

Sarah Acatauassú Kalil

**CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DE POLUIÇÃO POR
MICROPLÁSTICOS EM AREIAS DE AMBIENTES COSTEIROS DE
SAQUAREMA, RJ**

**Trabalho Final de Curso
(Geologia)**

UFRJ
Rio de Janeiro
2024

SARAH ACATAUASSÚ KALIL

**CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DE POLUIÇÃO POR MICROPLÁSTICOS EM
AREIAS DE AMBIENTES COSTEIROS DE SAQUAREMA, RJ**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geólogo.

Orientadora:
Pf^a. Dr^a. Kátia Leite Mansur

SARAH, Acatauassú Kalil

CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DE POLUIÇÃO POR MICROPLÁSTICOS EM AREIAS DE AMBIENTES COSTEIROS DE SAQUAREMA, RJ / Sarah Acatauassú Kalil - Rio de Janeiro: UFRJ / IGEO, 2024.

xii, 083 p.: 52 il.; 30cm

Trabalho de Conclusão de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2024.

Orientadora: Kátia Leite Mansur.

1. Geologia. 2. Geoconservação, Geologia Ambiental – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Kátia, Leite Mansur. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Caracterização Preliminar De Poluição Por Microplásticos Em Areias De Ambientes Costeiros De Saquarema, RJ

Sarah Acatauassú Kalil

CARACTERIZAÇÃO PRELIMINAR DE POLUIÇÃO POR MICROPLÁSTICOS EM AREIAS
DE AMBIENTES COSTEIROS DE SAQUAREMA, RJ

Trabalho Final de Curso de Graduação em
Geologia do Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Rio de Janeiro –
UFRJ, apresentado como requisito
necessário para obtenção do grau de
Geólogo.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Kátia Leite Mansur

Aprovada em: ____ / ____ / ____

Por:

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Kátia Leite Mansur (UFRJ)

Prof^a. Dr^a. Silvia Regina de Medeiros (UFRJ)

Dr. Guilherme Gonçalves Martins (UFRJ)

Dedico esse trabalho aos meus pais, Tainá e Rogério, cujo amor incondicional e constante estímulo aos estudos foram fundamentais em cada passo desta jornada acadêmica. Agradeço também aos meus tios Taicê e Aylton, assim como à minha prima Marjorie, pelo apoio inabalável e pelo carinho demonstrado ao longo dos anos. Aos meus estimados colegas de graduação da turma de Geologia de 2018 da Universidade Federal do Rio de Janeiro, em especial Agatha, Antonio e Amanda, expresse minha gratidão por cada momento compartilhado. Ao Diogo Botelho por todo suporte técnico e emocional nessa jornada, obrigada por cada palavra de coragem e de carinho.

Agradecimentos

Primeiramente, manifesto minha profunda gratidão à minha orientadora, Professora Kátia Leite Mansur, dedico um especial reconhecimento pelo apoio incansável e inspiração constante. A sua orientação perspicaz e toda a sabedoria compartilhada foram essenciais para o meu desenvolvimento nesta jornada.

Ao Laboratório de Geologia Sedimentar (LAGESED), Laboratório de Micropaleontologia Aplicada (MicrA) e Laboratório de Amostras Geológicas da UFRJ (LAG), do Departamento de Geologia da UFRJ, por disponibilizar sua infraestrutura e auxílio nesse trabalho.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro, em particular ao Instituto de Geociências, expresso minha gratidão pela excelência do ensino acadêmico e o discernimento do corpo docente, indispensáveis para minha formação e crescimento intelectual.

Por fim, gostaria de agradecer aos membros da banca examinadora por aceitarem o convite e dedicarem seu valioso tempo para avaliação deste trabalho.

Resumo

KALIL, Sarah Acatauassú. **Caracterização preliminar de poluição por microplásticos em areias de ambientes costeiros de Saquarema, RJ.** Rio de Janeiro, 2024. xii, 083 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Este estudo investigou a presença de microplásticos nas praias de Saquarema, RJ, concentrando-se em seis pontos estratégicos selecionados pelo grupo Blue Birds BR, devido à observação de aves, acessibilidade e diversidade ambiental. Foram conduzidas análises para identificar e quantificar esses poluentes, além de caracterizar os sedimentos por meio de análises granulométricas e mineralógicas. Os resultados revelaram que na praia de Itaúna e no centro de Saquarema predominam grãos arredondados, indicativos de ambientes sedimentares maduros, enquanto em áreas como Jardim e Jacarepiá foram observados grãos mais angulares, sugerindo menor transporte sedimentar. Além da variedade de formas de quartzo, a análise revelou a presença de minerais pesados como: epidoto, ilmenita, rutilo, turmalina, granada, sillimanita, e diopsídio. A magnetita, presente em todas as amostras, sugere origem nas ortoderivadas do Complexo Região dos Lagos quando encontrada em maior concentração. A presença da sillimanita atestou a proximidade ao Grupo Búzios-Palmital. Microplásticos foram detectados em todas as amostras, totalizando 81 itens categorizados em filamentos, fragmentos, fibras, filmes e poliestireno. A maior concentração foi encontrada no bairro Jardim, atribuída possivelmente à atividade humana local, enquanto Itaúna apresentou concentrações menores, relacionadas às variações das marés e sazonalidade. Este estudo ressalta a necessidade de estratégias eficazes de gestão e mitigação da poluição e destaca a importância do monitoramento contínuo para preservar a saúde ambiental da região costeira de Saquarema.

Palavras-chave: Microplásticos, Geoconservação, Mineralogia

Abstract

KALIL, Sarah Acatauassú. **Preliminary Characterization of Microplastic Pollution in Coastal Sands of Saquarema, RJ.** Rio de Janeiro, 2024. xii, 083 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

This study investigated the presence of microplastics on the beaches of Saquarema, RJ, focusing on six strategic points selected by the Blue Birds BR group due to bird observations, accessibility, and environmental diversity. Analyses were conducted to identify and quantify these pollutants, as well as to characterize sediments through granulometric and mineralogical analyses. The results revealed that Itaúna Beach and downtown Saquarema predominantly feature rounded grains, indicative of mature sedimentary environments, whereas areas like Jardim and Jacarepiá exhibited more angular grains, suggesting less sediment transport. In addition to a variety of quartz forms, the analysis identified heavy minerals such as epidote, ilmenite, rutile, tourmaline, garnet, sillimanite, and diopside. Magnetite, found in all samples, suggests origins from ortho-derivatives of the Lagos Region Complex when present in higher concentrations. The presence of sillimanite confirmed proximity to the Búzios-Palmital Group. Microplastics were detected in all samples, totaling 81 items categorized as filaments, fragments, fibers, films, and polystyrene. The highest concentration was found in the Jardim neighborhood, possibly due to local human activity, while Itaúna showed lower concentrations, linked to tidal variations and seasonality. This study underscores the need for effective pollution management and mitigation strategies, emphasizing the importance of continuous monitoring to preserve the environmental health of Saquarema's coastal region.

Key-Words: Microplastics; Geoconservation; Mineralogy

Lista de Figuras

Figura 1 - Mapa de acesso ao município de Saquarema, com partida do Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza - CCMN - UFRJ. Retirado do Google Maps.

Figura 2 - Subdivisão do sistema Orogênico Mantiqueira (Heilbron et al., 2004).

Figura 3 - Esquema do segmento central da Faixa Ribeira (Heilbron et al., 2004).

Figura 4: Mapa geológico do Município de Saquarema, incluindo os pontos visitados em campo. Fonte: (Heilbron *et al.* 2016).

Figura 5: Esquema representando a subdivisão do ambiente praial (SILVA, 2011).

Figura 6 - Localização da área de estudo e dos seis pontos analisados.

Figura 7: A) Coleta de amostra no ponto S-CEN-01. B) Retirada no ponto A, coletado a uma profundidade de 5 cm. C) Retirada no ponto B, coletado a uma profundidade de 30 cm. D) Materiais utilizados.

Figura 8: A) Etapa de pesagem das amostras. B) Amostra S-JAR-01-A antes do método de lavagem. C) Amostra S-JAR-01-A após lavagem. D) Etapa de secagem ao ar livre das amostras utilizando bandejas de metal e plástico.

Figura 9: A) Etapa de quarteamento da amostra S-JAR-01-A. B) Alíquota de 1 kg de amostra separada após etapa anterior. C) Etapa de peneiramento. D) Resultado da classificação granulométrica.

Figura 10: Etapa de bateamento das amostras A) Finalização do processo, onde se pode visualizar o concentrado da amostra bateada. B) Transferência da amostra para armazenamento em um béquer, antes de secar em estufa. C) Amostras bateadas e secas em estufa. D) Resíduo seco, após o bateamento.

Figura 11: A) Laguna de Saquarema e Piru-Piru ao fundo. B) Atividade pesqueira e gaivotas. C) Observação da Ilha do Gato e da atividade pesqueira local. D) Amostra S-CEN-01-B coletada em balde graduado, atingindo um volume de 5 litros.

Figura 12: A) Tampa e estrela de plástico, caranguejo ao fundo. B) Sacolas e copos plásticos, bem como embalagens de vidro descartadas em gramado. C) Fragmento de conchas e embalagem plástica. D) Rede de pesca retirada no momento da coleta da amostra.

Figura 13: A) Amostra S-JAR-01-B coletada em balde. B) Visão da foz do rio. C) Gavião-caboclo (*Heterospizias meridionalis*). D) Maria-faceira (*Syrigma sibilatrix*).

Figura 14: Registro da poluição no ponto do bairro de Jardim. A) Garrafa PET. B) Lata de alumínio. C) Fragmento de plástico azul. D) Embalagem de bebida em plástico.

Figura 15: A) Biotita-Granada-Sillimanita gnaisse em afloramento visto de cima. B) Vista lateral da rocha, com bandamento e veios de quartzo dobrados. C) Veios de quartzo redobrados. D) Grãos de biotita, granada, quartzo e sillimanita seguindo a foliação.

Figura 16: A) Vista da Praia de Itaúna. B) Areia da Praia de Itaúna e gaiivotas. C) Amostra S-ITA-01-A coletada em balde.

Figura 17: Registro da poluição no ponto da praia de Itaúna, coabitando os registros das atividades das aves. A) Fragmento da tampa de plástico. B) Embalagem de plástico. C) Garrafa de plástico. D) Fragmento de plástico azul.

Figura 18: A) Vista da lagoa de Jacarepiá. B) Cinco litros de amostra S-JAC-01-A coletada em balde.

Figura 19: Registro da poluição no ponto da Lagoa de Jacarepiá. A) Embalagem de alumínio. B) Fragmento de filamento de plástico. C) Canudo e embalagem de plástico. D) Embalagem de alimentos.

Figura 20: A) Vista do ponto do Mangue em Porto da Roça, Bacaxá. B) Embarcações, poluição por pallets, plásticos, linhas de pesca e fragmentos de isopor. C) Amostra S-BAC-01-A coletada em balde. D) Caranguejo Aratu-vermelho (*Goniopsis cruentata*).

Figura 21: Registro da poluição no ponto do Mangue em Porto da Roça, Bacaxá. A) Fragmentos de sacolas plásticas, garrafas PET, chinelo de borracha e cano PVC. B) Coberta de pano. C) Brinquedo de plástico. D) Gaiola de madeira e fragmentos de pneu de borracha em solo com gretas de ressecamento.

Figura 22: O gráfico S-CEN-1A apresenta um índice de seleção de 1,36, indicando que está moderadamente selecionado, com a maior frequência observada na Classe 2.0.

Figura 23: O gráfico S-CEN-1B apresenta um índice de seleção de 1,31, indicando que está moderadamente selecionado, com a maior frequência observada na Classe 2.0.

Figura 24: O gráfico S-JAR-1A apresenta um índice de seleção de 1,29, indicando que está moderadamente selecionado.

Figura 25: O gráfico S-JAR-1B apresenta um índice de seleção de 1,13, indicando que está moderadamente selecionado, com a maior frequência observada na Classe 2.0.

Figura 26: O gráfico S-ITA-1A apresenta um índice de seleção de 0,59, indicando que está moderadamente bem selecionado, com a maior frequência observada na Classe 2.0.

Figura 27: O gráfico S-ITA-1B apresenta um índice de seleção de 0,59, indicando que está moderadamente bem selecionado, com a maior frequência observada na Classe 1.0.

Figura 28: O gráfico S-JAC-1A apresenta um índice de seleção de 0,38, indicando que está bem selecionado, com a maior frequência observada na Classe 2.0.

Figura 29: O gráfico S-JAC-1B apresenta um índice de seleção de 0,57, indicando que está moderadamente bem selecionado, com a maior frequência observada na Classe 2.0.

Figura 30: O gráfico S-BAC-1A apresenta um índice de seleção de 0,97, indicando que está moderadamente selecionado, com a maior frequência observada na Classe 1.0.

Figura 31: O gráfico S-BAC-1B apresenta um índice de seleção de 1,03, indicando que está moderadamente selecionado, com a maior frequência observada na Classe 1.0.

Figura 32: Escala de esfericidade e arredondamento dos sedimentos. Adaptada de Powers (1953).

Figura 33: Frações granulométricas da amostra S-BAC-01-A vistas em lupa binocular. A) S-BAC-01-A 2mm. B) S-BAC-01-A 1mm. C) S-BAC-01-A 0,5 mm. D) S-BAC-01-A 0,250mm. E) S-BAC-01-A 0,125mm. F) S-BAC-01-A 0,06 mm.

Figura 34: Frações granulométricas da amostra S-BAC-01-B vistas em lupa binocular. A) S-BAC-01-B 2mm. B) S-BAC-01-B 1mm. C) S-BAC-01-B 0,5 mm. D) S-BAC-01-B 0,250mm. E) S-BAC-01-B 0,125mm. F) S-BAC-01-B 0,06 mm. F) S-BAC-01-B menor que 0,06 mm.

Figura 35: Frações granulométricas da amostra S-CEN-01-A vistas em lupa binocular. A) S-CEN-1-A 2mm. B) S-CEN-1-A 1mm. C) S-CEN-1-A 0,5 mm. D) S-CEN-1-A 0,250mm. E) S-CEN-1-A 0,125mm. F) S-CEN-1-A 0,06 mm. F) S-CEN-1-A menor que 0,06 mm.

Figura 36: Frações granulométricas da amostra S-CEN-01-B vistas em lupa binocular. A) S-CEN-1-B 2mm. B) S-CEN-1-B 1mm. C) S-CEN-1-B 0,5 mm. D) S-CEN-1-B 0,250mm. E) S-CEN-1-B 0,125mm. F) S-CEN-1-B 0,06 mm. F) S-CEN-1-B menor que 0,06 mm.

Figura 37: Frações granulométricas da amostra S-ITA-01-A vistas em lupa binocular. A) S-ITA-01-A 2mm. B) S-ITA-01-A 1mm. C) S-ITA-01-A 0,5 mm. D) S-ITA-01-A 0,250mm. E) S-ITA-01-A 0,125mm.

Figura 38: Frações granulométricas da amostra S-ITA-01-B vistas em lupa binocular. A) S-ITA-01-B 2mm. B) S-ITA-01-B 1mm. C) S-ITA-01-B 0,5 mm. D) S-ITA-01-B 0,250mm. E) S-ITA-01-B 0,125mm. F) S-ITA-01-B 0,06 mm. G) S-ITA-01-B menor que 0,06 mm.

Figura 39: Frações granulométricas da amostra S-JAC-01-A vistas em lupa binocular. A) S-JAC-01-A 2mm. B) S-JAC-01-A 1mm. C) S-JAC-01-A 0,5 mm. D) S-JAC-01-A 0,250mm. E) S-JAC-01-A 0,125mm. F) S-JAC-01-A 0,06 mm. G) S-JAC-01-A menor que 0,06 mm.

Figura 40: Frações granulométricas da amostra S-JAC-01-B vistas em lupa binocular. A) S-JAC-01-B 2mm. B) S-JAC-01-B 1mm. C) S-JAC-01-B 0,5 mm. D) S-JAC-01-B 0,250mm. E) S-JAC-01-B 0,125mm. F) S-JAC-01-B 0,06 mm. G) S-JAC-01-B menor que 0,06 mm.

Figura 41: Frações granulométricas da amostra S-JAR-01-A vistas em lupa binocular. A) S-JAR-01-A 2mm. B) S-JAR-01-A 1mm. C) S-JAR-01-A 0,5 mm. D) S-JAR-01-A 0,250mm. E) S-JAR-01-A 0,125mm. F) S-JAR-01-A 0,06 mm. G) S-JAR-01-A menor que 0,06 mm.

Figura 42: Frações granulométricas da amostra S-JAR-01-B vistas em lupa binocular. A) S-JAR-01-B 2mm. B) S-JAR-01-B 1mm. C) S-JAR-01-B 0,5 mm. D) S-JAR-01-B 0,250mm. E) S-JAR-01-B 0,125mm. F) S-JAR-01-B 0,06 mm. G) S-JAR-01-B menor que 0,06 mm.

Figura 43: Microplásticos do ponto S-BAC-01. A) Fibras brancas na amostra S-BAC-01-A 2mm. B) Fragmento em S-BAC-01-B 2mm. C) Fibra branca em S-BAC-01-B 0,250 mm.

Figura 44: Microplásticos do ponto S-CEN-01. A) S-CEN-1-A 0,5 mm. B) S-CEN-1-A 0,250 mm. C) S-CEN-1-A 0,125 mm. D) S-CEN-1-B 0,250 mm. E) S-CEN-1-B 0,06 mm.

Figura 45: Microplásticos da amostra S-JAC-01-A. A) S-JAC-01-A 2mm. B) S-JAC-01-B 0,5 mm. C) S-JAC-01-B 0,250 mm. D) S-JAC-01-B 0,125mm. E) S-JAC-01-B 0,06 mm. F) Lâmina de microplásticos da amostra S-ITA-01-A 2mm.

Figura 46: Microplásticos da amostra S-JAR-01. A) S-JAR-01-A 2mm. B) S-JAR-01-B 1mm. C) S-JAR-01-A 0,5 mm. D) S-JAR-01-A 0,250mm. E) S-JAR-01-A 0,125mm. F) S-JAR-01-B 2 mm. G) S-JAR-01-B 1 mm. H) S-JAR-01-B 0,5 mm.

Figura 47: Relação de tipos de microplásticos e suas quantidades em cada amostra coletada.

Figura 48: Relação de tipos de microplásticos e suas quantidades.

Figura 49: Minerais magnéticos observados em lupa binocular após amostras bateadas e separadas com ímã. A) Magnetita da amostra JAR-01-B. B) Ilmenita da amostra JAC-01-B.

Figura 50: Minerais não atraídos pelo ímã observados em lupa binocular após amostra S-JAR-01-B bateada. A) Presença de minerais de Anfibólio (Anf), Monazita (Mnz), Granada (Grt) e Zircão (Zrn). B) Presença de minerais de Turmalina (Tur), Apatita (Ap), Monazita (Mnz) e Zircão (Zrn). Abreviaturas de nomes de minerais segundo Whitney e Evans (2010).

Figura 51: Minerais não atraídos pelo ímã observados em lupa binocular após a bateia. A) S-CEN-01-B com presença de minerais de Sillimanita (Sil), Monazita (Mnz), Granada (Grt) e Zircão (Zrn). B) S-ITA-01-B com presença de minerais de Monazita (Mnz) e Zircão (Zrn). Abreviaturas de nomes de minerais segundo Whitney e Evans (2010).

Figura 52: Minerais não atraídos pelo ímã observados em lupa binocular, após a bateia. A) S-BAC-01-B com presença de minerais de Sillimanita (Sil), Monazita (Mnz), Granada (Grt), Rutilo (Rt) e Zircão (Zrn). B) S-ITA-01-B com presença de mineral de Zircão (Zrn) com inclusão. Abreviaturas de nomes de minerais segundo Whitney e Evans (2010).

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Concentração de microplásticos em algumas praias do mundo e métodos de amostragem de sedimentos superficiais (MADUREIRA, 2020).

Tabela 2 – Categorias usadas para descrever a aparência dos microplásticos, adaptada de EUROPEAN COMMISSION, 2023.

Tabela 3: Índice de seleção de cada amostra.

Tabela 4: Registro de pesagem após a separação granulométrica das frações selecionadas.

Tabela 5: Registro de descrição de quartzo e outros materiais predominantes nas frações granulométricas das amostras estudadas de acordo com a observação em lupa e a classificação morfométrica dos sedimentos de Powers (1953).

Tabela 6: Registro de descrição dos microplásticos encontrados em cada amostra estudada de acordo com a observação em lupa e a classificação EUROPEAN COMMISSION, 2013.

Tabela 7: Descrição das características dos minerais pesados.

Tabela 8: Das amostras de acordo com a presença dos minerais pesados.

SUMÁRIO

Agradecimentos	v
Resumo	vi
<i>Abstract</i>	vii
Lista de Figuras	vixii
Lista de Tabelas	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS	3
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	4
3.1 Localização e Acesso.....	4
3.2 Geologia Regional	5
3.3 Geologia Local.....	11
4. EMBASAMENTO TEÓRICO	17
4.1 Poluição por resíduos sólidos	17
4.2 Microplásticos.....	20
4.3 Impactos ao Ecossistema	23
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
5.1 Etapa de Campo	25
5.2 Laboratório.....	26
5.3 Análise	29
6. RESULTADOS	30
6.1 Descrição dos Pontos	30
6.1.1. S-CEN-01 - Laguna de Saquarema, próxima à Praça do Bem-Estar, bairro Centro.....	30
6.1.2. S-JAR-01 - Área privada, Bairro Jardim.....	31
6.1.2. S-JAR-02: Afloramento em beira de estrada, Bairro Jardim.....	32
6.1.3. ITA-01: Praia de Itaúna – Point Bandeira Azul, Itaúna.....	34
6.1.4. S-JAC-01: Lagoa de Jacarepiá, Vilatur.....	35
6.1.5. S-BAC-01: Mangue em Porto da Roça, Bacaxá.....	36
6.2. Descrição granulométrica das amostras.....	38
6.3. Análise dos Microplásticos	53
6.4. Mineralogia básica dos sedimentos	58
7. DISCUSSÃO.....	63
7.1 Os microplásticos.....	64
7.2 Os sedimentos.....	67
8. CONCLUSÃO.....	70
8.1 Mineralogia e geologia.....	70
8.2 Microplásticos.....	71
Referências bibliográficas	73

1. INTRODUÇÃO

Segundo (POMPÊO et al., 2022) na obra "Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções", o plástico está presente em todos os domínios da vida moderna, consolidando-se como uma realidade incontestável na sociedade contemporânea. A fabricação em larga escala de plásticos teve início por volta de 1950 e aumentou rapidamente, para atender a uma demanda crescente por produtos manufaturados e embalagens destinadas a conter ou proteger alimentos e mercadorias (D'AMBRIÈRES, 2019).

Os resíduos plásticos se decompõem em fragmentos menores devido a processos mecânicos e químicos, resultando em microplásticos, partículas plásticas com dimensões de até 5 mm. Esse material pode ter origem primária, sendo diretamente liberado pela indústria, onde 90% deste é derivado de fontes de energia fóssil (petróleo) e é encontrado em cosméticos e produtos de higiene. Alternativamente, a origem secundária é determinada pelos microplásticos formados pela fragmentação de produtos maiores no ambiente e provenientes de resíduos descartados inadequadamente, como materiais oriundos da atividade pesqueira em mares e rio, além de embalagens (ANDRADY, 2015; COLE et al., 2011; WAGNER; LAMBERT, 2017; DRIEDGER et al., 2015; AUTA; EMENIKE; FAUZIAH, 2017; D'AMBRIÈRES, 2019).

Uma parte substancial destes materiais é descartada de modo inadequado no meio ambiente. Nos últimos anos, a ascensão dos microplásticos como uma nova faceta dessa adversidade ambiental tem sido percebida, destacando ainda mais a complexidade e a seriedade desse problema (D'AMBRIÈRES, 2019). Por um extenso período, a presença desse poluente foi negligenciada, e embora os impactos ainda não estejam completamente esclarecidos, é amplamente reconhecido que os microplásticos estão disseminados em todos os ecossistemas globais, inclusive em regiões remotas (ROCHMAN et al., 2019).

A contaminação por microplásticos representa uma apreensão ambiental devido aos seus possíveis efeitos na saúde, decorrentes das altas concentrações dessas partículas e de sua capacidade de interagir com outros contaminantes químicos. Esses resíduos podem adsorver poluentes químicos, ocasionando a contaminação de organismos e provocando a ocorrência de bioacumulação e magnificação trófica, processo em que substâncias se acumulam ao longo da cadeia alimentar (CARVALHO; BAPTISTA NETO; 2016, COURTENE-JONES et al., 2017).

Entretanto, a ausência atual de um protocolo padronizado para a amostragem de microplásticos dificulta a comparação dos dados entre estudos. A identificação de microplásticos em sedimentos pode abranger amostras de sedimentos costeiros em areias, bem como amostras subaquáticas. Além disso, a utilização de diversas unidades de medida, obstaculiza a comparação entre estudos. Essas variações incluem diferentes condições de amostragem e considerações de peso úmido ou seco, tornando as conversões mais complexas e restritas (LÖDER & GERDTS 2015; KERSHAW, 2015).

Nesse contexto, o presente estudo propõe-se a conduzir a análise e caracterização da poluição por microplásticos em Saquarema, localizada no estado do Rio de Janeiro e parte do Geoparque Aspirante Costões e Lagunas, em resposta à crescente preocupação global com os impactos ambientais decorrentes desse tipo de poluente. Justifica-se a caracterização nos pontos selecionados para área de estudo, por serem locais de concentração de aves, inclusive migratórias. Objetiva a coleta e análise de amostras para a produção de um panorama quantitativo das micropartículas identificadas em sedimentos costeiros. Espera-se que os resultados obtidos sirvam como base sólida para a formulação e implementação de estratégias de gestão e mitigação da poluição por microplásticos na região, bem como de apoio aos estudos da saúde dos organismos costeiros.

2. OBJETIVOS

Esta pesquisa pretende agregar informações que contribuam para o avanço do conhecimento sobre a poluição decorrente de microplásticos nos pontos selecionados, no município de Saquarema, no estado do Rio de Janeiro, a partir da análise de sedimentos costeiros em locais de ampla ocorrência de aves, inclusive migratórias.

Além da identificação dos microplásticos e sua avaliação quantitativa em cada fração estudada, busca-se também caracterizar os locais de coleta e os sedimentos associados por meio da análise granulométrica e identificação básica dos minerais pesados presentes nas amostras coletadas. Adicionalmente, pretende-se com esse estudo, a elaboração de uma metodologia abrangente para o estudo de campo e que sirva de orientação aos gestores ambientais e pesquisadores de aves e outros organismos costeiros.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização e Acesso

A área de estudo compreende o município de Saquarema, no estado do Rio de Janeiro, na Região da Costa do Sol, a qual possui área territorial de cerca de 352,130 km² e população estimada em 89.559 habitantes (IBGE, 2024).

Nessa região foram eleitos 6 pontos, designados S-CEN-01, S-JAR-01, S-JAR-02, S-ITA-01, S-JAC-01 e S-BAC-01, abrangendo diferentes bairros incluindo Centro, Jardim, Itaúna, Vilatur e Bacaxá. Cada ponto foi selecionado estrategicamente pelo grupo Blue Birds BR, uma empresa de ecoturismo na região da Costa do Sol-RJ, com guias capacitados para a educação ambiental e transformação social, na busca de um despertar coletivo para a sustentabilidade. Nesse sentido, foi considerada a rotineira observação de aves nestes locais e, ainda, considerou-se fatores como acessibilidade, diversidade de ambiente de sedimentação e viabilidade de coleta, para representar diferentes características e potenciais áreas de interesse para análise da disponibilidade de plásticos e microplásticos.

O acesso ao município de Saquarema é notavelmente facilitado em virtude de seu atrativo turístico distintivo. Reconhecida também como "A Capital Nacional do Surfe", Saquarema é palco de renomados campeonatos nacionais e internacionais de surfe, é sede esportiva da Confederação Brasileira de Vôlei, além de eventos religiosos e artísticos de destaque. Este acesso é viabilizado por meio de vias expressas bem estruturadas, desde o ponto de partida, na Cidade Universitária da UFRJ, até o centro municipal. Partindo da UFRJ, o acesso é possível pela Linha Vermelha, com acesso à Ponte Rio-Niterói, seguindo pela BR-101, até a Via Lagos (RJ-124), utilizando a saída na rodovia RJ-128 (Figura 1). Alternativamente o percurso pode ser replicado ao utilizar a Rodovia Amaral Peixoto (RJ-106) e, por fim, a rodovia RJ-102.

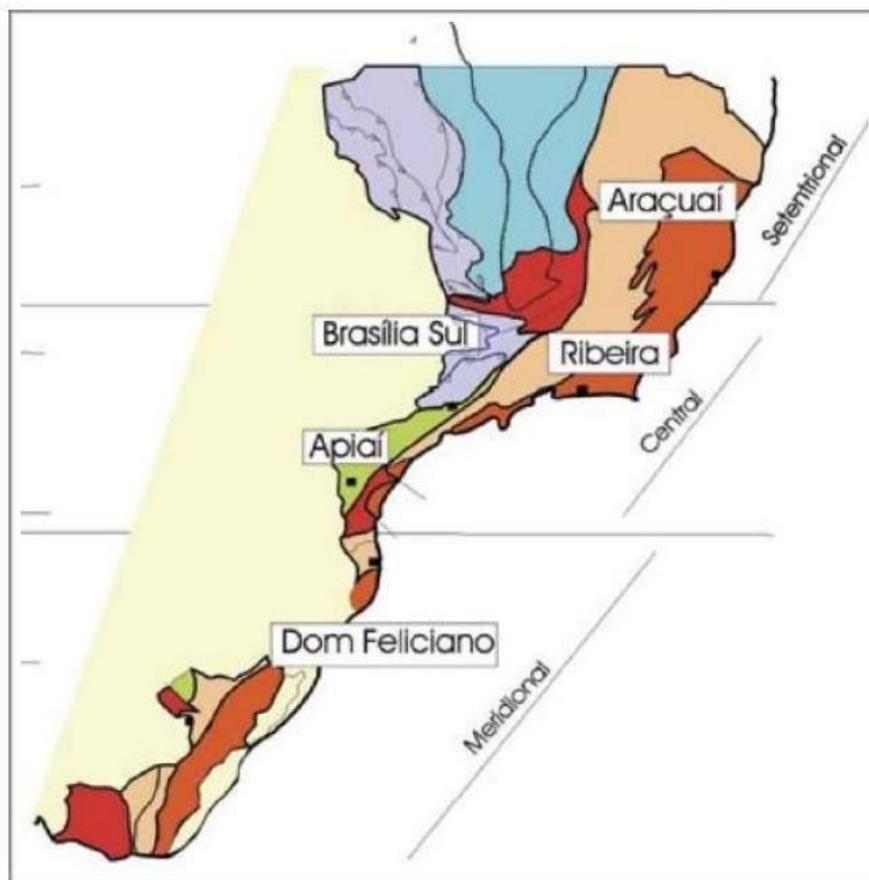


Figura 2 - Subdivisão do sistema Orogênico Mantiqueira (HEILBRON et al., 2004).

