



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PARNAÍBA
CURSO LICENCIATURA EM QUÍMICA

EXPEDITO DE SOUSA MORAIS

INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA DE MICROPLÁSTICOS NA PRAIA PEDRA DO SAL
EM PARNAÍBA – PIAUÍ.

PARNAÍBA

2023

EXPEDITO DE SOUSA MORAIS

INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA DE MICROPLÁSTICOS NA PRAIA PEDRA DO SAL
EM PARNAÍBA – PIAUÍ.

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Química
do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí. Campus Parnaíba.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Janiciara Botelho Silva.
Coorientador: Prof. Dr. Bartholomeu Araujo Barros
Filho.

PARNAÍBA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Morais, Expedito de Sousa

M827i Investigação científica de microplásticos na praia Pedra do Sal em
Parnaíba - Piauí /Expedito de Sousa Moraes. — 2023.
44 f.:il.color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química) –
Instituto Federal do Piauí, Campus Parnaíba, 2023.

Orientadora: Prof^a. Dr^a.Janiciara Botelho Silva.

Coorientador: Prof^o. Dr. Bartholomeu Araujo Barros Filho.

1.Química. 2.Microplástico. 3.Contaminantes emergentes.4.Espectroscopia
de infravermelho. I.Título.

CDD - 540

Elaborado por Micheline Angélica Aragão Gouveia CRB 3/1244

EXPEDITO DE SOUSA MORAIS

INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA DE MICROPLÁSTICOS NA PRAIA PEDRA DO SAL
EM PARNAÍBA – PIAUÍ.

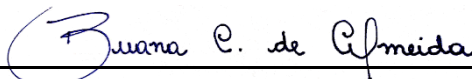
Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Química
do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí. Campus Parnaíba.

Aprovada em: 17/01/2023.

BANCA EXAMINADORA



Prof^a. Dr^a. Janiciara Botelho Silva (Orientador)
Instituto Federal do Piauí (IFPI) – Campus Parnaíba.



Prof^a. Dr^a. Buana Carvalho de Almeida.
Instituto Federal do Piauí (IFPI) – Campus Parnaíba



Prof. Dr. Benedito Gledson de Araújo Oliveira.
Instituto Federal do Piauí (IFPI) – Campus Parnaíba.

Dedico esta monografia, primeiramente à Deus, minha família, amigos, orientadores, por toda a força necessária para que eu chegasse na realização de um de meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pai de divina bondade, pelo seu amor e misericórdia, sobre minha caminhada, bem como sua proteção, força e iluminação nos dias difíceis, abençoando-me com ânimo e coragem para prosseguir.

Agradeço aos meus pais, já desencarnados, Lúcia e Moraes, que mesmo com pouco tempo de convivência pai e filho neste atual plano espiritual, construíram um homem de caráter, de bondade e de amor, seja pelos terços rezados pelo meu pai, seja pelos riscos já corridos por minha mãe. A vocês, todo meu amor, gratidão e saudade.

A minha família composta por meus tios, aos meus irmãos Dolores, Erika e Samuel, por todo apoio, amparo e motivação. Aos meus primos e sobrinhos. E, em especial a dona Maria das Graças Ferreira de Sousa, a mulher mais forte, determinada e corajosa que já conheci, que não pôde ver nenhum de seus filhos formados no meio acadêmico, mas verá seu neto, com amor e toda admiração por sua força, minha vó. Agradeço a meus amigos irmãos Eduardo, Guilherme, Marilise e Larissa, por serem uma de minhas bases, e acreditarem em mim e nos meus sonhos.

A meus amigos que firmei uma amizade ao longo deste curso, e que, sem vocês, vivenciar tudo isso, não valeria a pena. Obrigado de coração Ana Beatriz, Cibebe, Sabino, Warley, Bianca, Rafael, Mairon, Isaias, Leanderson, Clara Luz, Lucas, Manu, Thalia, Vinicius e a turma de química 2019.1 e em especial ao Fernando Barbosa, por ter sido um apoio necessário nesta caminhada.

Em meus agradecimentos, estendo ao Instituto Federal do Piauí, campus Parnaíba e seus programas de auxílio, que durante esses anos, me ajudaram muito. Em especial, agradeço a meus mestres Ana Maria, Buana Carvalho, Bartholomeu Araujo, Marcia Valeria, Vilma Dias, Haroldo Neres, A bel do laboratório, a tia Lu do refeitório e por fim, minha orientadora que tanto admiro Janiciara Botelho Silva.

“Ainda que eu falasse a língua dos homens e dos anjos, e não tivesse amor, seria como o metal que soa ou como o sino que tine”.

1 Coríntios 13.

RESUMO

A poluição, ocasionada pelo plástico, perdura-se como um problema de grande relevância dos pontos de vista ambientais, econômicos e sociais, visto que, o plástico é um material muito utilizado. As partículas que apresentam tamanhos entre 1 e 5 mm de comprimento, são de intitulados de microplásticos (MP), podendo ser classificados como primários e secundários. Os microplásticos são considerados atualmente como contaminantes emergentes, pois apresentam grandes riscos ao meio ambiente, principalmente a biota marinha. A ausência de estudos acerca de microplásticos na praia Pedra do Sal (Parnaíba-PI) motivou este trabalho de conclusão de curso, a fim de investigar a presença de microplásticos nesta região. Para isso, as amostras foram coletadas e caracterizadas fisicamente, utilizando um microscópio eletrônico e quimicamente por Espectroscopia de infravermelho (IV). Os resultados mostraram no espectro obtido bandas de $3571\text{-}3214\text{ cm}^{-1}$ estiramento O-H; 1424 cm^{-1} deformação C-H de alcenos; 1082 cm^{-1} Estiramento C-O de álcool; 872 cm^{-1} Deformação C-H de alcenos dissustituído geminal; 781 cm^{-1} Deformação C-H de anel benzênico com 5 átomos H adjacentes livres (1° pico); 697 cm^{-1} Deformação C-H de anel benzênico com 5 átomos H adjacentes livres (2° pico). Observando uma predominância de resíduos de sílica, presentes na areia, sobre os fragmentos de plásticos obtidos após o procedimento final da filtração. Entretanto mesmo com sobreposições vistas das bandas de sílica sobre os microplásticos, pode-se distinguir estiramentos específicos presentes no nylon e no Polietileno tereftalato.

Palavras-chave: Microplástico. Contaminantes emergentes. Espectroscopia de infravermelho.

ABSTRACT

The pollution caused by plastic remains a problem of great relevance from the environmental, economic and social points of view, since plastic is a widely used material. The particles that present sizes between 1 and 5 mm in length are called microplastics (MP) and can be classified as primary and secondary. Microplastics are currently considered to be emerging contaminants, as they pose great risks to the environment, especially to marine biota. The absence of studies about microplastics in Pedra do Sal beach (Parnaíba-PI) motivated this end-of-course work, in order to investigate the presence of microplastics in this region. For this, samples were collected and characterized physically, using an electron microscope, and chemically by infrared (IR) spectroscopy. The results showed in the obtained spectrum bands of 3571-3214 cm⁻¹ O-H stretching; 1424 cm⁻¹ C-H deformation of alkenes; 1082 cm⁻¹ C-O stretching of alcohol; 872 cm⁻¹ C-H deformation of geminal disubstituted alkenes; 781 cm⁻¹ C-H deformation of benzene ring with 5 free adjacent H atoms (1st peak); 697 cm⁻¹ C-H deformation of benzene ring with 5 free adjacent H atoms (2nd peak). Observing a predominance of silica residues, present in the sand, over the plastic fragments obtained after the final filtration procedure. However, even with overlapping silica bands seen on the microplastics, specific stretching present in nylon and Polyethylene terephthalate can be distinguished.

