



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PESCA
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA**

THIFANY RIBEIRO SALDANHA

**MICROPLÁSTICOS NA COSTA DO CEARÁ (NORDESTE DO BRASIL): UMA
REVISÃO**

FORTALEZA

2022

THIFANY RIBEIRO SALDANHA

MICROPLÁSTICOS NA COSTA DO CEARÁ (NORDESTE DO BRASIL): UMA
REVISÃO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Pesca do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S154m Saldanha, Thifany Ribeiro.

Microplásticos na costa do Ceará (Nordeste do Brasil) : uma revisão / Thifany Ribeiro Saldanha. – 2022.

37 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Engenharia de Pesca, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares.

1. Partículas plásticas. 2. Meio ambiente. 3. Poluição. I. Título.

CDD 639.2

THIFANY RIBEIRO SALDANHA

MICROPLÁSTICOS NA COSTA DO CEARÁ (NORDESTE DO BRASIL): UMA
REVISÃO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Pesca do Departamento de Engenharia de Pesca da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Pesca.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Reynaldo Amorim Marinho
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Tatiane Martins Garcia
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e aos meus pais, Rejane Ribeiro e Vilamar Saldanha, que me ajudaram e fizeram de tudo para que eu conseguisse me manter na universidade e concluir essa fase da minha vida.

Da mesma maneira agradeço o restante da família como minhas tias e tios, principalmente tia Sueli, tia Vilani e tio Davi por me apoiarem na escolha do meu curso e por também me ajudarem de diversas formas.

Aos meus amigos que conheci na graduação, Raysa, Arthur e Cândido, por passarem poucas e boas comigo. Por todas as brigas, risadas, saídas e perrengues. Por me acompanharem em várias aventuras e nos momentos mais difíceis desse período, ainda mais nessa reta final.

A Larissa, Vilany, Álvaro e Philippe por terem me ajudado desde que nos conhecemos e por todas as viagens juntos. Vocês fizeram cada momento ser único.

Aos meus amigos da minha cidade natal, Cecília, Caio, Ingrid, Bianca, Domenico e Jardel, por me darem suporte e me ampararem em tudo. Vocês foram e sempre serão essenciais na minha vida.

Ao meu namorado, por me salvar (salvando meu notebook e me tirando dos estresses) diversas vezes. Sem você eu não teria conseguido concluir tudo isso.

Ao Programa de Educação Tutorial da Engenharia de Pesca por me dar a oportunidade de conhecer e participar de diversas vivências envolvendo o curso, e aos membros que me ajudaram em atividades e disciplinas e compartilharam comigo momentos especiais. Sei que serei uma profissional melhor por conta disso.

Ao tutor do PET-PESCA, Prof. Reynaldo Amorim Marinho, por ter me mostrado um caminho que eu ainda não conhecia e que fez me apaixonar ainda mais pelo curso.

A Dra. Tatiane Martins Garcia pelos aprendizados no grupo de estudos de microplásticos juntamente com a Catherine e o Augusto.

Ao meu orientador, Dr. Marcelo de Oliveira Soares, pelas sugestões e contribuições para compor a construção desse texto. Por seu profissionalismo e apoio que é um dos maiores exemplos para minha formação.

“Entenda os seus medos, mas jamais deixe que eles sufoquem os seus sonhos.”

- Alice no País das Maravilhas

RESUMO

O plástico como fonte de poluição já é um problema grave a ser enfrentado globalmente. Isto porque, além dos problemas relatados, existem outras consequências geradas por essa poluição, os microplásticos, partículas de tamanho menor que 5 mm. Apesar dessa importância, pouco se sabe sobre essa poluição na costa equatorial nordestina. Nesse contexto, o objetivo dessa pesquisa foi revisar o conhecimento atual sobre os microplásticos encontrados na costa do Ceará (nordeste do Brasil), bem como sua distribuição espacial, formas, cores e os métodos usados nas publicações. Foi realizada revisão bibliográfica para identificar produções científicas em periódicos nacionais e internacionais sobre microplásticos na costa do Ceará. Os dados foram obtidos a partir da análise de artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses de doutorado disponíveis na literatura. A busca foi realizada até dezembro de 2021, registrando um total de 32 estudos. Após o término do processo de seleção, restaram apenas 6 estudos feitos nesse litoral. Das seis pesquisas, quatro foram realizadas na capital do estado, Fortaleza, sendo então a região com maior número de estudos (66,6%), e as outras duas foram numa região dividida entre os municípios de Beberibe e Fortim e ao longo da costa do Ceará até o delta do Parnaíba. Nota-se também que todos os estudos foram publicados nos últimos 5 anos. Estudos que analisaram os microplásticos em água, biota e sedimento foram identificados. As redes de plâncton são as mais utilizadas para coleta de microplásticos na água, com variação do tamanho da malha (de 65 μm a 500 μm). Os fragmentos de microplásticos foram mais frequentes, seguidos pelas fibras e filamentos. Em relação às cores, as com maior ocorrência foram azul, verde, branco e preto. Há uma necessidade de mais estudos científicos na costa do Ceará e que estes ocorram em áreas mais distantes da capital, com foco voltado também para os ambientes dulcícolas, transicionais (estuários) e ambientes profundos. Além disso, é importante buscar novos estudos em biota, por exemplo, não há registro de estudos realizados com organismos planctônicos, crustáceos, tartarugas, sirênios ou elasmobrânquios.

Palavras-chave: Partículas plásticas. Meio ambiente. Poluição.

ABSTRACT

Plastic as a source of pollution is already a serious problem to be faced globally. This is because, besides the problems reported, there are other consequences generated by this pollution, the microplastics, particles smaller than 5mm in size. Despite this importance, little is known about this pollution in the northeastern equatorial coast. In this context, the objective of this research was to review the current knowledge about the microplastics found on the coast of Ceará (northeastern Brazil), as well as their spatial distribution, shapes, colors, and the methods used in the publications. A literature review was carried out to identify scientific productions in national and international journals about microplastics on the Ceará coast. The data were obtained from the analysis of scientific articles, course completion papers, dissertations, and doctoral theses available in the literature. The search was conducted until December 2021, registering a total of 32 studies. After the end of the selection process, only 6 studies from this coast remained. Of the six researches, four were done in the state capital, Fortaleza, being then the region with the largest number of studies (66.6%), and the other two were in a region divided between the municipalities of Beberibe and Fortim and along the Ceará coast up to the Parnaíba delta. It is also noted that all studies were published in the last 5 years. Studies that analyzed microplastics in water, biota and sediment were identified. Plankton nets are the most commonly used for collecting microplastics in water, with a variation in mesh size (from 65 μm to 500 μm). Microplastic fragments were most frequent, followed by fibers and filaments. Regarding colors, the ones with the highest occurrence were blue, green, white and black. There is a need for more scientific studies on the coast of Ceará and that these occur in areas more distant from the capital, focusing also on freshwater, transitional (estuaries) and deep environments. In addition, it is important to seek new studies in biota, for example, there is no record of studies conducted with planktonic organisms, crustaceans, turtles, sirenians or elasmobranchs.