O Orôgeno Ribeira, também designado como Faixa Ribeira, constitui um cinturão orogênico colisional que se estende abrangendo vastas áreas no sul e sudeste do Brasil, englobando uma parcela significativa do território nacional (Figura 2). A faixa, faz parte de uma entidade geotectônica mais ampla conhecida como Província Mantiqueira (ALMEIDA et al., 1981), e é caracterizada por uma sequência de eventos marcantes de colisões ao longo de sua história geológica.

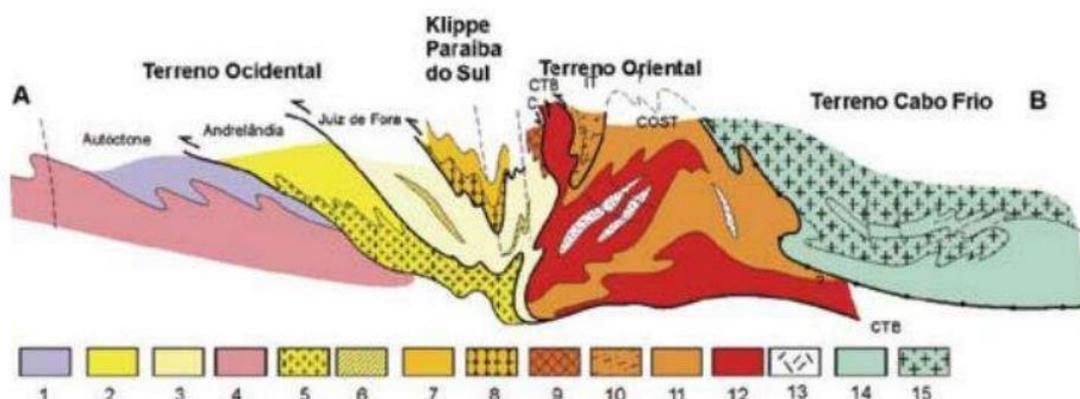


Figura 3 - Seção estrutural composta do Orógeno Ribeira com a relação entre os diferentes terrenos e domínios estruturais. Legenda: Terreno Ocidental (1-6): 1 a 3- Megasseqüência Andrelândia nos domínios Autóctone, Andrelândia e Juiz de Fora, Terreno Ocidental; 4 a 6- Associações do embasamento (Complexos Barbacena, Mantiqueira e Juiz de Fora); Terreno Paraíba do Sul (7-8): 7- Grupo Paraíba do Sul; 8- Complexo Quirino; Terreno Oriental (9-13): 9- Seqüência Cambuci; 10- Seqüência Itálva; 11- Seqüência Costeiro; 12- Arco Magmático Rio Negro; 13- Granitos colisionais; Terreno Cabo Frio (14-15): 14- Seqüências Búzios e Palmital; 15- Complexo Região do Lagos (HEILBRON et al., 2004).

A porção Central do Orógeno neoproterozoico-eopaleozoico da Faixa Ribeira é composta pelo embasamento, além de terrenos relacionados a arco dispostos ao longo de uma seção NW-SE (HEILBRON et. al, 2008) e, dentre as diversas propostas de compartimentação do Segmento Central do Cinturão Ribeira, destaca-se a disposição de quatro domínios tectônicos: I. Terreno Ocidental (composto pelo retrabalhamento embasamento pré-neoproterozoico, representado pela margem do Cráton do São Francisco); II. Klippe Paraíba do Sul, composto por unidades granulíticas orto e paraderivadas, recobrimdo tectonicamente o Terreno Ocidental; III. Terreno Oriental, composto de paragnaisses (Domínio Costeiro) intrudidos por um arco magmático (Arco do Rio Negro); e IV. Domínio Tectônico do Cabo Frio, formado principalmente por embasamento paleoproterozoico entremeado por rochas metavulcânicas e metassedimentares de alto grau neoproterozoicas e cambrianas/ordovicianas (Figura 3).

De forma concisa, o segmento central do Cinturão Ribeira atravessou uma sucessão de etapas evolutivas abrangendo a gênese de margens passivas, fenômenos de subducção, encontros continentais e, subsequentemente, o colapso do orógeno. Cada uma dessas fases

imprimiu um distinto vestígio na estrutura geológica e nas características litológicas que permeiam essa porção do cinturão.

A área de estudo está localizada no Domínio Tectônico de Cabo Frio (CFTD), uma exposição costeira de uma extensão de crosta continental Paleoproterozoica no sudeste do Brasil, com tendência estrutural contrastante de NW-SE a N-S, oblíqua à principal tendência NE-SW da Faixa da Ribeira. Caracteriza-se por duas unidades litoestratigráficas, destacando-se o embasamento composto por Ortognaisses Paleoproterozoicos, além de sucessões vulcano-sedimentares Neoproterozoicas de alto grau (Palmital e Búzios – Schmitt et. al, 2004). A região de contato entre essas duas unidades é caracterizada por zonas de cisalhamento altamente deformadas. O Domínio colidiu com o domínio do arco magmático do Orógeno Ribeira por volta de 540 milhões de anos atrás, marcando a transição lateral oriental entre o Orógeno Ribeira e o Cráton do Congo. Cerca de 400 milhões de anos após essa colisão, a zona de rifteamento do Atlântico Sul se desenvolveu aproximadamente ao longo dessa antiga sutura. Essa evidência sugere que o DTCTF funcionou como uma margem continental, reativada em eventos extensionais e convergentes sucessivos ao longo do tempo geológico (SCHMITT et. al, 2016).

O embasamento do DTCTF é denominado Complexo Região dos Lagos e é composto principalmente por ortognaisses que consistem em metagranitoides, acompanhados por quantidades menores de metaquartzo-diorito e metatonalito. A textura presente nas rochas varia entre equigranulares e porfiríticas, caracterizadas por fenocristais de microclina de até 7 cm, acompanhados por anfibólio e biotita. Os metaquartzo-dioritos e metatonalitos apresentam texturas de média a grossa, sendo anfibólio e biotita os principais minerais essenciais e acessórios, respectivamente. Já os metagranitoides têm composição principalmente monzogranítica, com presença secundária de sienitos, quartzo-monzonitos e granodioritos. Essa litologia distribui-se em dois domínios: um menos deformado, onde a natureza ígnea original é

claramente identificável, e outro mais deformado, exibindo bandamento e migmatização.

Não obstante, a unidade supracrustal exibe duas sucessões sedimentares distintas, as quais representam variações laterais da mesma paleobacia, a Sucessão Búzios e a Sucessão Palmital. A Sucessão Búzios é composta por metassedimentos aluminosos, como os sillimanita-cianita-granada-biotita gnaisses, intercalados com rochas calcissilicáticas da mesma unidade, variando em composição de diopsídio, além de camadas de anfibolitos, que se apresentam em granada-anfibolitos, diopsídio-anfibolitos e metahornblenditos. Por outro lado, a Sucessão Palmital é majoritariamente constituída por metassedimentos quartzo-feldspáticos, com algumas inclusões aluminosas, além da presença de lentes de rochas calcissilicáticas e quartzitos feldspáticos. Em 2008, foi proposto por Schmitt, que fundamentado nas descrições das fácies dos litotipos descritos, estes apresentariam sua origem a partir de leques submarinos pelágicos a hemipelágicos. Vale ainda destacar dois episódios relevantes: o magmatismo básico no Cretáceo Inferior, ligado à quebra do supercontinente Gondwana e à formação do Oceano Atlântico; e um segundo evento caracterizado por magmatismo alcalino durante o Eocretáceo ao Eoceno, coincidindo com a reativação tectônica da margem sudeste brasileira e o surgimento dos Rifts do Sudeste. Nesse contexto, o enxame de Diques da Serra do Mar exibe rochas ricas em augita e plagioclásio, com textura intersticial e fenocristais de augita, plagioclásio, ocasionalmente olivina e opacos. As espessuras dos litotipos são variadas, e a datação aponta para um pico de magmatismo em torno de 132 milhões de anos. No segundo evento, que ocorreu após a consolidação do Cinturão Ribeira, predominam sienitos, datados em cerca de 86 a 50 milhões de anos. Resultam no Alinhamento Magmático de Cabo Frio e em outras manifestações (SCHMITT et. al, 2008).

Vale ainda salientar que, estudos recentes como o de Fernandes et al. (2015), interpretaram as Sucessões Búzios e Palmital como duas bacias sedimentares distintas, baseando-se em estudos de zircões detríticos e outros dados geológicos. A Sucessão Búzios desenvolveu-se em

um ambiente extensional de *back-arc*, enquanto a Sucessão Palmital formou-se em uma margem continental ativa durante a subducção e colisão entre o Domínio Tectônico Cabo Frio e o Terreno Oriental no Cambriano. No entanto, no presente estudo utilizou-se Heilbron *et al.* (2016) para realizar o mapa geológico.

Sobre o Complexo Região dos Lagos, ocorrem sedimentos da Formação Barreiras, datados do Plioceno ou Mioceno (BEZERRA *et al.*, 2006), de origem continental com influências marinhas (ARAI, 2006). Segundo Winter *et al.* (2007), esses sedimentos foram depositados por processos de alta energia em ambientes fluviais entrelaçados e fluxos gravitacionais de leques aluviais.

No Estado do Rio de Janeiro, sua maior ocorrência está ao norte da foz do rio Paraíba do Sul (MARTIN *et al.*, 1997; SILVA & CUNHA, 2001), onde afloramentos chegam à área de praia, afetados por ondas e correntes litorâneas. Morais *et al.* (2006) descrevem a Formação como arenitos intercalados com lamitos e poucos níveis de cascalho, formados em rios entrelaçados (MORAIS *et al.*, 2006; MORAIS, 2007). A deposição foi interrompida no Tortoniano (Neomioceno) devido ao rebaixamento eustático, causando extensa erosão. Durante o Plioceno (4-5 Ma), ocorreu a deposição do Barreiras Superior, o segundo ciclo deposicional da unidade (ARAI, 2006).

O Complexo Região dos Lagos apresenta uma morfologia aplainada, caracterizada por uma planície litorânea predominantemente coberta por sedimentos marinhos quaternários, resultando em afloramentos rochosos bem isolados (VIANA *et al.* 2008). Os registros quaternários são representados pelas restingas, praias atuais, paleopraias, pântanos e brejos, paleolagunas, dunas, depósitos fluviais, entre outros ambientes costeiros (MANSUR, 2010). Caracterizam-se em geral por sedimentos marinhos e continentais de idade pleistocênica e holocênica. Segundo Martin *et al.* (1997), os depósitos pleistocênicos são arenosos com fósseis de origem marinha rasa. Os depósitos holocênicos incluem areias com conchas na planície

costeira, sedimentos lagunares ricos em matéria orgânica e conchas de moluscos associados à transgressão marinha de 5.100 anos atrás, e sedimentos continentais arenosos e argilo-arenosos em vales e seus afluentes.

3.3 Geologia Local

3.3.1 ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS

A região de Saquarema é circundada por serras que alcançam altitudes de até 800 metros, permitindo a infiltração de água doce em suas lagoas (OLIVEIRA, 2013). Além das formações montanhosas, a área compreende planícies costeiras, que são áreas topograficamente baixas, localizadas na interface entre as regiões marinhas e continentais, com a sedimentação influenciada pelos processos fluviais, aluviais, eólicos e costeiros. A região é caracterizada pela presença de restingas, lagoas, manguezais e áreas alagadiças. Adicionalmente, duas longas faixas de praia se estendem ao longo da costa, separadas por uma formação rochosa onde está localizada a Igreja de Nossa Senhora de Nazaré, que abarca um geossítio de alto valor científico, didático e cultural. A oeste, situa-se a Praia de Jaconé, e a leste, a Praia de Massambaba, sendo o trecho entre ambas conhecido como Praia de Itaúna, a qual é certificada desde 2022 pelo Programa Bandeira Azul Brasil, divulgado pelo Instituto Ambientes em Rede (IAR) (NICHOLS, 2009 ; OLIVEIRA, 2013)

3.3.2 GEOLOGIA

O primeiro levantamento geológico da região foi realizado pelo Departamento de Recursos Minerais do Rio de Janeiro (DRM-RJ) como parte do projeto de mapeamento geológico do estado do Rio de Janeiro no início dos anos 80 (FERRARI et al., 1982). O mapeamento preliminar na escala 1:100.000 produzido no contexto do Programa Geologia do Brasil

(PRONAGEO, CPRM) em parceria com a UFRJ e a UERJ, buscou representar o agrupamento dos dados abordados, ainda que não finalizado. Em 2016, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, disponibiliza o mapa geológico em escala 1:400.000 (Figura 4), seu texto explicativo e dos recursos minerais do Estado Rio de Janeiro, abordando as características gerais da região estudada.

É ainda importante salientar que apesar dos esforços recentes na produção de mapeamentos, ainda há uma carência de detalhes na definição das unidades litológicas e sua ocupação geográfica. Ainda assim, vale mencionar que o GeoParque Costões e Lagunas do Rio de Janeiro apresentou o Mapa Geológico e a Coluna Estratigráfica representativa da evolução da área e dos principais geossítios do GpCL-RJ, com base nos dados de HEILBRON et. al (2016), o qual engloba a área do estudo em tela.

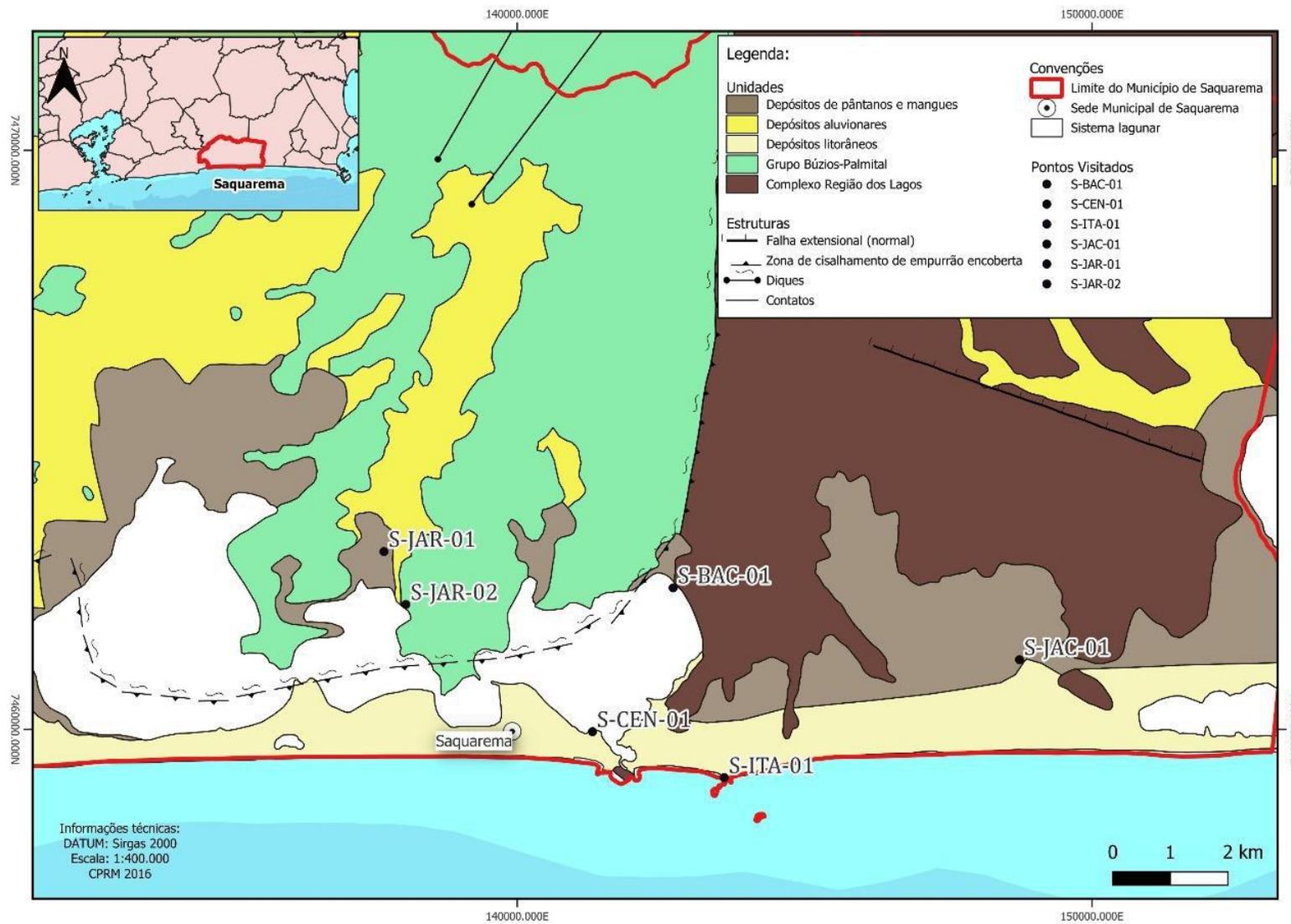


Figura 4: Mapa geológico do Município de Saquarema, incluindo os pontos visitados em campo. Fonte: (Heilbron *et al*, 2016).

3.3.3 DINÂMICA COSTEIRA

O litoral de Saquarema é majoritariamente afetado por ondas de alta energia, que provocam mudanças substanciais na morfologia da praia, enquanto a influência das marés é secundária devido à sua baixa amplitude. (FARIA, 2014; PINTO, 2015). A energia das ondas incidentes, influenciada pela ação dos ventos e condições da maré, desempenha um papel fundamental no transporte dos sedimentos, ocasionando modificações no perfil da praia (DAVIDSON-ARNOTT, 2010). Nesse sentido, essa interação das ondas também molda o leito marinho, afetando o transporte e a distribuição de sedimentos e a formação de correntes costeiras (LAING, 1998; DAVIDSON-ARNOTT, 2010).

O ambiente costeiro pode ser subdividido em três sub ambientes distintos (Figura 5). A zona de supramaré, que corresponde à porção mais elevada e geralmente seca da praia quando não há perturbações causadas por tempestades (DAVIS & FITZGERALD, 2004). Na área emersa, frequentemente se formam terraços planos após episódios de tempestades, cuja ocorrência pode variar em intensidade (BIRD, 2008). A zona de intermaré, sujeita às oscilações diárias da maré e influenciada pela dinâmica das ondas, é caracterizada pelo intenso retrabalho de sedimentos devido à ação conjunta das ondas, correntes e marés, o que impacta diretamente a granulometria do substrato (FRIEDMAN & SANDERS, 1978; DAVIS & FITZGERALD, 2004). Por fim, a zona de submaré engloba a porção submersa da praia, onde se concentram o “surf zone” e as áreas de arrebentação das ondas. A energia das ondas resulta na formação de correntes que interagem com o relevo submarino, ocasionando um notável deslocamento de sedimentos em múltiplas direções (FRIEDMAN & SANDERS, 1978).

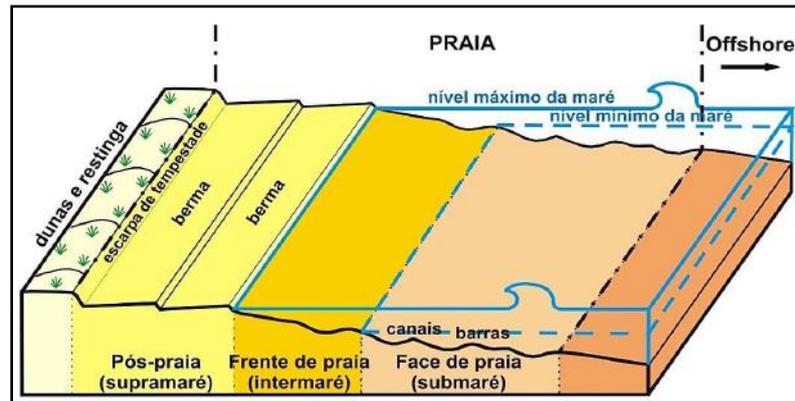


Figura 5: Esquema representando a subdivisão do ambiente praiado (SILVA, 2011).

3.3.4 DINÂMICA LAGUNAR

O Sistema Lagunar de Saquarema é composto por três grandes lagoas: Jaconé, Jacarepiá e Saquarema. Esta última apresenta um complexo lagunar formado por quatro corpos de água semi-fechados, mantendo a comunicação com o mar através do Canal da Barra. O sistema composto pelas lagoas denominadas Lagoa de Fora, Boqueirão, Jardim e Mombaça é relativamente raso, com profundidades variando entre 0,5 e 1,5m (OLIVEIRA, 2013).

A configuração atual das lagoas é moldada pelo crescimento das barreiras, que determinam sua localização e dimensões na planície costeira (BIRD, 2008). A evolução das lagoas costeiras está intimamente ligada às características geológicas e geomorfológicas da região de formação, sendo um ambiente propenso à rápida sedimentação, tanto fluvial quanto marinha, com um influxo significativo de matéria orgânica nas margens da lagoa (NICHOLS, 2009).

A formação do sistema lagunar de Saquarema remonta à última grande redução do nível do mar no Pleistoceno, com a criação de cordões arenosos e o represamento de águas costeiras. Durante a grande transgressão marinha, causada pelo degelo das geleiras do hemisfério norte, houve pequenas variações de elevação durante esse período, resultando no avanço geral da linha costeira em direção ao mar (OLIVEIRA, 2013), culminando com um máximo transgressivo por volta de 5.000 anos A.P. (DOMINGUEZ et al, 1990). Cunha et al. (2017) identificam uma

transgressão marinha de 2.000 anos entre 6.335 e 4.800 anos A.P., afetando desembocaduras fluviais e formando sistemas lagunares com ilhas barreiras.

A lagoa Vermelha, que abrange os municípios de Saquarema e Araruama, é hipersalina e possui como característica especial a formação de dolomita estratificada por ação microbiana, estromatólitos holocênicos e esteiras microbianas no seu leito e nos tanques das salinas existentes em suas margens. Segundo Vasconcelos (1994), a formação destes estromatólitos se dá por precipitação *in situ*, pelo acúmulo de camadas sucessivas de dolomitas por ação microbiana, posicionando a lagoa Vermelha em exemplo notável globalmente.

Outrossim, apesar de não terem sido cartografados em detalhe, são identificados depósitos de manguezais em diversas áreas do litoral analisado, incluindo fundos de enseadas, margens de canais de maré e partes mais baixas de vales fluviais. Esses ambientes são marcados por sedimentos predominantemente argilosos, ocasionalmente arenosos, e geralmente apresentam elevada concentração de matéria orgânica, podendo conter restos de madeira e conchas de moluscos (OLIVEIRA, 2013).

4. EMBASAMENTO TEÓRICO

4.1 Poluição por resíduos sólidos

Conforme descrito por Cherubini (2008), os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), informalmente chamados de detritos urbanos e lixo, têm sua origem nas atividades domésticas e comerciais das populações, destacando-se por sua ampla diversidade e complexidade. Kothary et al. (2014) ampliaram essa definição, englobando qualquer substância sólida, manufaturada ou processada, descartada ou abandonada no mar ou em áreas costeiras. Essas características variam de acordo com a fonte ou atividade geradora, sendo influenciadas por uma série de fatores sociais, econômicos, geográficos, educacionais, culturais, tecnológicos e legais (ZANTA et al., 2006).

Coe e Rogers (1997) subdividiram esses materiais em categorias, baseando-se em sua composição: polímeros, vidros, elastômeros, metais, tecidos, poliestireno expandido, matéria orgânica e madeira (processada), todas provenientes de atividades antropogênicas. Uma classificação mais contemporânea sugere uma abordagem hierárquica que os descreve em termos de (1) composição (polímero, elastômero, madeira, vidro, metal, etc.), (2) forma (garrafa, corda, rede, sacolas, etc.) e (3) tamanho desses resíduos (GESAMP, 2019). Outrossim, Somerville et al. (2003) propuseram uma classificação mais específica das principais fontes de lixo marinho: (1) turismo e atividades recreativas, (2) atividade pesqueira, (3) descarte de esgoto e (4) navegação. O despejo irregular de esgoto doméstico e o escoamento agrícola nos rios, ao atingir a zona costeira, pode constituir outra possível fonte de microplásticos nas praias (ANTUNES et al., 2018).

O crescimento populacional, aliado à expansão da urbanização e industrialização ao longo do tempo, tem contribuído significativamente para o aumento da produção de Resíduos Sólidos. Desde a década de 1950, a prática de utilizar os oceanos como depósitos para resíduos,

especialmente plásticos, tem exacerbado esses problemas (UNEP, 2016). Entretanto, essa crescente geração de resíduos não tem sido acompanhada por medidas adequadas de gestão, resultando em uma deterioração progressiva do meio ambiente ao longo dos anos (GODECKE, NAIME, FIGUEIREDO, 2012). No Brasil, cerca de 80 mil toneladas de resíduos sólidos urbanos são descartadas de maneira incorreta todos os dias, representando 40% do total coletado no país, de acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2015). Segundo a UNEP (2023), o Brasil ainda enfrenta desafios no manejo de RSU, com cerca de 30% dos 215.000 toneladas diárias geradas sendo inadequadamente tratadas, indo parar em lixões ou aterros sanitários deficientes. Apesar de uma redução em comparação com anos anteriores, sugerindo algum progresso nas práticas de gestão de resíduos na última década, ainda é imperativo monitorar e compreender a origem desses resíduos para avaliar seu impacto ambiental, proteger os ecossistemas costeiros e promover a sustentabilidade econômica e a saúde pública (LAIST, 1997; DERRAIK, 2002; SHEAVLY & REGISTER, 2007; UNEP, 2009).

Nesse aspecto, a conscientização sobre a necessidade de usar e ocupar de forma sustentável o espaço costeiro é um tema relevante no Brasil. Após a década de 1970, quando uma quantidade considerável de resíduos sólidos, especialmente plásticos, foi encontrada nos oceanos, surgiram protocolos internacionais que enfatizaram a importância desse problema, com destaque para o Protocolo da Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios de 1978 (MARPOL). As pesquisas sobre o tema iniciaram-se no final da década de 1990, com um foco crescente nos microplásticos nas áreas costeiras. A promulgação da Política Nacional de Resíduos Sólidos em 2010 ampliou a visibilidade desse assunto, estimulando sua difusão nos meios de comunicação, a pesquisa científica e os esforços de educação ambiental.

Para lidar eficazmente com essa problemática, torna-se imperativo implementar sistemas de monitoramento da presença de resíduos nesse tipo de ambiente. GESAMP (2019) ressalta a vital importância desses sistemas de monitoramento para uma compreensão abrangente da

extensão da poluição e seus impactos. Além disso, é essencial desenvolver métodos de mitigação visando a redução da quantidade de resíduos sólidos introduzidos nos ecossistemas marinhos. Outrossim, o autor destaca que é indispensável reconhecer a diversidade de metodologias existentes, concebidas por diferentes indivíduos e organizações, e analisar suas respectivas vantagens e desvantagens, especialmente no contexto da pesquisa científica. Conforme apontado por Madudeira em 2020, a falta de um protocolo padronizado para amostragem de microplásticos e seu metodologia dificultam a comparação de dados entre estudos (Tabela 1).

Tabela 1 – Concentração de microplásticos em algumas praias do mundo e métodos de amostragem de sedimentos superficiais (MADUREIRA, 2020).

