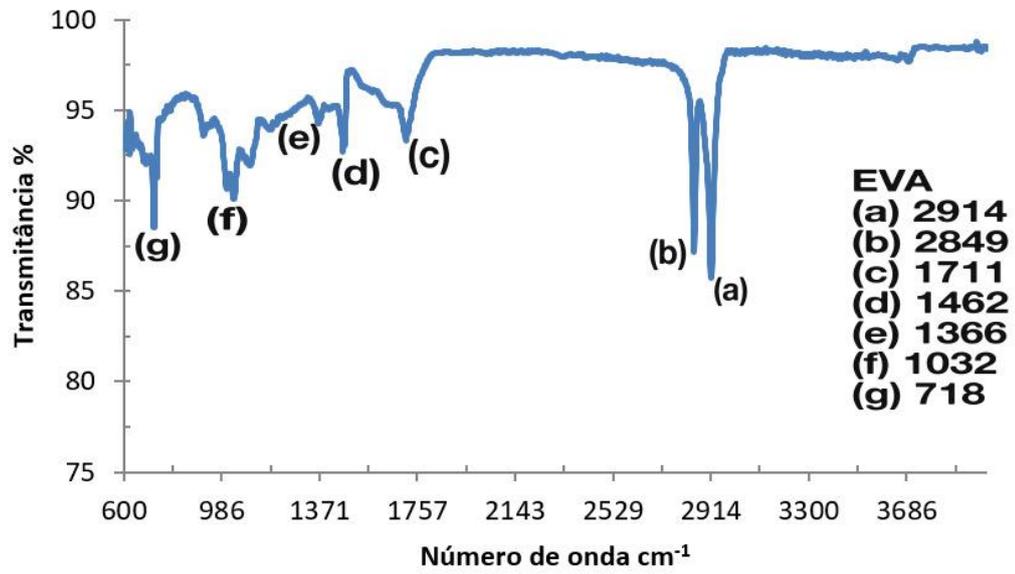
Fonte: O Autor (2023).

Percebe-se a presença quase universal dos MPs nas amostras da C3 e C4, período de seca, por serem precedidos do período de cheia que apresenta maior fluxo e volume hídrico, movimentando de maneira mais intensa esses materiais. Também se destaca a presença mais constante desses materiais nas amostras de areia, uma vez que os materiais presentes nos corpos d'água são conduzidos até a foz do rio e depositados nas areias de suas imediações.

5.5 CARACTERIZAÇÃO DOS MPS

Para as coletas C3 e C4, em nenhum dos pontos, foi possível obter a quantidade de material suficiente para análise no FTIR, bem como em alguns dos pontos da C1 e C2. Logo, seguiu-se para análise dos exemplares recolhidos, das coletas C1 e C2, que tinham volume suficiente para realização do teste.

Figura 49 - Espectro na região do infravermelho com FTIR com ATR da amostra de MP (P2-C1-W)

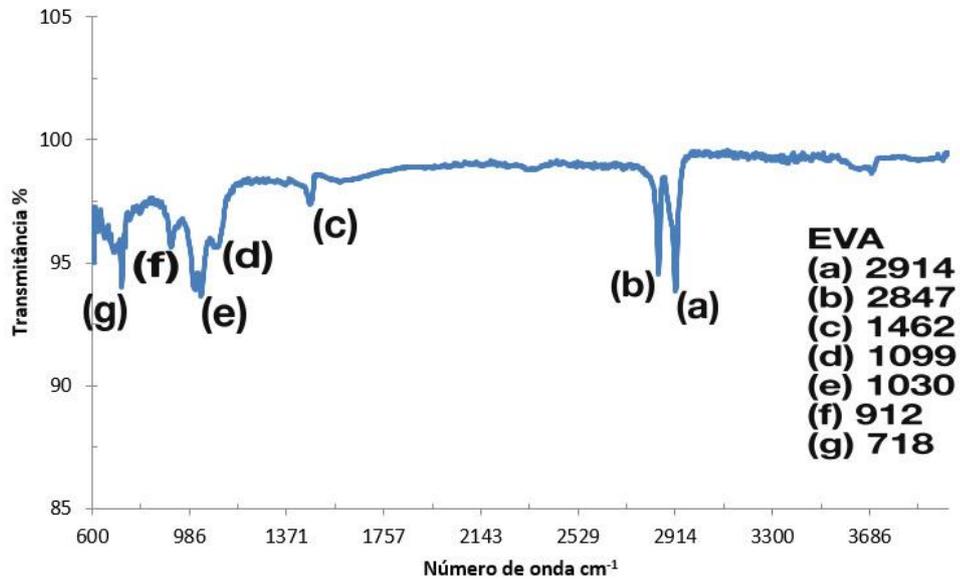


Fonte: O Autor (2023).