Keywords: Plastic particles. Environment. Pollution.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Principais formas de microplásticos encontrados nos estudos realizados na costa do Ceará (nordeste do Brasil).....	27
Gráfico 2 - Principais cores de microplásticos encontradas nos estudos realizados na costa do Ceará (nordeste do Brasil).....	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Localização, compartimento ambiental analisado, amostragem, ano da amostragem e análise química do material coletado pelos estudos.....	23
--	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa básico do litoral do Estado do Ceará (nordeste do Brasil) detalhando sua localização no contexto nacional, no Oceano Atlântico Sul. Além disso, o mapa mostra o litoral leste e oeste do Estado tendo Fortaleza como ponto central.....	20
Figura 2 - Processo de seleção dos estudos encontrados (revisão de literatura sobre microplásticos na costa do Ceará, nordeste do Brasil).....	22
Figura 3 - Mapa do Ceará (nordeste do Brasil) com foco nas áreas onde os estudos foram realizados.....	24

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Microplásticos	13
1.2	Microplásticos na zona costeira	14
1.3	Impacto dos Microplásticos	15
1.4	Estudos de microplásticos no Brasil	16
2	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo geral	18
2.1	Objetivos específicos	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	Área de estudo	19
3.2	Análise e coleta de dados	21
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1	Localização, compartimento ambiental e amostragem	23
4.2	Formas dos microplásticos	26
4.3	Cores dos microplásticos	28
5	CONCLUSÕES	31
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32

1 INTRODUÇÃO

1.1 Microplásticos

Em todo o mundo, o uso de plástico está crescendo significativamente ano a ano, com números atuais mostrando uma produção de plástico estimada em 367 milhões de toneladas métricas, em 2020 (TISEO, 2022). Plástico pode ser definido como um material cujo constituinte fundamental é um polímero, principalmente orgânico e sintético, o qual é sólido em sua condição final e que em alguma fase inicial de sua produção foi transformado em fluido, adequado à moldagem por ação de calor e/ou pressão (PIATTI; RODRIGUES, 2005). Nesse contexto, a principal característica que torna esse material atraente para os humanos é a sua durabilidade e maneabilidade do uso, porém, ao mesmo tempo, é também o seu maior problema ambiental já que é extremamente resistente à degradação (RAMÍREZ, 2018).

O plástico como fonte de poluição já é um problema grave a ser enfrentado globalmente por todas as nações. Em acréscimo, existem outras consequências socioambientais que são invisíveis aos olhos dos seres humanos: os microplásticos (LOPES *et al.*, 2020). Microplástico é usado como um termo coletivo para descrever uma mistura verdadeiramente heterogênea de partículas; incluindo partículas de várias formas, desde fibras completamente esféricas até alongadas. Estes foram descritos também em uma variedade de cores como preto, marrom, vermelho, amarelo, etc (THOMPSON, 2015). Embora o valor de 5 mm seja mais comumente aceito, o limite de tamanho superior de 1 mm é mais intuitivo, pois “micro” se refere à faixa de micrômetros, como resultado, essa definição mais estrita também é frequentemente usada na literatura científica (VAN CAUWENBERGHE *et al.*, 2015).

Os microplásticos são encontrados em diversas formas, incluindo esferas, fragmentos e fibras; este último sendo um componente extremamente abundante nos mares e rios, a maioria (com exceção das microesferas e *pellets* fabricados intencionalmente) surge da deterioração de plásticos maiores (HALE *et al.*, 2020). Os microplásticos se originam de duas formas sendo classificados em primários e secundários.

Os primários são produzidos com a finalidade de serem utilizados em produtos comerciais, como os de higiene e beleza (ROSA *et al.*, 2021). Os microplásticos primários podem ser encontrados em cosméticos e em produtos para higiene pessoal como creme dental, xampus e loções de barbear, assim como também em produtos de limpeza industriais, tendo

como exemplo aqueles que removem a tinta ou ferrugem (DRIEDGER *et al.*, 2015). Os secundários, por sua vez, são provenientes da degradação natural dos plásticos maiores (ROSA *et al.*, 2021). São oriundos do lixo humano produzido e descartado de maneira inadequada nos oceanos, como materiais de pesca, descartáveis e embalagens de uso único, sendo assim, as fontes de microplásticos secundários são diversas e numerosas (HORTON *et al.*, 2017).

Microplásticos no meio ambiente podem ser degradados/fragmentados para produzir nanoplásticos (1-100 nm), que, quando comparados a outras formas de lixo plástico, têm destino e propriedades ecotoxicológicas amplamente desconhecidas, as quais necessitam de mais investigação (KOELMANS *et al.*, 2015; COSTA *et al.*, 2016). A natureza inerente dos microplásticos também está relacionada à sua biodisponibilidade e toxicidade em ambientes aquáticos (MA *et al.*, 2020). Microplásticos comumente contêm aditivos químicos que são incorporados durante a fabricação de produtos plásticos (TICKNER, 1999). Nesse contexto, um único produto de plástico pode conter centenas de produtos químicos (ZIMMERMANN *et al.*, 2019), já que ao envelhecer, o plástico aumenta a capacidade de absorver poluentes hidrofóbicos, tais como, Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) (BELO *et al.*, 2021).

1.2 Microplásticos na zona costeira e oceanos

A zona costeira é reconhecida por apresentar usos múltiplos dos espaços e dos recursos naturais, com variadas formas de ocupação e desenvolvimento das diversas atividades humanas (MELLO *et al.*, 2013). No entanto, os ambientes da zona costeira caracterizam-se pela sua complexidade e por sofrerem influências diversas de natureza antrópica, climática, fluvial, biológica, oceanográfica, entre outras (SILVA *et al.*, 2008).

O aumento populacional aliado a uma distribuição desigual da população mundial (75% da população mundial vive a menos de 100 km da costa) é um fenômeno que também pode ser observado no Brasil, que concentra aproximadamente $\frac{1}{4}$ da população na zona costeira (87 habitantes/km²), cinco vezes mais do que no resto do território (COSTA *et al.*, 2014 *apud* MMA, 1995).

Os resíduos sólidos que chegam aos oceanos, são decorrentes de práticas inadequadas de gestão e pelo descarte incorreto em terra e/ou no mar, seja ele de forma intencional ou não

(GALGANI *et al.*, 2010). Sua origem pode resultar de fontes terrestres como escoamento de rios, águas pluviais, transporte pelo vento e resíduos deixados nas praias; e também podem ser oriundos de atividades marítimas, pela perda de insumos por profissionais e pescadores, despejo por embarcações comerciais, de cruzeiros ou privados.

Os ecossistemas costeiros têm sofrido por sua intensa urbanização e industrialização, sem um correto planejamento ambiental, este ambiente está sendo contaminado por poluentes (orgânicos, químicos e/ou tóxicos) transportados por águas residuais oriundas de descartes domésticos (banho, cozinha e lavagens em geral), industriais (resultante dos processos de fabricação) e urbanos (chuvas e lavagens de pavimentos) (MANZANO, 2009). Nesse contexto de aumento da quantidade de microplásticos na zona costeira, é fundamental entender seus impactos.

1.3 Impactos dos microplásticos

Assim como a mudança climática e os poluentes orgânicos persistentes, os detritos de plástico (macro- e microplásticos) exemplificam a mudança ambiental global (HALE *et al.*, 2020). A crescente poluição através de resíduos plásticos tem gerado impactos diretos a fauna marinha (GESAMP, 2010) e com potencial para impactos prejudiciais na saúde humana (VAN CAUWENBERGHE; JANSSEN, 2014).

O grande número de microplásticos encontrados nos oceanos na última década tem emitido um alerta para a alta produção de plástico nas indústrias e o seu descarte indevido no meio ambiente (ROSA *et al.*, 2021). Em ambiente aquático, notou-se que a principal via de interação dos microplásticos com os organismos, ocorre por meio da ingestão de detritos dispersos na água ou acumulado em presas previamente contaminadas, podendo resultar em uma série de danos morfofisiológicos e reprodutivos a estes animais (SILVA *et al.*, 2021).