Keywords: Microplastics. Emerging contaminants. Infrared spectroscopy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação dos MP primários e secundários, analisados por microscopia eletrônica: (A) microplásticos secundários; (B) microplásticos primários.	16
Figura 2 - Introdução de microplásticos de origem primária nos oceanos (Pallets; Produtos de higiene pessoal); e dos microplásticos de origem secundária (Produtos plásticos maiores; Roupas), sofrendo o processo da degradação de macroplástico em microplástico.	16
Figura 3 - Imagem do Mapa da localização da Praia Pedra do Sal.	22
Figura 4 - Imagem dos pontos de coleta.	23
Figura 5 - Imagem da linha preamar.	24
Figura 6 - Demarcação do ponto de coleta e coleta: (A) demarcação na areia; (B) coleta do material.	24
Figura 7 - Pesagem do material: (A) Balança Analítica; (B) Acondicionamento do material.	25
Figura 8 - Material para secagem.	26
Figura 9 - Processo de Granulometria da amostra.	26
Figura 10 - Amostras em processo de flotação.	27
Figura 11 - Sistema montado do processo de filtração da amostra	28
Figura 12 - Lupa utilizada para caracterização física.	28
Figura 13 - Artefatos marítimos: Imagem registrada na placa de Petri (A) e as mesmas sobre o papel toalha (B).	31
Figura 14 - Material pós filtragem.	31
Figura 15 - Imagem obtidas das amostras onde pode-se visualizar que são bem semelhantes, apresentando 1 fio solto e alguns fragmentos de possíveis microplásticos.	32
Figura 16 - Espectro IV-TF do microplástico.	32
Figura 17 - Espectro do Polietileno tereftalato (PET).	33
Figura 18 - Espectro da Poliamida (Náilon).	34
Figura 19 - Espectro de sílica.	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas dos Pontos de coleta da Praia Pedra do Sal.	23
Tabela 2 - Lista de identificação dos polímeros, a partir do valor de absorbância do espectro de infravermelho.	29
Tabela 3 - Massa da Areia.	30
Tabela 4 – Artefatos marítimos encontrados.	30
Tabela 5 - Atribuições analisadas no espectro de infravermelho.	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MP – Microplástico.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1 ORIGEM E PRODUÇÃO DOS PLÁSTICOS.....	13
2.2 MICROPLÁSTICOS, CONTAMINANTES EMERGENTES	14
2.2.1 Os microplásticos primários e secundários.....	15
2.2.2 Contaminantes emergentes	17
2.3 EFEITOS DOS MICROPLÁSTICOS NO MEIO AMBIENTE	17
2.4 IMPACTOS DOS MICROPLÁSTICOS NO ECOSSISTEMA MARINHO.....	18
2.5 MICROPLÁSTICOS E SEUS EFEITOS NA SAÚDE HUMANA	19
3. OBJETIVOS.....	21
3.1 OBJETIVO GERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
4. METODOLOGIA	22
4.1 TIPO DE PESQUISA	22
4.2 LOCAL DE COLETA	22
4.3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	23
4.3.1 Coleta do Material	23
4.4 PREPARO DA AMOSTRA	25
4.4.1 Pesagem do material	25
4.4.2 Secagem do material	25
4.4.3 Granulometria da amostra.....	26
4.4.4 Flotação da amostra	26
4.4.5 Processo de filtração.....	27
4.5 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA.....	28
4.5.1 Caracterização física.....	28
4.5.2 Espectroscopia de infravermelho.....	29
5. RESULTADOS	30
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

A poluição, ocasionada pelo plástico, perdura-se como um problema de grande relevância dos pontos de vista ambientais, econômicos e sociais. O plástico é um componente bastante utilizado em nosso cotidiano, sua versatilidade e baixo custo associado à sua produção, faz com que este material seja cada vez mais utilizado. Entretanto, entre os anos de 1950 e 2017, houve um aumento significativo em escala mundial, quanto a sua produção, passando de 1,5 para 348 milhões de toneladas produzidas mundialmente por ano (PLASTICS EUROPE, 2018).

Nesse contexto fica evidente que a má gestão dos resíduos de plástico e seu crescimento anual de 4% desde 2000 são fatores de grande preocupação (GEYER; JAMBECK; LAW, 2017). Estimativas traçadas por Geyer, Jambeck e Law (2017) preveem que até 2050, 12 milhões de toneladas de plástico serão despejados em aterros sanitários ou diretamente no meio ambiente. A produção alinhada ao descarte inadequado deste material, encontra-se de forma onipresente em nossa natureza, consequentemente os mares e oceanos são os mais afetados.

Os microplásticos, são partículas que apresentam tamanhos variados entre 1 e 5 mm de comprimento. Atualmente, são denominados como contaminantes emergentes, pois apresentam riscos ao meio ambiente, principalmente a biota marinha (ANDRADY, 2011; AVIO et al., 2017). Encontram-se divididos em microplásticos primários e secundários. Os primários, são produzidos em tamanhos inferiores a 5mm e são utilizados na indústria podendo ser encontrados na fabricação de cosméticos, como creme dental, esmaltes e maquiagens; Já os secundários são produzidos em tamanhos maiores que 5 mm, porém devido ao mau descarte deste resíduo, acabam indo de encontro à biota marinha e com o tempo, sofrem processos químicos, físicos e biológicos, havendo sua fragmentação a partículas iguais ou inferiores a 5 mm (ROJO-NIETO; MONTOTO, 2017).

Fica evidente a necessidade de estudos para identificar os microplásticos na planície litorânea do Piauí, pois encontram-se sendo contaminantes com caráter emergente e após intensas pesquisas, não foram identificados, até então, nenhum estudo publicado no que se refere a esta temática na região, podendo ser um importante fator para traçar parâmetros norteadores sobre o assunto.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ORIGEM E PRODUÇÃO DOS PLÁSTICOS

O conceito da palavra plástico vem do grego *plastikos*, que significa ajuste de moldagem em condições postas de pressão e calor (LOKENS GARD, E. 2013). O plástico é constituído por polímero sintético, sendo este polímero uma macromolécula constituída por unidades estruturais menores denominadas monômeros. O primeiro polímero sintético teve sua criação em 1907, por Leo Baekeland, com o objetivo de suprir a demanda de materiais mais baratos, tornado o consumo da sociedade mais acessível (MEIKLE, 1995). Entretanto, essa indústria de polímeros sintetizados ganhou força, somente na Segunda Guerra Mundial, pelo qual demandava-se o desenvolvimento de materiais que pudessem ser úteis aos anseios daquela época, como exemplo, temos a poliamida, que foi desenvolvida com a finalidade de amenizar a carência da indústria têxtil, afetada pelas sanções políticas e econômicas, que bloqueavam o acesso da seda para a Alemanha (RABELLO, M et al., 2013).

Desde a Segunda Guerra, até os dias atuais, a produção dos polímeros desenvolveu-se rapidamente, o produto pode ser encontrado em quase todos os setores de nossa sociedade, esse fato pode ser explicado devido às propriedades vantajosas com material de produção de baixo custo e sua diversidade de aplicação (MANO, L. B. et al., 1999; RIOS, L. et al., 2007). Exemplo prático que podemos citar é a substituição do vidro, pelo material plástico na área da saúde - ao substituir as seringas de vidro, pelas de plástico descartáveis, observou-se uma diminuição evidente de contaminação pelos procedimentos hospitalares (ABIPLAST, 2015).

Os materiais plásticos normalmente apresentam origem fóssil, advindo do petróleo, sendo formado industrialmente por 3 etapas de geração, denominadas de primeira, segunda e terceira indústrias de geração. No primeiro momento, há o fracionamento do petróleo com a finalidade de obtenção do nafta, sendo este responsável por produzir os principais polímeros utilizados na indústria de transformação de materiais. Em seguida, o nafta participa da produção industrial que resultará na primeira geração, originando os principais monômeros usados na produção de plásticos como eteno, propeno, buteno, entre outros (ABIPLAST, 2015).

A segunda geração é responsável pela produção das resinas poliméricas denominadas *pellets*, por exemplo: Policloreto de vinila (PVC); Polipropileno (PP);

Politereftalato de etileno (PET); Polietileno (PE) (ABIPLAST, 2015). A terceira geração é responsável pela produção dos materiais de plásticos, podendo haver adição de aditivos químicos para formar características diferentes ou melhorar o produto obtido (OLIVATTO, 2017).

Nos últimos anos, a produção mundial de plástico aumentou significativamente, e, conseqüentemente, sua contaminação no meio ambiente também. O mau gerenciamento deste resíduo tem sido uma grande problemática para a preservação ambiental, pois mesmo com uma Política Nacional de Resíduos Sólidos, presente no Art. 3º parágrafo VII da Lei Federal nº 12.305/2010, definindo que a destinação final destes resíduos deve ser ambientalmente adequada e supervisionada pelos órgãos competentes. Dentre estes, o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) – responsável pela análise da disposição final dos plásticos, observando normas operacionais das indústrias de modo a evitar possíveis danos à saúde pública e sua segurança, minimizando os impactos trazidos por essas atividades (BRASIL, 2010).

2.2 MICROPLÁSTICOS, CONTAMINANTES EMERGENTES

Segundo Frias e Nash (2019), pode-se definir microplástico como sendo “qualquer partícula sólida sintética ou matriz polimérica, com forma regular ou irregular e com tamanho variado entre 1 µm a 5 mm, cuja origem pode ser primária ou secundária na fabricação, sendo insolúveis em água”. Suas fontes de produção podem ser, distinguidas na sua forma de fabricação. Partículas de microplásticos fabricadas com tamanhos de 1 µm a 5 mm, encontram-se sendo classificados como microplásticos primários. Fragmentos maiores de plásticos, que sofrem decomposições químicas e biológicas e tornam-se fragmentos menores com tamanhos entre 1 µm a 5 mm, são categorizadas como microplásticos secundários (GESAMP, 2016).