Localização	Metodologia	Metodologia de extração	Concentração	Média	Referencia
Grécia	Transepto - 1,0 x 1,0m (superficial)	Peneiras	-	130,52 itens·m ²	Kaberi et al., 2013
Filipinas	Transepto - 1,0 x 1,0m (superficial)	Separação usando peneiras e filtração	-	17,8 itens·m ²	Kalnasa et al., 2019
China	Superficial	Separação por densidade usando solução saturada de cloreto de sódio	1,3-14,712,5 kg ⁻¹	9,07 itens·m ²	Zhou et al., 2018
Guatemala	Transepto - 0,5 x 0,5cm (superficial)	Separação por densidade usando solução saturada de cloreto de sódio	30 itens·kg	279 itens·m ²	Mazariegos-Ortiz et al., 2020
Colômbia	Transepto - 0,5 x 0,5cm (superficial)	Peneiras	-	112±103 itens·m ⁻²	Garcés-Ordóñez et al., 2020a
Colômbia	Transepto - 0,5 x 0,5cm (superficial)	Separação por densidade usando solução hipersalina	-	318±314 itens·m ²	Garcés-Ordóñez et al., 2020b
Panamá	Transepto - 0,5 x 0,5cm (superficial)	Separação por densidade usando solução saturada de cloreto de sódio	-	294±316 itens·m ²	Borrero et al., 2020
Brasil	Transepto - 0,5 x 0,5cm (superficial)	Separação por densidade usando solução saturada de cloreto de sódio	166,50 itens·kg ⁻¹	543 itens·m ⁻²	Castro et al., 2020
Brasil	Transepto - (superficial)	Peneiras	-	0,29 itens·cm ⁻²	Costa et al., 2010
Peru	Transepto - 0,5 x 0,5cm (superficial)	Separação por densidade usando solução saturada de cloreto de sódio	-	89,7±143,5 itens·m ⁻²	De-la-Torre et al., 2020
Dubai	Transepto - 0,5 x 0,5cm (superficial)	Separação por densidade usando solução de iodeto de potássio	59,71 itens·kg ⁻¹	-	Aslam et al., 2019
Qatar	Transepto - 0,5 x 0,5cm (superficial)	Separação por densidade usando as soluções saturadas de cloreto de sódio e iodeto de potássio	13,5 itens·kg ⁻¹	81 itens·m ⁻²	Abayomi et al., 2017
Portugal	Transepto - 0,5 x 0,5cm (superficial)	Separação por densidade usando solução saturada de cloreto de sódio	-	185,1 itens·m ²	Martins e Sobral et al., 2011
Portugal	Transepto - 0,5 x 0,5cm (superficial)	Separação por densidade usando solução saturada de cloreto de sódio	-	666±2642 itens·m ²	Antunes et al., 2018
Índia	Transepto - 0,5 x 0,5cm (superficial)	Separação por densidade usando solução saturada de cloreto de sódio	7,49 itens·kg ⁻¹	68,83 itens·m ²	Jayasiri et al., 2013
Taiwan	Transepto - 0,5 x 0,5cm (superficial)	Separação por densidade usando solução saturada de cloreto de sódio	0,771 itens·g	0,0125 itens·m ²	Kunz et al., 2016

4.2 Microplásticos

O termo “plástico” deriva do grego *plástikos*, cujo significado é “moldável” (PLASTIC EUROPE, 2020). Plásticos são polímeros orgânicos sintéticos, produzidos pela polimerização de monômeros derivados do petróleo (IVLEVA et al., 2016) e que raramente são utilizados sozinhos (GORMAN, 1993). Mesmo com a grande variedade de polímeros, cerca de 75% dos plásticos produzidos se limitam aos seguintes tipos: polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), tereftalato de polietileno (PET), cloreto de polivinil (PVC) e poliuretano (PU) (BELLASI et al., 2020). Na atualidade, os polímeros ou materiais plásticos são expressões utilizadas para designar uma vasta gama de materiais bastante diversos, que exibem características, propriedades e aplicações totalmente distintas (PLASTICS EUROPE, 2018). Conforme observado por Ryan et al. (2009), os polímeros variam consideravelmente em dimensão e podem ser categorizados em mega-detritos (maiores que 100mm), macro-detritos (20mm), mesodetritos (entre 20 e 5mm) e microdetritos (menores que 5mm).

O plástico pode ser produzido a partir de três fontes de matéria-prima distintas: fóssil, renovável e base mineral, como indicado pela Plastics Europe (2019). Atualmente, mais de 90% da produção de plástico é derivada de fontes fósseis, como destacado por Zhao et al. (2020). O material é predominantemente empregado na fabricação de embalagens, sendo amplamente utilizado em diversas aplicações em todo o mundo, tais como recipientes, garrafas, bandejas, caixas, copos, produtos para bebês e embalagens protetoras (KLEMEŠ et al., 2020b). Além disso, é empregado na construção civil para tubos de plástico e revestimento de vinil, bem como na produção de peças automotivas, brinquedos e móveis, embora em menor escala em comparação com as embalagens (ANDRADY e NEAL, 2009).

Vale ressaltar que o setor de saúde faz uso significativo de plástico em instrumentos médicos de uso único, embalagens diversas e procedimentos cirúrgicos e de transplante (CHEN et al., 2020; KLEMEŠ et al., 2020b). Nesse sentido, desde dezembro de 2019, a pandemia de

COVID-19 gerou preocupações globais (OMS, 2020). Com as medidas de contenção, como quarentenas e distanciamento social, houve um aumento no uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), resultando em mais resíduos plásticos (PATRICIO SILVA et al., 2020b). Relatórios indicam um aumento significativo na poluição por plásticos em ambientes de água doce e marinhos (FADARE e OKOFFO, 2020), destacando a urgência de abordar o descarte adequado desses materiais para mitigar os impactos ambientais.

Microplásticos compreendem uma gama diversificada de materiais em termos de tamanho, forma, cor, densidade e composição polimérica. As menores variações dimensionais das micropartículas de plástico representam maiores riscos de ingestão e são mais desafiadoras de coletar (IVAR DO SUL, 2014). Nos últimos 15 anos, diferentes definições de tamanho têm sido sugeridas. Este estudo adotou a classificação amplamente utilizada, conforme indicado por Frias e Nash (2019) ao buscar um consenso sobre a definição de microplásticos, considerando qualquer partícula sintética sólida ou matriz polimérica, com forma regular ou irregular, e tamanho variando de 1 μm a 5 mm, independentemente de sua origem de produção, desde que sejam insolúveis em água.

Conforme o EUROPEAN COMMISSION (2013) (Tabela 2), os micro resíduos marinhos podem ser classificados em seis tipos distintos e apresentam diversas morfologias. A análise desses materiais, incluindo sua forma e cor, é crucial para compreender suas fontes potenciais e comportamento ambiental. No entanto, é importante considerar a subjetividade na avaliação da cor, especialmente devido a possíveis distorções causadas por deficiências visuais. O monitoramento e análise desses resíduos são fundamentais para identificar e abordar questões específicas de poluição marinha, fornecendo dados essenciais para a formulação e avaliação de medidas de mitigação e gestão ambiental (GESAMP, 2019).

Tabela 2 – Categorias usadas para descrever a aparência dos microplásticos, adaptada de EUROPEAN COMMISSION, 2023.

Tamanho	Tamanho de registro de cada item. A resolução mínima é alocar em tamanhos de caixa de 100 µm.
Tipo	Fragmentos de plástico, pellets, filamentos, filmes plásticos, espuma de plástico e isopor.
Forma	Para pellets: cilíndricos, discos, planos, ovóides, esferóides; Para fragmentos: arredondado, sub-arredondado, sub-angular, angular; Para geral: bordas irregulares, alongadas, degradadas, ásperas e quebradas.
Cor	Transparente, cristalino, branco, branco perolado, vermelho, laranja, azul, opaco, preto, cinza, marrom, verde, rosa, bronze, amarelo.

Com relação à sua origem, o Microplástico pode ser originado por produção primária ou secundária. A origem primária representa as partículas fabricadas proposadamente nessas dimensões para uso industrial, como microesferas abrasivas para distintas finalidades (IMO, 2015), pela indústria de cosméticos e de produtos de higiene, como micropartículas exfoliantes (FENDALL e SEWELL, 2009; GESAMP, 2016, GUERRANTI, 2019); abrasivos industriais usados para o jateamento sintético (ANDRADY, 2011) e também fibras têxteis utilizadas para a confecção de roupas (DRIS et al., 2015b). Por outro lado, a origem secundária representa partículas resultantes da fragmentação de materiais plásticos através de processos físicos, químicos e biológicos (RYAN et al., 2009), resultantes dos desgaste ou fragmentação de objetos maiores, durante o uso e após a perda no ambiente como: fibras têxteis e de corda, gerados a partir do intemperismo e fragmentação de itens de lixo maior, desgaste de pneus de veículos e flocos de tinta (GESAMP, 2019).

Embora a ocorrência de plástico em rochas seja rara, sua presença na literatura destaca a urgência de abordar a poluição ambiental e compreender os riscos e impactos da incorporação de materiais antropogênicos no ciclo geológico. Esta descoberta, especialmente no Hemisfério Sul onde foi documentada em poucos trabalhos, ressalta a influência humana nos ecossistemas naturais e destaca a importância de investigações sobre os efeitos do lixo marinho na diversidade geológica, incentivando a implementação de medidas para mitigar os danos ambientais causados pela atividade humana. O termo "antropoquinas" surge então da presença

de conchas de moluscos e itens antropogênicos cimentados entre grãos siliciclásticos, observados em clastos de coquina e classificados como rochas sedimentares (FERNANDINO et al., 2020).

4.3 Impactos ao Ecossistema

A crescente acumulação de resíduos sólidos nos ecossistemas costeiros está intrinsecamente ligada a uma série de mudanças, tanto naturais quanto provocadas pelo homem. Esse cenário é agravado pelo avanço tecnológico e pelo aumento populacional desenfreado, culminando em grandes prejuízos ao meio ambiente, tais como alterações climáticas, diminuição da biodiversidade e a poluição (MAXIMENKO et al., 2019; YOUNG et al., 2016). Essa conjunção de fatores ressalta de forma inequívoca que a poluição resulta da gestão inadequada dos resíduos e da falta de práticas sustentáveis por parte da sociedade.

Os efeitos do microplástico nos organismos ainda não são completamente compreendidos, contudo, estudos atuais se concentram predominantemente nos danos físicos resultantes de obstruções e na toxicidade associada à transferência de substâncias tóxicas para a biota, com efeitos mais graves que quando comparados aos macroplásticos (NOBRE et al., 2020). Nessa ótica, a ingestão de resíduos sólidos pode ocorrer de forma direta e indireta. Na ocorrência direta, o animal ingere os microplásticos ao confundir com um alimento, causar ferimentos, falsa saciedade, podendo levar à morte (MAXIMENKO et al., 2019). Indiretamente, os plásticos ao entrarem na teia alimentar podem atingir os níveis tróficos superiores, resultando em bioacumulação e magnificação trófica (PROVENCHER et al., 2018), além de modificar a capacidade reprodutiva (GREGORY e ANDRADY, 2003).

Adicionalmente, a crescente presença de resíduos plásticos representa uma ameaça à integridade dos ecossistemas marinhos, uma vez que o lixo pode servir de abrigo e alimento para organismos migrantes e até mesmo causar a dispersão de espécies exóticas. Ao serem consumidos, esses resíduos atuam como vetores na transferência de substâncias tóxicas,

agravados pela sua alta prevalência através da cadeia alimentar (MOLNAR et al., 2008).

Nos oceanos, algumas áreas de grande concentração de resíduos sólidos flutuantes são reconhecidas, como os giros subtropicais em resposta à atuação das correntes oceânicas (MOORE et al., 2001). Nesse ambiente, a presença de microplásticos na água prejudica a fotossíntese do fitoplâncton e impacta negativamente várias espécies marinhas que os ingerem, como aves, mamíferos marinhos e crustáceos (SHEN et al., 2020). Esses resíduos também são encontrados em mexilhões ao redor do mundo, indicando uma contaminação generalizada das áreas costeiras. Além disso, um estudo recente identificou uma nova espécie de crustáceo, *Eurythenes plasticus*, nas profundezas da Fossa das Marianas, mostrando que os microplásticos estão presentes até mesmo em locais remotos e profundos da Terra (LAIST, 1997; WESTON et al., 2020).

Embora o interesse em compreender as origens e os impactos dos microplásticos esteja em franca expansão, observa-se uma concentração maior de estudos em águas oceânicas em comparação com ambientes de água doce. No entanto, o aumento do interesse na detecção de microplásticos em água doce é atribuído ao seu papel como vetor de transporte de resíduos terrestres para os ecossistemas marinhos (IVAR DO SUL & COSTA, 2014; GESAMP, 2019).

Com relação à contaminação na esfera humana, a ameaça persiste igualmente preocupante, podendo ser acometida através da inalação ou ingestão de partículas (RIST et al., 2018). Estudos destacam sua presença em espécies marinhas consumidas pela população, como peixes e bivalves, podendo causar danos à saúde, como doenças respiratórias e danos cerebrais (DEHAUT et al. 2016; SUSSARELLU et al. 2016). O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) alertou sobre os riscos dos microplásticos em 2016 e, recentemente, houve um aumento na pesquisa sobre a presença desses materiais no corpo humano, com a OMS e outros pesquisadores enfatizando a preocupação com a exposição da saúde humana aos microplásticos (WHO, 2019)

5. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho pode ser dividido em três abordagens: etapa de campo (coleta), etapa de laboratório e análise. Esses três tópicos são discutidos separadamente a seguir.

5.1 Etapa de Campo

Durante os dois dias de campo na cidade de Saquarema, foi realizada a coleta de amostras em seis pontos distintos, designados S-CEN-01, S-JAR-01, S-JAR-02, S-ITA-01, S-JAC-01 e S-BAC-01 (Figura 6). O processo de coleta em cada ponto envolveu o uso de cavadeira e pá-de-bico, com a separação das amostras em dois segmentos: ponto A, coletado a uma profundidade de 5 centímetros do ponto selecionado, e ponto B, coletado a partir de uma profundidade de 30 centímetros no mesmo local. Este método de coleta teve como objetivo obter informações no nível atual e em subsuperfície, de forma a comparar os resultados no mesmo ponto. O volume coletado para cada amostra foi de 5 litros. A coleta do ponto S-JAR-02 envolve apenas o uso de martelo, porque foram coletadas amostras de rocha e foi utilizada apenas para ponto de referência.



Figura 6 - Localização da área de estudo e dos seis pontos analisados.

Após a coleta, as amostras passaram por um processo de documentação e rotulagem, onde cada amostra foi devidamente detalhada, incluindo coordenadas GPS, descrições do local de coleta, fotografias e características visuais e geológicas relevantes. Ademais, as amostras foram rotuladas para garantir a identificação durante todo o processo de análise, estocadas em sacos plásticos individuais, e armazenadas na Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ (Figura 7).



Figura 7: A) Coleta de amostra no ponto S-CEN-01. B) Retirada no ponto A, coletado a uma profundidade de 5 cm. C) Retirada no ponto B, coletado a uma profundidade de 30 cm. D) Materiais utilizados.

5.2 Laboratório

No Laboratório de Amostras Geológicas da UFRJ – LAG, as amostras S-JAR-1A, S-JAR-1B, S-BAC-1A e S-BAC-1B foram pesadas (Figura 8A) E deslamadas para retirada da fração silte / argila e/ou matéria orgânica (Figura 8B e 8C). Em seguida, as amostras S-CEN-01-A, S-CEN-01-B, S-JAR-01-A, S-JAR-01-B, S-ITA-01-A, S-ITA-01-B, S-JAC-01-A, S-JAC-01-B, S-BAC-01-A e S-BAC-01-B foram dispostas em bandejas identificadas de alumínio e plástico em uma sala de acesso controlado da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

para secarem ao ar livre (Figura 8D).

No Laboratório de Geologia Sedimentar da UFRJ – LAGESED, as amostras já secas foram pesadas, homogeneizadas e quarteadas pelos métodos de pilhas cônicas e alongadas em alíquotas de 1 kg (Figura 9A e 9B). O quarteamento em tela inicia-se com a formação de uma pilha cônica, a retirada do material em sentido horário e sua distribuição ao longo de uma linha. Cada fração do material é distribuída alternadamente da esquerda para a direita e vice-versa. A quantidade de material em cada fração deve ser suficiente para cobrir toda a pilha uniformemente, e o material das extremidades deve ser recolhido e redistribuído para posteriormente ser retirada a alíquota desejada.

Em seguida, as amostras foram submetidas a classificação granulométrica a seco na Peneira Vibratória, marca Produtest, utilizando as malhas de 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.125 mm e 0.06 mm (Figura 9D). Também foi armazenada a fração abaixo de 0.06 mm, retida no fundo da peneira (Figura 9C). A amostra S-JAR-02 não participou da etapa de preparação por ser uma rocha e não necessitar dos demais procedimentos a que os sedimentos inconsolidados foram submetidos.



Figura 8: A) Etapa de pesagem das amostras. B) Amostra S-JAR-01-A antes do método de lavagem. C) Amostra S-JAR-01-A após lavagem. D) Etapa de secagem ao ar livre das amostras utilizando bandejas de metal e plástico.



Figura 9: A) Etapa de quartamento da amostra S-JAR-01-A. B) Alíquota de 1 kg de amostra separada após etapa anterior. C) Etapa de peneiramento. D) Resultado da classificação granulométrica.

Com o intuito de realizar a caracterização mineralógica dos minerais detríticos pesados, as amostras S-CEN-01-B, S-JAR-01-B, S-ITA-01-B, S-JAC-01-B, e S-BAC-01-B foram submetidas ao processo de bateamento no Laboratório de Amostras Geológicas da UFRJ – LAG (Figura 10), e secaram em estufa a 45° C. Após essa etapa, foram utilizados um ímã comum, para separação da magnetita, bem como um ímã que corresponde susceptibilidade a 0,3A para separar a ilmenita e outros minerais atraídos na faixa mencionada. Com essa preparação, foi ainda utilizada uma peneira de 0.25 mm para separar os materiais mais finos e, por fim, foi possível descrever os minerais presentes em cada amostra e organizados nas Tabelas 5 e 6.

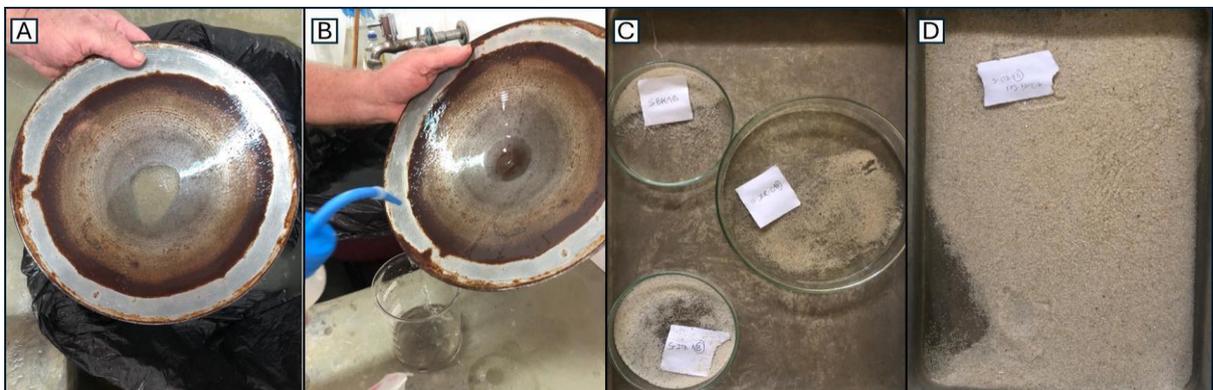


Figura 10: Etapa de bateamento das amostras A) Finalização do processo, onde se pode visualizar o concentrado da amostra bateada. B) Transferência da amostra para armazenamento em um béquer, antes de secar em estufa. C) Amostras bateadas e secas em estufa. D) Resíduo seco, após o bateamento.

5.3 Análise

A etapa de análise consistiu na observação de 1 kg das amostras dos pontos S-CEN-01, S-JAR-01, S-ITA-01, S-JAC-01 e S-BAC-01, nas profundidades A e B em suas frações 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.125 mm, 0.06 mm e menor que 0.06 mm. A Lupa Binocular Bel Photonics Stm Pro foi utilizada com o intuito de identificar a presença de microplásticos, além da caracterização mineralógica, morfoscópica e granulométrica dos minerais observados. As partículas plásticas encontradas foram acondicionadas em recipientes usados para acondicionar microfósseis, com tampas deslizantes de vidro, para armazenamento, contagem, classificação e análise em laboratório. Posteriormente as partículas segregadas foram fotografadas no Laboratório de Micropaleontologia Aplicada - MicrA.

6. RESULTADOS

6.1 Descrição dos Pontos

6.1.1. S-CEN-01 - LAGUNA DE SAQUAREMA, PRÓXIMA À PRAÇA DO BEM-ESTAR, BAIRRO CENTRO. COORDENADAS UTM: 23K E:756730; N:7462041.

Ponto selecionado com base na observação de aves residentes como Piru-Piru e migratórias, como Maçarico Branco, oriundo do Ártico. Foi possível também identificar pontos de interesse geomorfológicos mais distantes, como a Ilha do Gato e paleofalésias em coloração avermelhada. Observa-se, ainda, um significativo interesse econômico na atividade pesqueira local (Figura 11). O ponto em mapa descreve depósitos litorâneos Neogênicos, representado por sedimentos marinhos e lagunares, consistindo em areia com conchas marinhas, argila e silte ricos em matéria orgânica.

Durante o processo de coleta de dados, foram identificados, fotografados e recolhidos uma variedade de plásticos de origem local, além de uma rede de pesca, descartada de forma imprópria e prejudicial ao ecossistema lagunar (Figura 12).



Figura 11: A) Laguna de Saquarema e Piru-Piru ao fundo. B) Atividade pesqueira e gaivotas. C) Observação da Ilha do Gato e da atividade pesqueira local. D) Amostra S-CEN-01-B coletada em balde graduado, atingindo um volume de 5 litros.



Figura 12: A) Tampa e estrela de plástico, caranguejo ao fundo. B) Sacolas e copos plásticos, bem como embalagens de vidro descartadas em gramado. C) Fragmento de conchas e embalagem plástica. D) Rede de pesca retirada no momento da coleta da amostra.

6.1.2. S-JAR-01 - ÁREA PRIVADA, BAIRRO JARDIM. COORDENADAS UTM: 23K E: 753234; N:7465295.

O ponto está localizado em uma área privada no Bairro Jardim, com acesso pela Av. José Estima Filho, nas proximidades de um campo de futebol. A coleta de amostras foi realizada na foz do Rio Seco, onde se destaca uma área reflorestada de manguezal. O solo apresenta uma coloração escura, com predomínio de fração argilosa na superfície, tornando-se avermelhado a partir de 10 centímetros de profundidade e adquirindo uma tonalidade acinzentada a partir dos 30 centímetros (Figura 13A). No mapa, o ponto coincide com depósitos de pântanos e mangue, em que são descritas argila, turfa, silte, sedimento siliciclástico e lama.

No local selecionado, foi possível observar aves residentes, como Quero-Quero, Bem-te-Vi, Gavião-Caboclo (Figura 13), Maguari, além da presença de siris nas imediações da margem do rio, evidenciando o potencial para atividades pesqueiras, uma vez que pescadores se encontravam no local pescando com vara. No entanto, constatou-se a ausência de cuidados ambientais na região, resultando no descarte inadequado de dejetos e diversos tipos de plásticos, o que pode comprometer a preservação e a sustentabilidade do ecossistema local (Figura 14).

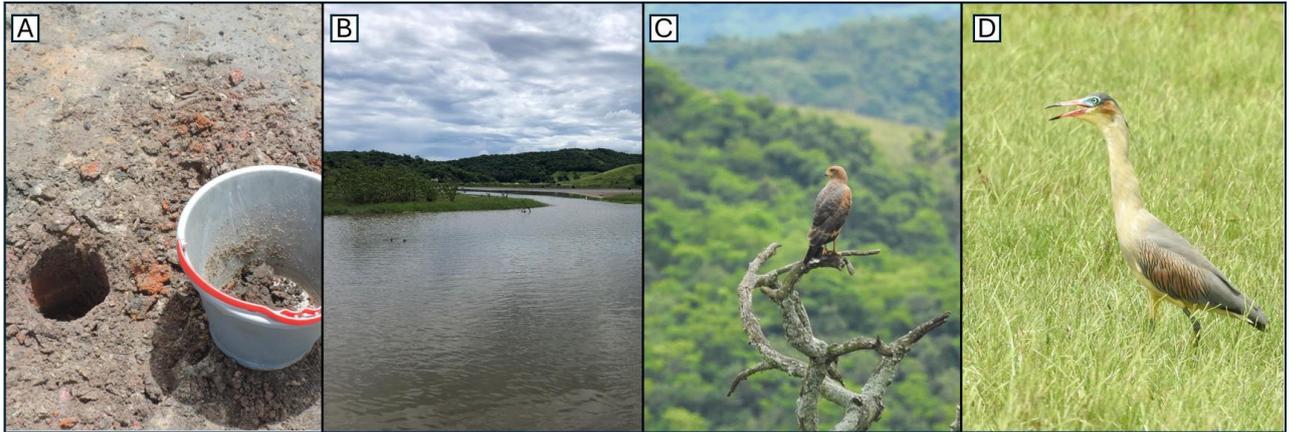


Figura 13: A) Amostra S-JAR-01-B coletada em balde. B) Visão da foz do rio. C) Gavião-caboclo (*Heterospizias meridionalis*). D) Maria-faceira (*Syrigma sibilatrix*).



Figura 14: Registro da poluição no ponto do bairro de Jardim. A) Garrafa PET. B) Lata de alumínio. C) Fragmento de plástico azul. D) Embalagem de bebida em plástico.

6.1.2. S-JAR-02: AFLORAMENTO EM BEIRA DE ESTRADA, BAIRRO JARDIM. COORDENADAS UTM: 23K E: 753577; N:7464368.

Ponto de observação que é constituído em quatro afloramentos próximos à Av. José Estima Filho. A rocha descrita é um Biotita-Granada-Sillimanita gnaiss migmatítico, dobrado e com presença de veios de quartzo com espessura de até 4 centímetros (Figura 15). Foram recolhidas medidas de foliação ($210^{\circ}/74^{\circ}$) e plano axial da dobra ($20^{\circ}/65^{\circ}$). No mapa, o ponto coincide com o Grupo Búzios-Palmital, em que são descritas afloramentos de gnaisses do Neoproterozoico, com intercalações de rochas calcissilicáticas bandadas, granada anfíbolitos,

clinopiroxênio-granada anfibolito e granada quartzito.

Adicionalmente, foi possível observar uma grande quantidade de siris ao redor da rocha e próximos ao leito do rio, além de aves residentes, como Quero-Quero, Pernilongo, Maçarico e Maguari.

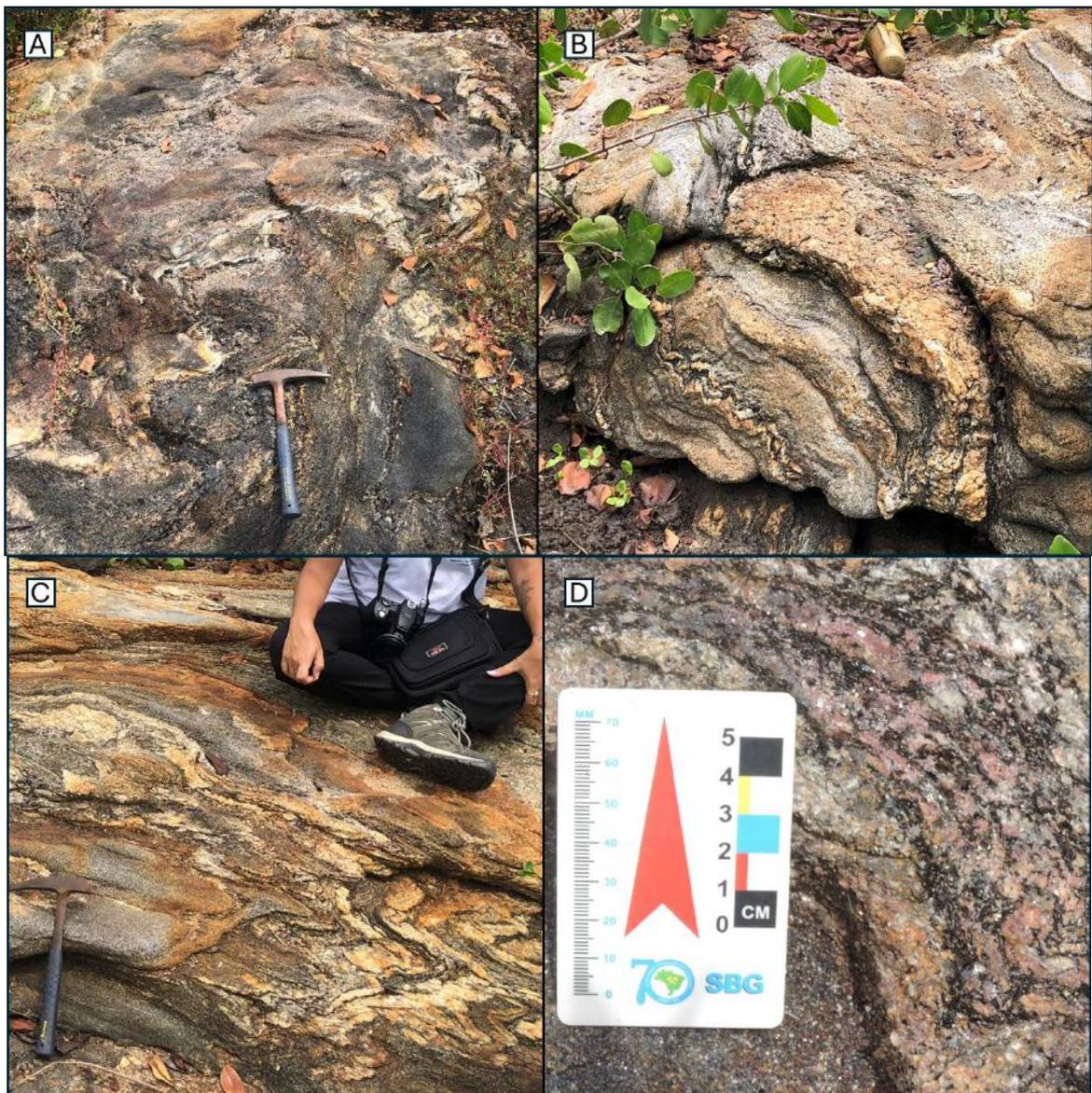


Figura 15: A) Biotita-Granada-Sillimanita gnaiss em afloramento visto de cima. B) Vista lateral da rocha, com bandamento e veios de quartzo dobrados. C) Veios de quartzo redobrados. D) Grãos de biotita, granada, quartzo e sillimanita seguindo a foliação.

6.1.3. ITA-01: PRAIA DE ITAÚNA – POINT BANDEIRA AZUL, ITAÚNA.
COORDENADAS UTM: 23K E: 758987; N:7461155.

Este ponto de coleta está localizado na Praia de Itaúna, reconhecida pela certificação internacional Bandeira Azul, denotando sua qualidade ambiental. A área é também um destino turístico internacionalmente reconhecido, devido às competições internacionais de surf, com destaque para a etapa do Campeonato Mundial da WSL - World Surf League, o que ressalta sua importância socioeconômica e ecológica.