Os efeitos do microplástico nos animais são diversos e podem até levar animais de médio porte, como peixes e aves, à morte por subnutrição, pois causam uma falsa sensação de saciedade, pode ocorrer também intoxicação do plástico pelos compostos presentes nele, como o Bisfenol A e o Ftalato, e substâncias que podem ser captadas, visto que o plástico convencional pode facilmente absorver poluentes orgânicos persistentes (POPs) e metais pesados, além disso, podem-se observar também efeitos físicos como a obstrução do trato

digestivo (OLIVATTO *et al.*, 2018). Alguns exemplos de impactos dos microplásticos que podem ser citados são: afetam os processos fotossintéticos, o crescimento de microalgas e por serem facilmente ingeridos e/ou absorvidos, o mesmo pode se acumular ao longo da cadeia alimentar (SJOLLEMA *et al.*, 2016).

Após serem despejados no ambiente, estes microplásticos sofrerão processos ambientais, como acumulação, degradação e dispersão, sob diferentes condições ambientais, eventualmente interagindo com o corpo humano através de várias rotas de exposição, incluindo inalação, ingestão e contato dérmico (PRATA *et al.*, 2020). Embora todas as três rotas contribuam para a quantidade total de microplásticos e nanoplásticos presentes no corpo humano, são as partículas no pescado, sal, açúcar, bebidas engarrafadas e no meio ambiente que constituem o maior risco de exposição absoluta (YEE *et al.*, 2021).

1.4 Estudos de microplásticos no Brasil

Vários estudos vêm investigando a presença e a interação de microplásticos nos mais diversos locais e organismos, como por exemplo, na Península Antártica (FRAGÃO, 2020), em corais (SOARES *et al.*, 2020), no ar em aterro sanitário (REZENDE *et al.*, 2020), no trato digestivo de tartarugas marinhas e até mesmo em cetáceos, sendo observado em cachalotes e toninhas (SIGLER, 2014).

Nos últimos vinte anos, diversos estudos com a temática central de microplástico foram realizados no Brasil, pesquisas sobre a ocorrência, distribuição e análise química dessas partículas em amostras ambientais de sedimento arenoso, biota e água têm ocorrido mais intensamente na região costeira do Nordeste e Sudeste do país. O interesse sobre o assunto tem crescido no Brasil, em consonância com a relevância do tema na área de ciências ambientais no país (OLIVATTO *et al.*, 2018).

No Brasil, a pesquisa sobre a presença de microplásticos em ambientes aquáticos é recente e reduzida quando comparada ao restante do mundo, os principais eixos temáticos são microplásticos em águas superficiais, sedimentos, associados a vertebrados e invertebrados e interação com poluentes (CASTRO *et al.*, 2018). Os estudos em ecossistemas costeiros brasileiros focaram-se em águas superficiais e sedimentos (GEROLIN, 2020).

O estado do Ceará possui uma vasta extensão da linha de costa de aproximadamente 573 km e uma grande biodiversidade de organismos nos mais diversos ecossistemas (IPECE,

2018). Sendo assim, há um grande espaço para pesquisas sobre microplásticos nas águas do Ceará, como também biota e sedimento. Castro *et al.* (2018) afirmam que o Nordeste brasileiro é uma das áreas mais estudadas sobre o tema, contudo, não há nenhuma citação sobre estudos realizados no estado do Ceará. Portanto, é importante avaliar o avanço das pesquisas no Estado, além do fato de que tal avaliação pode ajudar a apontar caminhos futuros de investigação científica para o tema.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Esta pesquisa objetivou revisar o conhecimento sobre os microplásticos encontrados na costa do Ceará, incluindo sua distribuição espacial, métodos usados para sua coleta e identificação, formas e coloração.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar o levantamento bibliográfico, por meio de revisão de literatura, sobre estudos já publicados de microplásticos na costa do Ceará (Brasil);
- Criar um mapa com a distribuição espacial da localização das pesquisas, indicando os locais onde foram realizadas coletas das amostras;
- Identificar o método mais utilizado para a coleta e identificação das amostras e o tipo de ambiente mais estudado (água, sedimento e biota);
- Classificar os microplásticos por forma (fibra, fragmento ou filamento) e coloração de acordo com os resultados encontrados;
- Elaborar um conjunto de recomendações para pesquisas futuras.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de estudo

O estado do Ceará localiza-se na região Nordeste do Brasil (Figura 1), especificamente entre as coordenadas 07° 21' 32" S de latitude e 039° 02' 44" W de longitude; com extensão territorial de 148.886 Km² e 573 km de extensão da linha de costa, que corresponde a 9,58% do Nordeste brasileiro e 1,75% do território nacional (IPECE, 2018).

Nessa região, o clima representa um grande responsável pela dinâmica costeira sendo composto por dois principais elementos: variação anual do regime pluviométrico e regime de ventos (MORAIS *et al.*, 2006). Esta zona está imersa na contínua circulação atmosférica subequatorial dos ventos alísios, que são persistentes e intensos ao longo do ano (GOMES *et al.*, 2014).

Figura 1: Mapa do litoral do Estado do Ceará (nordeste do Brasil) detalhando sua localização no contexto nacional, no Oceano Atlântico Sul. Além disso, o mapa mostra o litoral leste e oeste do Estado tendo Fortaleza como ponto central.



Fonte: Elaborado pela autora.

Além disso, a área de estudo (Figura 1) é de interesse científico devido à ocorrência de uma corrente equatorial vinda de leste (corrente Norte do Brasil) que liga o Atlântico equatorial ocidental e a costa amazônica nesta latitude tropical. Na zona costeira existem estuários e dunas, e o relevo compreende fundos relativamente planos, com recifes tropicais submersos e intertidais bem como bancos de fanerógamas marinhas e de algas calcáreas (SOARES *et al.*, 2016).

Os estuários, ambientes de transição entre os rios e os oceanos, têm importância ecológica mundialmente reconhecida por serem essenciais à sobrevivência de muitas espécies pois constituem áreas de refúgio, proteção, reprodução e alimentação para diversos organismos costeiros e marinhos (SANTANA; LOTUFO; ABESSA, 2015). Habitats naturais costeiros, como manguezais, corais e recifes, e bancos de algas marinhas, protegem a costa da erosão e inundação, fornecendo importantes serviços de proteção, também oferecem outros benefícios, incluindo berçários para espécies comercialmente e recreativas, filtragem de sedimentos e poluentes e armazenamento e sequestro de carbono (GODOY; LACERDA, 2015).

3.2 Coleta e análise de dados

Uma revisão bibliográfica descritiva, de caráter inventariante, foi realizada com o objetivo de identificar produções científicas em periódicos nacionais e internacionais sobre microplásticos na costa do Ceará. Os dados foram obtidos a partir da análise de artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso (TCC), dissertações e teses disponíveis na internet, para isso, foi utilizado o banco de dados *online* da Biblioteca Virtual da Universidade Federal do Ceará (UFC), e também uma busca através das bases de dados *Science Direct*, *SciELO*, *Periódicos Capes/MEC* e da ferramenta de busca *Google Scholar*.