A partir da

Tabela 2, é possível caracterizar a amostra de MP como sendo um exemplar de espuma vinílica acetinada (EVA). Material frequentemente encontrado em regiões pesqueiras, uma vez que são compostos constituintes de vários materiais característicos da pesca, como anzóis e flutuadores.

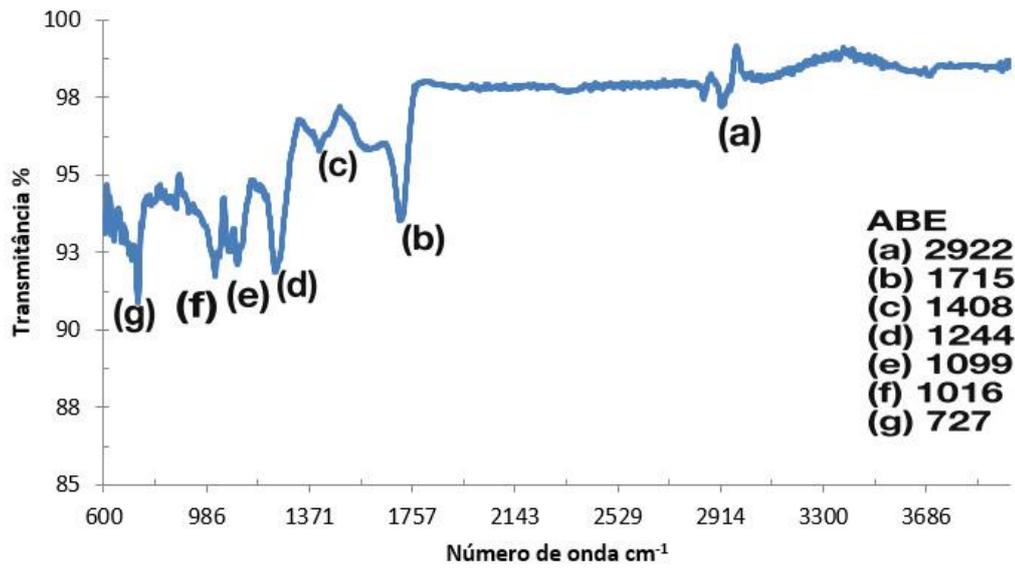
Figura 50 - Espectro na região do infravermelho com FTIR com ATR da amostra de MP (P3-C1-S) (1)



Fonte: O Autor (2023).

Repete-se a constatação do exemplar anterior, confirmando, através do mesmo procedimento, a composição de espuma vinílica acetinada (EVA).

Figura 51 - Espectro na região do infravermelho com FTIR com ATR da amostra de MP (P3-C1-S) (2)

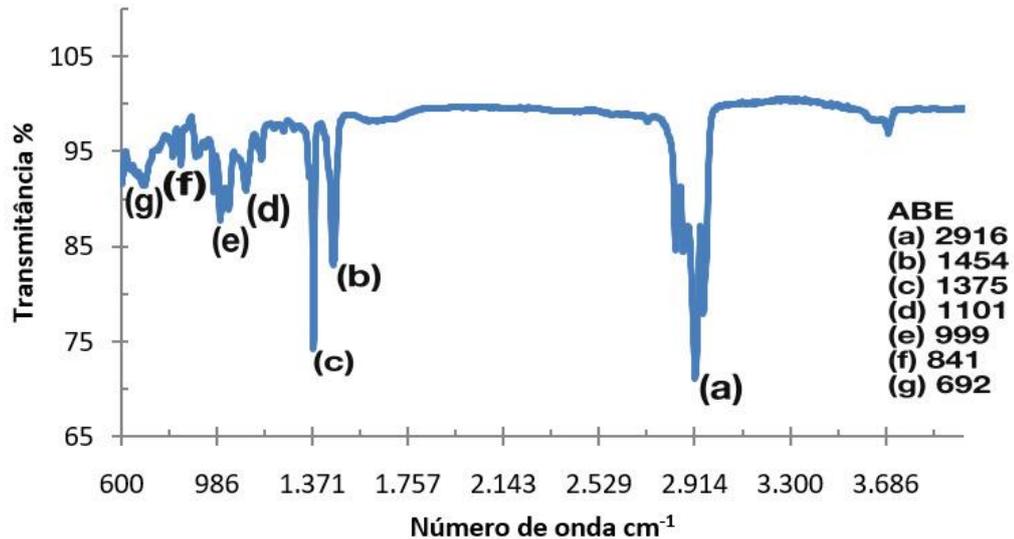


Fonte: O Autor (2023).