Os microplásticos são encontrados em maior abundância no corpo hídrico, isso ocorre principalmente pela mau recolhimento e aproveitamento deste plástico, que geralmente entram nos rios e mares através do ar atmosférico, escoamento superficialmente por conta das chuvas, estações de tratamento de esgoto e em muitos casos, através do lançamento direto dos microplásticos secundários dentro destes canais aquáticos (MASON et al., 2016). As quantidades destes corpos presentes no corpo hídrico, torna-se alarmante, pois uma única peça de plástico, ao sofrer

degradação, pode virar milhões de micropartículas, contaminando a biota aquática (LAW & THOMPSON, 2014).

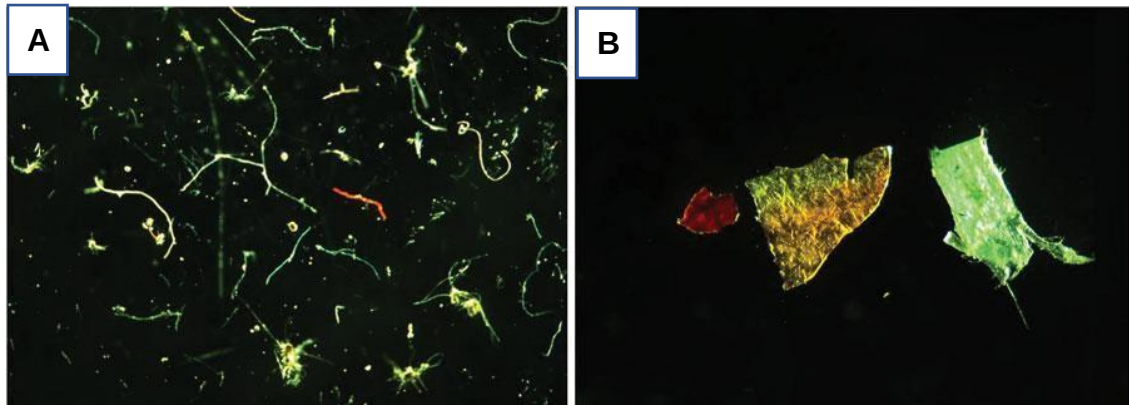
Os microplásticos presentes no ambiente aquático, tendem acumular Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs), que são poluentes químicos estáveis e resistentes no ambiente, quanto às degradações químicas e biológicas. Além disso, os microplásticos são compostos bioacumuláveis e tóxicos para os organismos marinhos, bem como para o homem (LEONOR, 2020), acarretando problemas reprodutivos imunitários, endócrinos e até considerados cancerígenos (ABELSOHN et al., 2002; BARLETTA et al., 2019; POZO et al., 2020). Os POPs que encontramos mais comumente são os Bifenis-Policlorados (PCBs), Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDT) e os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (PAHs) (FRIAS, 2010).

2.2.1 Os microplásticos primários e secundários

Os microplásticos se classificam a partir da fonte pela qual foram produzidos, com isso, temos os MP primários e secundários. Os primários, também denominados de *pellets*, apresentando ampla utilização pela indústria de produtos higiênicos e cosméticos. As fibras sintéticas, também são classificadas como microplásticos primários, muito utilizados no ramo dos vestuários (CRAWFORD e QUINN, 2017).

Os secundários, são materiais de plástico com maiores dimensões, que sofrem degradação química e biológica no meio ambiente, resultando em sua fragmentação para dimensões menores (GESAMP, 2016; CRAWFORD e QUINN, 2017). Os exemplos mais comuns de MP secundários que podemos encontrar são as fibras sintéticas presentes em nossos vestuários, que ao sofrerem a ação da lavagem, tornam-se microplásticos secundários, as microfibras de poliéster, poliamida e acrílico são as categorias de MP mais abundantes em amostras ambientais estudadas, apenas na ação de lavagem de uma única peça de roupa podem ser liberados cerca de 1900 microfibras, tendo seu destino, o corpo hídrico (BROWNE et al., 2011; CRAWFORD e QUINN, 2017).

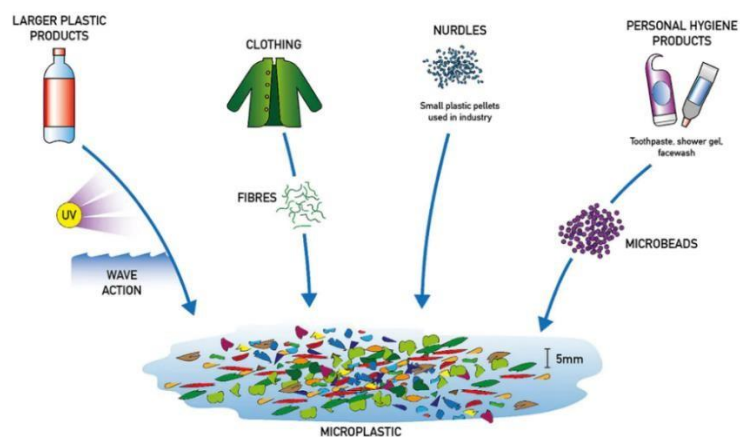
Figura 1 - Representação dos MP primários e secundários, analisados por microscopia eletrônica: (A) microplásticos secundários; (B) microplásticos primários.



Fonte: Adaptado de Lee, et al., 2020.

Outros exemplos práticos sobre os MP secundários são a degradação de pneus, tintas utilizadas para proteção e revestimento de peças de metal dos barcos e utensílios de pesca, além destes comentados, temos o lixo doméstico deixado no ambiente marinho, que tende a degradar-se com o tempo no ambiente aquático (SAPAE, 2019).

Figura 2 - Introdução de microplásticos de origem primária nos oceanos (Pallets; Produtos de higiene pessoal); e dos microplásticos de origem secundária (Produtos plásticos maiores; Roupas), sofrendo o processo da degradação de macrolástico em microplástico.



Fonte: Adaptado de Encounterdu, 2021.

2.2.2 Contaminantes emergentes

Por definição, contaminantes emergentes (CE) incluem qualquer poluente presente em nosso meio ambiente, no qual, sua presença é estranha ou desconhecida pela comunidade científica, causando inquietação sobre seus efeitos ecotóxicos, geralmente tais poluentes são de origem orgânica sintética (US EPA, 2021; CUNHA et al., 2020). Segundo Bila e Dezzotti (2007), na literatura também encontramos outros nomes para CEs: contaminantes de preocupação emergentes, poluentes emergentes, micropoluentes e microcontaminantes.

Estes contaminantes, não estão incluídos na legislação de programas de monitoramento de rotinas industriais e laboratoriais. Entretanto, far-se-á necessário pesquisas sobre seus efeitos e impactos no meio ambiente, pois assim, poderá haver melhor monitoramento de sua ocorrência. Sua detecção e caracterização tem sido bastante explorada e estudada, por intermédio das novas técnicas analíticas em desenvolvimento (MONTAGNER et al., 2017).

Os efeitos destes micropoluentes emergenciais no meio ambiente estão mais evidenciados no ecossistema aquático, como mostra os trabalhos de Stumpf et al., (1999), Jelic et al., (2011), Santos et al., (2013), Crawford et al., (2017) e Pivetta & Gastaldini (2019), sendo potenciais causadores de prejuízos no meio ambiente, e por consequência, na saúde humana.

2.3 EFEITOS DOS MICROPLÁSTICOS NO MEIO AMBIENTE

Os efeitos dos MP no meio ambiente, é um reflexo de nossa sociedade consumista, sendo uma problemática persistente, há décadas. Dentre os efeitos ocasionados pela presença destes resíduos em nosso planeta, temos a possibilidade de perda de biodiversidade, principalmente marinha, e riscos à saúde pública (LI et al, 2018).

As formas de vida, tanto macro quanto microscópica, tendem interagir com os ambientes bióticos e abióticos, e os materiais plásticos, presentes nestes ambientes representam um risco para fauna, flora e as diferentes biotas que absorvem estes fragmentos de plásticos. Os microplásticos podem conter outros produtos químicos, estes são adicionados na sua fabricação para fins específicos, como coloração, resistência e dureza (EERKES-MEDRANO et al., 2015; LI et al., 2018).

Existem poucos estudos sobre os processos químicos de transferência dos microplásticos para a biota. Tornando-se necessário mais estudos a cerca desta complexa interação, com finalidade de serem mais bem compreendidas e com isso abrindo espaço para futuros estudos que ampliarão as formas de intervenção (EERKES-MEDRANO et al., 2015).

2.4 IMPACTOS DOS MICROPLÁSTICOS NO ECOSISTEMA MARINHO

O ecossistema marinho é o principal alvo de destinos dos microplásticos, a preocupação quanto suas consequências neste ambiente vêm provocando preocupações para os especialistas. A poluição deste ecossistema apresenta diversas causas como sua fonte, entre elas, a má gestão de resíduos sólidos que originam este fragmento plástico, ausência da consciência do poder público e humano quanto ao seu dever e ação (RUZ et al., 2016; BEAUMONT et al., 2019).

