



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR – LABOMAR
CURSO DE OCEANOGRAFIA**

CAMILA DOURADO ALVES BRITO

**MICROPLÁSTICOS NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO CEARÁ:
DESEMBOCADURAS DOS RIOS COCÓ E CEARÁ**

**FORTALEZA
2018**

CAMILA DOURADO ALVES BRITO

**MICROPLÁSTICOS NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO CEARÁ:
DESEMBOCADURAS DOS RIOS COCÓ E CEARÁ**

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Peres Teixeira.

Coorientadora: Mestre Clara Cabral Almeida.

FORTALEZA
2018

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)

B875m Brito, Camila Dourado Alves.
MICROPLÁSTICOS NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO CEARÁ:
DESEMBOCADURAS DOS RIOS COCÓ E CEARÁ. / Camila Dourado Alves Brito. – 2018.
42 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2018.

Orientação: Profa. Dra. Carlos Eduardo Peres Teixeira.

Coorientação: Profa. Ma. Clara Cabral Almeida.

1. Poluição plástica. 2. Detritos plásticos. 3. Região costeira. I. Título.

CDD 551.46

CAMILA DOURADO ALVES BRITO

**MICROPLÁSTICOS NA PLATAFORMA CONTINENTAL DO CEARÁ:
DESEMBOCADURAS DOS RIOS COCÓ E CEARÁ**

Monografia apresentada ao Curso de graduação em Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Aprovada em __/__/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Eduardo Peres Teixeira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Tristan Charles Clintandre Rousseau
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Mestre Gabrielle Melo Fernandes
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre ter iluminado o caminho e abençoado meus passos.

Aos meus pais, Syntia e Batista, por todo carinho, paciência e oportunidade que me foram dados durante todos esses anos. Obrigada por sempre apoiarem minhas escolhas.

Ao Juan e João Victor, por serem os melhores irmãos que alguém poderia ter. Agradeço ao Juan, por me incentivar a buscar meus objetivos. E, ao João Victor, obrigada por sempre cuidar de mim mesmo eu sendo a irmã mais velha que deveria cuidar de você.

À professora Dra. Sandra Tédde Santaella, por toda a atenção, paciência e ensinamentos.

Ao meu orientador professor Dr. Carlos Eduardo Peres Teixeira, pela oportunidade e por toda a confiança que me foi dada.

A todos os realizadores e pesquisadores envolvidos no projeto PRONEN, que tornaram possível a realização desse trabalho.

À Clara Cabral, por ser um anjo em minha vida, por ter me acolhido desde o princípio. Obrigada por ter me ajudado sempre com muito carinho e por toda a paciência nos meus momentos de desespero. Agradeço pela confiança e pelo apoio.

À Alice Martins pelo tempo disponibilizado e por toda a ajuda mesmo no período de férias.

Ao Prof. Michael Viana por disponibilizar o espaço e o material do Laboratório de Efluentes e Qualidade de água (Equal).

A todos os professores do Instituto de Ciências do Mar (Labomar), que foram essenciais à minha formação.

A todos da turma de 2018.2, por fazerem parte dessa etapa da minha vida. Agradeço por todos os momentos compartilhados, cada aula de campo e cada momento de tensão antes de uma prova. A Derley por toda a ajuda e apoio não só no âmbito acadêmico, mas também na vida pessoal. A José Victor, Marina, Lorena, Tayanne e Gabriel Gomes, obrigada pela amizade, por cada risada de alegria ou de tristeza, por todos os momentos bons e ruins. À Andrezza, Jonathan e Nathan, por cada copo de cerveja. Obrigada a cada um de vocês, que fizeram desses quatro anos os mais memoráveis da minha vida!

Ao Oscar, cuja amizade se tornou preciosa e essencial em minha vida. Obrigada por sempre estar junto, principalmente nos momentos mais complicados. Agradeço por todo apoio e por cada conselho.

A todos os colegas da oceanografia, que fizeram parte dessa trajetória direta ou indiretamente. Obrigada por todos os momentos de confraternização, por cada palavra de conforto e por todo o apoio.