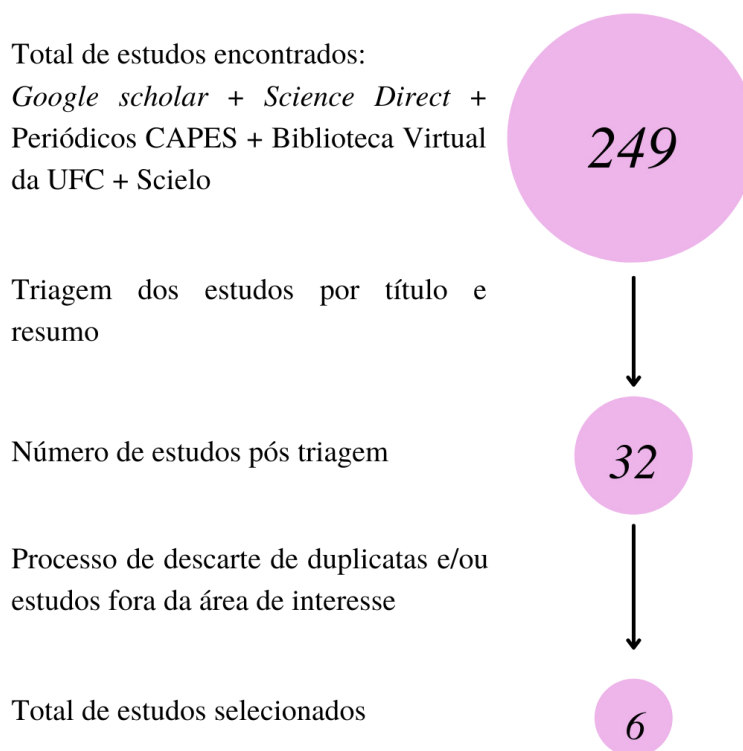
Em todas as bases de dados foram utilizadas palavras-chave como “microplásticos”, “Ceará”, “partículas plásticas”, “microplásticos no ambiente” e “Brasil”. As mesmas palavras-chave foram usadas em inglês para busca de artigos internacionais. Trabalhos relacionados à biota, água e sedimentos foram selecionados. O operador booleano “AND” foi utilizado para combinar as palavras-chave a fim de facilitar a seleção dos estudos.

A coleta dos dados foi realizada por meio da leitura dos artigos, seleção e registro da informação em uma planilha eletrônica previamente construída. As variáveis amostradas em cada artigo são as seguintes: autoria, ano de publicação, área estudada (local), amostra, amostragem, ano da amostragem, formas e cores.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2, podemos acompanhar o número de materiais de pesquisa (incluindo artigos, teses, dissertações, e trabalhos de conclusão de curso) encontrados nas seguintes plataformas digitais: banco de dados *online* da Biblioteca Virtual da Universidade Federal do Ceará (UFC), *Science Direct*, Scielo, Periódicos CAPES/MEC e da ferramenta de busca *Google Scholar*.

Figura 2 - Processo de seleção dos estudos encontrados (revisão de literatura sobre microplásticos na costa do Ceará, nordeste do Brasil).



Fonte: elaborada pela autora.

A busca dos artigos foi realizada até dezembro de 2021, registrando um total de 249 materiais: 10 encontrados na Biblioteca Virtual da UFC, 14 no Periódicos CAPES/MEC, 26 na plataforma da *Science Direct* e 199 na plataforma *Google Scholar*. Após esse processo foi realizada a triagem dos mesmos por título e resumo, restando 32 materiais, destes, 26 foram descartados por não se tratar de estudos realizados com microplásticos na área de interesse, ou seja, estudos realizados em outros estados ou por serem duplicatas. Apenas seis estudos

científicos foram encontrados sobre microplásticos na costa do Estado do Ceará.

A quantidade de materiais de pesquisa encontrada é muito baixa se comparada a outros estudos. AJITH *et al.* (2020) obtiveram um total de 402 artigos, dentre os quais 220 artigos foram escolhidos como relevantes. GATIDOU *et al.* (2019) encontraram 74 publicações em revistas científicas para utilizar em sua revisão bibliográfica. Contudo, o baixo número de trabalhos encontrados podem ter sido consequência dos objetivos específicos do presente estudo. Quando o foco se volta para uma área ou local de estudo específico, no caso, o Estado do Ceará, esse número decai muito pela escassez de pesquisas.

4.1 Localização, compartimento ambiental e amostragem

No quadro 1, podemos acompanhar o local exato, compartimento ambiental analisado, forma de amostragem e ano de cada amostragem dos estudos.

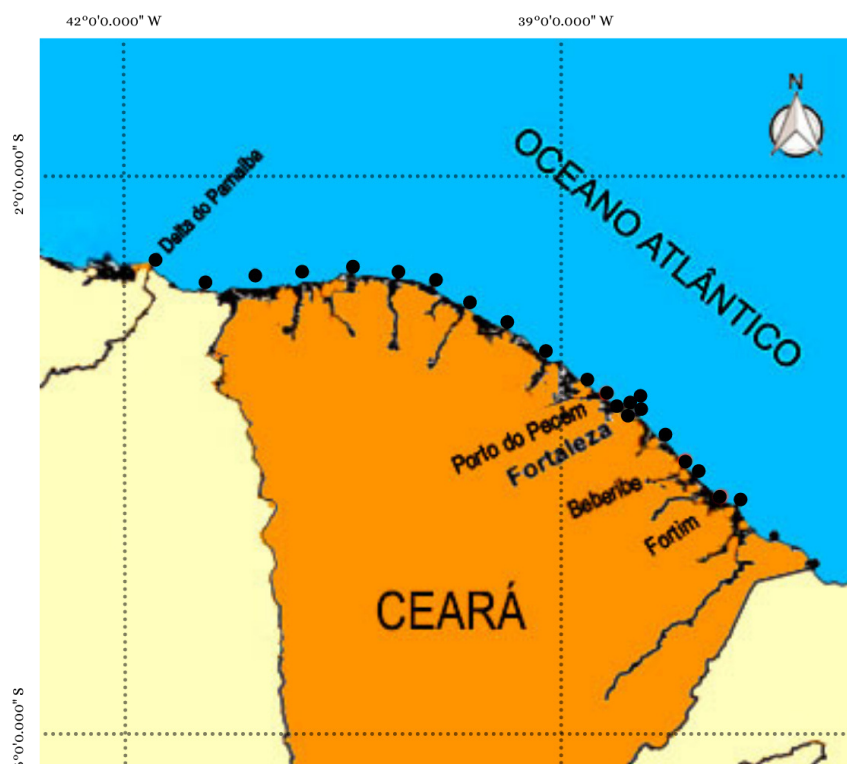
Quadro 1 - Localização, compartimento ambiental analisado, amostragem, ano da amostragem e análise química do material coletado pelos estudos.

LOCAL NA COSTA DO CEARÁ (NE, BRASIL)	COMPARTIMENTO AMBIENTAL ANALISADO	AMOSTRAGEM	ANO DA AMOSTRAGEM	ANÁLISE QUÍMICA	REFERÊNCIA
Fortaleza (Rio Cocó e Rio Ceará)	Água superficial	Redes de arrasto de plâncton, malha de 330 μm	2018	Não	BRITO (2018)
Portos Pecém e de Fortaleza	Sedimento superficial	Peneira de 1 mm	2017	Sim. Espectroscopia de imagem e densidade	ALMEIDA (2018)
Longo da costa do Ceará	Água subsuperficial	Redes cilíndricas-cônicas com malhas de 120 e 300 μm	2010	Não	GARCIA <i>et al.</i> , (2019)
Fortaleza	Biótica (Peixe)	Rede de arrasto de praia com 3 cm de malha	2015 - 2017	Sim. Espectroscopia Raman	DANTAS <i>et al.</i> , (2020)
Estuário do Rio Piraji (Beberibe)	Água subsuperficial	Redes de plâncton, malhas de 65, 120, 200, 300 e 500 μm	2015	Não	PRADO (2021)
Fortaleza	Água superficial	Rede tipo Neuston, Coletor com malha de 100 μm	2019 - 2020	Sim. Espectroscopia Raman e Infravermelho	BANEGAS (2021)

Fonte: elaborada pela autora.