A capacidade do ambiente marinho em absorver metais e poluentes orgânicos persistentes (POP's) é considerado um dos fatores mais preocupantes, visto que podem ser confundidos como alimentos pelos seres deste ecossistema. Em alguns microplásticos, podem ser encontrados diferentes composições químicas, podendo ser tóxicas e causando problemas aos sistemas aquáticos. Com isso, os organismos aquáticos podem apresentar uma bioacumulação destes microplásticos, e como consequência uma biomagnificação por meio do consumo de outros animais seguindo a cadeia alimentar de cada espécie e de acordo com o seu habitat (BEAUMONT et al., 2019; PIATTI et al., 2005).

O visual ocasionado pela contaminação dos microplásticos nos oceanos e principalmente em regiões costeiras são fatores que podem influenciar a diminuição do turismo, impactando também a economia destas localidades (SAPAE, 2019).

Nas cidades, principalmente em córregos, igarapés e lagos, os microplásticos podem alterar os sedimentos, como: tamanho, ligações a produtos químicos dificultando a movimentação de animais, bem como a bioturbação deste solo (WINDSOR et al, 2019).

Considerando o exposto, há uma necessidade e urgência quanto a avaliação dos reais impactos destes resíduos no ecossistema marinho e dos efeitos sobre a saúde humana, incentivando a boa prática de atividades ambientais que minimizem

os impactos destes resíduos de plásticos nos ambientes marítimos (BEAUMONT et al., 2019).

Em 2017, as Nações Unidas declararam a Década das Nações Unidas de Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável, sendo realizada entre os anos de 2021 e 2030, com o intuito de construir uma base, por intermédio da interface ciência-política sobre gestão dos oceanos e zonas costeiras. No Brasil, a década oceânica, vem sendo estruturada por meio do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação (MCTIC) e a Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI), da Unesco. Visando alcançar os resultados traçados pela década, engajando estudiosos e métodos que buscam melhorar e beneficiar o ambiente aquático, preservando o maior ecossistema do nosso planeta (USP, 2022).

A Organização das Nações Unidas (ONU), apresentam 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que são ações voltadas para erradicação da pobreza, proteção ambiental e climática, garantindo para todos os cidadãos uma vida plena e digna. Esses objetivos devem ser atingidos até 2030 em nosso país, contribuindo para seu desenvolvimento (ONU, 2022). A meta 14 dos ODS discorre sobre o desenvolvimento sustentável na vida aquática, buscando reduzir principalmente a poluição, enfatizando a conservação de biodiversidades e ecossistemas, além da regulação de pescas como a promoção de ciências marinhas, buscando evidenciar a importância do oceano para o equilíbrio do planeta, e a saúde humana.

2.5 MICROPLÁSTICOS E SEUS EFEITOS NA SAÚDE HUMANA

A problemática sobre os MP na saúde humana, está cada vez mais em evidência por estudos no mundo inteiro. Um estudo holandês, publicado neste ano de 2022 na revista *Environment International*, detectou a presença de microplásticos no sangue humano, pelo qual, das 22 amostras coletas, 17 delas detectaram a presença de contaminantes emergentes. E ainda em 2022, pesquisadores da Universidade de São Paulo, identificaram a presença de MP em tecidos pulmonares humanos, sendo das 20 amostras analisadas, 13 estavam contaminadas. Ainda nesta pesquisa, os principais plásticos caracterizados foram polietileno, polipropileno e o PET (BOTELHO, 2022).

A contaminação dos peixes no ecossistema marinho por microplásticos através da bioacumulação, traz consequências na cadeia alimentar de biomagnificação por meio do consumo, estudos recentes mostram essas consequências na vida dos seres humanos (BEAUMONT et al., 2019).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Identificar a presença de microplásticos na Praia Pedra do Sal e caracterizá-los por espectroscopia do infravermelho (IV) os mesmos nesta área.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Constatar a presença dos microplásticos na praia Pedra do Sal.
- Caracterizar os tipos de microplástico, utilizando parâmetros físicos e químicos.
- Analisar o potencial de contaminação dos microplásticos na região de Parnaíba-Piauí.

4. METODOLOGIA

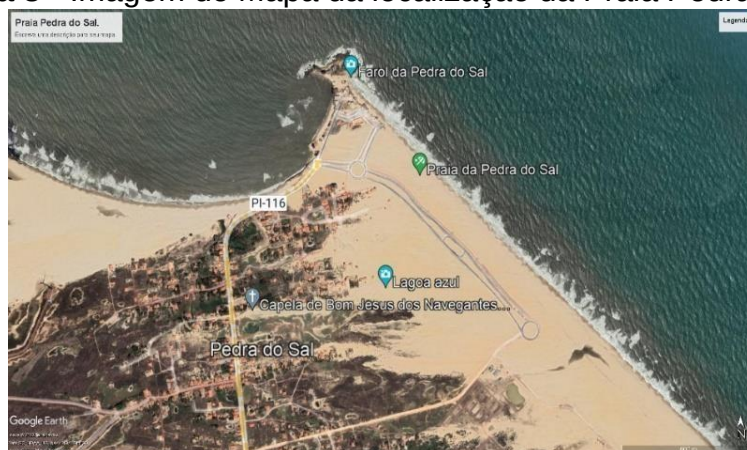
4.1 TIPO DE PESQUISA

O presente trabalho foi realizado como pesquisa experimental. Esse tipo de pesquisa busca uma determinação sobre um objeto de estudo, selecionando as variáveis que tendem a influenciá-lo e assim o definindo, portanto, este tipo de pesquisa, torna o pesquisador um agente ativo no processo de observação (GIL, 2018).

4.2 LOCAL DE COLETA

O local de coleta de dados designado para a pesquisa deste trabalho foi na praia Pedra do Sal, localizada em Parnaíba-Piauí. A praia conta com 8 km de extensão, apresentando um morro de pedras que avança ao oceano adentro, formando um conjunto de belezas naturais. A praia também encontra-se sendo palco para prática de surfe, devido as suas ondas e seus ventos fortes (PRAIA PEDRA DO SAL, 2022).

Figura 3 - Imagem do Mapa da localização da Praia Pedra do Sal



Fonte: Google Earth, 2022.

Os pontos de coletas das amostras foram dispostos ao longo da praia, onde a presença turística encontra-se em maior evidência (Fig. 4). As coordenadas dos pontos de coleta estão descritos na tabela 1.

Figura 4 - Imagem dos pontos de coleta.

Fonte: Adaptado Google Earth, 2022.

Tabela 1 - Coordenadas dos Pontos de coleta da Praia Pedra do Sal

	Ponto de coleta 1.	Ponto de coleta 2.	Ponto de coleta 3.
Longitude:	41°43'47.39"O	41°43'47.93"O	41°43'48.38"O
Latitude:	2°48'19.54"S	2°48'21.06"S	2°48'22.31"S

Fonte: Autoria própria (2022).

4.3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

4.3.1 Coleta do Material

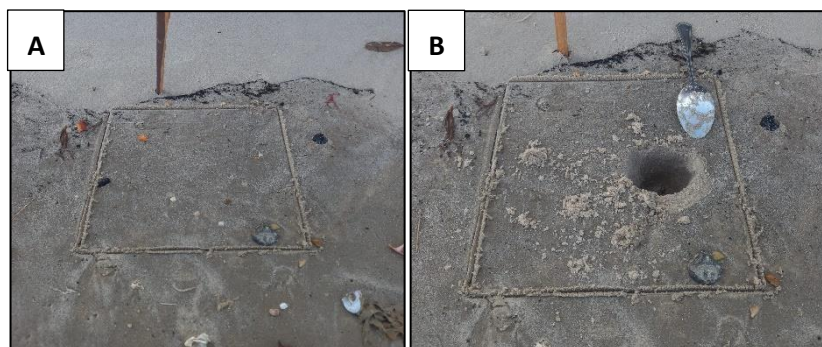
Para a coleta, foi necessário analisar os horários das marés, a partir da linha preamar, sendo essa linha, a marca vista na areia da praia que determina o ponto mais alto da maré, sendo esses dados consultados pelo site tábua das marés (TÁBUA, M, 2022).

As amostras foram coletadas ao longo desta linha, pois a mesma, facilita a coleta destes resíduos depositados pelo mar na areia.

Figura 5 - Imagem da linha preamar

Fonte: Autoria própria (2022).

Estabeleceu-se um padrão para realizar a coleta das amostras, primeiramente, usou-se uma régua com o intuito de marcar um quadrado com dimensão de 50 x 50 centímetros, colocando estacas de madeiras para demarcar o espaço na areia com 2 cm de profundidade, retirando os primeiros 2 cm de areia da praia, com o auxílio de uma pá de alumínio. A coleta foi armazenada em recipientes de vidro, que minimizam possíveis contaminações externas. Repetindo os mesmos processos nos outros dois pontos. É importante salientar que após a coleta da areia, foi também coletado dois frascos de vidro com capacidade para 2 litros cada, aproximadamente, de água do mar, que seria utilizada no pré-tratamento das amostras.