Ao Gabriel, a maior surpresa que 2018 me trouxe, por sempre me incentivar e acreditar em mim. Obrigada por todos os momentos compartilhados, cada risada e cada pastel. Sei que sempre terei um amigo com quem posso contar.

RESUMO

Plásticos são polímeros orgânicos sintéticos leves, resistentes, duráveis e baratos, o que os tornam adequados para a fabricação de uma variedade de produtos. Desde o início da produção de produtos plásticos, em 1950, os resíduos se acumulam em diversos ambientes e, embora tenham contribuído para a qualidade da vida humana, eles tornaram-se uma ameaça à vida quando descartados indevidamente no meio ambiente. Esses resíduos são separados em macroplásticos e microplásticos e podem chegar ao mar por meio de duas fontes principais: pelo despejo e perda acidental de navios e pelo escoamento de rios e sistemas de drenagem. Quando entram no ambiente marinho, representam uma ameaça à biota, uma vez que podem ser ingeridos. É estimado que as concentrações de plástico em superfície no oceano aberto variem de sete mil a trinta e cinco mil toneladas. Na plataforma continental do Ceará (PCCE) ainda não existem estudos a respeito da quantidade de microplásticos. Entretanto, sabe-se que os rios Cocó e Ceará, que cortam a região de Fortaleza, recebem de forma indireta esgotos domésticos e industriais e águas de drenagem pluvial, que desaguam no oceano e podem carrear partículas plásticas. Então, o objetivo desse estudo foi fazer um levantamento quali-quantitativo de microplásticos (MPs) nas desembocaduras dos estuários dos rios Cocó e Ceará (plataforma continental do Ceará). A pesquisa foi realizada em duas áreas do litoral de Fortaleza, nas desembocaduras do rio Cocó e do rio Ceará nos dias 9 e 10 de abril de 2018. Foram coletadas amostras de água superficial do mar com redes de arrasto de plâncton. Elas foram levadas para laboratório, filtradas, separadas em frações de microplásticos $> 0,3$ mm e $< 0,3$ mm e submetidas à oxidação úmida para a digestão da matéria orgânica. Em seguida, os MPs foram quantificados por microscopia e caracterizados. Em praticamente todos os pontos coletados no rio Cocó e no rio Ceará foram encontrados microplásticos. Ao todo, foram quantificados 187 MPs $> 0,3$ mm e 39 MPs $< 0,3$ mm na desembocadura do rio Cocó, resultando em uma massa total de MPs de 2,01 g. Próximo ao estuário do rio Ceará, foram quantificados 167 MPs $> 0,3$ mm e 49 MPs $< 0,3$ mm, e a massa total de MPs registrada foi de aproximadamente 4,07 g. Os microplásticos apresentaram variação de cores e foram classificados em dois formatos: filamento e fragmento. Esses resultados provavelmente devem-se à influência das desembocaduras dos rios Cocó e Ceará que, por serem os principais rios que drenam o município de Fortaleza, sofrem com os efeitos da urbanização

desordenada, como o descarte inapropriado de resíduos às margens dos rios, e levam os resíduos diretamente para o mar. Não é possível afirmar se a quantidade de microplásticos encontrada nesse estudo é elevada ou não, visto que não há uma legislação vigente para ser usada como parâmetro. No entanto, a abundância de microplásticos registrada nesse trabalho é inferior à de regiões com maior densidade populacional.

Palavras-chave: Poluição plástica. Detritos plásticos. Região costeira.