Das seis pesquisas, quatro foram realizadas na capital do estado, Fortaleza, sendo então a região com maior concentração de estudos, e as outras duas foram bem diferentes: uma realizada entre os municípios de Beberibe e Fortim e a outra ao longo de toda a costa do Ceará possuindo 18 estações de coleta e indo até o delta do Parnaíba (Figura 3). Nota-se também que todas foram publicadas recentemente (2018-2021), contudo, algumas amostras foram coletadas bem antes da publicação dos estudos, sendo datadas a partir de 2010. Observa-se que apesar da escassez de estudos, a pesquisa com microplásticos está em crescente desenvolvimento no Estado.

Figura 3- Mapa do Ceará (nordeste do Brasil) com foco nas áreas onde os estudos foram realizados.



Fonte: Elaborada pela autora.

Amostras de água, biota e sedimento foram identificadas nos estudos (Quadro 1). As amostras de água (4 de 6 estudos) são as mais utilizadas para coleta de microplásticos, contudo, apenas água superficial e água subsuperficial foram estudadas. Não há, no estado do Ceará, estudo de microplásticos realizado em águas e sedimentos profundos. Os microplásticos são distribuídos na coluna de água dependendo de suas propriedades (densidade, forma, tamanho *etc.*), assim, a quantidade e a qualidade dos microplásticos coletados são altamente dependentes da localização e profundidade da amostragem (PRATA

et al., 2018). Isso denota a importância de estudos futuros em águas profundas como com redes para arrasto vertical ou oblíquo que permitam amostrar a coluna de água (e não somente a superfície).

Castro *et al.* (2018) demonstraram em sua revisão sobre microplásticos no Brasil que a maior parte das investigações científicas sobre microplásticos no ecossistema brasileiro se concentrou em análises de microplásticos associados à biota, o que difere do encontrado no estado do Ceará. Entretanto, neste estudo, amostras com biota se resumiram a apenas um: um estudo de Dantas *et al.* (2020) que identificou amostras de microplásticos em estômago de peixes teleósteos marinhos: sardinha-laje (*Opisthonema oglinum*), bagres (*Bagre marinus*, *Cathorops spixii*, *Sciades herzbergii*), palombeta (*Chloroscombrus chrysurus*), roncadador (*Conodon nobilis*) e coró-roncadador (*Haemulopsis corvinaeformis*). Essa pesquisa também usou a espectroscopia Raman (pouco usada nos estudos cearenses) e permitiu identificar que a maior parte dos filamentos é uma fibra sintética azul do tipo polyester.

Essa pesquisa foi relevante porque encontrou microplásticos em todas as espécies (independente de sua guilda trófica) e em 55% dos peixes amostrados em Fortaleza (capital do Ceará). Recentemente foram também identificados microplásticos em moluscos heterobrânquios como *Aplysia dactylomela* (FLORES, 2021) porém esse trabalho completo ainda não está disponível online (PPGCMT, 2021) por tratar-se de dissertação defendida recentemente. Isso mostra a importância de conduzir esse tipo de análise em peixes em outras regiões da costa do Ceará (Figura 1) e em outros organismos do plâncton, nécton e bentos.

Rezania *et al.* (2018) afirmam que devido à ingestão de microplásticos por uma ampla gama de espécies marinhas, a pesquisa sobre o efeito dessa poluição na biota é vital. Uma vez que os microplásticos são ingeridos por organismos marinhos, os graves efeitos físicos e toxicológicos podem ocorrer em seus corpos. Portanto, os efeitos das micropartículas na saúde de diferentes espécies aquáticas devem ser investigados no contexto da costa nordestina como no Ceará.

Em relação ao método de amostragem, as redes de plâncton são as mais utilizadas para coleta de microplásticos no estado do Ceará (Quadro 1) variando apenas a abertura/tamanho de malha: mais da metade das pesquisas utilizaram redes de plâncton com tamanho de malha variando entre 65 μm a 500 μm (Quadro 1). O uso de redes de malha pequena também foi feito por SILVA (2018). Esse trabalho utilizou redes de plâncton de 20 μm e 65 μm para coletar fitoplâncton e zooplâncton na praia de Serrambi – Pernambuco, além de fazer a

quantificação dos microplásticos analisando as amostras de 65 μm na sua totalidade.

Prado (2021) mostra que a densidade de microplásticos coletados para estuário tropical no Ceará variou conforme a abertura de malha usada (Quadro 1), sendo as redes com abertura menor mais eficazes quando comparadas às com abertura maior: a rede de 65 μm foi a mais eficaz na amostragem de densidade de microplásticos, já as redes de 120, 200 e 300 μm apresentaram semelhanças na densidade e a rede de 500 μm mostrou uma baixa eficácia.

Garcia *et al.* (2019) em seu estudo também utilizou tamanhos de malhas diferentes: 120 μm e 300 μm (Quadro 1). A autora ainda afirma que estudos comparativos como este, entre os tamanhos da malha, são escassos na literatura. Porém, esses dois estudos feitos no Ceará (Prado, 2021 e Garcia *et al.* 2019) não usaram abordagem de análise físico-química (por exemplo, a espectroscopia Raman) o que impede entender se a rede é seletiva em relação a um determinado tipo de microplástico.

Banegas (2021) utilizou um coletor com tamanho de malha de 100 μm e realizou a caracterização química no espectrômetro infravermelho por transformada de Fourier (FTIR) e Raman. Porém, a autora constatou que nem todas as partículas identificadas visualmente coincidiram com as análises de identificação química devido à grande diversidade de materiais semelhantes em textura e aparência que existem, além das dificuldades de se trabalhar com partículas microscópicas.

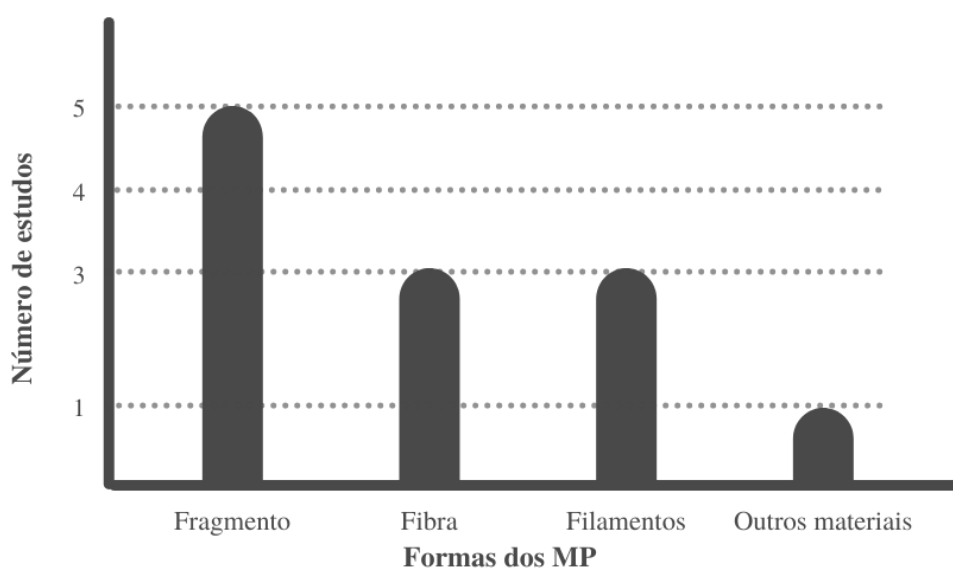
Almeida (2018) comparou dois métodos diferentes de análise da composição química dos polímeros plásticos: densidade e espectroscopia (Quadro 1). Ambos os métodos se provaram eficientes para determinar o tipo de polímero, desde que os materiais analisados sejam previamente conhecidos e não haja mistura de polímeros.