Figura 6 - Demarcação do ponto de coleta e coleta: (A) demarcação na areia; (B) coleta do material

Fonte: Autoria própria (2022).

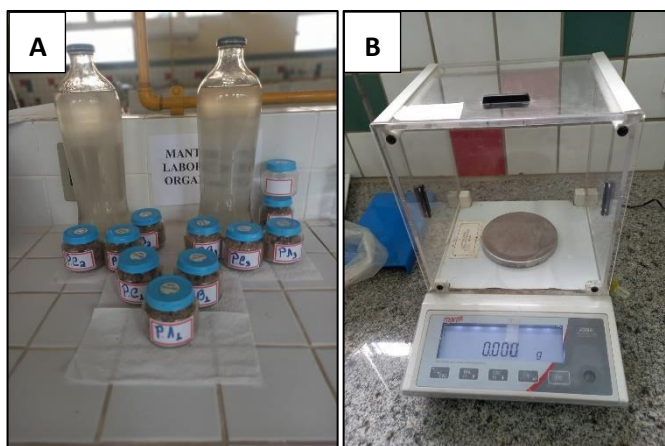
4.4 PREPARO DA AMOSTRA

Após a coleta, o material foi submetido ao pré-tratamento, no laboratório de química do Instituto Federal do Piauí – Campus Parnaíba.

4.4.1 Pesagem do material

Ao finalizar a coleta na praia, as mesmas foram levadas para serem pesadas no laboratório, com o auxílio de uma balança analítica digital Marte AD500 (Máx.: 510g e Min.: 0,02g), todas as amostras foram armazenadas em béqueres, devidamente identificados.

Figura 7 - Pesagem do material: (A) Balança Analítica; (B) Acondicionamento do material.

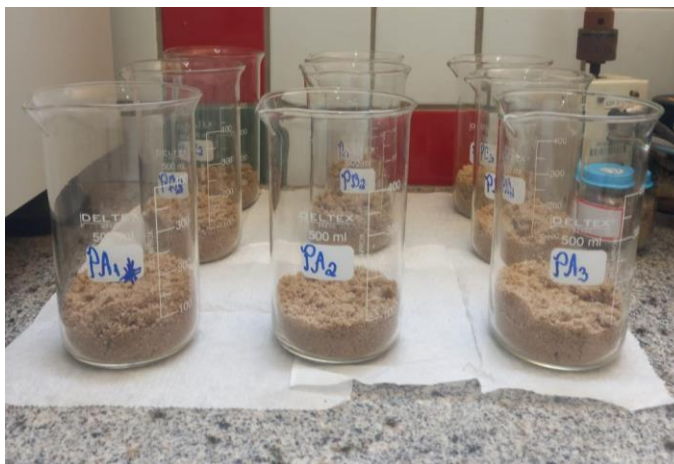


Fonte: Autoria própria (2022).

4.4.2 Secagem do material

Nesta etapa, com o material devidamente pesado e identificado nos béqueres, sucedeu-se a secagem do material. Sendo o material acondicionados em béqueres de 500 mL, deixados para secar temperatura ambiente no laboratório (temperatura de aproximadamente 30 graus °C), durante 2 dias. Após o material foi novamente pesado com o intuito de verificar as variações de massa em função da perda de água.

Figura 8 - Material para secagem



Fonte: Autoria própria (2022).

4.4.3 Granulometria da amostra

Devido os microplásticos apresentarem tamanhos muitos pequenos, tornou-se necessário o processo de granulometria, em que as amostras de areia após a secagem foram separadas por uma malha granulométricas com aberturas de 2,36 mm. Esse processo foi repetido para as demais amostras coletadas.

Figura 9 - Processo de Granulometria da amostra



Fonte: Autoria própria (2022).

4.4.4 Flotação da amostra

O processo de flotação, tem como objetivo a separação por densidades, e para este processo foi utilizada a própria água do mar, selecionada no instante das coletas das amostras, com o intuito de minimizar os custos e os resíduos do procedimento com a utilização de reagentes, sendo os microplásticos menos densos que a água do mar, logo, a flotação é adequada.

Inicialmente, a água do mar coletada foi posta em repouso por 24 horas no recipiente de vidro fechado, com a finalidade de separação de qualquer impureza visível a olho nu, em seguida, a mesma passou por uma filtração em uma peneira de malha de 0,5 mm.

Nas amostras de areia, já secas e armazenadas nos béqueres individualmente, foi então adicionado um volume da água do mar filtrada, volume com proporção 1:3. Utilizando um bastão de vidro, misturou-se a dispersão durante um tempo médio de 2 minutos e, posteriormente, vedou-se a abertura do béquer com um pedaço de papel alumínio, para evitar contaminação externa, por fim, deixou-se em repouso durante 5 horas. Decorrido este tempo, cuidadosamente, transferiu-se todo o líquido sobrenadante para outro recipiente.

Figura 10 - Amostras em processo de flotação



Fonte: Autoria própria (2022).

4.4.5 Processo de filtração

Neste último processo de separação dos microplásticos a partir da solução salina, tornou-se necessário a utilização de um sistema de filtração à vácuo, sendo necessário a utilização um Kitassato de 1L, uma bomba de vácuo, filtro de membrana de nitrato de celulose de poro de 8 µm e um funil de Buchner. Com o sistema montado, foi adicionado o sobrenadante, em seguida ligado a bomba de vácuo para iniciar a filtração. Durante este processo, tornou-se necessário ir adicionando água destilada nas paredes do funil, com a finalidade de que todo o plástico presente na amostra ficasse livre de qualquer impureza e retido no filtro.

Figura 11 - Sistema montado do processo de filtração da amostra



Fonte: Autoria própria (2022).

4.5 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA.

A caracterização e determinação dos possíveis microplásticos coletados na praia Pedra do Sal, foram feitos através da espectroscopia de infravermelho, caracterização química, e microscopia óptica, caracterização física.

4.5.1 Caracterização física

A análise física observada destes microplásticos presentes nos filtros, foram analisados através de um microscópio com aumento das lentes 2x da marca Oleman 2 ST30-2L.

Figura 12 - Lupa utilizada para caracterização física.



Fonte: Autoria própria (2022).

Durante a observação na lupa, foram feitas capturas das imagens utilizando a câmera de um celular, colocando a câmera do celular na lupa, buscando o foco da câmera para melhor registro, sendo então utilizadas para determinação dos tamanhos e quantificação destes microplásticos.

4.5.2 Espectroscopia de infravermelho

A identificação química dos possíveis polímeros foi realizada a partir do espectro de Infravermelho com transformada de Fourier (IV-TF) do microplástico usando um espectrofotômetro Spectrum 100 (PeakInElmer). Os microplásticos foram misturados com brometo de potássio (KBr) 1% para obtenção da pastilha, moldada com a ajuda de prensa mecânica, necessária para leitura no equipamento, as leituras foram realizadas na faixa de 4000-400 cm^{-1} com resolução de 4 cm^{-1} .

As informações espectrais obtidas foram comparadas com dados disponíveis na literatura relativos às bandas de absorção observadas no espectro IV de polímeros sintéticos conhecidos. A classificação é feita através das bandas adquiridas e comparadas à tabela padrão, mostrando sua correspondência (JUNG et al., 2014).

Tabela 2 - Lista de identificação dos polímeros, a partir do valor de absorbância do espectro de infravermelho.

Tipos de Polímero.	Bandas de absorção (cm^{-1})
Polietileno tereftalato	1713;1241;1094;720
Polietileno de alta densidade	2915;2845;1472;1462;730;717
Polietileno de baixa densidade	2915;2845;1467;1462;1377;730;717
Policloreto de vinila	1727;1331;1255;1099;966;616
Polipropileno	2915;2850;2838;1455;1337;1166;997;972;840;808
Poliestireno	3024;2847;1601;1492;1027;694;537
Acrilonitrila / butadieno estireno.	2922;1602;1494;1452;966;759;698
Acetado de celulose.	1743;1368;904;600
Espuma vinílica acetinada.	2917;2848;1740;1469;1241;1020;720
Látex.	2960;2920;2855;1447;1376;1167
Nitrilo.	2917;2849;2237;1605;1440;1360;1197;967
Náilon.	3298;2932;2858;1634;1538;1464;1372;1274;1199;687
Policarbonato.	2966;1768;1503;1409;1364;1186;1158;1013;828
Acrílico.	2992;2949;1721;1433;1386;1238;1189;1141;985;964;750
Etileno propileno fluorado.	1201;1147;638;554;509
Poliuretano.	2865;1731;1531;1451;1223

Fonte: Adaptado de JUNG et.al., 2014.

5. RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta os dados da primeira pesagem realizada, como descrito no item 4.4.2, os dados de massa da areia coletada em cada ponto.