No entanto, sua areia de coloração predominantemente branca e bem selecionada, evidenciou a presença significativa de plásticos, expondo uma preocupação ambiental em relação à contaminação constante por resíduos antropogênicos (Figura 17). No mapa, o ponto descreve depósitos litorâneos Neogênicos, representado por sedimentos marinhos, consistindo em areia com conchas marinhas (Figuras 16). Além disso, é possível observar uma comunidade diversificada de aves residentes, que coabitam o ambiente com os detritos.



Figura 16: A) Vista da Praia de Itaúna. B) Areia da Praia de Itaúna e gaivotas. C) Amostra S-ITA-01-A coletada em balde.



Figura 17: Registro da poluição no ponto da praia de Itaúna, coabitando os registros das atividades das aves. A) Fragmento da tampa de plástico. B) Embalagem de plástico. C) Garrafa de plástico. D) Fragmento de plástico azul.

6.1.4. S-JAC-01: LAGOA DE JACAREPIÁ, VILATUR. COORDENADAS UTM: 23K E: 764199; N:7462979.

O ponto, localizado na Lagoa de Jacarepiá, denota a presença de uma lagoa de água doce inserida em uma microbacia fechada no bairro de Vilatur. A lagoa foi formada há cerca de 10 mil anos devido à ascensão e regressão do nível do mar (KJERFVE, 1994), e possui fauna e flora únicas devido à ausência de salinidade, ao contrário das lagoas salinas adjacentes. A Lagoa de Jacarepiá, que está inserida no Parque Estadual da Costa do Sol (PECS), sofreu com a poluição em decorrência da ocupação urbana desordenada em seu entorno. No mapa, assim como o ponto S-JAR-01, Lagoa de Jacarepiá está situada em depósitos Cenozoicos de pântanos e manguezais, compostos por argila, turfa, silte, sedimentos siliciclásticos e lama, e próximo ao Complexo Região do Lagos.

Próximo à margem, foram coletadas amostras A e B, sendo que a segunda amostra apresentou dificuldades de coleta devido ao fato de ter atingido o lençol freático, impossibilitando a coleta abaixo dos 30 centímetros de profundidade. À medida que foram coletadas amostras em profundidades maiores, a partir de 10 centímetros, observou-se uma alteração na coloração das amostras, passando de cinza para cinza escuro, com uma granulometria mais fina (Figura 18). A área também apresenta evidências de descarte inadequado de plásticos, latas e garrafas, associado ao uso recreativo e turístico da região

(Figura 19).



Figura 18: A) Vista da lagoa de Jacarepiá. B) Cinco litros de amostra S-JAC-01-A coletada em balde.



Figura 19: Registro da poluição no ponto da Lagoa de Jacarepiá. A) Embalagem de alumínio. B) Fragmento de filamento de plástico. C) Canudo e embalagem de plástico. D) Embalagem de alimentos.

6.1.5. S-BAC-01: MANGUE EM PORTO DA ROÇA, BACAXÁ. COORDENADAS UTM: 23K E: 758233; N:7464464.

Este ponto de coleta está situado em um mangue localizado em Porto da Roça, no bairro de Bacaxá (Figura 20, A-D). A amostra coletada exibiu uma ampla variedade de granulometria e coloração. Foram observadas tonalidades amarelas, rosadas, laranja avermelhadas e

translúcidas, presentes em todas as frações granulométricas analisadas. No mapa, o ponto está inserido próximo à interseção do Complexo Região dos Lagos (Paleoproterozóico), com a presença de metagranitos e metagranodioritos, e depósitos Cenozoicos de pântanos e manguezais, combinando características de ambos. O local apresenta uma considerável acumulação e descarte de lixo, trazidos pelo rio, englobando plásticos, vidros em uma variedade de materiais e objetos como gaiolas, caixotes e redes, enfatizando a necessidade de implementação de estratégias eficazes de gestão ambiental (Figura 21, A-D), visando a conservação da qualidade da água e a integridade do ecossistema manguezal. Apesar da marcante presença de detritos, é possível identificar uma notável diversidade biológica neste ambiente, como aves e uma considerável população de siris e caranguejos. A persistência da atividade pesqueira na região ressalta ainda mais a relevância socioeconômica do manguezal, apesar das ameaças ambientais perceptíveis.



Figura 20: A) Vista do ponto do Mangue em Porto da Roça, Bacaxá. B) Embarcações, poluição por pallets, plásticos, linhas de pesca e fragmentos de isopor. C) Amostra S-BAC-01-A coletada em balde. D) Caranguejo Aratu-vermelho (*Goniopsis cruentata*).



Figura 21: Registro da poluição no ponto do Mangue em Porto da Roça, Bacaxá. A) Fragmentos de sacolas plásticas, garrafas PET, chinelo de borracha e cano PVC. B) Coberta de pano. C) Brinquedo de plástico. D) Gaiola de madeira e fragmentos de pneu de borracha em solo com gretas de ressecamento.

6.2. Descrição granulométrica das amostras

A classificação granulométrica das amostras de areia forneceu uma visão detalhada sobre a distribuição entre as frações das peneiras selecionadas, destacando diferenças significativas na uniformidade e na concentração de partículas finas e grossas, auxiliando na identificação de padrões entre elas (Tabela 3 e Tabela 4).

A amostra S-JAC-1A destacou-se como aquela que possui uma granulometria concentrada quase que exclusivamente em uma única fração entre todas as analisadas. O índice de seleção é de 0,38, sendo considerada bem selecionada. Em contrapartida, a amostra S-CEN-1A revelou a maior variabilidade nas massas entre as diferentes granulometrias, como valor de seu índice de seleção em 1,36, classificando-se como moderadamente selecionada, com maiores variações na quantidade de partículas em diferentes tamanhos (Figura 22). A segunda maior variabilidade foi encontrada no mesmo ponto, mas em diferente profundidade. Em S-CEN-1B o índice de seleção foi de 1,31, também classificando-se como moderadamente selecionada (Figura 23).

Além disso, as amostras do bairro de Jardim, S-JAR-1A (Figura 24) e S-JAR-1B (Figura 25), apresentaram índices de seleção de 1,29 e 1,13 respectivamente, classificando-se como moderadamente selecionadas. A mesma classificação foi concedida às amostras de Bacaxá, S-BAC-1A (Figura 30) e S-BAC-1B (Figura 31), as quais apresentaram índices de seleção de 0,97 e 1,03, respectivamente. Na Praia de Itaúna, as amostras S-ITA-1A e S-ITA-1B foram classificadas como moderadamente bem selecionadas, em que ambas apresentaram índices de seleção de 0,59 (Figura 26 e 27).

Em contraste, as amostras de Jacarepiá revelaram classificações distintas para cada profundidade. A amostra S-JAC-1A, classificada como bem selecionada com um índice de 0,38 (Figura 28), difere da amostra S-JAC-1B, que é moderadamente bem selecionada com um índice de 0,57 (Figura 29). Essa foi a única amostra em que identificou-se variação de grau de seleção em profundidade.

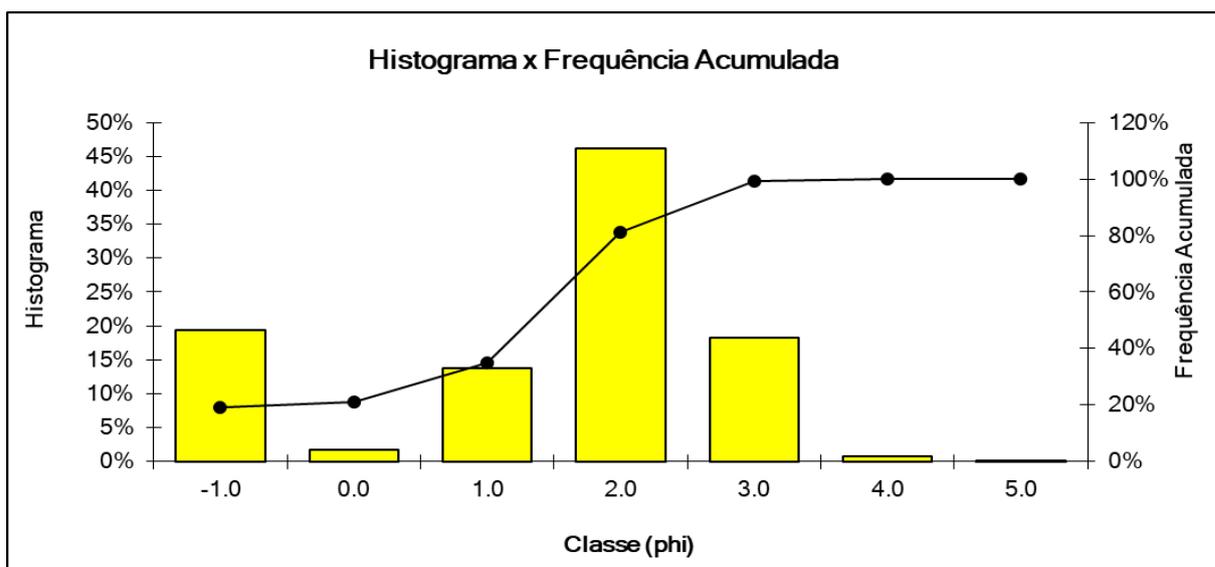


Figura 22: O gráfico S-CEN-1A apresenta um índice de seleção de 1,36, indicando que está moderadamente selecionado, com a maior frequência observada na Classe 2.0.

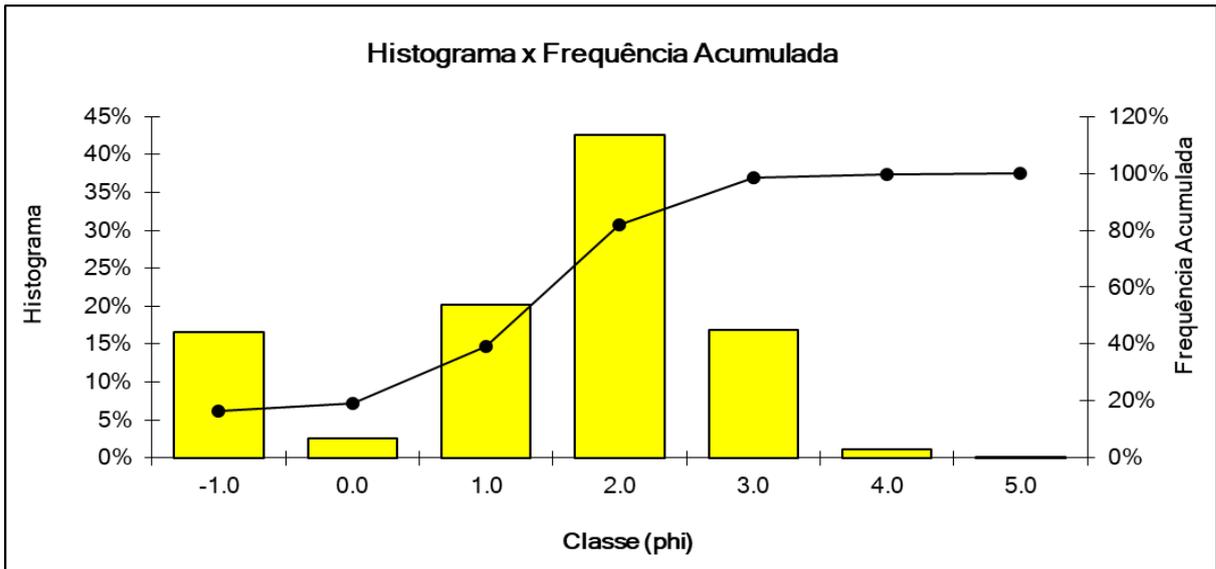


Figura 23: O gráfico S-CEN-1B apresenta um índice de seleção de 1,31, indicando que está moderadamente selecionado, com a maior frequência observada na Classe 2.0.

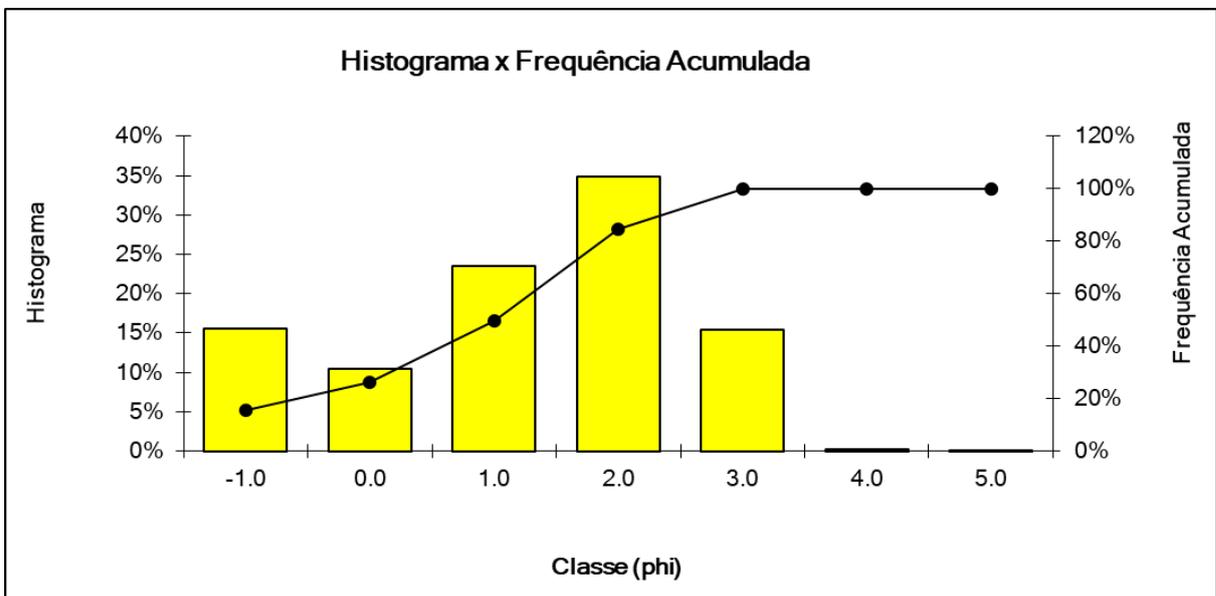


Figura 24: O gráfico S-JAR-1A apresenta um índice de seleção de 1,29, indicando que está moderadamente selecionado.

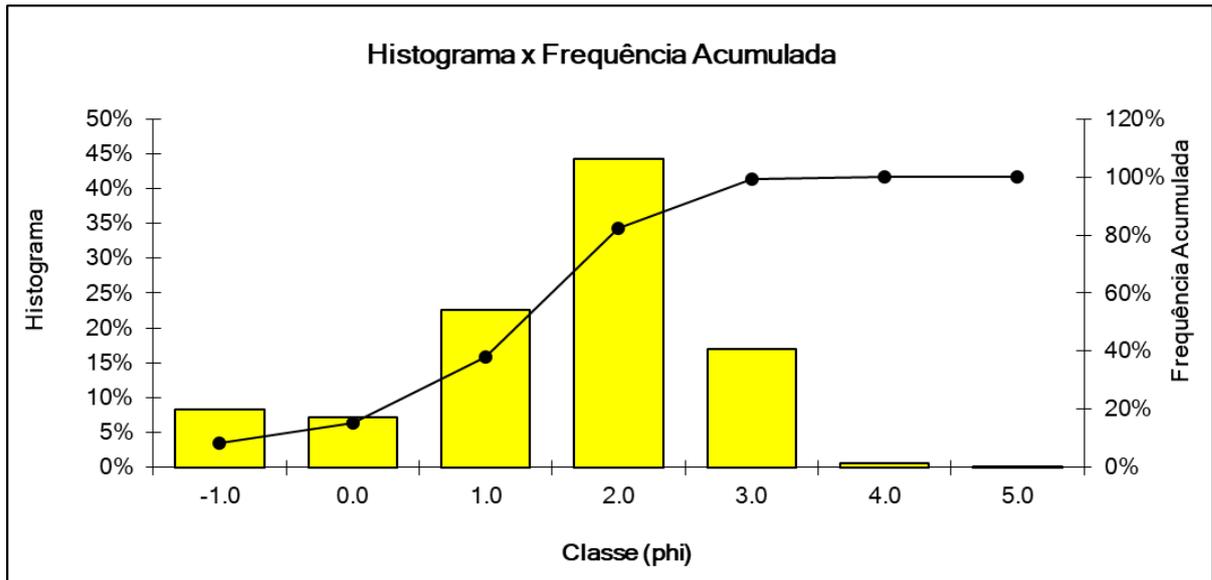


Figura 25: O gráfico S-JAR-1B apresenta um índice de seleção de 1,13, indicando que está moderadamente selecionado, com a maior freqüência observada na Classe 2.0.

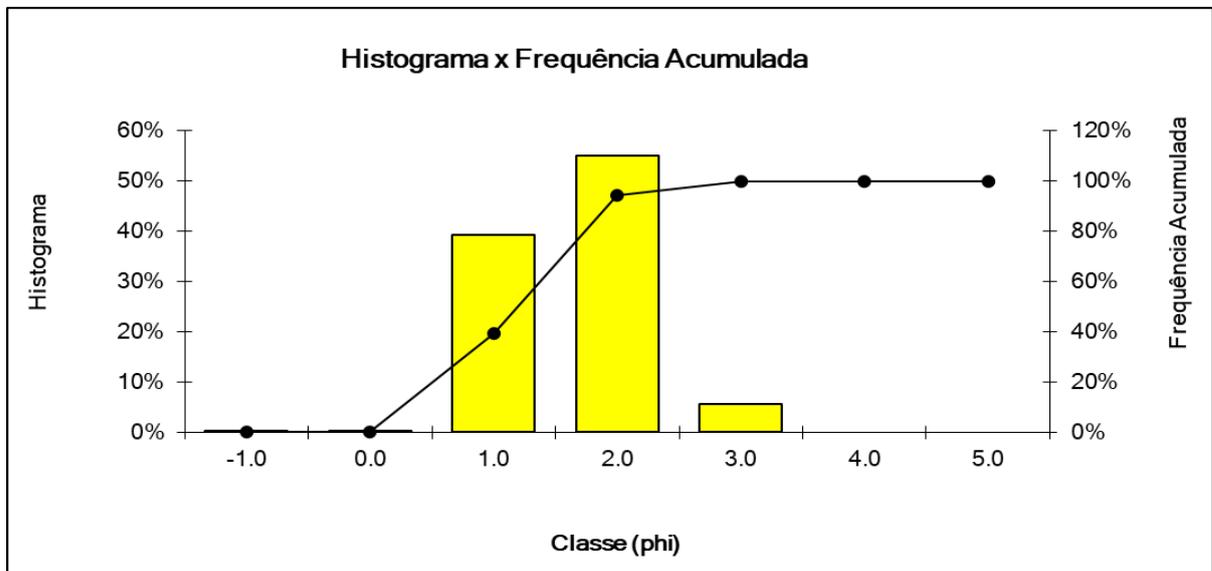


Figura 26: O gráfico S-ITA-1A apresenta um índice de seleção de 0,59, indicando que está moderadamente bem selecionado, com a maior freqüência observada na Classe 2.0.

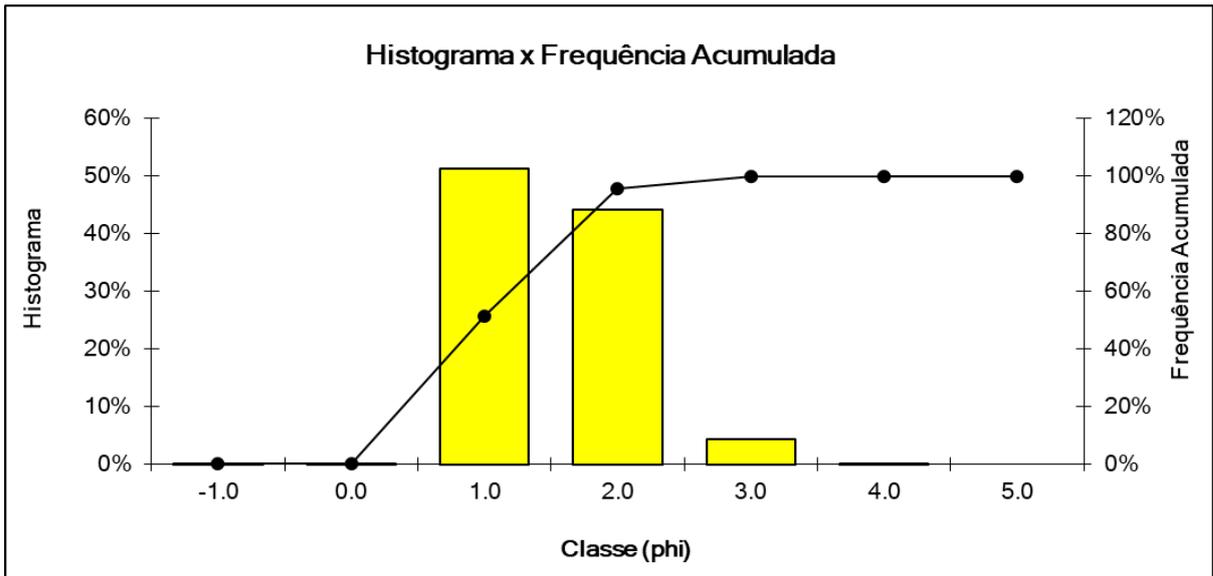


Figura 27: O gráfico S-ITA-1B apresenta um índice de seleção de 0,59, indicando que está moderadamente bem selecionado, com a maior frequência observada na Classe 1.0.

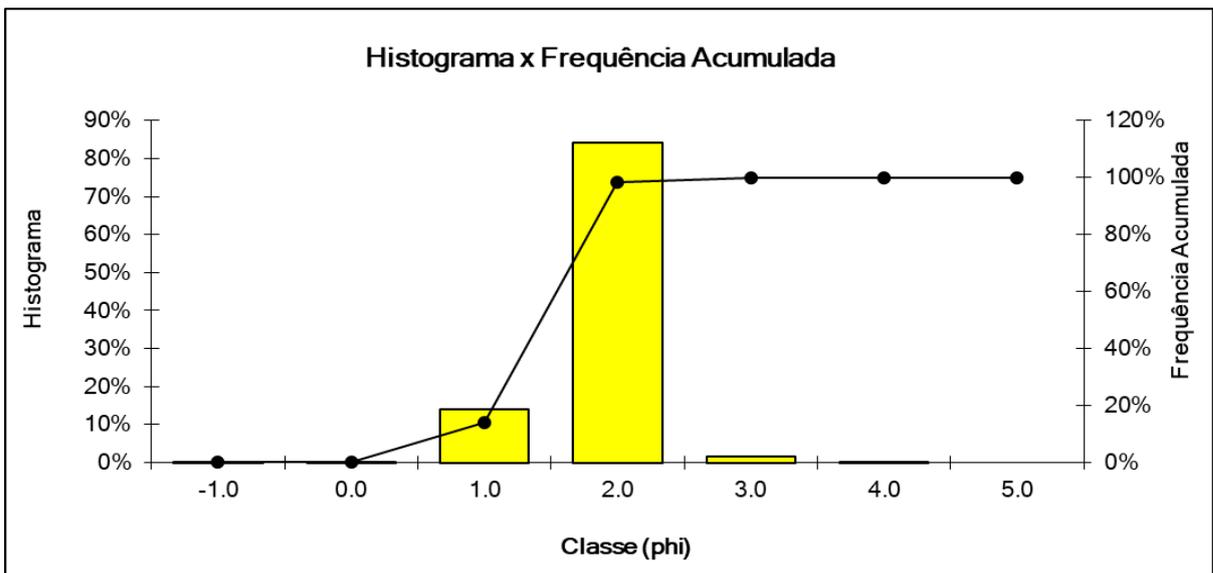


Figura 28: O gráfico S-JAC-1A apresenta um índice de seleção de 0,38, indicando que está bem selecionado, com a maior frequência observada na Classe 2.0.

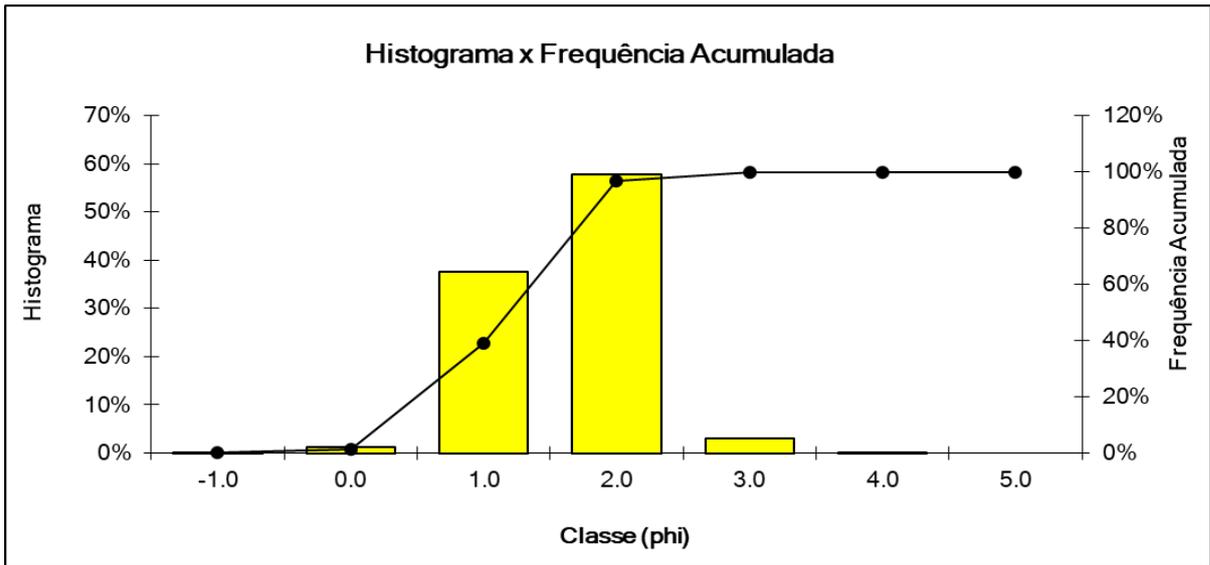


Figura 29: O gráfico S-JAC-1B apresenta um índice de seleção de 0,57, indicando que está moderadamente bem selecionado, com a maior frequência observada na Classe 2.0.

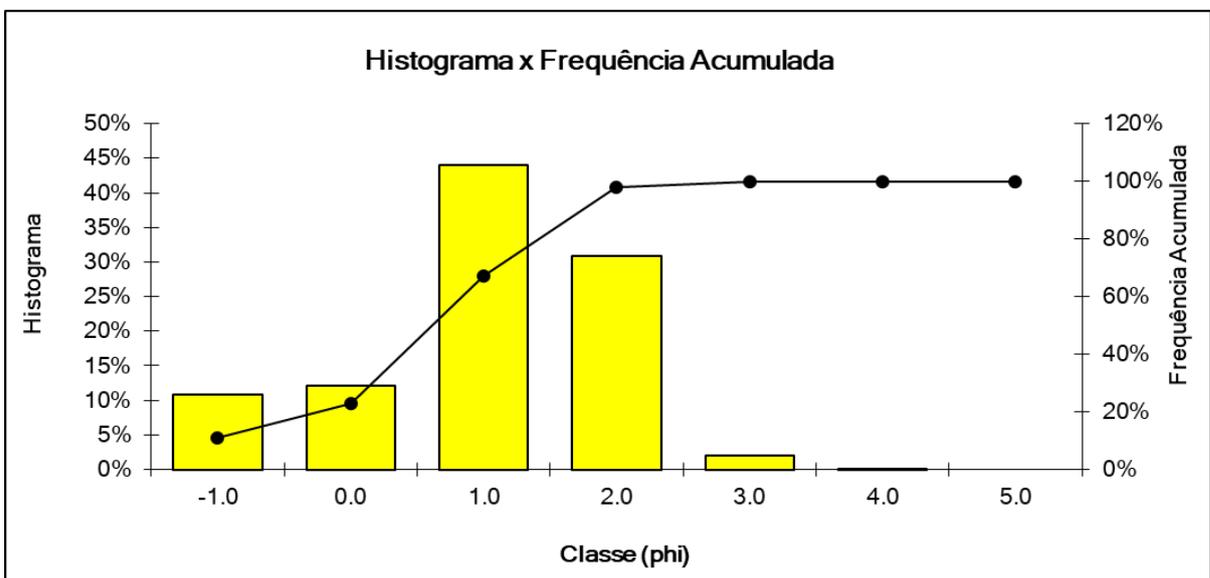


Figura 30: O gráfico S-BAC-1A apresenta um índice de seleção de 0,97, indicando que está moderadamente selecionado, com a maior frequência observada na Classe 1.0.

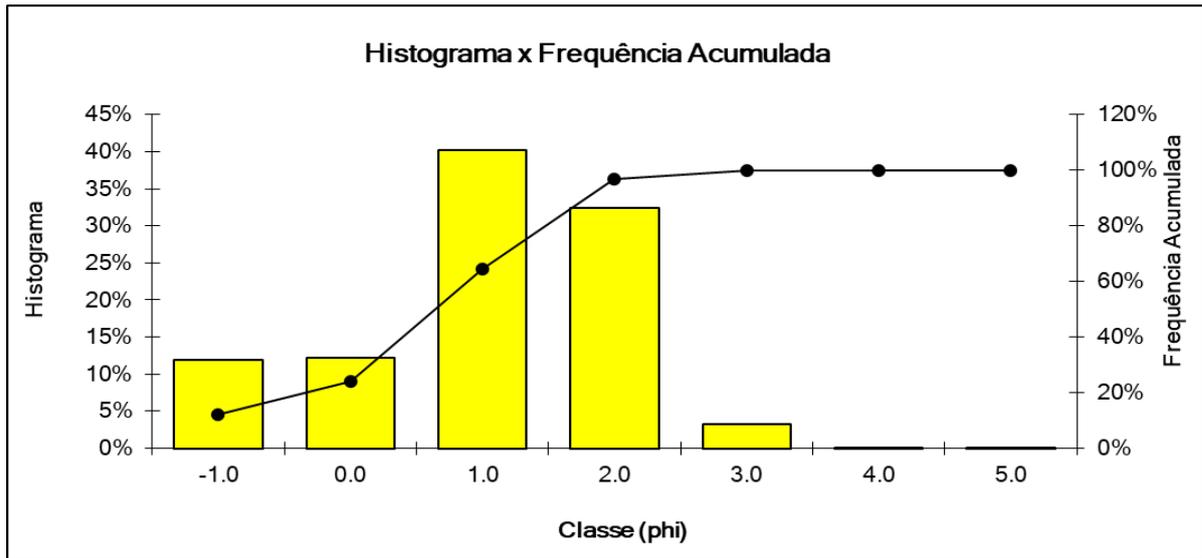


Figura 31: O gráfico S-BAC-1B apresenta um índice de seleção de 1,03, indicando que está moderadamente selecionado, com a maior frequência observada na Classe 1.0.