Nesse contexto, Gimiliani (2021) encontrou resultados parecidos no estado de São Paulo: quantidades mínimas e máximas de microplásticos variaram em cada tamanho de malha granulométrica, ocorrendo aumento gradativo conforme a diminuição do tamanho da malha. Hidalgo *et al.* (2012) afirma também que o tamanho de malha de 300 μm é o mais comumente usado para amostragem de microplásticos porém pode subestimar a quantidade presente na água.

4.2 Formas dos microplásticos

Os fragmentos de microplásticos foram frequentes nos estudos, estando presente em cinco deles, seguido pelas fibras e filamentos que estavam presentes em três do total de estudos (Gráfico 1). Outros tipos de microplásticos também foram encontrados: partículas de tinta, fragmentos de isopor e lâminas, mas estes se resumiram a 1 estudo. Nesse contexto, ZARATE; IANNACONE, (2021) encontraram resultado semelhante, em três praias arenosas da costa central de Lima no Peru, Chancay, Carpayo e Asia, a predominância foi de fragmentos e fibras.

Gráfico 1 - Principais formas de microplásticos encontrados nos estudos realizados na costa do Ceará (nordeste do Brasil).



Fonte: Elaborado pela autora.

Os microplásticos estão presentes em muitas formas e cores. A forma de um microplástico é frequentemente usada para atribuí-lo a uma categoria comum. Geralmente, pesquisadores usam algo entre quatro e sete categorias diferentes definidas por forma ou morfologia, que incluem fibra, feixe de fibras, fragmento, esfera (ou grânulo), *pellet* e filme. Certas formas geralmente são retiradas de produtos diferentes, isso fornece pistas relacionadas à origem dos microplásticos na natureza (ROCHMAN *et al.*, 2019). Essa análise é importante porém pode ser complementada com análise química (como por espectroscopia).

A sucessiva fragmentação desses itens no ambiente marinho é causada pelo descarte irregular de produtos plásticos como sacolas e embalagens de alimentos, o que leva a formação de lixo microplástico. O que ocorre de fato é a fragmentação em pequenas

partículas do material aditivado, que acabam se dispersando no ambiente, tornando sua coleta e reciclagem inviáveis, gerando uma poluição invisível (MAZUR *et al.*, 2009). De acordo com Helm (2017), fragmentos podem ser uma parte dominante da distribuição de microplásticos em amostras ambientais.

A presença de fibras plásticas provavelmente é influenciada pela proximidade de algumas fontes, assim como esgoto *in natura*, efluentes das lavagens de roupas e apetrechos de pesca perdidos nos ambientes (GIMILIANI, 2021). Fibras e feixes de fibras tendem a se desprender de roupas, estofados ou carpetes (ROCHMAN *et al.*, 2019).

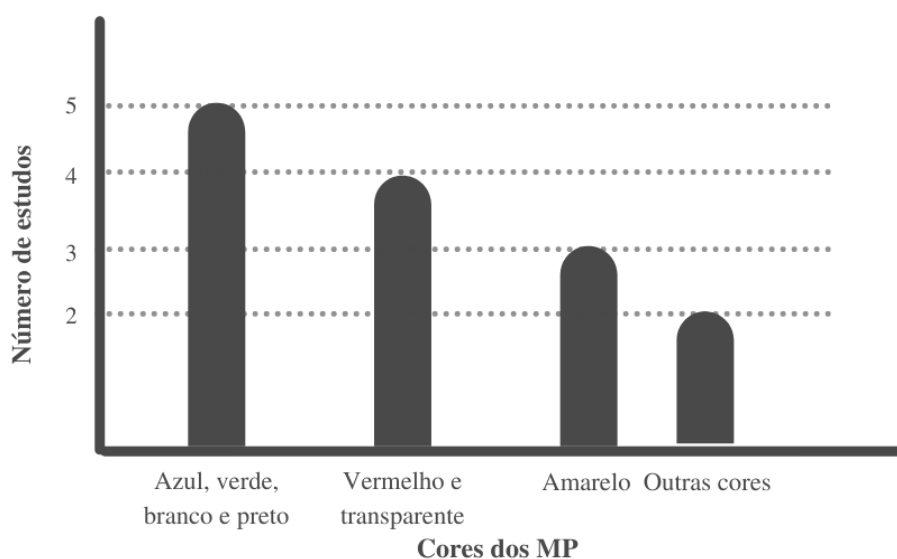
A partícula de tinta presente nos ambientes aquáticos é principalmente ligada a atividades de navegação e o consequente desgaste da pintura de superfície de barcos e navios (GAYLARDE *et al.*, 2021), bem como o uso de tintas anti-incrustantes, utilizadas na pintura externa das embarcações, visando minimizar o ataque constante de microorganismos marinhos (SEVERO; MATOS, 2021).

Já o isopor, nome popular para o polímero poliestireno expandido (EPS), é aquela partícula com uma textura esponjosa típica desse material (MCCORMICK *et al.*, 2016). Esse é um microplástico secundário e pode ter como fonte o descarte inadequado de embalagens (NARDES, 2019).

4.3 Cores dos microplásticos

No gráfico 2 são apresentadas as cores de microplásticos já encontrados no Ceará. Azul, verde, branco e preto foram as cores predominantes nos estudos, estando presentes em cinco deles. Em seguida temos vermelho e transparente que foram encontrados em quatro estudos, amarelo em três deles e as outras cores (roxo, laranja, marrom *etc.*) apareceram em dois ou menos estudos.

Gráfico 2 - Principais cores de microplásticos encontradas nos estudos realizados na costa do Ceará (nordeste do Brasil).



Fonte: elaborado pela autora.

Os microplásticos transparentes geralmente são derivados de plásticos descartáveis, como sacolas plásticas, copos plásticos e garrafas, que têm vida útil curta. Os microplásticos coloridos provavelmente se originam de uma variedade de produtos plásticos de consumo com uma longa vida útil, como a cor não é permanente pode ocorrer branqueamento no processo de preparação da amostra (LI *et al.*, 2020; PRATA *et al.*, 2019).

No estudo de Zhang *et al.* (2017), nas águas superficiais do Mar de Bohai, China, as partículas de plástico branco foram mais comuns do que os plásticos coloridos, seguido pelas partículas transparentes, verdes e amarelas. Partículas de outras cores não foram tão representativas. Resultado este que coincide com o mesmo encontrado por Almeida (2018), onde branco foi a cor com maior ocorrência registrada.