Tabela 3 - Massa da Areia

Pontos de Coleta	Massa da Areia (g)
Ponto A1	225,63 g
Ponto A2	201,87 g
Ponto A3	215,01 g
Ponto B1	208,25 g
Ponto B2	237,14 g
Ponto B3	226,41 g
Ponto C1	208,77 g
Ponto C2	205,14 g
Ponto C3	203,83 g

Fonte: Autoria própria (2022).

Após as amostras coletas estarem completamente secas, realizamos a separação das frações por meio do método de granulometria, descrito no item 4.4.3, separando cada fragmento visivelmente por não ser classificado como MP.

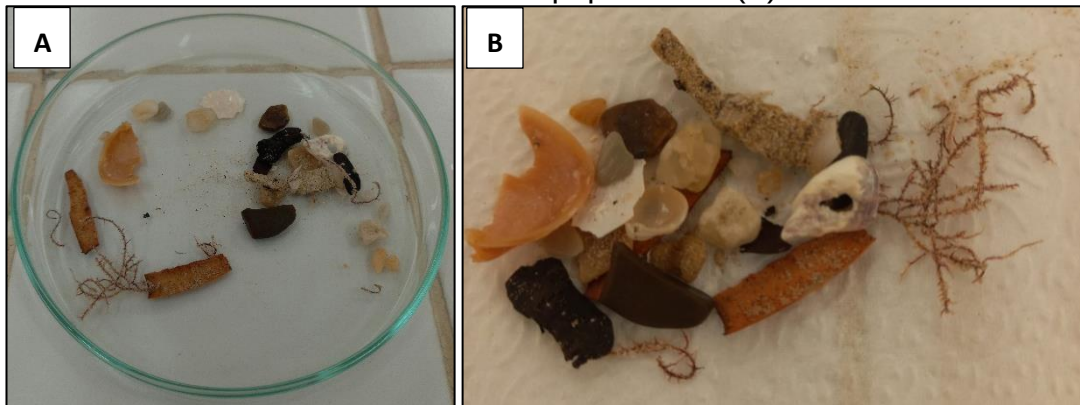
Tabela 4 – Artefatos marítimos encontrados

Pontos de Coleta	Fragmentos visíveis
Ponto A1	Pequenas pedras, pedaços de algas
Ponto A2	Pequenos fragmentos de pedras e algas
Ponto A3	Fragmentos de algas
Ponto B1	Pequenos fragmentos de algas e pedras
Ponto B2	Fragmentos de conchas, pedras e algas
Ponto B3	Pequenos pedras
Ponto C1	Pequenos fragmentos de pedra
Ponto C2	Fragmentos de pedras
Ponto C3	Pedras, algas e conchas

Fonte: Autoria própria (2022).

A figura 13 abaixo A e B, mostram o que foi descrito na Tabela 4 onde foram encontrados diversos tipos de artefatos oceânicos típicos, que não são microplásticos, devidamente separados pelos seus tamanhos e espessuras, como podemos visualizar nas imagens abaixo.

Figura 13 - Artefatos marítimos: Imagem registrada na placa de Petri (A) e as mesmas sobre o papel toalha (B).



Fonte: Autoria própria (2022).

A Figura 14 mostra o material recolhido após o processo de filtragem descrito no item 4.4.5, observando alguns fragmentos visíveis de areia da praia.

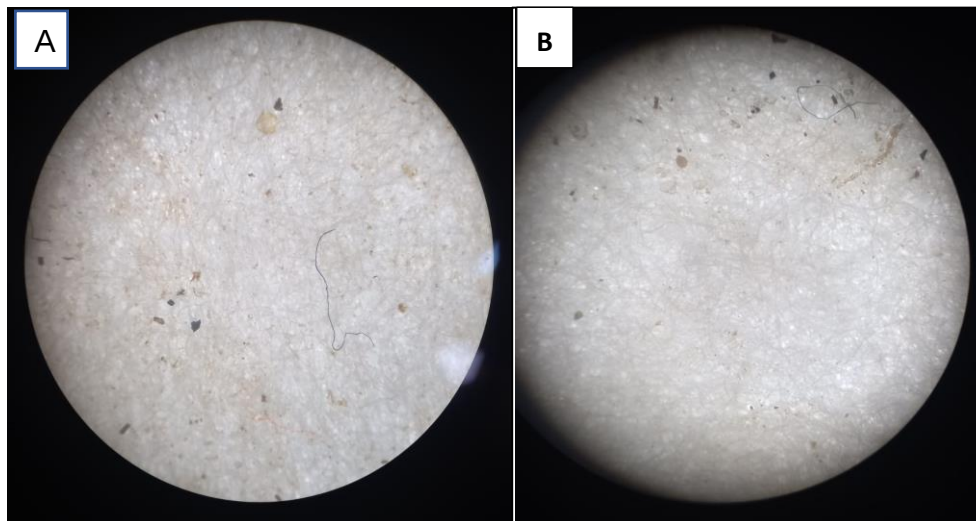
Figura 14 - Material pós filtragem.



Fonte: Autoria própria (2022).

Na Figura 15 podemos observar a imagem da caracterização física da amostra, como exposto no item 4.5.1 após análise com o microscópio (e registro com auxílio do celular), ambas as amostras demonstraram semelhança quanto aos aspectos físicos como pode ser visualizado nos resultados.

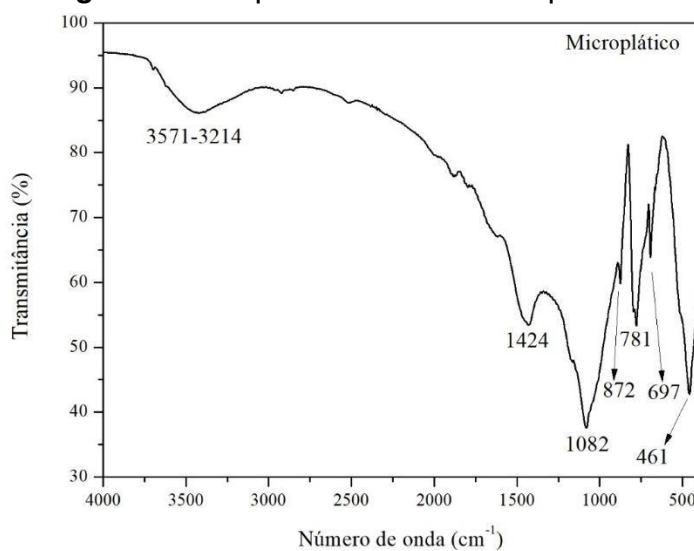
Figura 15 - Imagem obtidas das amostras onde pode-se visualizar que são bem semelhantes, apresentando 1 fio solto e alguns fragmentos de possíveis microplásticos.



Fonte: Autoria própria (2022).

A caracterização química foi realizada a partir da espectroscopia de infravermelho e forneceu o espectro abaixo (Figura 16).

Figura 16 - Espectro IV-TF do microplástico



Fonte: Autoria própria (2022).

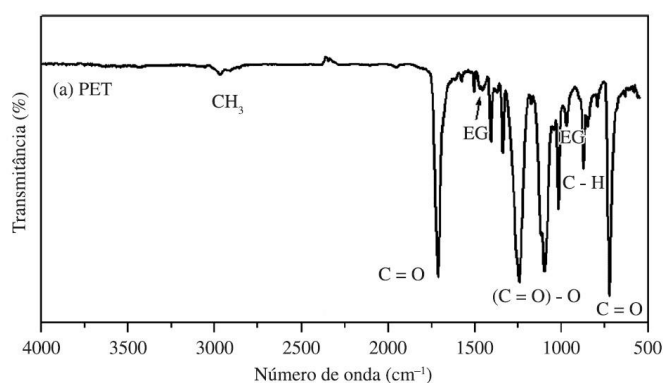
Na Tabela 5 é possível comparar os comprimentos de onda com o estiramento das ligações químicas características dos microplásticos.

Tabela 5 - Atribuições analisadas no espectro de infravermelho.

Número de onda (cm ⁻¹)	Atribuições analisadas
3571-3214	Estiramento O-H
1424	Deformação C-H de alcenos
1082	Estiramento C-O de álcool
872	Deformação C-H de alcenos dissustituído geminal.
781	Deformação C-H de anel benzênico com 5 átomos H adjacentes livres (1° pico).
697	Deformação C-H de anel benzênico com 5 átomos H adjacentes livres (2° pico).
461	-

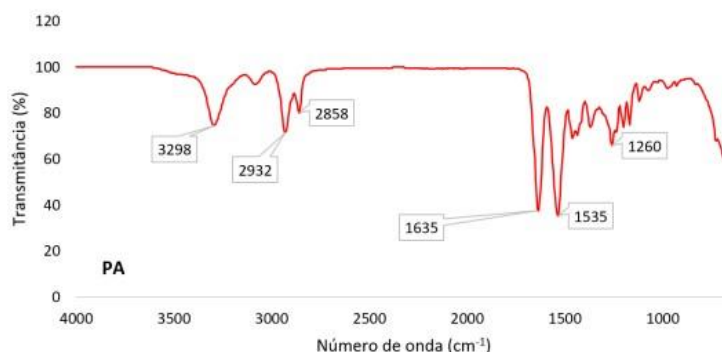
Fonte: Pesquisa direta (2022)

Ao analisar as bandas e intensidades no espectro infravermelho, comparando com a tabela de referência mostrado no item 4.5.2, pode-se analisar que dentre as Bandas de absorção (cm⁻¹) as que mais se aproximam frente ao espectro obtido, seria o Polietileno tereftalato e o Náilon. Abaixo segue a (Figura 17) que apresenta o espectro do Polietileno tereftalato-PET e na (Figura 18) o espectro do Náilon.