A partir da

Tabela 2, é possível caracterizar a amostra de MP como sendo um exemplar de acrilonitrila butadieno estireno (ABE). Esse material é amplamente utilizado na fabricação de resinas, plásticos, fibras acrílicas e borrachas nitrílicas, materiais frequentemente utilizados pela população local nas atividades de comércio.

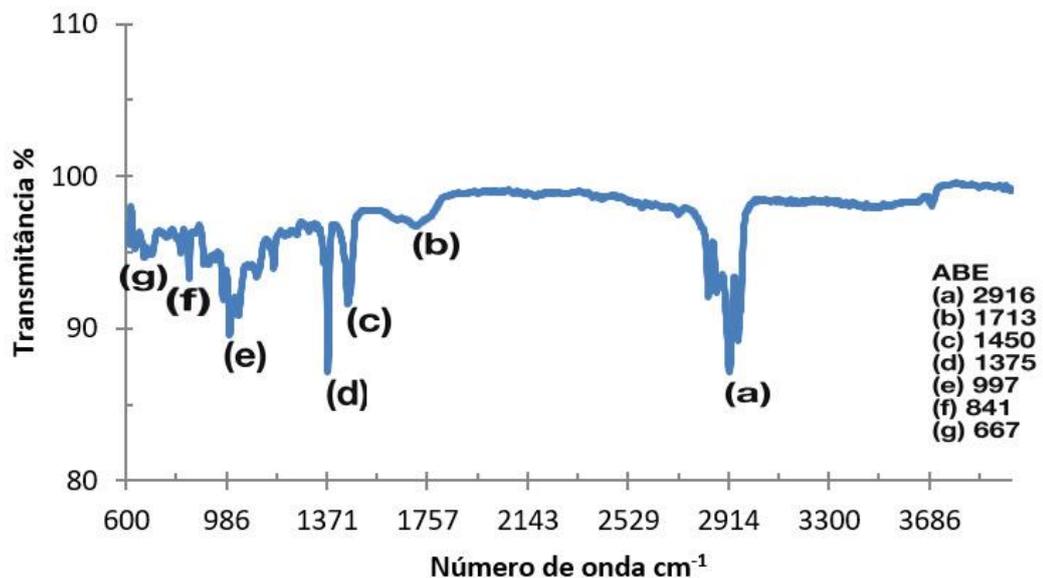
Figura 52 - Espectro na região do infravermelho com FTIR com ATR da amostra de MP (P1-C2-S)



Fonte: O Autor (2023).

Repete-se a constatação do exemplar anterior, confirmando, através do mesmo procedimento, a composição de acrilonitrila butadieno estireno (ABE).

Figura 53 - Espectro na região do infravermelho com FTIR com ATR da amostra de MP (P2-C2-S)



Fonte: O Autor (2023).

Repete-se a constatação do exemplar anterior, confirmando, através do mesmo procedimento, a composição de acrilonitrila butadieno estireno (ABE).

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pôde-se constatar que há ações antrópicas no entorno do rio Maceió, como uso de fertilizantes em áreas agrícolas, descartes de resíduos sólidos e lançamento de esgoto urbano em seu leito. Mesmo com tantos impactos, pelo seu curto percurso e baixa densidade populacional, assim como a carga orgânica lançada também ser baixa, essas ações não provocaram a degradação do rio. Há uma carga poluidora, mas baixa, que permitirá a recuperação do rio tão logo cessem essas ações. Por outro lado, a contribuição dos resíduos lançado pelo rio estão afetando a praia, principalmente pelo aporte de resíduos plásticos que tendem a se acumular e se degradarem gerando micropoluentes que podem se difundir por todo o planeta.

7 RECOMENDAÇÕES

Dada a grande extensão do litoral da cidade de Pitimbu-PB (26 km), aumentar o número de pontos de coleta de areia, de modo a cobrir e mapear mais intensamente a região;

Intensificar a frequência e incrementar os pontos de análises na região Sul do litoral pitimbuense, dada sua proximidade com a região metropolitana do Recife/PE.

Utilizar outras técnicas de caracterização para as amostras, tais como Microscopia Eletrônica de Varredura e Espectroscopia Raman, de modo a analisar os poluentes identificados em seus aspectos físicos e químicos;

Aplicar ensaios de fotodegradação nas futuras análises dos polímeros detectados, de modo a verificar a influência dos agentes de intemperismo na velocidade de fragmentação dos MPs.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, R. A. **Análise de uma encosta em área de risco no município de Jaboatão dos Guararapes – PE**. 2021. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) –Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2021.