Tabela 3: Índice de seleção de cada amostra.

Código	Índice de Seleção	Descrição
S-CEN-1A	1,36	Moderadamente Selecionado
S-CEN-1B	1,31	Moderadamente Selecionado
S-JAR-1A	1,29	Moderadamente Selecionado
S-JAR-1B	1,13	Moderadamente Selecionado
S-ITA-1A	0,59	Moderadamente Bem Selecionado
S-ITA-1B	0,59	Moderadamente Bem Selecionado
S-JAC-1A	0,38	Bem Selecionado
S-JAC-1B	0,57	Moderadamente Bem Selecionado
S-BAC-1A	0,97	Moderadamente Selecionado
S-BAC-1B	1,03	Moderadamente Selecionado

Em relação à concentração de partículas finas, a amostra S-CEN-1A apresentou a maior concentração, especialmente nas granulometrias de 0,06 mm e < 0,06 mm. A alta massa de partículas finas, particularmente um valor de 7,542 g para a granulometria de 0,06 mm, indica uma predominância de partículas de menores frações nesta amostra.

Finalmente, a amostra S-JAR-1A foi identificada como tendo a maior concentração de partículas de maior granulometria, especificamente nas frações de 2 mm e 1 mm. Com massas de 160 g para a granulometria de 2 mm e 108 g para a granulometria de 1 mm, S-JAR-1A apresenta uma predominância clara de frações 1mm e 2mm, sugerindo um material mais grosso.

Tabela 4: Registro de pesagem após a separação granulométrica das frações selecionadas.

Granulometria	Amostras									
	S-CEN-1A	S-CEN-1B	S-JAR-1A	S-JAR-1B	S-ITA-1A	S-ITA-1B	S-JAC-1A	S-JAC-1B	S-BAC-1A	S-BAC-1B
2mm	204 g	170 g	160 g	13.957 g	0.219 g	0.290 g	0.102 g	0.647 g	110 g	110 g
1mm	18 g	26 g	108 g	12.191 g	0.192 g	0.288 g	0.386 g	12.490 g	126 g	112 g
0,5 mm	146 g	208 g	242 g	37.979 g	164 g	190 g	144 g	384 g	444 g	370 g
0,25 mm	488 g	438 g	358 g	74.677 g	230 g	164 g	858 g	590 g	312 g	298 g
0,125 mm	192 g	174 g	158 g	28.533 g	24 g	16 g	16 g	16 g	20 g	30 g
0,06 mm	7.542 g	12 g	2.140 g	1.121 g	-	0.078 g	0.311 g	0.165 g	0.134 g	0.330 g
< 0,06 mm	0.503 g	1.865 g	0.320 g	0.054 g	-	-	-	0.500 g	-	0.112g

A análise morfooscópica das amostras de areias em cada ponto foi realizada através da observação na lupa e conferência na escala de esfericidade e arredondamento dos sedimentos (Figura 32) de Powers (1953). A análise focada nos grãos de quartzo, revelou variações significativas na forma, esfericidade e tamanho dos grãos entre os diferentes locais estudados. Essas variações fornecem informações valiosas sobre os processos sedimentares e as condições ambientais de cada área (Tabela 5).

Todas as amostras analisadas apresentaram quartzo incolor, exceto as amostras S-JAR-01-A e S-JAR-01-B, que exibiram quartzo com tonalidade acinzentada. Em resumo, as amostras S-CEN-01-A e S-CEN-01-B mostram uma predominância de quartzo arredondado com alta esfericidade nas frações menores (Figura 35 e 36). As amostras S-JAR-01-A e S-JAR-01-B apresentam, nas figuras 41 e 42, quartzo angular a sub angular com baixa esfericidade em todas as frações. É possível observar nas figuras 37 e 38, respectivamente, as amostras S-ITA-01-A e S-ITA-01-B com quartzo muito arredondado com esfericidade variando de média a alta nas frações menores. As amostras S-JAC-01-A e S-JAC-01-B exibem nas imagens 39 e 40, uma variedade de formas de quartzo, desde sub angular até arredondado, com média

esfericidade. Por fim, é possível observar nas figuras 33 e 34, respectivamente, que as amostras S-BAC-01-A e S-BAC-01-B possuem quartzo predominantemente angular a sub angular, com esfericidade variando de baixa a média. Vale destacar que as amostras das profundidades A e B foram descritas com a presença de quartzo e outros materiais predominantes nas frações granulométricas de maneira bastante similar, permitindo observar suas semelhanças (Tabela 5).

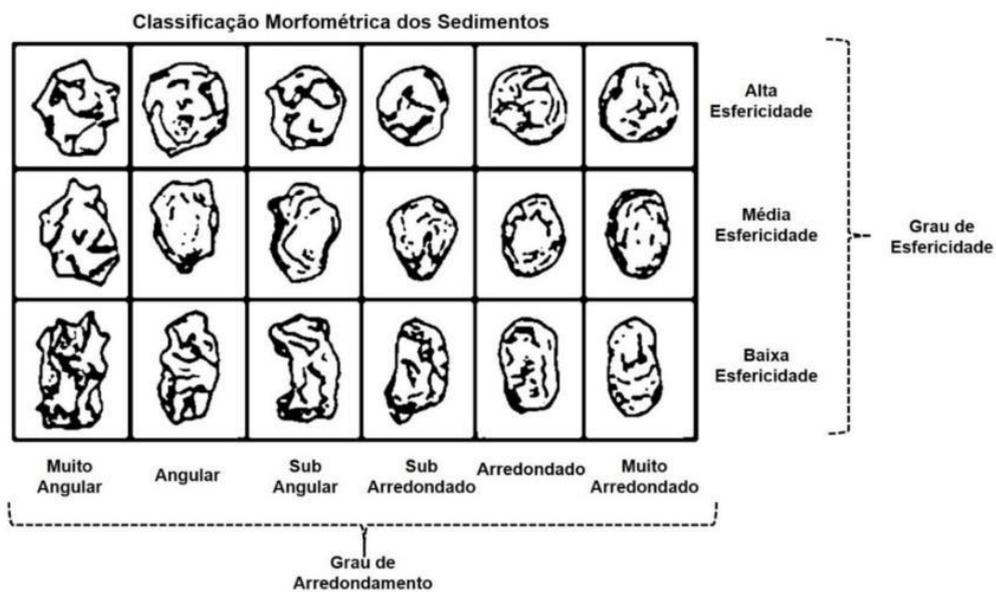


Figura 32: Escala de esfericidade e arredondamento dos sedimentos. Adaptada de Powers (1953).

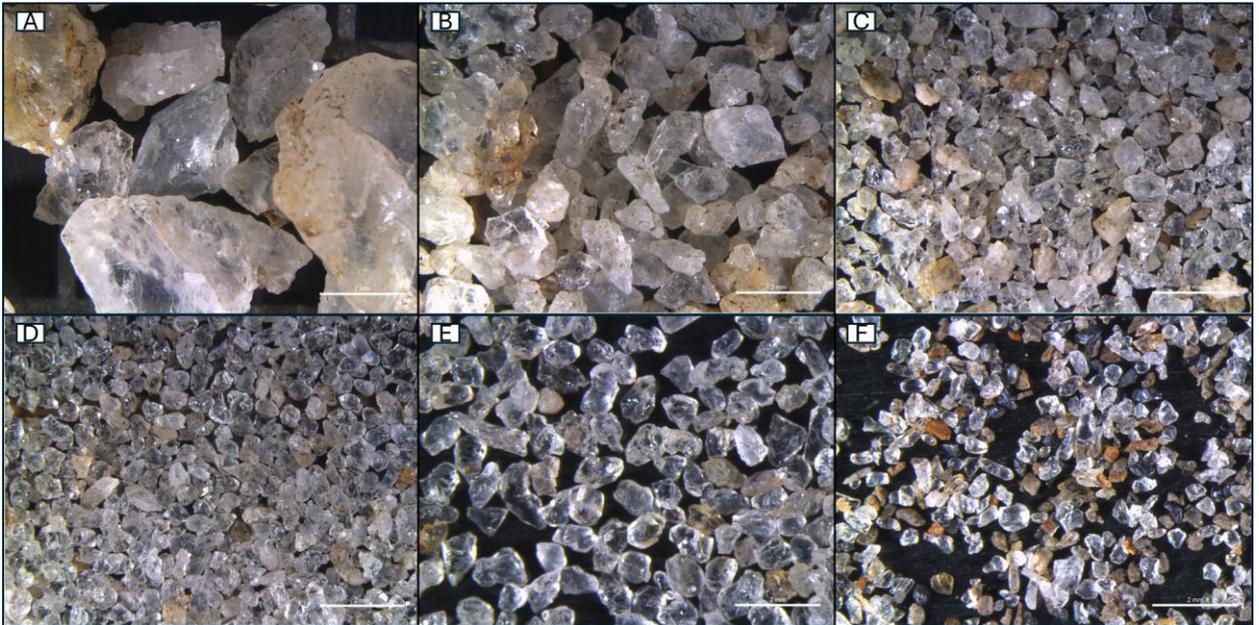


Figura 33: Frações granulométricas da amostra S-BAC-01-A vistas em lupa binocular. A) S-BAC-01-A 2mm. B) S-BAC-01-A 1mm. C) S-BAC-01-A 0,5 mm. D) S-BAC-01-A 0,250mm. E) S-BAC-01-A 0,125mm. F) S-BAC-01-A 0,06 mm.

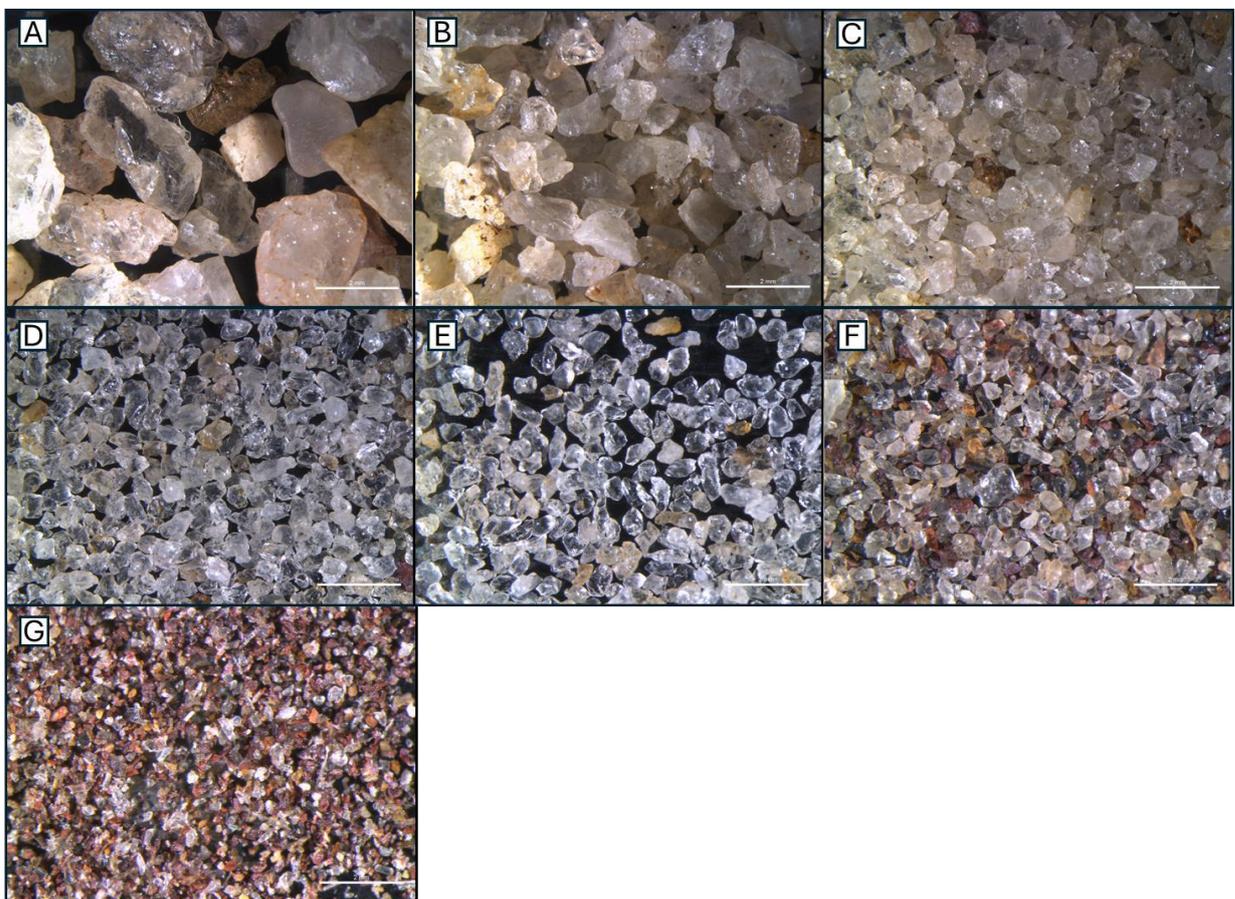


Figura 34: Frações granulométricas da amostra S-BAC-01-B vistas em lupa binocular. A) S-BAC-01-B 2mm. B) S-BAC-01-B 1mm. C) S-BAC-01-B 0,5 mm. D) S-BAC-01-B 0,250mm. E) S-BAC-01-B 0,125mm. F) S-BAC-01-B 0,06 mm. F) S-BAC-01-B menor que 0,06 mm.

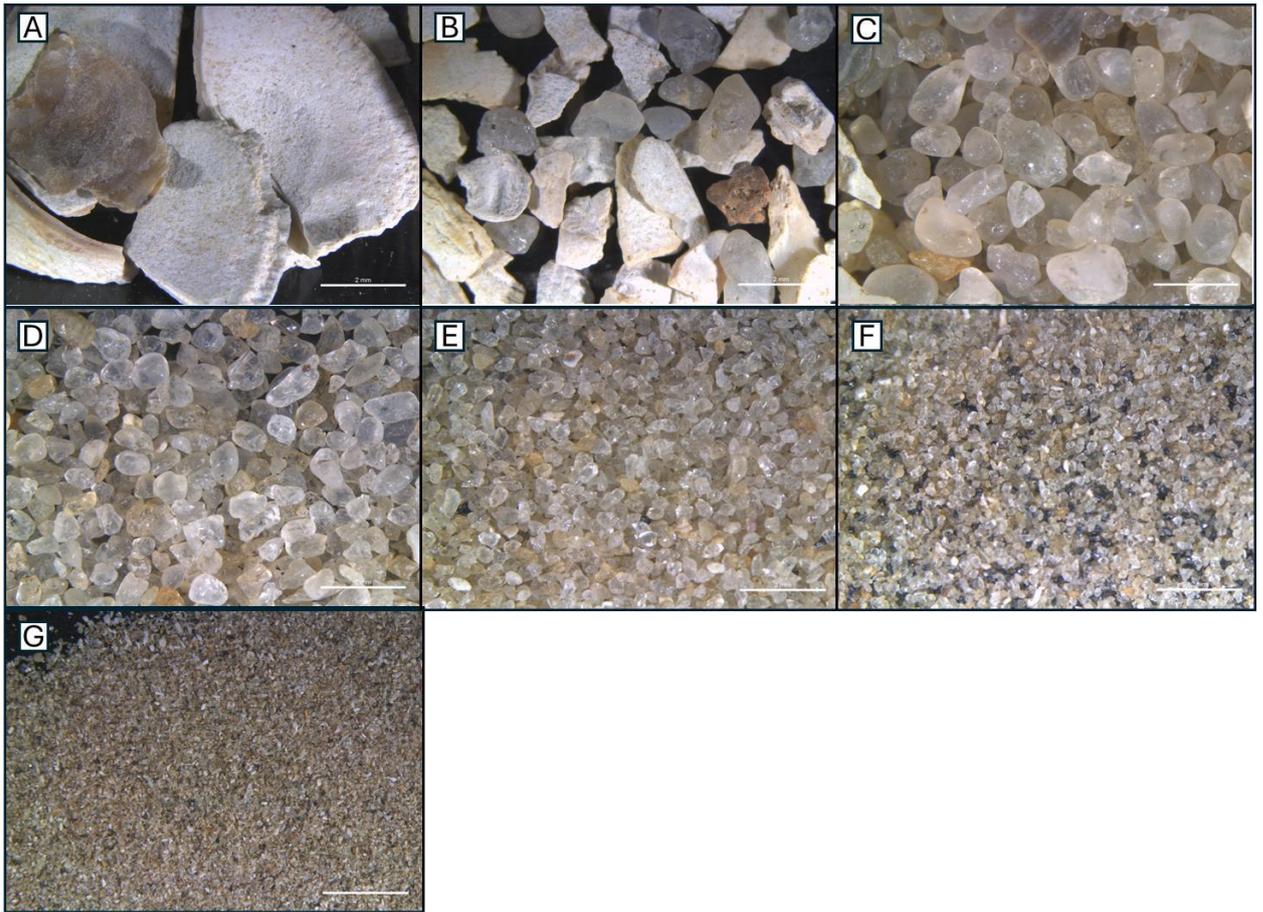


Figura 35: Frações granulométricas da amostra S-CEN-01-A vistas em lupa binocular. A) S-CEN-1-A 2mm. B) S-CEN-1-A 1mm. C) S-CEN-1-A 0,5 mm. D) S-CEN-1-A 0,250mm. E) S-CEN-1-A 0,125mm. F) S-CEN-1-A 0,06 mm. F) S-CEN-1-A menor que 0,06 mm.

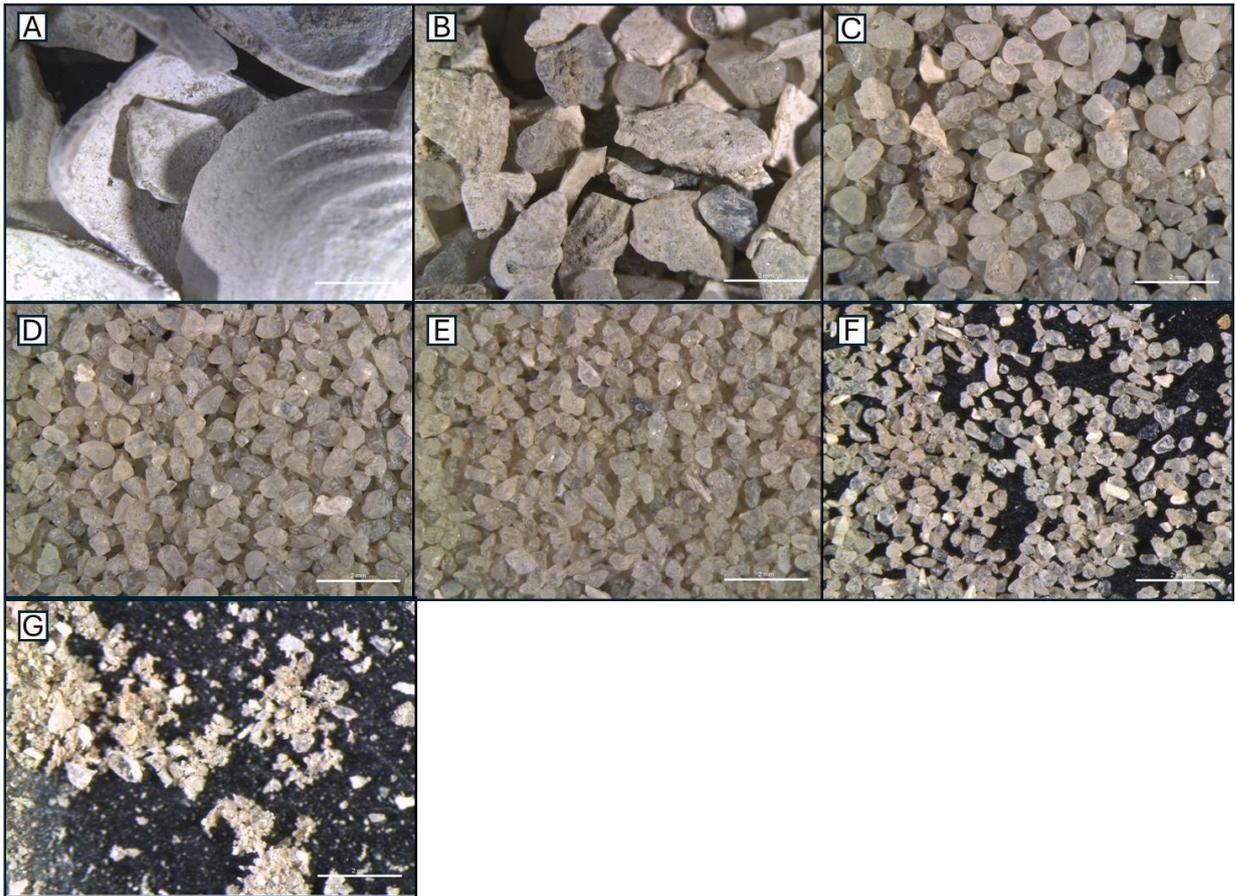


Figura 36: Frações granulométricas da amostra S-CEN-01-B vistas em lupa binocular. A) S-CEN-1-B 2mm. B) S-CEN-1-B 1mm. C) S-CEN-1-B 0,5 mm. D) S-CEN-1-B 0,250mm. E) S-CEN-1-B 0,125mm. F) S-CEN-1-B 0,06 mm. F) S-CEN-1-B menor que 0,06 mm.

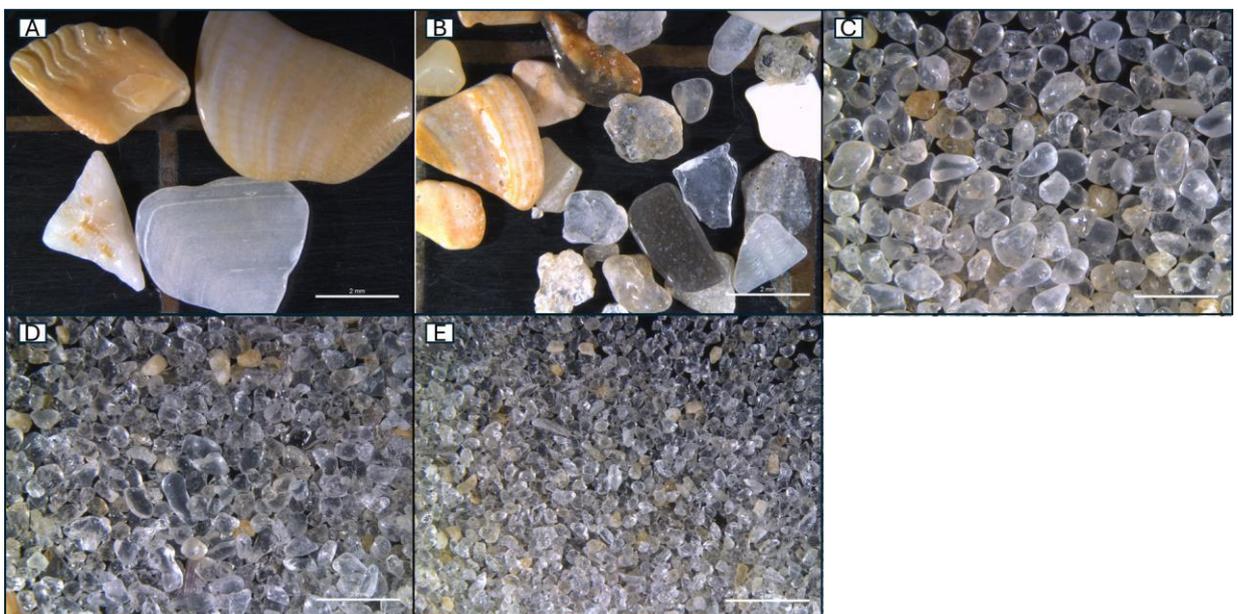


Figura 37: Frações granulométricas da amostra S-ITA-01-A vistas em lupa binocular. A) S-ITA-01-A 2mm. B) S-ITA-01-A 1mm. C) S-ITA-01-A 0,5 mm. D) S-ITA-01-A 0,250mm. E) S-ITA-01-A 0,125mm.

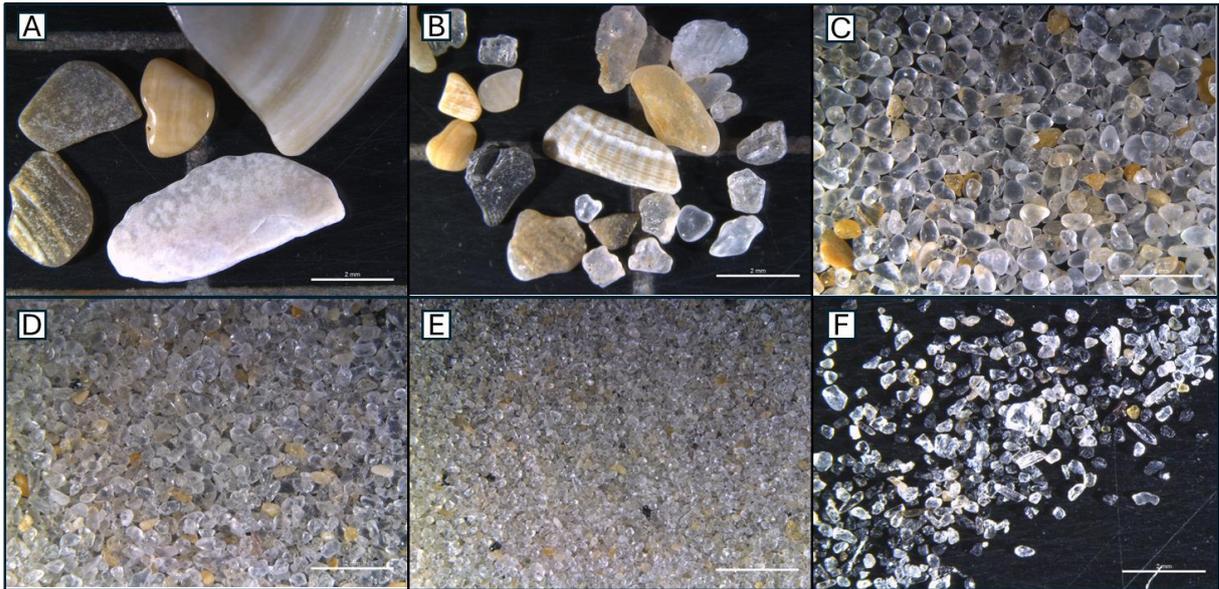


Figura 38: Frações granulométricas da amostra S-ITA-01-B vistas em lupa binocular. A) S-ITA-01-B 2mm. B) S-ITA-01-B 1mm. C) S-ITA-01-B 0,5 mm. D) S-ITA-01-B 0,250mm. E) S-ITA-01-B 0,125mm. F) S-ITA-01-B 0,06 mm. G) S-ITA-01-B menor que 0,06 mm.

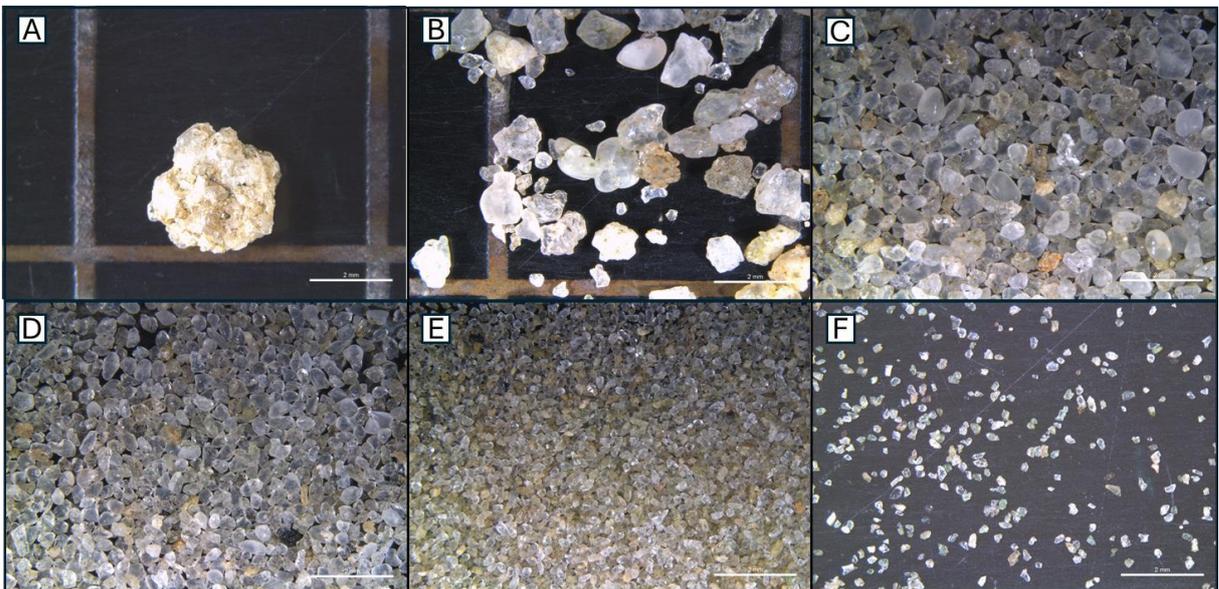


Figura 39: Frações granulométricas da amostra S-JAC-01-A vistas em lupa binocular. A) S-JAC-01-A 2mm. B) S-JAC-01-A 1mm. C) S-JAC-01-A 0,5 mm. D) S-JAC-01-A 0,250mm. E) S-JAC-01-A 0,125mm. F) S-JAC-01-A 0,06 mm. G) S-JAC-01-A menor que 0,06 mm.