Figura 17 - Espectro do Polietileno tereftalato (PET).

FONTE: Adaptado de VANINI et al., 2013.

Figura 18 - Espectro da Poliamida (Náilon).

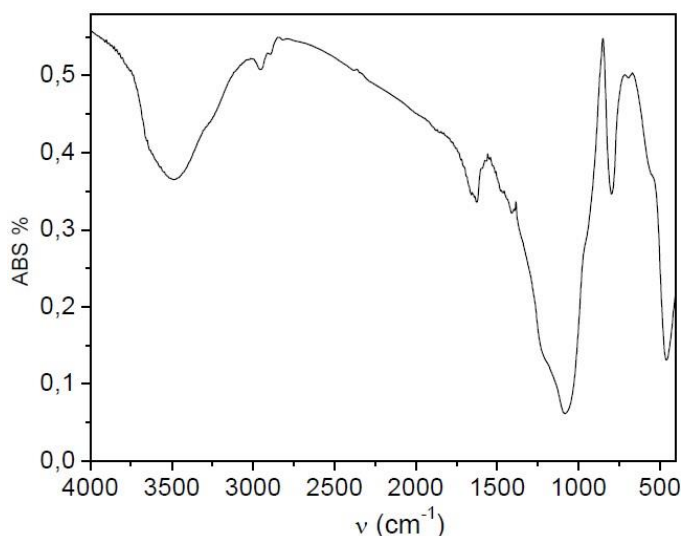


FONTE: Adaptado de LEONOR, 2020.

Analisando de forma comparativa o espectro obtido com os de referência dos materiais químicos, no caso do PET e do Náilon, podemos observar que algumas bandas não estão bem separadas como os da literatura, pode-se inferir sobreposições de outras bandas e pela baixa quantidade de microplástico obtido após o procedimento final na filtração, ocasionando a predominância de resíduos de sílica, presentes na areia, sobre os fragmentos de microplásticos obtidos.

Na Figura 19, observamos um espectro de sílica pura, este apresenta algumas características do espectro obtido das amostras de microplásticos (Figura 16), isso pode ser explicado em função do processo de filtração 5.4.5, feito no item o material analisado, onde, ao realizar a raspagem do microplásticos retido no papel de filtro, também foram arrastadas partículas de areia retidas durante a filtragem, então presentes no espectros da amostra analisada.

Figura 19 - Espectro de sílica.



FONTE: Adaptado de Faria et al., 2016.

No entanto ainda que se perceba sobreposição das bandas da sílica sobre os microplásticos, pode-se distinguir estiramentos também observados específicos presentes no náilon (3298; 2932; 2858; 1634; 1538; 1464; 1372; 1274; 1199; 687 cm^{-1}) e no PET (1713; 1241; 1094; 720 cm^{-1}) que não existem na banda de sílica.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, as amostras coletas na praia, foram analisados tanto fisicamente como quimicamente. Porém como discutido, através dos resultados de infravermelho, ainda não podemos afirmar a contaminação da praia Pedro do Sal por microplásticos, pois, é necessário refinar a pesquisa realizada.

Contudo, existe a possibilidade eminente em termos da presença de microplástico advindos do PET e do Náilon, tipos de plásticos bastante utilizados por todos nós, dado a sua facilidade de acesso e utilização pelas indústrias e a sociedade, a cidade de Parnaíba, litoral do Piauí, infelizmente não está alheia as consequências das rotas e ciclos que esses microplásticos perfazem até chegar ao oceano. Para nossa felicidade a presença desses contaminantes ainda é muito pequena, porém, é necessário desenvolver a consciência ambiental enquanto há tempo de preservar nossas praias limpas, e como cidadãos de Parnaíba devemos proteger esse meio ambiente.

Pretende-se dar continuidade a pesquisa, para melhorar o processo de obtenção dos microplásticos, assim como, realizar coletas e análise em outras praias da planície litorânea da região, com a finalidade de fundamentar cientificamente as discussões pertinentes a presença dos microplásticos nesta região.

REFERÊNCIAS

Abelsohn, A., Gibson, B. L., Sanborn, M. D., & Weir, E. Identifying and managing adverse environmental health effects: 5. **Persistent organic pollutants**. *Cmaj*, 166(12), 1549–1554, 2002.

ABIPLAST - **Associação Brasileira da Indústria do Plástico**. 2015. Perfil 2015.

ANDRADY, A.L. The plastic in microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, v 119, p. 12-22, 2017.

APA. Disponível em: <https://apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=1249>. Acesso em: 15 ago. 2022.

AVIO, C.G.; GORBI, S.; REGOLI, F. Plastic and microplastics in the oceans: From emerging pollution to emerged threat. *Marine Environmental Research*, v.128, p. 211, 2017.

BANEGAS, Maria Elena Nolasco. **Ocorrência e caracterização morfológica e química de microplásticos na costa da cidade de Fortaleza (Ceará, Brasil)**. 2021. 100 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/60618>.

Barletta, M., Lima, A. R. A., & Costa, M. F. (2019). Distribution, sources and consequences of nutrients, persistent organic pollutants, metals and microplastics in South American estuaries. *Science of the Total Environment*, 651, 1199–1218. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.276>

BEAUMONT, Nicola J.; AANESEN, Margrethe; AUSTEN, Melanie C.; et al . Impactos ecológicos, sociais e econômicos globais do plástico marinho. **Boletim de Poluição Marinha** , v. 142, p. 189–195, 2019. Disponível em: < <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X19302061> >. Acesso em: 15 ago. 2022.

BILA, Daniele Maia; DEZOTTI, Márcia. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e soluções. **Química Nova** , v. 30, n. 3, pág. 651–666, 2007. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010040422007000300027&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt >. Acesso em: 15 ago. 2022.

BOTELHO, Vinicius. **Microplásticos da poluição podem contaminar o sangue por meio da alimentação e respiração**. 23 maio 2022. Disponível em: < <https://jornal.usp.br/atualidades/microplasticos-da-poluicao-podem-contaminar-sangue-por-meio-da-alimentacao-e-respiracao/#:~:text=vez%20mais%20relev%C3%A2ncia.-,Pela%20primeira%20vez,%20um%20estudo%20holand%C3%AAs%20detectou%20a%20presen%C3%A7a%20de,do%20material%20no%20meio%20ambiente> > . Acesso em: 29 jun. 2022.

BROWNE, Marco Antônio; CRUMP, Phillip; NIVEN, Stewart J.; *et al* . Acúmulo de microplástico nas costas em todo o mundo: fontes e sumidouros. **Ciência e Tecnologia Ambiental**, v. 45, n. 21, pág. 9175–9179, 2011. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es201811s>. Acesso em: 15 ago. 2022.

CRAWFORD, Christopher Blair; QUIN, Brian. Microplásticos, padronização e distribuição espacial. **Poluentes Microplásticos**. Elsevier, 2017, p. 101130. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128094068000050>. Acesso em: 15 ago. 2022.

CUNHA, Danieli L.; MUYLEAERT, Samuel; NASCIMENTO, Marília TL; *et al* . Ocorrência de contaminantes emergentes e análise da atividade estrogênica na água e sedimentos de duas lagoas costeiras no sudeste do Brasil. **Pesquisa Marinha e de Água Doce** , v. 72, n. 2, pág. 213, 2021. Disponível em: < <http://www.publish.csiro.au/?paper=MF1939> >. Acesso em: 15 ago. 2022.

CUTRONEO, Laura; REBOA, Ana; BESIO, Giovanni; *et al*. Microplásticos na água do mar: estratégias de amostragem, metodologias laboratoriais e técnicas de identificação aplicadas ao ambiente portuário. **Pesquisa em Ciência Ambiental e Poluição** , v. 27, n. 9, pág. 8938–8952, 2020. Disponível em: < <http://link.springer.com/10.1007/s11356-020-07783-8> >. Acesso em: 15 ago. 2022.

EERKES-MEDRANO, D.; THOMPSON, R. C.; ALDRIDGE, D. C. **Microplastics in freshwater systems: A review of the emerging threats, identification of knowledge gaps and prioritisation of research needs**. Science Direct-Water Research. Volume 75, 15 may 2015, pages, 63-82. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.02.012>. Acesso em: Abril, 2022.