ALMEIDA, N. C. C.; SANTOS JUNIOR, C. F.; NUNES, A. ; LIZ, M. S. M. Educação ambiental: a conscientização sobre o destino de resíduos sólidos, o desperdício de água e o de alimentos no município de Cametá/PA. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 100, 2019, p. 481.

ARAÚJO J.C.M. H. S.; SILVA, F. O. T. Impacto das Atividades Antrópicas nas Águas do Riacho Doce, Litoral Norte Do Estado De Pernambuco. In: ALMEIDA, I. M. S., GUEDES, F. L., EL-DEIR, S. G., MENEZES, N. S. **Resíduos sólidos: educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. p. 102-111.

BARBOSA, K. L.S., SILVEIRA, G. P., COUTINHO, I. M. C., DO VALE, J. D. S. C., COELHO, M. S. D. O., CORTEZ, C. S., MOURA, G. F. A percepção ambiental de alunos da escola municipal de ensino fundamental Maria Tavares Freire em relação às condições socioambientais da bacia hidrográfica do rio Maceió no município de Pitimbu-PB. **Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Vol. 5: Congestas 2017**.

BASTOS, A.L.; GAMA, J.A.S.; SILVA, D.L.N.; SILVA, T.R. Impactos antrópicos e avaliação físico-química de trecho do Rio Estiva, Marechal Deodoro – AL. In: SANTANA, R. F.; ARAGÃO JÚNIOR, W. R.; EL-DEIR, S. G. (Org.). **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2020. p. 460-468.

BRITO, A.F.S. *et al.* Educação ambiental como subsídio para reutilização de resíduo sólido rural no município de Glória – BA. In: NUNES, I.L.S.; PESSOA, L.A.; El-Deir, S.G. (Org.) **Resíduos sólidos: Os desafios da gestão**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 146-154.

BRITO, F. S. L.; PIMENTEL, B. A.; VILHENA, J. C.; ROSARIO, K. K. L.; MORAIS, M. S.; CRUZ, R. H. R. Comportamento das variáveis físico-químicas da água do lago Bolonha-Belém, PA. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, 2020, p. 1738-1757.

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.

CAVALCANTI, M.L.C.; CRUZ, A.D., MOURA, I.A.A., degradação ambiental por resíduos sólidos em APP do Rio das Bombas, João Pessoa – PB. In: Aguiar, A.C.; Silva, K.A., El-Deir, S.G. (Org.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 72-83.

COLABUONO, F. I.; TANIGUCHI, S.; MONTONE, R. C. Polychlorinated biphenyls and organochlorine pesticides in plastics ingested by seabirds. **Mar Pollut Bull**, v. 60, n. 4, p. 630-4, 2010.

COLE, M. LINDEQUE, P. HALSBAND, C. GALLOWAY, T. S. **Microplastics as contaminants in the marine environment: A review**. Marine Pollution Bulletin, v. 62, n. 12, p. 2588-2597, 2011.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial da União, n. 53, 18 mar. 2005, p. 58-63.

CONAMA- Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 001**, 23 de janeiro de 1986. Define Impacto Ambiental. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF>>. Acesso em: 01/09/2022.

COSTA, V.R. *et al.* Estado da arte do gerenciamento de resíduos sólidos de hipermercados em Parauapebas-PA. In: ALMEIDA, I.M.S. *et al.* **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia**. 1. ed. – Recife: EDUFRPE:Gampe/UFRPE, 2021. p.227-240.

COUTINHO, I. M. C. **Implicações sociais, econômicas e ambientais relacionadas a uma laguna costeira do litoral de Pitimbu, Paraíba, Brasil**. 2017. 60 f. Trabalho de Conclusão de curso (Curso de Ciências Biológicas) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

CRPM. Diagnóstico do município de Pitimbu. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea**. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

DERRAIK, J. G. **The pollution of the marine environment by plastic debris: a review**. Marine Pollution Bulletin, v. 44, 2002.

Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/paraiba/relatorios/PITI143.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2022.

FENDALL, L. S.;SEWELL, M. A. **Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers**. Marine Pollution Bulletin, v. 58, n. 8, p. 1225-1228, 2009.

FLAWS, J; DAMDIMOPOULOU, P; PATISAUL, HB; GORE, A; RAETZMAN, L; VANDENBERG, LN. **Plastics, EDCs & health: A guide for public interest organizations and policy-makers on endocrine disrupting chemicals & plastics.** Technical Report. Endocrine Society Ed. 2020. Disponível em: https://www.endocrine.org/media/endocrine/files/topics/edc_guide_2020_v1_6bhqen.pdf

GALGANI, F. *et al.* Are litter, plastic and microplastic quantities increasing in the ocean? **Microplastics and Nanoplastics**. v.1, n. 2, January 2021.