Nesse contexto, Xiong *et al.* (2019) encontraram uma abundância de microplásticos verdes e pretos no trato digestivo do peixe dourado, todavia, outras cores também foram observadas, como vermelho, preto e branco. Afirmaram que não houve diferença significativa na ingestão entre fragmentos e filamentos.

No estado do Ceará, Dantas *et al.* (2020) em seu estudo com estômagos de peixes teleósteos marinhos encontrou as seguintes cores: azul, transparente, preto, vermelho, verde e roxo, sendo a primeira e a segunda as cores com maior ocorrência. Resultado semelhante foi encontrado por Ugwu *et al.* (2021) em sua revisão sobre microplásticos na biota marinha, o

autor demonstrou que quando se trata de peixes, azul é a cor predominante, acompanhada por preto, transparente, branco, verde e vermelho. As formas de microplásticos encontradas coincidem com o trabalho de Xiong, tendo sido observada a presença de filamentos e fragmentos.

5 CONCLUSÕES

- O número de pesquisas já realizadas sobre microplásticos (tanto sua distribuição, métodos de coleta, cores e formas *etc.*) na costa do estado do Ceará é baixo e a maior concentração de estudos se deu em Fortaleza.
- O principal compartimento ambiental analisado é a água superficial, porém outros tipos de ambientes analisados foram sedimento superficial e biota (peixes e moluscos).
- As redes de plâncton são as mais utilizadas para coleta de microplásticos em água no estado do Ceará variando apenas o tamanho da malha.
- Em relação à forma dos microplásticos, os fragmentos foram dominantes nos estudos, seguido pelas fibras e filamentos.
- Em relação às cores, azul, verde, branco e preto foram as cores predominantes nos estudos, seguido por vermelho e transparente.
- Nota-se que há uma necessidade de mais estudos científicos na costa do Ceará e que estes ocorram em áreas mais distantes da capital, com foco voltado também para os ambientes dulcícolas, transicionais (estuários) e ambientes profundos. Além disso, é importante buscar novos estudos em organismos, por exemplo, não há registro de estudos realizados com organismos planctônicos, crustáceos (camarões, caranguejos, lagostas), tartarugas, sirênios, ou elasmobrânquios (tubarões e raias).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AJITH, Nithin *et al.* Global distribution of microplastics and its impact on marine environment—a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 21, p. 25970-25986, 2020.
- ALMEIDA, Clara Cabral. **Pellets plásticos em praias arenosas em duas áreas portuárias do estado do Ceará**. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Mestre em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- BANEGAS, Maria Elena Nolasco. **Ocorrência e caracterização morfológica e química de microplásticos na costa da cidade de Fortaleza, Ceará, Brasil**. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.
- BELO, Isabela Cristina Bitencourt *et al.* Microplásticos, seus Impactos no Ambiente e Maneiras Biodegradáveis de Substituição. **Revista Internacional de Ciências**, v. 11, n. 2, p. 214-228, 2021.
- BRITO, Camila Dourado Alves. **Microplásticos na plataforma continental do Ceará: desembocaduras dos rios Cocó e Ceará**. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- CASTRO, Rebeca Oliveira *et al.* Review on microplastic studies in Brazilian aquatic ecosystems. **Ocean & Coastal Management**, v. 165, n. 1, p. 385-400, 2018.
- COSTA, João Pinto da *et al.* (Nano)plastics in the environment – Sources, fates and effects. **Science Of The Total Environment**. v. 566, p. 15-26. 2016.
- COSTA, Mônica Ferreira *et al.* **Poluição marinha: principais aspectos**. Recife: Clube de Autores, 2014.
- DANTAS, Natália C. F.M. *et al.* Plastic intake does not depend on fish eating habits: Identification of microplastics in the stomach contents of fish on an urban beach in Brazil. **Marine pollution bulletin**, v. 153, p. 110959, 2020.

DRIEDGER, Alexander 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.

FLORES, Gina Leonor Lopez. **Avaliação da ocorrência de microplásticos em moluscos heterobrânquios marinhos da costa atlântica nordestina do Brasil e da costa do pacífico central de El Salvador.** Dissertação (Mestrado) - Mestre em Ciências Marinhas Tropicais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

FRAGÃO, Joana Rita Costa. **Microplastics in penguins from Antarctic Peninsula.** 80 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ecologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2020.

GALGANI, F. *et al.* **Marine Strategy Framework.** Luxemburgo: Jrc Scientific And Technical Report, 2010. 57 p. Disponível em:
<https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/174619>. Acesso em: 02 nov. 2021.

GARCIA, Tatiane Martins *et al.* Microplastics in subsurface waters of the western equatorial Atlantic (Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, v. 150, p. 110705, 2019.

GATIDOU, Georgia *et al.* Review on the occurrence and fate of microplastics in Sewage Treatment Plants. **Journal of hazardous materials**, v. 367, p. 504-512, 2019.

GAYLARDE, Christine C. *et al.* Paint fragments as polluting microplastics: A brief review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 162, p. 111847, 2021.

GEROLIN, Cristiano Rezende. **Poluição por microplásticos na água e sedimento do reservatório Guarapiranga, região metropolitana de São Paulo, Brasil.** 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Universidade Federal de São Paulo, Diadema, 2020.

GESAMP, The Joint Group Of Experts On The Scientific Aspects Of Marine Environmental Protection. **Proceedings of the GESAMP international workshop on assessing the risks associated with plastics and microplastics in the marine environment.** Rep. Stud. 82, 68pp. 2010. Disponível em:
<http://www.gesamp.org/publications/proceedings-of-the-gesamp-workshop-on-microplastic-particles>. Acesso em: 30 maio 2021.

GIMILIANI, Giovana Teixeira. **Caracterização de microplásticos em amostras marinhas e estuarinas**. 2021. 184 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências na área de Tecnologia Nuclear, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

GODOY, Mario DP; LACERDA, Luiz D. de. Mangroves response to climate change: a review of recent findings on mangrove extension and distribution. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, p. 651-667, 2015.

GOMES, Moab P. *et al.* The interplay between structural inheritance and morphology in the Equatorial Continental Shelf of Brazil. **Marine Geology**, v. 355, p. 150-161, 2014.

HALE, Robert C. *et al.* A global perspective on microplastics. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 125, n. 1, 2020.

HELM, Paul A. Improving microplastics source apportionment: a role for microplastic morphology and taxonomy?. **Analytical Methods**, v. 9, n. 9, p. 1328-1331, 2017.

HIDALGO-RUZ, Valeria *et al.* Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. **Environmental science & technology**, v. 46, n. 6, p. 3060-3075, 2012.

HORTON, Alice A. *et al.* Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. **Science Of The Total Environment**, v. 586, p. 127-141, 2017.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Anuário Estatístico do Ceará**. 2018. Disponível em: <https://www.ipece.ce.gov.br/anuario-estatistico-do-ceara/>. Acesso em: 01 jun. 2021.

IPECE, Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Ceará em mapas**. 2019. Disponível em: <http://www2.ipece.ce.gov.br/atlas/lista/>. Acesso em: 30 jan. 2022.

KOELMANS, Albert A.; BESSELING, Ellen; SHIM, Won J. Nanoplastics in the aquatic environment. Critical review. **Marine anthropogenic litter**, p. 325-340, 2015.

Li, C. *et al.* Assessment of microplastics in freshwater systems: A review. **Science of the Total Environment**, v. 707, p. 135578, 2020.

LOPES, Kaiulani Schultz Rosa *et al.* Estudo sobre a poluição plástica e análise de micropartículas na água tratada de Porto Alegre/RS. **R. Gest. Sust. Ambient**, Florianópolis, v. 9, p. 570-587, 2020.