ENCOUNTEREDU (ed.). **De onde vêm os microplásticos?** Disponível em: < <https://encounteredu.com/multimedia/images/sources-of-microplastics> >. Acesso em: 09 jun. 2022.

ESPECTROSCOPIA de Infravermelhos (FTIR) - **Laboratório Online**. 2014. Disponível em: < <https://www.fcencias.com/2014/11/13/espectroscopia-deinfravermelhos-ftir-laboratorio-online/> >. Acesso em: 03 de jun. 2022.

FARIA, Elaine A.; JUNIOR, Almir C. Batista. Modificação química de sílica gel tratada de areia e seu uso na remoção de Cu 2+ , Zn 2+ , Mn 2+ . **Eclética Química** , [s. l.], v. 41, p. 85-93, 2016.

FRIAS, João Pedro Garcez Luís de. **Microplásticos: o presente envenenado**, masterThesis, FCT - UNL, 2010.

FRIAS, João; FILGUEIRAS, Ana; J. GAGO; *et al*. **Protocolo padronizado para monitoramento de microplásticos na água do mar**. 2018. Disponível em: <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.14181.45282>. Acesso em: 15 ago. 2022.

GEYER, Roland; JAMBECK, Jenna R.; LAW, Kara Lavender. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, [s. l.], v. 3, n. 7, p. 1-5, 2017.
GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. - São Paulo : Atlas, 2017.

GIMILIANI, Giovana Teixeira. **Caracterização de microplásticos em amostras marinhas e estuarinas**. 2021. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear - Materiais) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, University of São Paulo, São Paulo, 2021. Acesso em: 09 março. 2022.

GOOGLE Earth. Disponível em: <https://google-earth-pro.gosur.com/> . Acesso em: 28 jun. 2022.

JELIC, Aleksandra; GROS, Meritxell; GINEBREDÀ, Antoni; et al . Ocorrência, partição e remoção de fármacos em águas residuais e lamas durante o tratamento de águas residuais. **Water Research** , v. 45, n. 3, pág. 1165–1176, 2011. Disponível em: < <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0043135410007724> >. Acesso em: 15 ago. 2022.

JUNG, M. et al. Validation of atr ft-ir to identify polymers of plastic marine debris, including those ingested by marine organisms. **Marine Pollution Bulletin**, v. 127, 12 2017.

KOEHLER, Ângela; ANDERSON, Alisson; ANDRADY, Antônio; et al. FONTES, DESTINO E EFEITOS DOS MICROPLÁSTICOS NO AMBIENTE MARINHO: UMA AVALIAÇÃO GLOBAL. 2015. Disponível em: <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.1.3803.7925> . Acesso em: 15 ago. 2022.

LAW, Kara Lavender; THOMPSON, Richard C. Microplásticos nos mares. **Science** , v. 345, n. 6193, pág. 144–145, 2014. Disponível em: < <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1254065> >. Acesso em: 15 ago. 2022.

LEE, Dr Davis *et al.* **Microplásticos e La Industria Textil**. 17 dez. 2020. Disponível em: < <https://textilespanamericanos.com/textilespanamericanos/2020/12/microplasticos-y-la-industria-textil/> > . Acesso em: 29 jun. 2022.

LEONOR, Dalila Ariane dos Santos. **Micro plásticos em águas e sedimentos da costa algarvia**. 2020. Dissertação (Obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Perfil Engenharia Sanitária) - Faculdade de ciências e tecnologia universidade nova de lisboa, [S. l.], 2020.

LI, J.; LIU, H.; CHEN, J. P. **Microplastics in freshwater systems: A review on occurrence, environmental effects, and methods for microplastics detection**. ScienceDirect-Water Reserach. Volume 137, 15 June 2018, Pages 362-374. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.056>. Acesso em: Abril, 2022.

LOKENS GARD, Erik; BELLÍ, Marina Aparecida de Souza; RODRIGUES, Márcia Elisa. **Plásticos industriais: teoria e aplicações**. 2013. Disponível em: <https://elibro.net/ereader/elibrodemo/126420>. Acesso em: 15 ago. 2022.

MANO, E. B. **Introdução a polímeros**, São Paulo: Blucher, 1999.

- Mason, S.A., Garneau, D., Sutton, R., Chu, Y., Ehmann, K., Barnes, J., Fink, P., Papazissimos, D.; Rogers, D.L. Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. **Environmental Pollution**, [S.L.], v. 218, p. 1045-1054, 2016.
- MEIKLE, J. L. **American Plastic: A Cultural History**. New Brunswick: Rutgers University Press. ISBN 081352234X, 1995.
- Miller, M. E., Kroon, F. J., & Motti, C. A. Recovering microplastics from marine samples: A review of current practices. **Marine Pollution Bulletin**, 123(1–2), 6–18. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.08.058>, 2017.
- Montagner, C. C., Vidal, C., & Acayaba, R. D. (2017). Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. **Química Nova**, 40(9), 1094-1110.
- Olivatto, G.P. 2017. **Estudo sobre Microplásticos em águas superficiais na porção oeste da Baía de Guanabara**. Dissertação de Mestrado (Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro), 155p.
- ONU. **OBJETIVOS de Desenvolvimento Sustentável**. 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 29 jun. 2022.
- ORIGINLAB. Disponível em: <https://www.originlab.com/> . Acesso em: 05 nov. 2022.
- Piatti, T. M., Augusto, R., Rodrigues, F., & Al, M. 2005. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**.
- Pivetta, G. G., & Gastaldini, M. C. C. (2019). Presence of emerging contaminants in urban water bodies in southern Brazil. **Journal of Water and Health**, 17(2).
- Plastics Europe (2019). **Plastics Europe** - association of plastics manufactures <https://www.plasticseurope.org/en>. Acesso em: 5 março. 2022.
- Pozo, K., Urbina, W., Gómez, V., Torres, M., Nuñez, D., Přibyllová, P., Audy, O., Clarke, B., Arias, A., Tombesi, N., Guida, Y., & Klánová, J. (2020). Persistent organic pollutants sorbed in plastic resin pellet — “Nurdles” from coastal areas of Central Chile. **Marine Pollution Bulletin**, 151. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110786> . Acesso em: setembro, 2022
- Praia da Pedra do Sal**. Disponível em: <https://deltarioparnaiba.com.br/praiadapedra-do-sal/>. Acesso em: 3 jul. 2022.
- Rabello, M.; De Paoli, M. A.; **Aditivação de Termoplásticos**, 1a ed., Artliber: São Paulo, 2013.
- Rios, L.; Moore, C.; Jones, P. R.; **Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment**. *Marine Pollution Bulletin* 2007, 54, 8.

ROJO-NIETO, E.; MONTOTO, T. Basuras marinas, plásticos y microplásticos: orígenes, impactos y consecuencias de una amenaza global. Madrid: **Ecologistas en Acción**, 2017. ISBN 978-84-946151-9-1.

RUZ. Hidalgo, V; Gutow, L; Thompson, R. C; Thiel, M. **Microplastics in the marine enviroment: a review of the methods used for identification and quantification**. Environmental Science&Technology, 2012. <https://doi.org/10.1021/es2031505>. Acesso em: jun, 2022.

SANTOS, Edson Aparecido dos. **Contaminação por herbicidas em corpos hídricos da microbacia do Córrego Rico (SP) e aspectos toxicológicos de atrazine a juvenis de Piaractus mesopotamicus**. 2013. iv, 82 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/105149>. Acesso em: 05 jun. 2022.

SAPAE (2019). **A Scientific Perspective on Microplastics in Nature and Society**. Berlin: SAPEA. <https://doi.org/10.26356/microplastics>. Acesso em: Abril, 2022.

Stumpf, M., Ternes, T. A., Wilken, R., Rodrigues, S. V., & Baumann, W. Polar drug residues in sewage and natural waters in the state of Rio de Janeiro, Brazil. **The Science of the Total Environment**, 225, 135-141, 1999.

Su, L., Cai, H., Kolandhasamy, P., Wu, C., Rochman, C. M., & Shi, H. Using the Asian clam as an indicator of microplastic pollution in freshwater ecosystems. **Environmental Pollution**, 234(1): 347–355, 2018.

TÁBUA de marés 2022 de Parnaíba, Piauí para ir à pesca. Disponível em: <https://tabuademares.com/br/piaui/parnaiba>. Acesso em: 4 jul. 2022.

US EPA (2021), **Emerging Contaminants and Federal Facility Contaminants of Concern**. Disponível em: <https://www.epa.gov/fedfac/emerging-contaminants-andfederal-facility-contaminants-concern#tab-1> . Acesso em: 4 jul. 2022.

USP. **Década do Oceano**. [S. l.], 2022. Disponível em: <http://catedraoceano.iea.usp.br/decadadooceano/>. Acesso em: 29 jun. 2022.

WINDSOR, F. M.; DURANCE, I.; HORTON, A. A. et al. **A catchment-scale perspective of plastic pollution**. Global Change Biology (2019),25:1207–1221. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gcb.14572> . Acesso em: Abril, 2022.