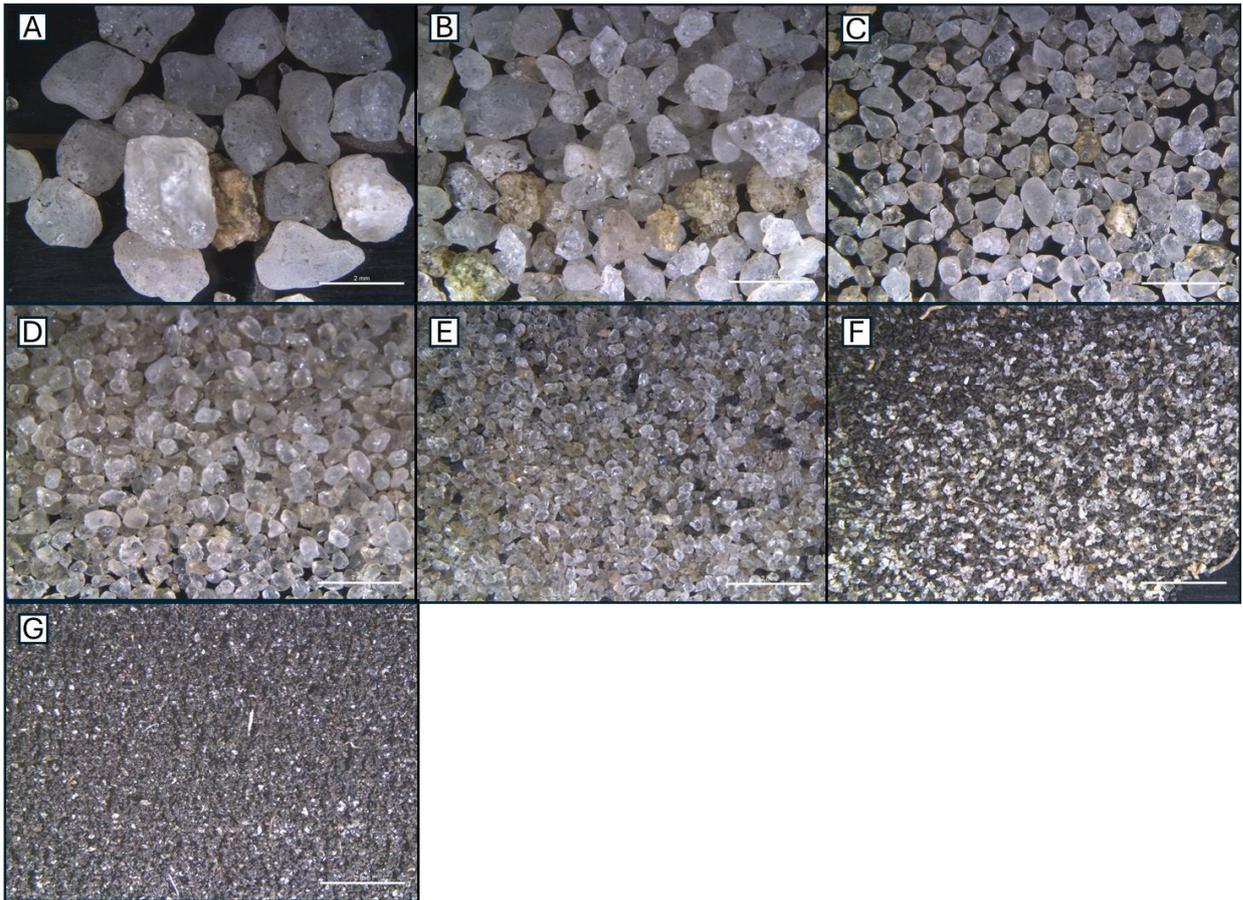


Figura 40: Frações granulométricas da amostra S-JAC-01-B vistas em lupa binocular. A) S-JAC-01-B 2mm. B) S-JAC-01-B 1mm. C) S-JAC-01-B 0,5 mm. D) S-JAC-01-B 0,250mm. E) S-JAC-01-B 0,125mm. F) S-JAC-01-B 0,06 mm. G) S-JAC-01-B menor que 0,06 mm.

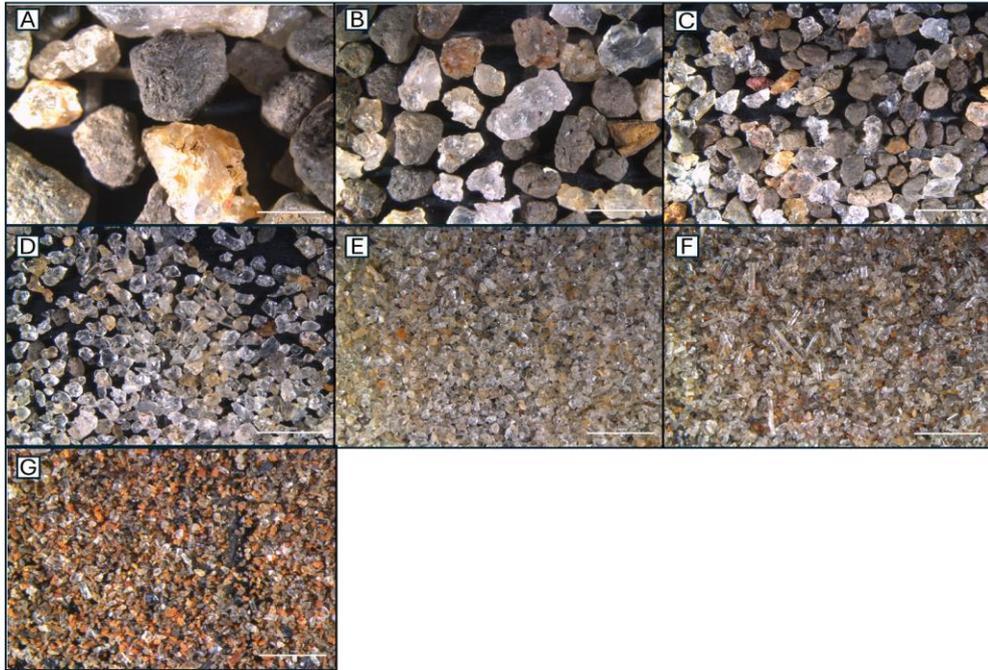


Figura 41: Frações granulométricas da amostra S-JAR-01-A vistas em lupa binocular. A) S-JAR-01-A 2mm. B) S-JAR-01-A 1mm. C) S-JAR-01-A 0,5 mm. D) S-JAR-01-A 0,250mm. E) S-JAR-01-A 0,125mm. F) S-JAR-01-A 0,06 mm. G) S-JAR-01-A menor que 0,06 mm.

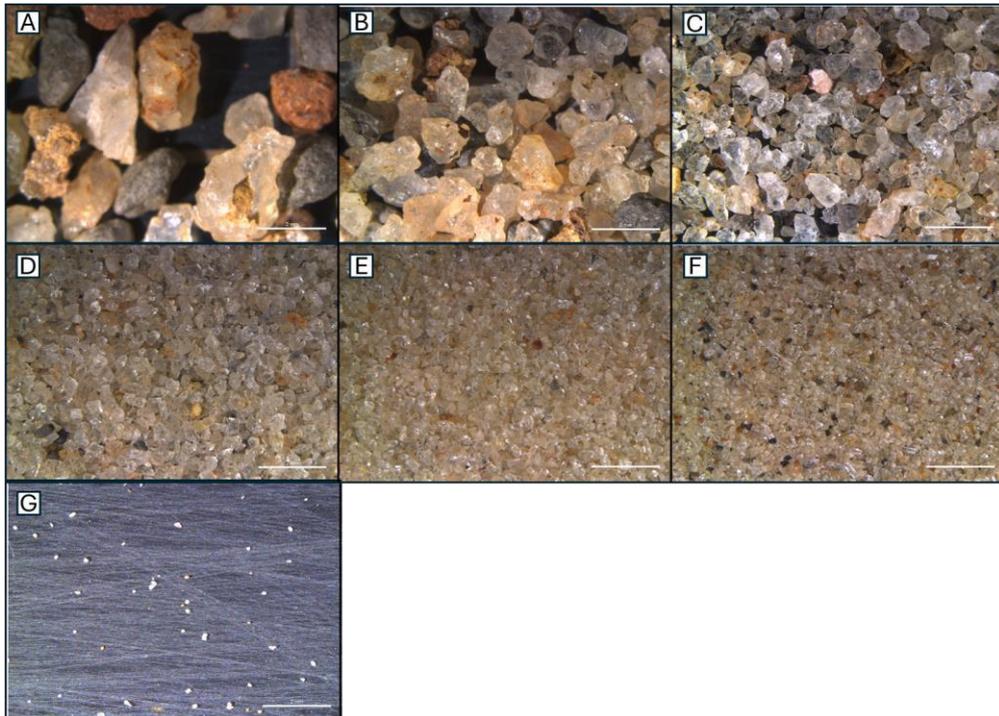


Figura 42: Frações granulométricas da amostra S-JAR-01-B vistas em lupa binocular. A) S-JAR-01-B 2mm. B) S-JAR-01-B 1mm. C) S-JAR-01-B 0,5 mm. D) S-JAR-01-B 0,250mm. E) S-JAR-01-B 0,125mm. F) S-JAR-01-B 0,06 mm. G) S-JAR-01-B menor que 0,06 mm.

Tabela 5: Registro de descrição de quartzo e outros materiais predominantes nas frações granulométricas das amostras estudadas de acordo com a observação em lupa e a classificação morfométrica dos sedimentos de Powers (1953).

Granulometria	Amostras									
	S-CEN-1A	S-CEN-1B	S-JAR-1A	S-JAR-1B	S-ITA-1A	S-ITA-1B	S-JAC-1A	S-JAC-1B	S-BAC-1A	S-BAC-1B
2mm	fragmentos de conchas	fragments de conchas	Fragmentos de rocha, fragmentos de conchas, agregados de argila, poucos quartzos angulosos e com baixa esfericidade	Fragmentos de rocha, poucos quartzos sub angulosos e com baixa esfericidade	Fragmento de conchas	Fragmento de conchas	Grãos de quartzo sub arredondados a arredondados com média esfericidade	Grãos de quartzo acinzentados sub angulares a sub arredondados com média esfericidade e fragmentos de galhos	quartzo incolor angular de baixa esfericidade	quartzo incolor sub angular de baixa esfericidade e fragmentos líticos
1mm	fragmentos de conchas e quartzo incolor sub arredondado a arredondado	fragmentos de conchas e quartzo incolor sub arredondado	Fragmentos de rocha, poucos quartzos angulosos a muito angulosos e com baixa esfericidade	Fragmentos de rocha, poucos quartzos angulosos a muito angulosos e com baixa esfericidade	Fragmento de conchas	Fragmento de conchas	Grãos de quartzo sub angulos a sub arredondados além de fragmentos de folhas e galhos	Grãos de quartzo acinzentados sub angulares a sub arredondados com média esfericidade	quartzo incolor angular de baixa esfericidade	quartzo incolor sub angular de baixa esfericidade
0,5 mm	quartzo incolor muito arredondado com média e alta esfericidade	quartzo incolor arredondado com média a baixa esfericidade	Fragmentos de rocha, poucos quartzos muito angulosos e com baixa esfericidade	Fragmentos de rocha, poucos quartzos muito angulosos e com baixa esfericidade	grãos de quartzo muito arredondados e média esfericidade, poucos fragmentos líticos e fragmentos de concha	grãos de quartzo muito arredondados e alta esfericidade, poucos fragmentos líticos	Grãos de quartzo sub arredondados e média esfericidade	Grãos de quartzo acinzentados sub arredondados com média esfericidade	quartzo incolor, angular a sub angular de média esfericidade	quartzo incolor, angular de média esfericidade
0,25 mm	quartzo incolor muito arredondado com alta esfericidade	quartzo incolor muito arredondado com média esfericidade	quartzos angulosos a sub angulosos com baixa esfericidade	quartzos angulosos a sub angulosos com baixa esfericidade	grãos de quartzo arredondados e média esfericidade	grãos de quartzo arredondados e média esfericidade	Grãos de quartzo sub arredondados e média esfericidade	Grãos de quartzo acinzentados sub arredondados com média esfericidade	quartzo incolor sub angular de média esfericidade	quartzo incolor sub angular de média esfericidade
0,125 mm	quartzo incolor muito arredondado com média e alta esfericidade	quartzo incolor sub arredondado com média esfericidade	quartzos sub angulosos com baixa esfericidade	quartzos sub angulosos com baixa esfericidade	grãos de quartzo arredondados média a baixa esfericidade	grãos de quartzo arredondados média a baixa esfericidade	Grãos de quartzo subarredondados e média esfericidade, pequenas raízes	Grãos de quartzo acinzentados sub arredondados com média esfericidade e fragmentos de raízes	quartzo incolor sub angular de média esfericidade	quartzo incolor sub angular a sub arredondado de média esfericidade
0,06 mm	quartzo incolor muito arredondado com média e alta esfericidade	quartzo incolor muito arredondado com média e alta esfericidade	quartzos sub angulosos com baixa esfericidade	quartzos sub angulosos com baixa esfericidade	-	grãos de quartzo sub angulares e média esfericidade	Grãos de quartzo acinzentados sub angulares com média esfericidade e fragmentos de raízes	Grãos de quartzo acinzentados arredondados com média esfericidade e fragmentos de raízes	quartzo incolor angular de baixa esfericidade	quartzo incolor angular a arredondado de baixa esfericidade
< 0,06 mm	fragmentos de conchas e quartzo incolor sub arredondado	quartzo incolor sub angular	Fragmentos de rocha, poucos quartzos angulosos e com baixa esfericidade	Fragmentos de rocha, poucos quartzos angulosos e com baixa esfericidade	-	-	-	Grãos de quartzo acinzentados arredondados com média esfericidade e fragmentos de raízes	-	quartzo incolor angular a arredondado de baixa esfericidade

6.3. Análise dos Microplásticos

As análises dos sedimentos coletados durante os trabalhos de campo revelaram a presença de microplásticos em todos os pontos selecionados para este estudo, com concentrações e características bastante variadas, totalizando 81 itens (Tabela 6, Figura 47 e 48). Entre os tipos de microplásticos, foram identificadas cinco categorias: filamentos (26), fragmentos (25), fibras (24), filmes (4) e poliestireno (isopor) (2), conforme indicados nas Figuras 47 e 48.

Na Lagoa de Jacarepiá, a maior quantidade de microplásticos foi encontrada no ponto B, coletado a partir de uma profundidade de 30 cm (S-JAC-1-B), com 17 itens, representando 20,99% do total desta análise. No entanto, o ponto com a maior quantidade de microplásticos foi localizado no bairro de Jardim, no ponto S-JAR-01, totalizando 25 itens, distribuídos nas profundidades S-JAR-01-A, com 12 itens, e S-JAR-01-B, com 13 itens.

Na Praia de Itaúna, foram observadas as menores concentrações de microplásticos nesta análise. Apenas itens superficiais foram contabilizados, coletados a uma profundidade de 5 centímetros no ponto S-ITA-1-A, incluindo 2 filamentos pretos, 1 filamento incolor e 2 poliestirenos brancos (Tabela 6, Figura 45F).

A fração de 2 mm apresentou a maior quantidade e diversidade de microplásticos, apresentando 29 itens dentre estes, filamentos, fibras, fragmentos, e poliestirenos de cores variadas. Em segundo lugar, totalizando 13 itens, a granulometria mais fina, 0,06 mm, tem menos diversidade é caracterizada pela presença exclusiva de fibras, com S-CEN-1B mostrando 6 fibras brancas e S-JAC-1A contendo 7 fibras marrons. A fração que apresentou a menor quantidade de microplásticos (6 itens) foi a granulometria de 0,125 mm, que apresenta fragmentos e filamentos, nas amostras S-CEN-1A (Figura 44) e S-JAC-1A. A fração menor que 0,06 mm não apresentou microplásticos em nenhum ponto.

Realizando um panorama comparativo dentre as cores dos microplásticos analisados, foi possível perceber que os fragmentos pretos são os mais comuns e estão presentes em quase

todas as amostras e granulometrias. Além disso, fragmentos marrons e coloridos aparecem em algumas amostras específicas, como S-JAC-1A e S-ITA-1A. Filamentos pretos também são frequentes e encontrados em várias granulometrias e pontos de amostra. As fibras, predominantemente brancas e marrons, estão presentes em amostras específicas. Fibras brancas são abundantes em S-BAC-1A (Figuras 43A e 43C) e S-JAR-1A, enquanto fibras marrons aparecem em S-JAC-1A e S-JAC-1B (Figuras 45B, 45C e 45E). Filmes azuis são encontrados apenas nas granulometrias de 1mm em S-JAR-1A e S-JAR-1B (Figuras 46A, 46B 46C, 46D e 46F).



Figura 43: Microplásticos do ponto S-BAC-01. A) Fibras brancas na amostra S-BAC-01-A 2mm. B) Fragmento em S-BAC-01-B 2mm. C) Fibra branca em S-BAC-01-B 0,250 mm.

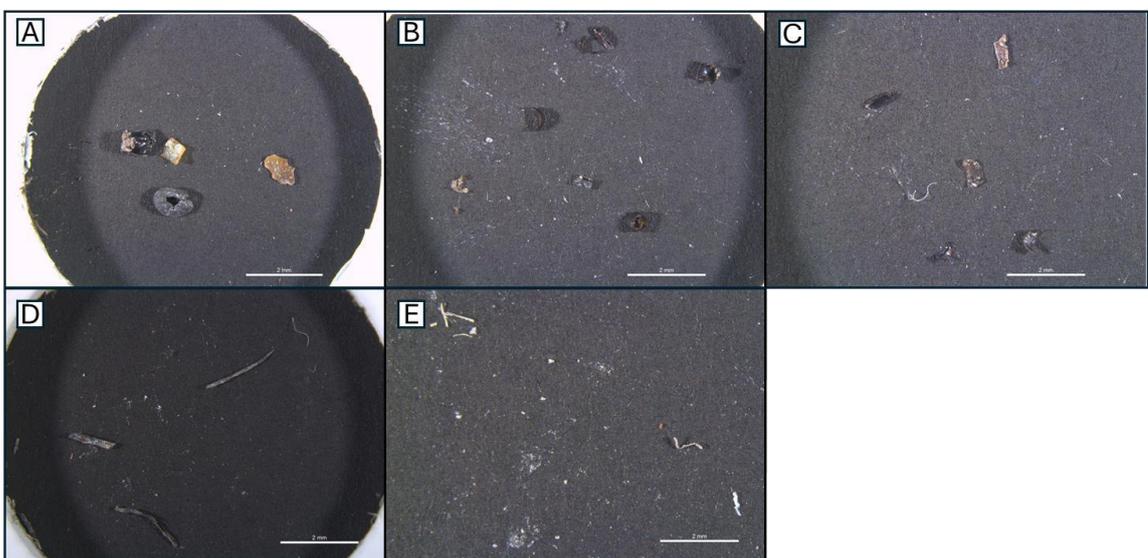


Figura 44: Microplásticos do ponto S-CEN-01. A) S-CEN-1-A 0,5 mm. B) S-CEN-1-A 0,250 mm. C) S-CEN-1-A 0,125 mm. D) S-CEN-1-B 0,250 mm. E) S-CEN-1-B 0,06 mm.

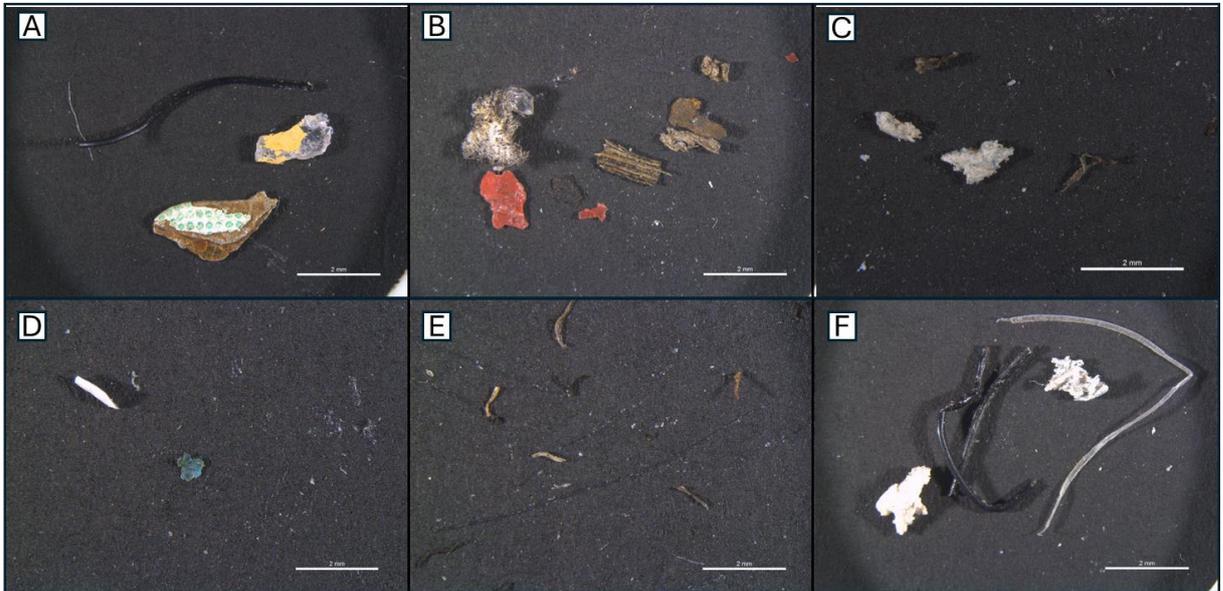


Figura 45: Microplásticos da amostra S-JAC-01-A. A) S-JAC-01-A 2mm. B) S-JAC-01-B 0,5 mm. C) S-JAC-01-B 0,250 mm. D) S-JAC-01-B 0,125mm. E) S-JAC-01-B 0,06 mm. F) Lâmina de microplásticos da amostra S-ITA-01-A 2mm.

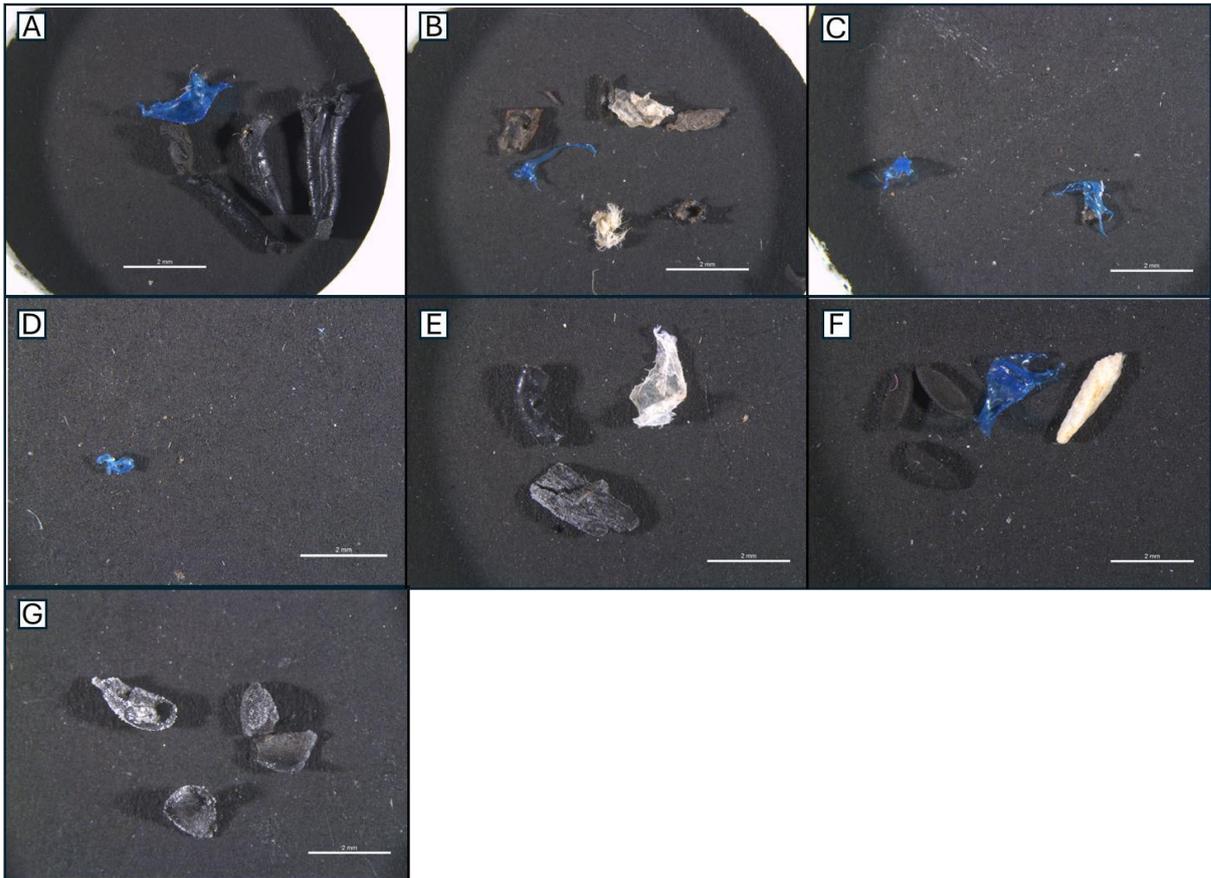


Figura 46: Microplásticos da amostra S-JAR-01. A) S-JAR-01-A 2mm. B) S-JAR-01-B 1mm. C) S-JAR-01-A 0,5 mm. D) S-JAR-01-A 0,250mm. E) S-JAR-01-A 0,125mm. F) S-JAR-01-B 2 mm. G) S-JAR-01-B 1 mm. H) S-JAR-01-B 0,5 mm.

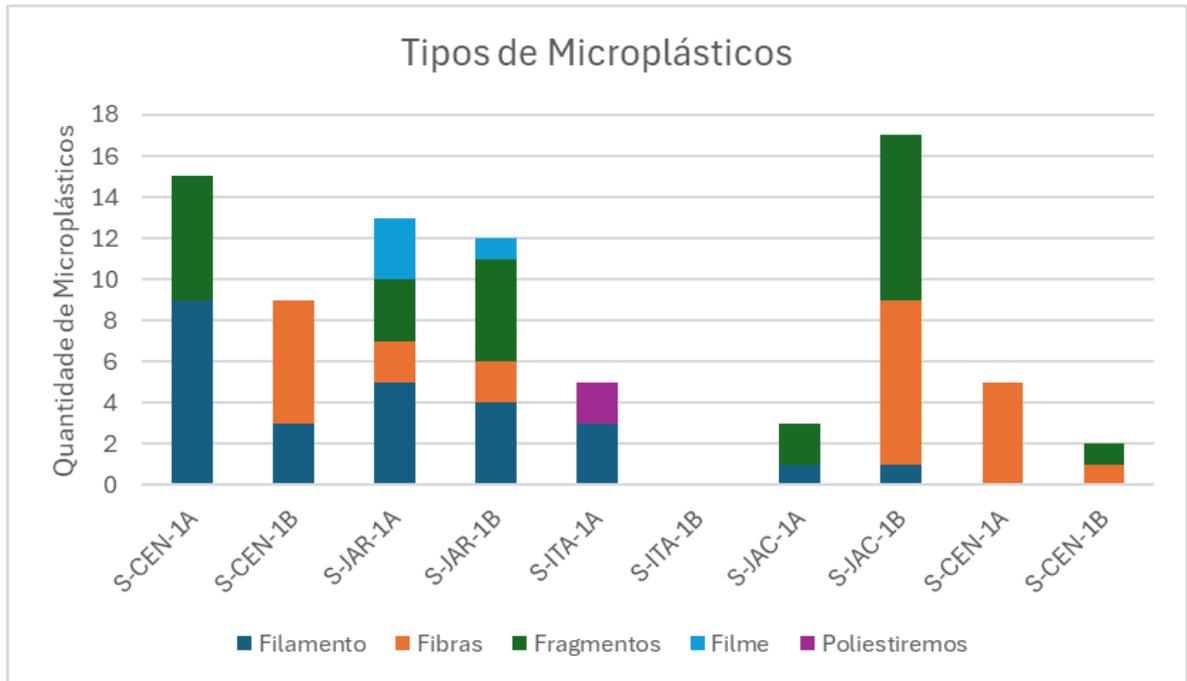


Figura 47: Relação de tipos de microplásticos e suas quantidades em cada amostra coletada.