GESAMP. Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: A Global Assessment. **Rep. Stud. GESAMP**, v. 90, p. 96, 2015.

GREGORY, M. R. Environmental implications of plastic debris in marine settings—entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 2013-2025, 2009.

MARCUCCI, J.C.; BORGES, A.C.G. Gestão de resíduos sólidos urbanos: BNDES viabilizador das tecnologias da indústria 4.0. In: **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia**. ALMEIDA, I.M.S. *et al.* 1. ed. – Recife: EDURFPE: Gampe/UFRPE, 2021. p.45-60.

NAPPER, I. E. BAKIR, A. ROWLAND, S. J. THOMPSON, R. C. **Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics.** Marine Pollution Bulletin, 2015.

OGATA, Y. TAKADA, H. MIZUKAWA, K. HIRAI, H. IWASA, S. ENDO, S. MATO, Y. SAHA, M. OKUDA, K. NAKASHIMA, A. MURAKAMI, M. ZURCHER, N. BOOYATUMANONDO, R. ZAKARIA, M. P. DUNG, L. Q. GORDON, M. MIGUEZ, C. SUZUKI, S. MOORE, C. KARAPANAGIOTI, H. K. WEERTS, S. MCCLURG, T. BURREN, E. SMITH, W. VELKENBURG, M. V. LANG, J. S. LANG, R. C. LAURSEN, D. DANNER, B. STEWARDSON, N. THOMPSON, R. C. **International Pellet Watch: Global monitoring of persistent organic pollutants (POPs) in coastal waters. 1. Initial phase data on PCBs, DDTs, and HCHs.** Marine Pollution Bulletin, v. 58, n. 10, p. 1437-1446, 2009.

OLIVATTO, G.P. **Estudo sobre Microplásticos em águas superficiais na porção oeste da Baía de Guanabara.** Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Química da PUC-Rio. 155p. 2017.

PACHECO, J. A. L.; GONÇALVES, J. B.; CRUZ, K. G. S.; PACHECO, A.P.L. Educação ambiental a partir da reciclagem de óleo de cozinha usado para a produção de sabão. In: SANTANA, R.F.; ARAGÃO JÚNIOR, W.R.; EL-DEIR, S.G. (Org.). **Resíduos sólidos: desenvolvimento e sustentabilidade.** 1a ed. Recife: EDURFPE, 2020. p. 31-43.

PGI - **Plano de Gestão Integrada da Orla Marítima Do Município De Pitimbu-Paraíba. 2016.** Disponível em:

<http://www.pitimbu.pb.gov.br/_upload/publicacoes/pub220716102714.pdf> Acesso em: 31 ago. 2022.

PURBA, NOIR P.; APRILIANI, IZZA M.; DEWANTI, LANTUN P.; HERAWATI, HETTI; FAIZAL, IBNU. Distribution of Macro Debris at Pangandaran Beach, Indonesia.

World Scientific News. v.103, p. 144-156, 2018.

RIBAS, A.F.C. *et al.*, Uso do plástico como insumo para produção de concreto leve; análise preliminar no contexto da indústria 4.0. In: ALMEIDA, I.M.S. *et al.* **Resíduos sólidos: gestão e tecnologia.** 1. ed. – Recife: EDUFRPE:Gampe/UFRPE, 2021. p. 406-414.

SILVA, V.P.; ALMEIDA, L.M.C.A. Resíduos sólidos versus desastres urbanos: alguns aportes teóricos. In: Aguiar, A.C.; Silva, K.A., El-Deir, S.G. (Org.). **Resíduos sólidos: impactos ambientais e inovações tecnológicas.** 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2019. p. 18-30.

SILVA, W. N. **A dinâmica natural e a ação do homem na transformação do meio: Uma análise geoambiental no município de Pitimbu-PB.** 2017. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

VAN FRANEKER, J. A.;LAW, K. L. Seabirds, gyres and global trends in plastic pollution. **Environmental Pollution**, v. 203, p. 89-96, 2015.

GIRARDI, R.; PINHEIRO, A.; VENZON, P. T. Parâmetros de qualidade de água de rios e efluentes presentes em monitoramentos não sistemáticos. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 16, e2, 2019. 10.21168/rega.v16e2.

FERREIRA, M. G. A. Ocorrência e variabilidade de microplásticos em rio urbano, 2021).