MA, Hui *et al.* Microplastics in aquatic environments: toxicity to trigger ecological consequences. **Environmental Pollution**, v. 261, p. 114089, 2020.

MANZANO, Aruanã Bittencourt. **Distribuição, taxa de entrada, composição química e identificação de fontes de grânulos plásticos na Enseada de Santos, SP, Brasil**. 2009. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Oceanografia Biológica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MAZUR, Luciana P. *et al.* Estudo da degradação de embalagens plásticas oxidegradáveis expostas ao intemperismo natural. in: congresso brasileiro de polímeros. Maringá. **Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros**. Foz do Iguaçu, 2009.

MCCORMICK, A. R. *et al.* Microplastic in surface waters of urban rivers: concentration, sources, and associated bacterial assemblages. *Ecosphere*, v. 7, n. 11, 2016.

MELLO, Kaline *et al.* Dinâmica da expansão urbana na zona costeira brasileira: O caso do município de São Vicente, São Paulo, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, v. 13(4), p. 539-551, 2013.

MORAIS, J. O. *et al.* Caracterização fisiográfica e geoambiental da zona costeira do estado do Ceará. *Erosão e Progradação no Litoral Brasileiro*, p. 131–154, 2006.

NARDES, Carolina Silva. **Ocorrência, variabilidade espaço-temporal e fontes de microplásticos em córregos urbanos da grande Cuiabá – Brasil**. 48 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Ecologia e Conservação da Biodiversidade, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.

OLIVATTO, Gláucia P. *et al.* Microplásticos: contaminantes de preocupação global no antropoceno. **Revista Virtual de Química**, São Paulo, v. 10, n. 6, p. 1968-1989, 2018.

PPGCMT. **Programa de pós-graduação em ciências marinhas tropicais**. 2021. Disponível em: https://si3.ufc.br/sigaa/public/programa/defesas.jsf?lc=pt_BR&id=10011. Acesso em: 06 fev. 2022.

PIATTI, Tania Maria; RODRIGUES, Reinaldo Augusto Ferreira. **Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais**. Maceió: Edufal, 2005. 51 p. (Conversando sobre Ciências em Alagoas).

PRADO, Luana Catherine Gomes. **Tamanho de rede faz a diferença? densidade de microplásticos em um estuário tropical raso (Rio Piranji, Ceará, Brasil)**. 40 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

PRATA, Joana Correia *et al.* Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. **Science of the Total Environment**, v. 702, 2020.

PRATA, Joana Correia *et al.* Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: A critical review. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 110, p. 150-159, 2019.

RAMÍREZ, Javier E. Sánchez. Plásticos y microplásticos en agua, un problema mundial que afecta nuestros sistemas acuáticos. **Ingeniería y Región**, n. 19, 2018.

REZANIA, Shahabaldin *et al.* Poluição por microplásticos em diferentes ambientes aquáticos e biota: uma revisão de estudos recentes. **Boletim de poluição marinha**, v. 133, p. 191-208, 2018.

REZENDE, Virgínia Edite *et al.* Dispersão de microplásticos pelo ar em aterro sanitário. **Abes - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Cuiabá, 2020.

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

- ROSA, Laura Teixeira da *et al.* Contaminação ambiental por microplásticos e suas implicações: investigando extração e identificação. **MoExp - Mostra de Ensino, Extensão e Pesquisa do Campus Osório**, v. 1, n. 1, 2021.
- SANTANA, L. M. B. M.; LOTUFO, L. V. C.; ABESSA, D. M. S. A contaminação antrópica e seus efeitos em três estuários do litoral do Ceará, Nordeste do Brasil - revisão. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 48, n. 2, p. 93-115, dez. 2015.
- SEVERO, Fagner Evangelista; MATOS, Maria Cristina Pereira. O uso de tinta veneno em embarcações de pesca e turismo: efeitos da poluição por microplástico nas águas marítimas da Baixada Santista. **Latin American Journal of Development**, v. 3, n. 1, p. 499-504, 2021.
- SIGLER, Michelle. The effects of plastic pollution on aquatic wildlife: current situations and future solutions. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 225, n. 11, p. 1-9, 2014.
- SILVA, Ducilene do Carmo da *et al.* Contaminantes ambientais: efeitos dos microplásticos em organismos aquáticos e terrestres. **Research, Society and Development**. 2021.
- SILVA, Josefa Luana de Aguiar. **Plâncton e microplásticos flutuantes dos recifes de Serrambi (Ipojuca, PE), durante um ciclo circadiano**. 2018. 36 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2018.
- SILVA, Tarciso Cabral da *et al.* **Diagnóstico e Hierarquização de Problemas de Drenagem Urbana da Zona Costeira Sul do Estado da Paraíba Engenharia Sanitária Ambiental**, p. Vol.13 - Nº 2 p.144-152, 2008.
- SJOLLEMA, Sascha B. *et al.* Do plastic particles affect microalgal photosynthesis and growth? **Aquatic Toxicology**, v. 170, p. 259-261, 2016.
- SOARES, Marcelo de Oliveira *et al.* Brazilian marine animal forests: a new world to discover in the southwestern Atlantic. **Marine Animal Forests. Springer International Publishing, Cham**, pp. 73–110, 2016.

SOARES, Marcelo de Oliveira *et al.* Microplastics in corals: An emergent threat. **Marine Pollution Bulletin**, v. 161, 2020.

THOMPSON, Richard C. Microplastics in the marine environment: sources, consequences and solutions. In: **Marine anthropogenic litter**. Springer, Cham, p. 185-200, 2015.

TICKNER, Joel *et al.* The use of di-2-ethylhexyl phthalate in PVC medical devices: exposure, toxicity, and alternatives. **Lowell Center for Sustainable Production**, University of Massachusetts, Lowell, p. 72, 1999.

TISEO, Ian. **Annual production of plastics worldwide from 1950 to 2020**: (in million metric tons). 2022. Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/282732/global-production-of-plastics-since-1950/>. Acesso em: 20 jan. 2022.

UGWU, Kevin *et al.*. Microplastics in marine biota: A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 169, p. 112540, 2021.

VAN CAUWENBERGHE, Lisbeth *et al.* Microplastics in sediments: a review of techniques, occurrence and effects. **Marine environmental research**, v. 111, p. 5-17, 2015.

VAN CAUWENBERGHE, Lisbeth; JANSSEN, Colin R. Microplastics in bivalves cultured for human consumption. **Environmental pollution**, v. 193, p. 65-70, 2014.

XIONG, Xiong *et al.* Ingestion and egestion of polyethylene microplastics by goldfish (*Carassius auratus*): influence of color and morphological features. **Heliyon**, v. 5, n. 12, p. e03063, 2019.

YEE, Maxine Swee-Li *et al.* Impact of microplastics and nanoplastics on human health. **Nanomaterials**, v. 11, n. 2, p. 496, 2021.

ZARATE, Maxwell; IANNACONE, Jose. Microplásticos en tres playas arenosas de la costa central del Perú. **Revista de Salud Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 123-131, 2021.

ZHANG, Weiwei *et al.* Microplastic pollution in the surface waters of the Bohai Sea, China. **Environmental pollution**, v. 231, p. 541-548, 2017.

ZIMMERMANN, Lisa *et al.* Benchmarking the in Vitro Toxicity and Chemical Composition of Plastic Consumer Products. **Environ. Sci. Technol.**, v. 53, p. 11467-11477, 2019.