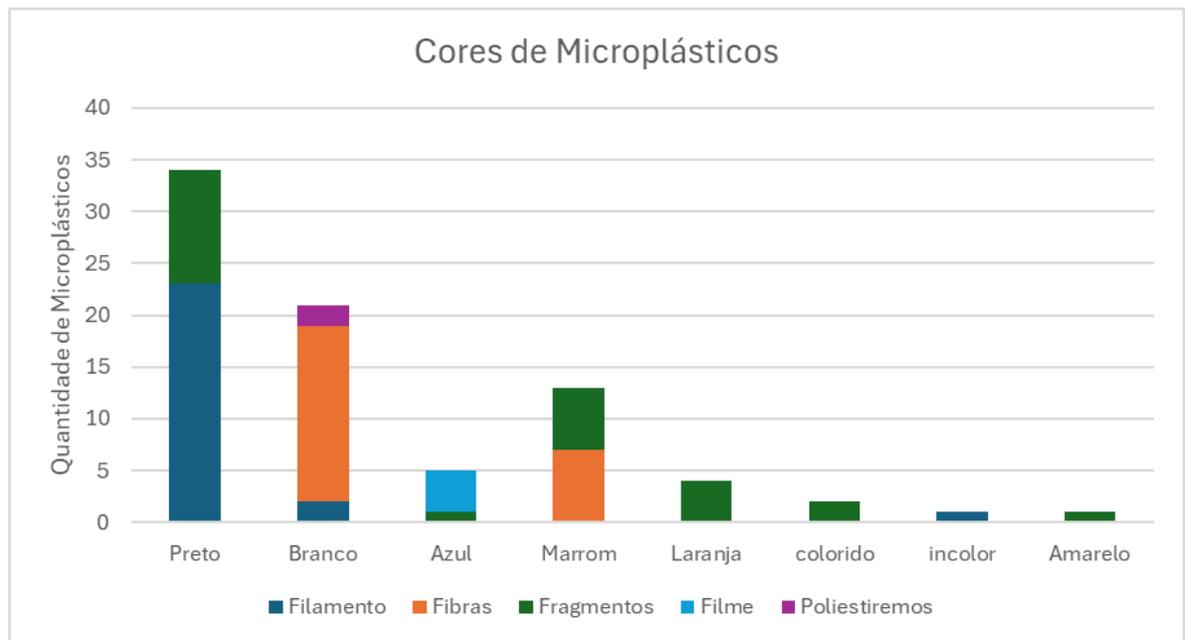


Figura 48: Relação de tipos de microplásticos e suas quantidades.

6.4. Mineralogia básica dos sedimentos

A análise das amostras bateadas revelou, como era de se esperar, que a concentração de minerais pesados em relação aos minerais leves é baixa em todos os pontos estudados. Ao analisarmos as amostras S-CEN-1B, S-JAR-1B, S-ITA-1B, S-JAC-1B e S-BAC-1B, é possível observar características distintas em cada uma delas, tanto nos minerais magnéticos, quanto na fração não atraída (Tabela 7). Foi observada uma maior concentração de minerais pesados nas áreas de Jacarepiá e Jardim, enquanto as menores concentrações foram registradas na praia de Itaúna.

Com relação aos minerais magnéticos, na fração separada com o uso de ímã manual, todas as amostras compartilham a presença de magnetita (Figura 49A), mas há algumas variações em sua descrição. Enquanto S-CEN-1B, S-JAR-1B, S-ITA-1B e S-BAC-1B apresentam magnetita com coloração preta, granular e brilho metálico, a amostra S-JAC-1B apresenta uma magnetita com coloração avermelhada, indicando oxidação intempérica (Tabela 8).

No que diz respeito aos minerais atraídos pelo ímã que corresponde susceptibilidade a 0,3A, é possível notar que S-CEN-1B, S-JAC-1B, S-BAC-1B compartilham características semelhantes, apresentando ilmenita granular com coloração preta e brilho metálico, conforme observada na figura 49B, por vezes acompanhada de monazita vítrea amarela. Por outro lado, S-ITA-1B destaca uma ilmenita de coloração preta, acompanhada de granada rosa, enquanto as amostras S-JAC-1B também exibe ilmenita em forma de placas, acompanhada de monazita vítrea amarela.

Nas figuras 50, 51 e 52, é possível observar os minerais não atraídos pelo ímã, em que foram descritos anfibólio, granada, ilmenita, monazita, rutilo, sillimanita, turmalina e zircão, cujas principais características estão resumidas na Tabela 7. As amostras S-CEN-1B e S-JAR-1B compartilham a presença de sillimanita vítrea e fibrosa, granada vítrea (rosa em S-JAR-1B e avermelhada em S-CEN-1B), zircão, turmalina e rutilo. O S-JAR-1B é a mais diversificada

com anfibólios verdes e leucoxênio, como produto de alteração de minerais de titânio. A S-ITA-1B, por sua vez, destaca a presença de poucos minerais pesados em geral, com destaque para turmalina, zircão e rutilo, além de granada avermelhada vítrea e uma menor quantidade de sillimanita. Já o S-JAC-1B apresenta quartzo com inclusão, zircão, turmalina e rutilo, sem a presença de granada e sillimanita. S-BAC-1B, por sua vez, destaca a presença de zircão, turmalina, sillimanita e rutilo.

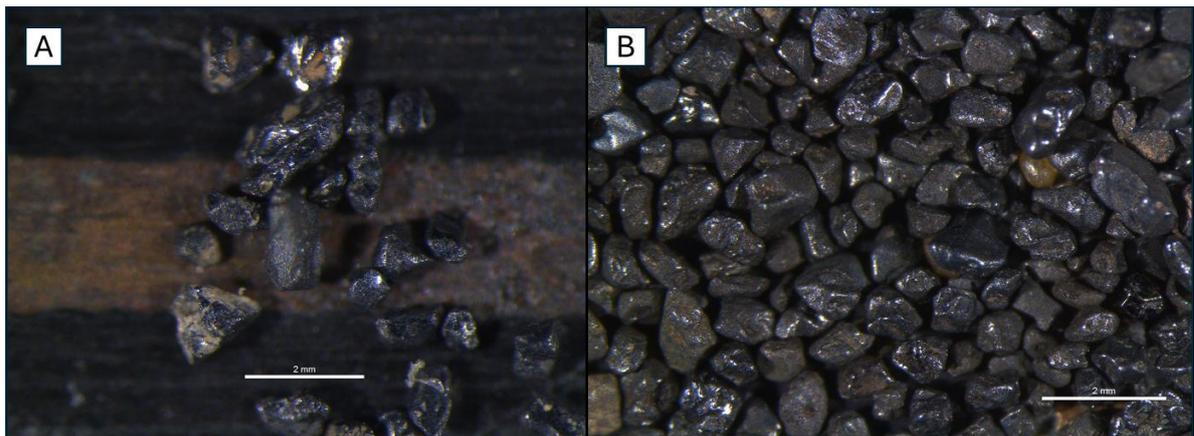


Figura 49: Minerais magnéticos observados em lupa binocular após amostras bateadas e separadas com ímã. A) Magnetita da amostra JAR-01-B. B) Ilmenita da amostra JAC-01-B.

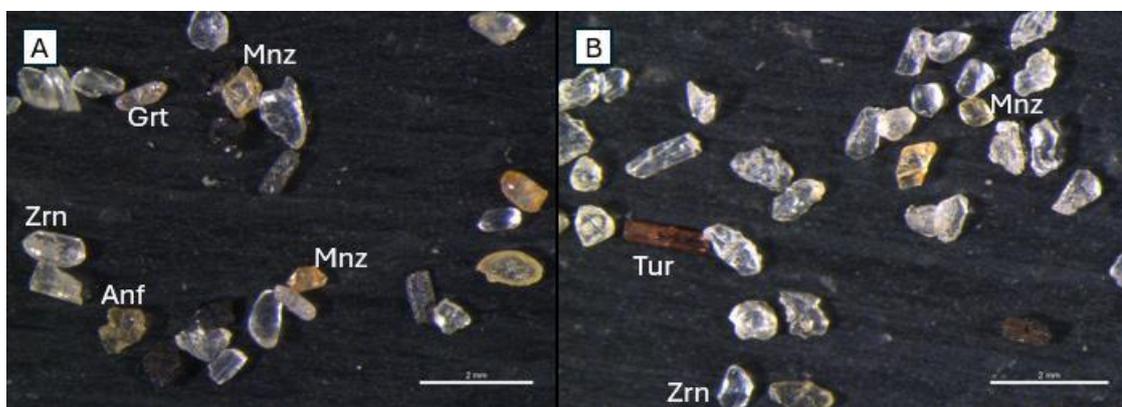


Figura 50: Minerais não atraídos pelo ímã observados em lupa binocular após amostra S-JAR-01-B bateada. A) Presença de minerais de Anfibólio (Anf), Monazita (Mnz), Granada (Grt) e Zircão (Zrn). B) Presença de minerais de Turmalina (Tur), Apatita (Ap), Monazita (Mnz) e Zircão (Zrn). Abreviaturas de nomes de minerais segundo Whitney e Evans (2010).

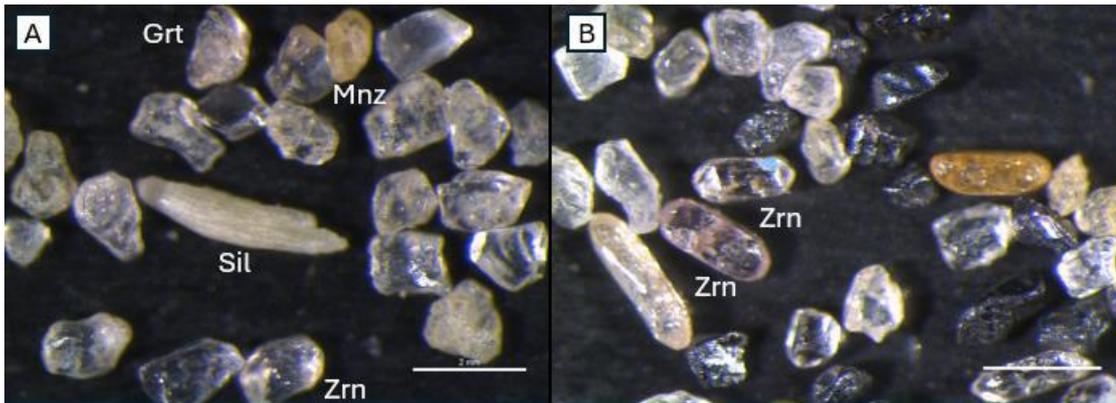


Figura 51: Minerais não atraídos pelo ímã observados em lupa binocular após a bateia. A) S-CEN-01-B com presença de minerais de Sillimanita (Sil), Monazita (Mnz), Granada (Grt) e Zircão (Zrn). B) S-ITA-01-B com presença de minerais de Monazita (Mnz) e Zircão (Zrn). Abreviaturas de nomes de minerais segundo Whitney e Evans (2010).

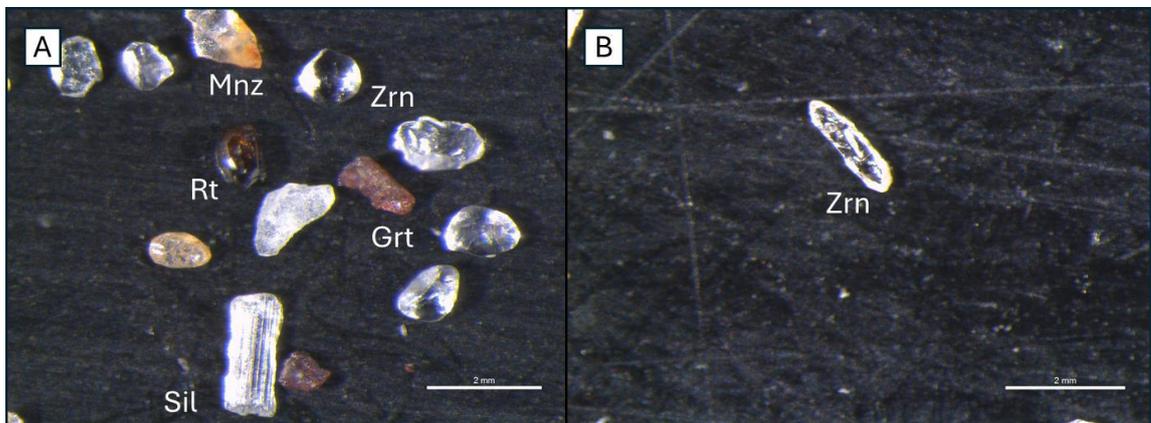


Figura 52: Minerais não atraídos pelo ímã observados em lupa binocular, após a bateia. A) S-BAC-01-B com presença de minerais de Sillimanita (Sil), Monazita (Mnz), Granada (Grt), Rutilo (Rt) e Zircão (Zrn). B) S-ITA-01-B com presença de mineral de Zircão (Zrn) com inclusão. Abreviaturas de nomes de minerais segundo Whitney e Evans (2010).

Tabela 6: Registro de descrição dos microplásticos encontrados em cada amostra estudada de acordo com a observação em lupa e a classificação EUROPEAN COMMISSION, 2013.

Amostras	Granulometria		
	2mm	1mm	0,5 mm
S-CEN-1A			2 fragmentos pretos, 1 fragmento laranja, 1 filamento branco
S-CEN-1B			
S-JAR-1A	4 filamentos pretos	1 filme azul, 2 fibras branca, 3 fragmentos pretos, 1 filamento preto	2 filmes azuis
S-JAR-1B	1 fibra branca, 1 filamento preto, 1 fragmento preto	1 filme azul, 3 filamentos pretos, 1 fibra branca	4 fragmentos pretos
S-ITA-1A	2 filamentos pretos, 1 filamento incolor, 2 poliestirenos		
S-JAC-1A	1 filamento preto, 2 fragmentos coloridos		
S-JAC-1B	4 fragmentos marrons, 3 fragmentos laranjas, 1 fibra branca		
S-BAC-1A	5 fibras brancas		
S-BAC-1B	1 fragmento amarelo		

Amostras	Granulometria		
	0,25 mm	0,125 mm	0,06 mm
S-CEN-1A	6 filamentos pretos, 1 fragmento preto	2 fragmentos marrons, 2 filamentos pretos	
S-CEN-1B	3 filamentos pretos		6 fibras brancas
S-JAR-1A			
S-JAR-1B			
S-ITA-1A			
S-JAC-1A			
S-JAC-1B		1 filamento branco, 1 fragmento azul	7 fibras marrons
S-BAC-1A			
S-BAC-1B	1 fibra branca		

Tabela 7: Descrição das características dos minerais pesados.

Mineral	Características
Magnetita	Grãos com coloração preta, granular e brilho metálico. Algumas apresentam coloração avermelhada, indicando alguma alteração.
Ilmenita	Grãos tabulares a granulares, subarredondados, de coloração preta. Ocorrem alterações esbranquiçadas denominadas leucoxênio.
Anfibólio	Grãos verdes e subangulosos com brilho vítreo
Granada	Grãos com colorações rosas claro e avermelhadas e alaranjadas, vítreos, suabangulosos a angulosos.
Monazita	Grãos arredondados de coloração amarela ou alaranjada, brilho vítreo, arredondados a subarredondados.
Rutilo	Grãos de coloração preta, brilho rutilante
Sillimanita	Grãos incolores, vítreos, estriados e fibrosos
Turmalina	Grãos castanhos e incolores, apresentam prismas alongados, euédricos angulosos
Zircão	Prismas alongados incolores euédricos, com terminações bipirâmidaes, por vezes subarredondados.

Tabela 8: Das amostras de acordo com a presença dos minerais pesados

	imã de mão	Ventosa	Não atrídos
S-CEN-1B	magnetita, coloração preta e arredondada	muita ilmenita arredondada, acompanhada de monazita vítrea amarela e granada vítrea rosa	silimanita vítrea e fibrosa, granada avermelhada vítrea, zircão, turmalina e rutilo
S-JAR-1B	magnetita, coloração preta e arredondada	ilmenita identificada em forma de placas, acompanhada de monazita vítrea amarela	silimanita vítrea e fibrosa, granada rosa vítrea, anfíbolitos verdes, zircão, leucoxênio, turmalina marrom, rutilo
S-ITA-1B	magnetita, coloração preta e arredondada	ilmenita coloração preta e acompanhada de granada rosa pink	poucos minerais pesados em geral, com presença de quartzo arredondado, muita turmalina zircão e rutilo, granada avermelhada vítrea, pouca silimanita
S-JAC-1B	magnetita, coloração avermelhada e arredondada	ilmenita preta acompanhada de monazita vítrea amarela	quartzo com inclusão arredondado, zircão, turmalina e rutilo
S-BAC-1B	magnetita, coloração preta e arredondada	ilmenita preta e monazita vítrea amarela	zircão, turmalina, silimanita e rutilo

7. DISCUSSÃO

Os dados resultantes do estudo realizado na cidade de Saquarema, no estado do Rio de Janeiro, compõem um panorama preliminar sobre a ocorrência de microplásticos na região costeira. Nesse sentido, a pesquisa abrangeu a análise integrada de dados em ambientes de praia, foz de rio, lagoa e mangue, destacando a importância de estudos multidisciplinares na preservação dos recursos naturais, agregando a caracterização da poluição de micropartículas e dos sedimentos associados.

A poluição por microplásticos em ambientes marinhos e costeiros constitui uma grave ameaça aos ecossistemas, representando um número crescente nos últimos anos (AVIO et al., 2017). Nesse sentido, embora a maioria dos estudos se concentre no ambiente marinho, torna-se essencial a inclusão da realização de pesquisas também em ecossistemas de água doce, conforme foi realizado neste trabalho, uma vez que são locais considerados como importantes fontes desse tipo de poluição, transportando grande parcela dos microplásticos advindos do ambiente terrestre até o ambiente marinho (OLIVEIRA; CORRÊA; SMITH, 2020; URBANSKI et al., 2020; WINTON et al., 2020). No Brasil, ainda há escassez de dados sobre a contaminação em ambientes de água doce, entretanto, estudos como os de Peng et al. (2018) na China, Vianello et al. (2013) na Itália e Browne et al. (2011) na Irlanda reforçam que rios urbanos tendem a apresentar maior presença de microplásticos.

O estudo de Corrêa e colaboradores (2019) teve como objetivo caracterizar os macro e micro resíduos sólidos no arco praiado de Jacaré-Saquarema, analisando a distribuição, composição e fontes desses resíduos, bem como a relação com os diversos usos e a dinâmica costeira. Em praias de mar aberto, o lixo se encontra majoritariamente desgastado devido ao reatamento das ondas. O estudo destacou a presença de microplásticos, especialmente fibras provenientes da degradação de outros materiais.

Neste trabalho, foi analisada a praia de Itaúna (S-ITA-01), onde também foram encontrados microplásticos desgastados, principalmente filamentos e poliestireno. Segundo Corrêa et al. (2019), a ação combinada das ondas e marés tende a misturar os materiais deixados na praia e na vegetação de restinga com os provenientes do mar, dificultando a identificação das principais fontes de resíduos sólidos. O maior acúmulo de lixo durante o inverno pode ser atribuído à redução da limpeza pós-praia devido à menor frequência de banhistas. Como este estudo foi realizado em fevereiro, no verão, é compreensível que tenha sido encontrada uma menor quantidade de microplásticos em S-ITA-01.

7.1 - Os Microplásticos

Os microplásticos identificados e categorizados ao longo deste estudo de Saquarema foram encontradas em todos os pontos coletados, envolvendo uma variada distribuição e diversas categorias: filamentos (26), fragmentos (25), fibras (24), filmes (4) e poliestireno (isopor) (2). As maiores quantidades de microplásticos detectadas neste estudo foram de origem secundária, provenientes da degradação física, química e biológica de materiais plásticos (HATJE et al., 2013; HORTON et al., 2017). Essas partículas foram identificadas na faixa entre: 2 mm, 1 mm, 0.5 mm, 0.25 mm, 0.125 mm, 0.06 mm. Não foram identificados microplásticos na fração menor que 0.06 mm. A maior porcentagem de partículas concentra-se na fração 2 mm (35.80%), e a menor foi a fração de 0,125 mm (7,41%).

Os filamentos foram os microplásticos predominantes neste estudo, com 26 itens, representando 32,10% das partículas contabilizadas, em maioria localizadas no ponto do centro (S-CEN-01) e com coloração preta. Essa categorização surgiu a partir da segmentação das linhas, definidas pela presença da mesma espessura ao longo de seu comprimento, e que se subdividem entre filamentos (de pesca) e fibras (de têxteis) GESAMP, (2019). Na região de estudo, a maioria dos MPs foram classificadas como linhas sintéticas relacionadas a fragmentos

de redes de pesca e de cabos associados. Em Saquarema, o tráfego intenso de embarcações de pesca resulta no descarte de resíduos sólidos no mar, contribuindo para a poluição por microplásticos. A falta de fiscalização e a precariedade das embarcações exacerbam esse problema. Na América Latina, a pesca e o turismo são grandes fontes de poluição marinha, apresentando desafios significativos para a proteção contra detritos plásticos, mesmo em ilhas remotas (MACEDO, 2020).

A quantidade de fragmentos encontrados foi de 25 itens, o que corresponde a 30,86% do total das partículas microplásticas. A fração predominante das partículas foi de 2 mm. As maiores concentrações foram observadas na Lagoa de Jacarepiá (S-JAC-01), apresentando as cores marrom, azul e laranja. Entretanto, nesta pesquisa a cor predominante dentre todas as amostras é o preto, conflitando estudos correlatos no Brasil, como o de Macedo (2020) na Ilha Grande e o Castro et al. (2016), na enseada de Jurujuba, os quais constataram a prevalência de fragmentos de microplásticos azuis, superando mais que a metade das partículas contabilizadas. Para esse caso, os autores estabeleceram uma correlação entre os materiais de cor azul encontrados e as bombonas empregadas no cultivo de mexilhões. No presente estudo, foi possível indagar, com base nas observações do estudo de HIDALGO-RUZ e colaboradores (2013), que as partículas de fonte secundária são resultantes do desgaste causado pelos processos intempéricos que passaram por alterações mecânicas e foto-oxidativas, com forte influência da dinâmica do local.

Foram identificados 24 itens de fibras, correspondendo a 29,63% do total de partículas microplásticas. A fração predominante apresentava tamanho de 0,06 mm. As maiores concentrações foram observadas na Lagoa de Jacarepiá (S-JAC-01), predominando a cor marrom, no entanto a maioria das partículas analisadas apresentou branca, indicando uma característica têxtil segundo Macedo (2020). Harris (2020) identifica as fibras microplásticas como o morfotipo mais abundante em ambientes marinhos, variando de 49% a 90%. Essas

fibras microplásticas apresentadas em grandes quantidades na água, sedimentos e peixes (FERREIRA et al., 2020) podem ser prejudiciais ao ecossistema uma vez que tendem a permanecer na superfície do oceano, aumentando o contato com animais marinhos (WOODS et al., 2020). Segundo Macedo (2020), na Ilha Grande, a pesca, o transporte marítimo e as atividades náuticas são potenciais fontes dessas fibras. Por analogia, pode-se supor que a mesma origem pode ser relacionada aos fragmentos encontrados nos pontos do centro e Jacarepiá, com maiores acumulações deste resíduo.

O total de itens classificados como filmes plásticos corresponde a 4 itens, todos encontrados no bairro Jardim (pontos S-JAR-01A e S-JAR-01-B), o que representa 4,94% do total de microplásticos. O tamanho das partículas de filmes predominou entre 1 e 0,5 mm e foi caracterizada em sua totalidade na cor azul. Isto coincide com o descrito no trabalho de Castro (2020), com a prevalência da mesma cor. Esse microplástico é associado à fragmentação de materiais mais finos e leves, como sacolas e fitas plásticas, destacando a necessidade de aprimorar a gestão dos resíduos sólidos (CASTRO, 2020; BANCIN, et al. 2019).

O isopor foi o tipo de microplástico de menor concentração neste estudo, com 2 itens identificados na praia de Itaúna (S-ITA-1A), representando 2,47% das partículas contabilizadas. As partículas de Poliestireno foram encontradas na fração 2 mm, com coloração branca e sem aspecto de envelhecimento pelo tempo. Na Ilha Grande, o turismo sazonal impulsiona o uso de plásticos, notavelmente isopor, durante a alta temporada, em atividades de lazer, pesca e restaurantes de praia (Macedo, 2020). Essa prática é uma das causas da poluição por resíduos sólidos nas áreas costeiras (UNEP, 2016) e concordando com o que ocorre na região das praias de Saquarema, sobretudo no *Point* da Bandeira Azul em Itaúna, onde foram coletadas as amostras mencionadas.

7.2. Os sedimentos

A classificação granulométrica dos grãos de quartzo das amostras de areia, revelou peculiaridades que o ambiente costeiro de Saquarema, que enquadram-se como depósitos marinhos e lagunares retrabalhados.

A direção predominante das ondas, de nordeste, e a deriva litorânea correspondente, de norte a sul, influenciam o transporte de sedimentos ao longo do litoral estudado (PINHO, 2003). A granulometria dos sedimentos pode variar devido à ação de ondas de tempestade do quadrante sudoeste, que tendem a remover seletivamente materiais mais finos e leves (KOMAR, 2007), conforme foi observado em Itaúna, como a maturidade textural dos grãos, muito arredondados e bem selecionados. Em S-ITA-1A, a morfologia das areias encontradas, arredondadas e polidas, aponta para a proveniência marinha, resultado da atuação direta da energia das ondas (TUCKER, 2003).

Em contraste, as amostras S-JAR-01-A e S-JAR-01-B, coletadas no bairro Jardim, revelaram grãos de quartzo com formas angulares a subangulares e baixa esfericidade em todas as frações analisadas. Essas características indicam um transporte limitado e uma provável origem próxima da fonte, sugerindo um baixo grau de retrabalhamento dos sedimentos, cuja origem devem ser rochas semelhantes às aquelas apresentadas em S-JAR-02.

Em Bacaxá (S-BAC-01), a ocorrência de processos deposicionais similares em áreas adjacentes, reforça uma hipótese comum de proximidade com a área fonte. Por outro lado, as amostras S-JAC-01-A e S-JAC-01-B exibiram uma ampla gama de formas de quartzo, que variam desde subangulares até arredondadas. Essa diversidade morfológica sugere uma complexa interação de processos deposicionais ao longo do tempo. A presença de grãos subangulares pode indicar um transporte limitado e uma deposição próxima à fonte, enquanto os grãos mais arredondados sugerem um maior retrabalhamento e transporte dos sedimentos ao

longo da costa.

Os minerais pesados exibem predominantemente formas angulares a subangulares, indicando um transporte limitado e pouca influência de retrabalhamento mecânico, o que sugere um transporte a curtas distâncias. O zircão e a monazita, no entanto, apresentam faces mais arredondadas, possivelmente devido ao transporte fluvial a longas distâncias e à sua prevalência no ambiente. A magnetita foi um mineral magnético comum em todas as amostras, com variações na coloração que sugerem possíveis diferenças na composição química do ambiente. Entre os minerais atraídos pelo imã que corresponde susceptibilidade a 0,3A, a ilmenita e a monazita foram observados com frequência.

Segundo Heilbron *et al.* (2016), o Complexo Região dos Lagos constitui a parte mais oriental do embasamento paleoproterozoico no estado do Rio de Janeiro, caracterizando-se pela presença de ortognaisses félsicos. A mineralogia predominante inclui metagranitoides, metaquartzodiorito e metatonalito, sendo representada principalmente por epidoto, ilmenita, leucoxênio, magnetita, monazita, rutilo, titanita, turmalina e zircão. Dentre estes, os minerais mais abundantes são: ilmenita, leucoxênio e magnetita. Os gnaisses com composição granodiorítica são os litotipos mais comuns desta formação, contendo minerais opacos, apatita e zircão como acessórios frequentes.

A presença significativa de magnetita em algumas amostras pode ser atribuída às ortoderivadas do Complexo Região dos Lagos, observáveis nas localidades de Itaúna e Jacarepiá, nos pontos S-ITA-01 e S-JAC-01.

Segundo Heilbron *et al.* (2016) (2016), as duas unidades metassedimentares neoproterozoicas do Terreno Cabo Frio, conhecidas como Unidade Búzios-Palmital, afloram na Região dos Lagos, entre Ponta Negra e Armação dos Búzios. Os metassedimentos aluminosos da Sucessão Búzios compreendem gnaisses bandados de granada e biotita, com

estrutura migmatítica e granulometria variando de média a grossa. Esses gnaisses destacam-se pela presença de cianita e sillimanita, além de feldspato potássico, granada, biotita, plagioclásio e quartzo em variadas proporções. Turmalina, rutilo, apatita, ilmenita, magnetita, monazita, muscovita, piroxênio (diopsídio) e zircão são comuns como minerais acessórios.

A Sucessão Palmital é predominantemente composta por paragnaisses aluminosos, sendo o gnaixe de sillimanita-granada-biotita o litotipo mais frequente. Sua mineralogia é semelhante à dos paragnaisses do Grupo Búzios, exceto pela ausência de cianita. A presença de sillimanita indica a contribuição das paraderivadas da Unidade Búzios-Palmital, evidenciada no bairro Jardim, nos pontos S-JAR-01 e S-JAR-02.

8. CONCLUSÃO

A pesquisa preliminar em areias de ambientes costeiros de Saquarema agregou a caracterização dos pontos selecionados, a análise das características granulométricas das amostras coletadas em campo, além da presença de microplásticos e da mineralogia dos minerais pesados em amostras de areia de diferentes pontos de estudo. O estudo revelou variações significativas entre as áreas analisadas e permitiu compreender preliminarmente os processos sedimentares e suas condições ambientais locais.

A análise granulométrica das amostras de areia, focando nos grãos de quartzo, evidenciou variações notáveis na forma, esfericidade e tamanho dos grãos entre os diferentes locais estudados. A amostra do centro de Saquarema (S-CEN-01) destacou-se pela predominância de quartzo arredondado com alta esfericidade nas frações menores, indicando ambientes de sedimentação mais maduros e processos de transporte mais prolongados ou energéticos. O cenário foi similar na praia de Itaúna (S-ITA-01). Em contraste, as amostras S-JAR-01-A e S-JAR-01-B, do bairro Jardim, apresentaram quartzo angular a subangular com baixa esfericidade em todas as frações, sugerindo menor transporte e maior proximidade da fonte de origem, provavelmente observada em S-JAR-02, bem como ocorreu em Bacaxá (S-BAC-01). Já as amostras S-JAC-01-A e S-JAC-01-B exibiram uma variedade de formas de quartzo, desde subangular até arredondado, refletindo uma mistura de processos deposicionais.

8.1. Mineralogia e geologia

A análise das amostras concentradas por bateamento revelou a presença de magnetita em todas as amostras, com variações na coloração indicando alteração intempérica em ambiente lagunar, no ponto S-JAC-1. Entre os minerais atraídos pelo imã que corresponde susceptibilidade a 0,3A, a ilmenita e a monazita foram frequentemente observados.

A análise integrada dos dados possibilita uma abordagem mais holística para a compreensão dos processos ambientais, destacando a importância de estudos multidisciplinares na preservação dos recursos naturais.

A presença de minerais pesados predominantemente angulares a subangulares indica transporte sedimentar a curtas distâncias, exceto pelo zircão e a monazita, cujas formas arredondadas sugerem transporte fluvial a longas distâncias. A magnetita, encontrada em todas as amostras, sugere variações químicas no ambiente e possível origem nas rochas ortoderivadas do Complexo Região dos Lagos. A contribuição das paraderivadas da Unidade Búzios-Palmital, evidenciada nas amostras do bairro Jardim (S-JAR-01 e S-JAR-02), com sillimanita, granada e biotita, sublinha a riqueza mineralógica da região.

8.2. Microplásticos

Não obstante, a detecção de plásticos e microplásticos, em forma de fragmentos, filamentos, poliestireno (isopor), fibras e filmes em todos os pontos estudados, evidenciou a presença desse poluente, a nível superficial e em profundidade de 30 a 40 cm, nos ambientes costeiros no município de Saquarema. Esse panorama preliminar transparece a necessidade de medidas mitigadoras eficazes para enfrentar a contaminação ambiental por microplásticos.

A análise de microplásticos revelou itens em todos os pontos coletados, com variações significativas em suas concentrações e características. Foram identificados 81 itens de microplásticos, distribuídos em cinco categorias: filamentos (26), fragmentos (25), fibras (24), filmes (4) e poliestireno (isopor) (2). A maior quantidade de microplásticos foi encontrada no bairro de Jardim, (S-JAR-01-A e S-JAR-01-B), com 25 itens, o que pode refletir a atividade antrópica nesta área, sobretudo a pesca e a falta de fiscalização ambiental. Em contraste, a Praia de Itaúna apresentou as menores concentrações, com apenas itens superficiais contabilizados, indicando menor impacto de poluição por microplásticos nas profundidades superiores a 30

centímetros. O resultado pode estar atrelado à dinâmica das marés e ao fluxo do mar que influenciam a dispersão e deposição dos microplásticos nesta área. Além disso, a fração de 2 mm destacou-se pela maior quantidade e diversidade de microplásticos, enquanto não foi possível identificar microplásticos na granulometria menor que 0,06 mm em nenhum ponto, sugerindo que o tamanho da partícula influencia em sua prevalência no ambiente. A análise das cores dos microplásticos indicou que fragmentos pretos foram os mais comuns, indicando que esses materiais já foram degradados ao ponto de perder a cor.

Entretanto, é importante ressaltar que a seleção dos pontos de amostragem realizada nesta pesquisa ainda não foi suficiente para uma análise completa do município. Se faz necessário a inclusão de mais pontos de coleta, a adição da captura das variações sazonais ao longo do ano para coleta de sedimentos de maneira a identificar possível influência nos processos sedimentares e na distribuição de microplásticos. Assim, buscou-se realizar uma primeira abordagem metodológica para identificação da presença de microplásticos em diferentes tipos de sedimentos e ambientes de sedimentação, como contribuição ao estudo das aves e dos ambientes costeiros do município.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA F.F.M., Hasui Y., Brito Neves B.B., Fuck R.A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Reviews*, 17(1/2):1-29.
- ANDRADY, A. L., NEAL, M. A. Applications and societal benefits of plastics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, n. 364, p. 1977–1984. 2009.
- ANDRADY, A. L. Persistence of Plastic Litter in the Oceans. In: Bergmann, M., Gutow, L. e Klages, M. (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter*, p. 57–72. 2015.
- ANDRADY, A.L., 2011. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 62, 1596–1605.
- ANTUNES, J., FRIAS, J., & SOBRAL, P. Microplastics on the Portuguese coast. *Marine Pollution Bulletin*, n. 131, p. 294–302. 2018. DOI:10.1016/j.marpolbul.2018.04.025
- AUTA, H. S.; EMENIKE, C. U.; FAUZIAH, S. H. Screening of *Bacillus* strains isolated from mangrove ecosystems in Peninsular Malaysia for microplastic degradation. *Environmental Pollution*, v. 231, p. 1552–1559, 1 dez. 2017.
- ARAI, M. A Grande Elevação Eustática do Mioceno e Sua Influência na Origem do Grupo Barreiras. *Geologia USP, Sér. Cient.*, São Paulo, v. 6, n. 2, p.1-6, 2006.
- AVIO, C. G., GORBI, S., & REGOLI, F. Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat. *Marine Environmental Research*, v. 128, p. 2–11. 2017. DOI: 10.1016/j.marenvres.2016.05.012
- BANCIN, L. J., WALTHER, B. A., LEE, Y.-C., KUNZ, A. Two-dimensional distribution and abundance of micro- and mesoplastic pollution in the surface sediment of Xialiao Beach, New Taipei City, Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, v. 140, p. 75–85. 2019. DOI:10.1016/j.marpolbul.2019.01.028
- BELLASI, A., BINDA, G., POZZI, A., GALAFASSI, S., VOLTA, P., BETTINETTI, R. Microplastic Contamination in Freshwater Environments: A Review, Focusing on Interactions with Sediments and Benthic Organisms. *Environments*, v. 7, n. 4. 2020. DOI: 10.3390/environments7040030
- BEZERRA, F.H.R.; MELLO, C.L.; SUGUIO, K. A Formação Barreiras: Recentes Avanços e Antigas Questões. *Geologia USP, Série Científica*, v. 6, n. 2, p. iii-vi. 2006.
- BIRD, E. C. F. *Coastal Geomorphology: An Introduction*. 2ª Ed. Chichester: Other Iley Editorial Offices, 2008. 411p.
- BROWNE, M. A. et al. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environmental Science and Technology*, v. 45, n. 21. p. 9175-9179, 2011.
- CARVALHO, D.G.; BAPTISTA NETO, J.A. Microplastic pollution of the beaches of Guanabara Bay, Southeast Brazil. *Ocean & Coastal Management*, v. 128, p. 10-17, 2016.

CASTRO , R. O; SILVA , M. L.; MARQUES , M. R. C; ARAÚJO, F. V. Spatio-temporal evaluation of macro, meso and microplastics in surface waters, bottom and beach sediments of two embayments in Niterói, RJ, Brazil *Mar. Pollut. Touro.* , 160 (2020) doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111537

CASTRO , R. O; SILVA , M. L.; MARQUES , M. R. C; ARAÚJO, F. V. Avaliação de microplásticos na Embarque Jurujuba, Niterói, RJ, Brasil, uma área de cultivo de mexilhões *Mar. Pollut. Touro.* , 110 (1) (2016) , pp. 555 - 558 , 10.1016 / j.marpolbul.2016.05.037

CHEN, H. et al. A regional difference analysis of microplastic pollution in global freshwater bodies based on a regression model. *Water*, v. 12, n. 7, p. 1889, Jul. 2020.

CHERUBINI, F. et al. 2008. Life Cycle Assessment of Urban Waste Management: Energy Performances and Environmental Impacts, waste management, vol. 28, pp. 2552-2564, Elsevier.

GODECKE, M. V.; NAIME, R. H.; FIGUEIREDO, J. A. S. O consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 8, n. 8, p. 1700-1712, 2012.

COE, J. M.; ANDERSSON, S.; ROGERS, D. B. Marine debris in the Caribbean Region. In: COE, J. M.; ROGERS, D. B. Eds., *Marine Debris: Sources, Impacts and Solutions*. Springer, New York, p. 25-34, 1997.

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

CORRÊA L. F.; SILVA, A. L. C.; PINHEIRO, A. B.; PINTO, V. C. S.; MACEDO, A. V. ; MADUREIRA, E. A. L. Distribuição E Fonte De Resíduos Sólidos Ao Longo Do Arco Praial De Jaconé-Saquarema (RJ). 2019. DOI: 10.12957/tamoios.2019.42363

COURTENE-JONES, W. et al. Optimisation of enzymatic digestion and validation of specimen preservation methods for the analysis of ingested microplastics. *Analytical Methods*, v. 9, p. 1437- 1445, 2017.

CUNHA A.M., Castro J.W.A., Pereira F.M.B., Carvalho M.A., Suguio K. 2017. Variações do nível relativo do mar durante o Holoceno na Bacia do Rio Una, Cabo Frio - Rio de Janeiro: Aspectos Sedimentológicos, faciográficos e geocronológicos. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. (Online), São Paulo, v.18, Nº.1, p. 143-154.

D'AMBRIÈRES, W. *Plastics recycling worldwide: current overview and desirable changes*. *Field Actions Science Reports*, n. special 19, p. on-line, 2019.

DAVIDSON-ARNOTT, R. *Introduction to Coastal Process and Geomorphology*. Cambridge University Press, 2010.

DAVIS JR. R. A.; FITZGERALD, D. M. *Beaches and Coasts*. United Kingdom: Blackwell Publishing, 2004. 419p

DEHAUT, A., CASSONE, A., FRERE, L., HERMABESSIERE, L., HIMBER, C., RINNERT, E., RIVIERE, G., LAMBERT, C., SOUDANT, P., HUVET, A., DUFLOS, G., PAUL-PONT,

- I. Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. *Environmental Pollution*, n. 215, p. 223-233. 2016.
- DERRAIK, J. G. B.; *Mar. Pollut. Bull.* 2002, 44, 842.
- DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; LEÃO, Z. M. A. N. Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Geociências*, 20: p. 208-215, 1990.
- DRIEDGER, A.G.J. et al. Plastic debris in the Laurentian Great Lakes: a review. *Journal of Great Lakes Research*, v. 41, n. 1, p. 9-19, 2015.
- DRIS, R., IMHOF, H., SANCHEZ, W., GASPERI, J., GALGANI, F., TASSIN, B., LAFORSCH, C. Beyond the ocean: contamination of freshwater ecosystems with (micro-) plastic particles. *Environ. Chem.* v. 12, p. 539–550. 2015b.
- EUROPEAN COMMISSION. Guidance on monitoring of marine litter in European Seas: a guidance document within the common implementation strategy for the marine strategy framework directive. Luxembourg: European Commission, 2013. 124 p. (JRC Scientific and Policy Reports).
- FADARE, O. O., OKOFFO, E. D. Covid-19 face masks: A potential source of microplastic fibers in the environment. *Science of the Total Environment*, v. 737, 140279. 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140279
- FARIA, C. S. Dinâmica sazonal da praia e vulnerabilidade do litoral de Saquarema (RJ) às ondas de tempestades. 2014. 66 f. Monografia (Especialização em Dinâmicas Urbano-Ambientais e Gestão do Território) – Faculdade de Formação de Professores, Universidade do Estado do Rio de Janeiro.
- FENDALL, L.S., Sewell, M.A., 2009. Contributing to marine pollution by washing your face: microplastics in facial cleansers. *Mar. Pollut. Bull.* 58, 1225–1228
- FERNANDES, G.L. de F., Schmitt, R. da S., Bongioiolo, E.M., Basei, M.A.S, 656 Mendes, J.C., 2015. Unraveling the tectonic evolution of a 657 Neoproterozoic-Cambrian active margin in the Ribeira Orogen (SE 658 Brazil): U-Pb and Lu-Hf provenance data. *Precambrian Research*, 216, 659 337-360.
- FERNANDINO, G.; ELLIFF, C. I.; Francischinic, H.; Dentzien-Dias, P. Anthroplastics: First description of plastics and other man-made materials in recently formed coastal sedimentary rocks in the southern hemisphere. *Marine Pollution Bulletin* Volume 154, May 2020, 111044, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111044>
- FERRARI, André Luiz et al. O Pré-cambriano das folhas de Itaboraí, Maricá, Saquarema e Baía da Guanabara. In: CONGRESSO BRASILEIRO GEOLOGIA, 32., 1982, Salvador, BA. Anais... Salvador, BA: SBG. Núcleo Nordeste, 1982. v.1, p.103-114.
- FERREIRA, M.; THOMPSON, J.; PARIS, A.; ROHINDRA, D.; RICO, C. Presence of microplastics in water, sediments and fish species in an urban coastal environment of Fiji, a Pacific small island developing state. *Marine. Pollution. Bulletin.*, 153, p. 110991, 2020. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2020.110991

FRIAS, J. P. G. L.; NASH, R. Microplastics: Finding a consensus on the definition. *Marine Pollution Bulletin*, 2019. 138, p.145–147.

FRIEDMAN, G. M.; SANDERS, J. E. *Principles of Sedimentology*. New York: John Wiley & Sons, 1978. 792p.

GESAMP. Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean (eds Kershaw P. J., Turra A. and Galgani F.), London, UK, GESAMP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, 130 p. (GESAMP Reports and Studies, N° 99). DOI: org/10.25607/OBP-435. 2019

GESAMP. Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter and microplastics in the ocean. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: part two of a global assessment. Kershaw, P. J., Rochman, C. M. (Eds). (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Reports & Studies, n. 93, 220p. 2016.

GORMAN, M. *Environmental Hazards: Marine Pollution*. ABCCLIO Inc, Santa Barbara.
HALL, K. *Impacts of Marine Debris and Oil: Economic and Social Costs to Coastal Communities*. KIMO, Shetland, p. 97. 1993.

GREGORY, M. R, ANDRADY, A. L. Plastic in the marine environment. In: Andrady AL, editor. *Plastics and the environment*. New York (NY): John Wiley. p 379–401. 2003.

GUERRANTI, C., Martellini, T., Perrac, G., Scopetani, C, Cincinelli, A. Microplastics in cosmetics: Environmental issues and needs for global bans. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v. 68, p. 75–79. 2019.

HATJE, V.; COSTA, M. F. D.; CUNHA, L. C. D. *Oceanografia e química: unindo conhecimentos em prol dos oceanos e da sociedade*. 2013.

HARRIS, P. O destino do microplástico em ambientes sedimentares marinhos: uma revisão e síntese *Mar. Pollut. Touro* 158 (2020).

HEILBRON, M., EIRADO, L. G., ALMEIDA., J. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM/Serviço Geológico do Brasil. *Geologia e recursos minerais do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais*. Belo Horizonte, 2016. 182 p., 01 mapa geológico, escala 1:400.000 e 01 mapa de recursos minerais, escala 1:400.000. Disponível em [www.cprm.gov. br/geologia básica](http://www.cprm.gov.br/geologia_básica).

HEILBRON M., *et al.* 2008. Correlation of Neoproterozoic terranes between the Ribeira Belt, SE Brazil and its African counterpart: comparative tectonic evolution and open questions. In: Pankhurst R.J., Trow R.A.J., Brito Neves B.B, De Witt. (eds.) *West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations across the South Atlantic Region*. London, Geological Society, Special Publication, 294 p., p. 211-232.

HIDALGO-RUZ, V., THIEL, M. Distribution and abundance of small plastic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): A study supported by a citizen science project. *Marine Environmental Research*. p. 87-88. 2013

HORTON, A. A.; SVENDSEN, C.; WILLIAMS, R. J.; SPURGEON, D. J. Large microplastic particles in sediments of tributaries of the River Thames, UK—Abundance, sources and methods

for effective quantification. *Marine Pollution Bulletin* 2017, 114, 1.

IMO - International Maritime Organization, 2015. Plastic particles in the ocean may be as harmful as plastic bags, report says. International Maritime Organization Press Brief[1]ing Archives. 27/04/2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Acesso em março de 2024. Disponível em : <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj/saquarema.html>

IVAR DO SUL, J. A. et al. Plastic debris retention and exportation by a mangrove forest patch. *Marine Pollution Bulletin*, v. 78, n. 1–2, p. 252–257, 15 jan. 2014.

IVAR DO SUL, J.A., COSTA, M.F., 2014. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environ. Pollut.* 185, 352-364.

IVLEVA, N. P., WIESHEU, A. C., NIESSNER, R. Microplastic in aquatic ecosystems. *Angewandte Chemie International Edition*, v. 56, p. 1720-1739. 2016.

KJERFVE, B. Coastal lagoons. In *Coastal Lagoon Processes*, ed. B. Kjerfve, pp. 1-8. Elsevier, Amsterdam. 1994.

KLEMEŠ, J. J., VAN FAN, Y., TAN, R. R., JIANG, P. Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 109883. 2020b. DOI: 10.1016/j.rser.2020.109883

KOMAR, P. D. The entrainment, transport and sorting of heavy minerals by waves and currents. In: MANGE, M. A. & WRIGHT, D. T. (Coordenadores), *Heavy Minerals in Use*. Oxford: Elsevier, p. 3-48, 2007.

KOTHARI, R. et al. Different aspects of dry anaerobic digestion for bio-energy : An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 39, p. 174–195, 2014.

KERSHAW, P.J. (Ed.). Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. London: International Maritime Organization/GESAMP, 2015. 96 p. (Rep. Stud. GESAMP, 90).

LAIST, D. W. Impacts of marine debris: entanglement of marine life in marine debris including a comprehensive list of species with entanglement and ingestion records. In: Coe, J. M., Rogers, D. B. (Eds.), *Marine Debris sources, Impacts and Solutions*. Springer-Verlag New York Inc., New York, p.99-139, 1997.

LAING, A. K. *Guide to Wave Analysis and Forecasting*. 2^a Ed. Geneva: World Meteorological Organization, 1998. 159p.

LÖDER, M.G.J.; GERDTS, G. Methodology used for the detection and identification of microplastics: a critical appraisal. In: BERGMANN, M. et al. (Eds.). *Marine anthropogenic litter*. Cham: Springer, 2015. p. 201-227.

MADUREIRA, E. A. L. (2020). Caracterização da poluição por microplásticos no litoral de Limón, Caribe Sul da Costa Rica, como subsídio à gestão costeira. 2020. 148p.

MACEDO, A. V., SILVA, A. L. C., MADUREIRA, E. A. L., DINIZ, L. F., PINHEIRO, A. B.

- Poluição por resíduos sólidos em praias da baía da Ilha Grande, Angra dos Reis e Paraty (RJ). *Mares: Revista de Geografia e Etnociências*, v.1, p. 53-66. 2020
- MANSUR, K.L. (2010). Diretrizes para a Geoconservação do Patrimônio Geológico do Estado do Rio de Janeiro: o caso do Domínio Tectônico de Cabo Frio. Tese de Doutorado. UFRJ.
- MARTIN L, Suguio K, Dominguez JML, Flexor JM (1997) Geologia do Quaternário costeiro do litoral norte do Rio de Janeiro e do Espírito Santo. FAPESP/CPRM, Belo Horizonte.
- MAXIMENKO, N. *et al.* Towards the Integrated Marine Debris Observing System. *Frontiers in Marine Science*, n. 6, 447. 2019. DOI: 10.3389/fmars.2019.00447
- MOLNAR, J. L., GAMBOA, R. L., REVENGA, C., SPALDING, M. D. Assessing the global threat of invasive species to marine biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, v. 6, 1342, p. 485–492. 2008.
- MOORE, C. J., MOORE, S. L., LEECASTER, M. K., WEISBERG, S. B. A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, n. 42, p.1297–1300. 2001.
- MORAIS, A. 2007. Análise de Alternativas Hidrodinâmicas para o Sistema Lagunar da Baixada de Jacarepaguá, RJ. Dissertação de mestrado do Programa de Engenharia Oceânica – Área de Engenharia Costeira & Oceanográfica – COPPE/UFRJ.
- MORAIS, R. M. O.; MELLO, C. L.; COSTA, F. O.; SANTOS, P. F. 2006. Fácies sedimentares e ambientes deposicionais associados aos depósitos da Formação Barreiras no Estado do Rio de Janeiro. *Geologia USP: Série Científica*, São Paulo, 6(2): 19-30.
- NICHOLS, G. Clastic coasts and estuaries. In: *Sedimentology and Stratigraphy*. Second Edition. Chichester: John Wiley & Sons, 2009. p. 199-214.
- NOBRE, C. R. et al. Effects of microplastics associated with triclosan on the oyster *crassostrea brasiliana*: an integrated biomarker approach. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 79, p. 101-110, 2020.
- OLIVEIRA, C.W.S.; CORRÊA, C.S.; SMITH, W.S. Food ecology and presence of microplastic in the stomach content of neotropical fish in an urban river of the upper Paraná River Basin. *Revista Ambiente & Água*, v. 15, n. 4, p. e2551, 2020.
- OLIVEIRA, J. F. DE; MUEHE, D. Identificação das áreas de sedimentos compatíveis na plataforma continental interna para recuperação de praias entre as cidades de Niterói e Macaé - Rio de Janeiro, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v.13, n.1, p. 89-99, 2013. DOI: 10.5894/rgci362
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS BRASIL – ONU BRASIL. 14 ago 2015. Disponível em: No Brasil, 80 mil toneladas de resíduos sólidos são descartadas de forma inadequada por dia, afirma ONU. Acesso em: <https://brasil.un.org/pt-br/70463-no-brasil-80-mil-toneladas-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos-s%C3%A3o-descartadas-de-forma-inadequada-por-dia>. fev. 2024.
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Rational use of personal protective equipment for coronavirus disease 2019 (COVID-19). Interim guidance, 7p. 2020.

PATRÍCIO SILVA, A. L., PRATA, J. C., WALKER, T. R., DUARTE, A. C., OUYANG, W., BARCELÒ, D., ROCHA-SANTOS, T. Increased plastic pollution due to Covid-19 pandemic: challenges and recommendations. *Chemical Engineering Journal*, 126683. 2020b. DOI: 10.1016/j.cej.2020.126683

PENG, G. et al. Microplastics in freshwater river sediments in Shanghai, China: a case study of risk assessment in mega-cities. *Environmental Pollution*, v. 234, p. 448-456, 2018.

PINHO, U. F. 2003. Caracterização do estado do mar na Baía de Campos. Rio de Janeiro, 2003. 145 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro

PINTO, V. C. S., SILVA, A. L. C., SILVESTRE, C. P., ANTONIO, R. V. M. Ambiente praial e a influência do arenito de praia na distribuição dos sedimentos em Jacaré (Maricá, RJ). In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada - Territórios Brasileiros: Dinâmicas, Potencialidades e Vulnerabilidades. Teresina, 2015, v. 1, p. 1618-1625.

PLASTICS EUROPE. *Plastics - The Facts 2018 - An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data*. Plasticseurope.org. 2018. Disponível em: http://stagingplasticseurope.idloom.com/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf. Acessado em: 11/04/2024

PLASTICS EUROPE. *Plastics – The Facts 2019 – An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data*. Brussels: Plastics Europe. 2019.

PLASTICS EUROPE. What are plastic? Disponível em: <http://www.plasticseurope.org/en/about-plastics/what-are-plastics>. 2020. Acessado em: 11/04/2024

POMPÊO, M.; RANI-BORGES, B.; DE PAIVA T. C. B. *Microplásticos nos ecossistemas: impactos e soluções*. São Paulo: Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 2022. 216 p.: il.

POWERS, M.C., 1953. A New Roundness Scale for Sedimentary Particles. *SEPM Journal of Sedimentary Research*, 23(2), pp.117–119.

PROVENCHER, J. F., VERMAIRE, J. C., AVERY-GOMM, S., BRAUNE, B. M., MALLORY, M. L. Garbage in guano? Microplastic debris found in faecal precursors of seabirds known to ingest plastics. *Science of the Total Environment*, v. 644, p. 1477–1484. 2018.

RIST, S., ALMROTH, B. C., HARTMANN, N. B., THERESE M. KARLSSON, T. M. A critical perspective on early communications concerning human health aspects of microplastics. *Science of the Total Environment*, v. 626, p. 720–726. 2018

ROCHMAN, C.M. et al. Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 38, n. 4, p. 703-711, 2019.

RYAN, P. G.; MOORE, C. J.; VAN FRANEKER, J. A.; MOLONEY, C. L. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Phil. Trans. R. Soc. B*, v. 364, p. 1999-2012, 2009.

SCHMITT, R.S.; TROUW, R.A.J.; VAN-SCHUMUS, W.R.; PIMENTEL, M.M. (2004). Late Amalgamation in the central part of Western Gondwana: New Geochronological Date and the Characterization of a Cambrian Collision orogeny in the Ribeira Belt (SE, Brazil). *Precambrian Research*, v.133, p.29-61

SCHMITT, R.S.; TROUW, R.A.J.; VAN SCHMUS, W.R.; PASSCHIER, C.W. (2008a). Cambrian orogeny in the Ribeira Belt (SE Brazil) and correlations within West Gondwana: ties that bind underwater. In: Pankhurst, R.J; Trouw, R.A.; Brito Neves, B.B.; De Wit, J.J. Eds. *West Gondwana: Pre-Cenozoic Correlations Across the South Atlantic Region*. London: Geological Society of London, Special Publications, v. 294, p.279-296.

SCHMITT, Renata da Silva [et al.] *Geologia e recursos minerais da folha Rio das Ostras SF.24-Y-A-IV e Cabo Frio SF.23-Z-B-VI, estado do Rio de Janeiro escala 1:100.000 / Renata da Silva Schmitt [et al.] ;organizador Luiz Carlos da Silva. – Belo Horizonte : CPRM, 2012*

SCHMITT, R.S.; TROW, R.; VAN SCHMUS, W.R.; ARMSTRONG, R.; STANTON, N.S.G. (2016). The tectonic significance of the Cabo Frio Tectonic Domain in the SE Brazilian margin: a Paleoproterozoic through Cretaceous saga of a reworked continental margin. *Brazilian Journal of Geology*, 46 (1): 37-66

SHEN, M. et al. Are biodegradable plastics a promising solution to solve the global plastic pollution? *Environmental Pollution*, v. 263, p. 114469, 2020.

SILVA, A. L. C. *Arquitetura sedimentar e evolução geológica da planície costeira central de maricá (RJ) ao longo do Quaternário*. 185 f. Tese (Doutorado) em Geologia e Geofísica Marinha – Departamento de Geologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 2011.

SILVA, L.C., CUNHA, H.S.C., 2001. *Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro*, Brasília: CPRM 1-12.

SOMERVILLE, S. E.; MILLER, K. L.; MAIR, J. M. Assessment of the aesthetic quality of a selection of beaches in the Firth of Forth, Scotland. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 46, 1184-1190. 2003.

SUSSARELLU, R., *et al.* Oyster production is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 113, n. 9, p. 2430–2435. 2016.

TUCKER, M. E. *Sedimentary rocks in the field*. 3ª Ed. Chichester: Wiley, 2003. 288p

UNEP - UN Environment Programme. (2023). *World Environment Situation Room: Brazil Waste Management*. Recuperado de <https://www.unep.org/interactive/2023>

UNEP. *Marine litter vital graphics*. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Programme and GRID-Arendal, 54 p., 2016.

UNEP. *Marine Litter: A Global Challenge*. Nairobi: UNEP, 232p. 2009.

URBANSKI, B.Q. et al. First record of plastic ingestion by an important commercial native fish (*Prochilodus lineatus*) in the middle Tiete River basin, Southeast Brazil. *Biota Neotropica*, v. 20, n. 3, p. e20201005, 2020.

VASCONCELOS, Crisógono de Oliveira. Modern Dolomite Precipitation and Diagenesis in a Coastal Mixed Water System (Lagoa Vermelha, Brazil): A Microbial Model for Dolomite Formation under Anoxic Conditions. 1994. Tese (Doutorado Ciências Naturais)-Eidgenossische Technische Hochschule, Zurich, 1994.

VIANA S.M., Valladares C.S., Duarte B.P. 2008. Geoquímica dos ortognaisses do Complexo Região dos Lagos, Araruama-Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 27(1):111-120.

VIANELLO, A. et al. Microplastic particles in sediments of Lagoon of Venice, Italy: first observations on occurrence, spatial patterns and identification. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 130, p. 54- 61, 2013.

WAGNER, M.; LAMBERT, S. (Eds.). Freshwater microplastics: emerging environmental contaminants?. Cham: Springer, 2017. 303 p. (The Handbook of Environmental Chemistry, 58).

WESTON, J. N. J., CARRILLO-BARRAGAN, P., LINLEY, T. D., REID, W. D. K., JAMIESON, A. J. New species of Eurythenes from hadal depths of the Mariana Trench, Pacific Ocean (Crustacea: Amphipoda). *Zootaxa*, v. 4748, n. 1, p. 163–181. 2020. DOI: 10.11646/zootaxa.4748.1.9

WHITNEY D.L. & EVANS B.W. (2010) Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95, 185–187.

WHO - World Health Organization, 2019. Microplastics in drinking-water. Geneva. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Available from: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/microplastics-in-drinking-water/en/.

WINTER, W. R.; JAHNERT, R. J. & FANÇA, A. B. 2007. Bacia de Campos. In: Milani, E. J. (coord.); Rangel, H. D.; Bueno, G. V.; Stica, J. M.; Winter, W. R.; CAIXETA, 70 J. M.; Pessoa Neto, O. C. Cartas Estratigráficas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, pp. 511-529.

WINTON, D.J. et al. Macroplastic pollution in freshwater environments: Focusing public and policy action. *Sci. Total Environ.*, v. 704, p. 135242, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135242>

WOODS, MN, HONG, TJ, BAUGHMAN, D., ANDREWS, G., FIELDS, DM, E MATRAI, PA. Accumulation and effects of microplastic fibers in American lobster larvae (*Homarus americanus*). *Marine Pollution Bulletin* Volume 157, Aug. 2020, 111280

YOUNG, H. S. et al. Patterns, causes, and consequences of anthropocene defaunation. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, v. 47, p. 333-358, 2016.

ZANTA, V. M.; MARINHO, M. J. M. R.; LANGE, L. C.; PESSIN, N. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos com ênfase na proteção de corpo d'água: prevenção, geração e tratamento de lixiviados de aterros sanitários. In: CASTILHOS JUNIOR, A.B. (Coord.). Rio de Janeiro: ABES. 494 p. 2006.

ZHAO, X., CORNISH, K., VODOVOTZ, Y. Narrowing the gap for bioplastic use in food

packaging-an update. Environmental Science & Technology. 2020. DOI:
10.1021/acs.est.9b037