ABSTRACT

Plastics are light synthetic organic polymers, resistant, durable, and inexpensive, which make them suitable for manufacturing a variety of products. Since the beginning of the production of plastic products in 1950, waste accumulates in various environments and although they have contributed to the quality of human life, they have become a threat to life when disposed of unduly in the environment. These residues can be separated into: macroplastics and microplastics, and can reach the sea through two main sources: by the accidental dumping and loss of ships and by the drainage of rivers and drainage systems. When they enter the marine environment, they are a threat to the biota, since they can be ingested. It is estimated that surface plastic concentrations in the open ocean range from seven thousand to thirty-five thousand tons. There are no studies of the amount of microplastics in the Ceara continental shelf (PCCE) however, it is known that the Coco and Ceara rivers, which cut through the Fortaleza region, indirectly receive domestic and industrial sewage and drainage water which drain into the ocean and can carry plastic particles. So, the objective was to make a qualitative-quantitative survey of microplastics (MPs) at the mouths of the estuaries of the Coco and Ceara rivers (continental shelf of Ceara). The research was carried out in two areas of the coast of Fortaleza, at the mouths of Coco River and Ceara River, on April 9th and 10th. Sea surface water was with trawls of plankton. The samples were taken to the lab, filtered, separated into fractions of microplastics > 0.3 mm and < 0.3 mm, and submitted to wet oxidation for the digestion of organic matter. Then, the MPs were quantified by microscopy and characterized. Microplastics were found at practically all points collected in the Coco River and Ceara River. In all, 187 MPs > 0.3 mm and 39 MPs < 0.3 mm were measured at the mouth of the Coco River, resulting in a total mass of MPs of 2.01 g. Near the Ceara estuary, 167 MPs > 0.3 mm and 49 MPs < 0.3 mm were quantified, and the total mass of MPs recorded was approximately 4.07 g. The microplastics presented color variation and were classified into two formats: filament and fragment. These results are probably due to the influence of the mouths of the Coco and Ceara rivers which, being the main rivers that drain the city of Fortaleza, suffer from the effects of disorderly urbanization, such as the inappropriate disposal of residues on the banks of the rivers, and lead waste directly into the sea. It is not possible to say whether the amount of microplastics found in this study is high or not, since there is no current legislation to be used as a

parameter. However, the abundance of microplastics recorded in this study is lower than in regions with higher population density.

Keywords: Plastic pollution. Plastic debris. Coastal region.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Orla de Fortaleza	17
Figura 2 - Mapa dos pontos coletados próximo a desembocadura do rio Cocó.	20
Figura 3 - Mapa dos pontos coletados próximo a desembocadura do rio Ceará.	21
Figura 4 - Procedimento para separação de microplásticos < 0,5 mm.....	24
Figura 5 - Amostras durante o processo de degradação da matéria orgânica com sulfato de ferro II e peróxido de hidrogênio.	25
Figura 6 - Quantidade de MPs <0,3 mm e > 0,3 mm nos pontos próximo à desembocadura do estuário do rio Cocó.	29
Figura 7 - Quantidade de MPs <0,3 mm e > 0,3 mm nos pontos próximo à desembocadura do estuário do rio Ceará.	29
Figura 8 - Microplástico filamentosso azul identificado no microscópio com aumento de 10x.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pontos amostrados no rio Cocó com seus respectivos dados de horário de coleta, tempo de arrasto e o volume de água filtrado.	22
Tabela 2 - Pontos amostrados no rio Ceará com seus respectivos dados de horário de coleta, tempo de arrasto e o volume de água filtrado.	23
Tabela 3 - Abundância de MP próximo à desembocadura do rio Cocó.	31
Tabela 4 - Abundância de MP próximo à desembocadura do rio Ceará.	31
Tabela 5 - Abundância de MP em algumas regiões do mundo.	32
Tabela 6 - Massa total de sólidos (MP + MO) e massa de MP > 0,3 mm em cada ponto amostrado do rio Cocó.	34
Tabela 7 - Massa total de sólidos (MO + MP) e massa de MP < 0,3 mm em cada ponto amostrado no rio Cocó.	34
Tabela 8 - Massa total de sólidos (MP + MO) e massa de MP > 0,3 mm em cada ponto amostrado do rio Ceará.	35
Tabela 9 - Massa total de sólidos (MO + MP) e massa de MP < 0,3 mm em cada ponto amostrado do rio Ceará.	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1. Objetivos gerais.....	16
2.2. Objetivos específicos.....	16
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	17
3.1. Plataforma continental do Ceará.....	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1. Pontos de coleta.....	20
4.2. Coleta de dados.....	21
4.3. Análise em laboratório.....	23
4.4. Determinação da massa total de microplásticos.....	26
5. RESULTADOS E DICUSSÃO	27
5.1. Identificação dos MP nas desembocaduras dos rios Cocó e Ceará.....	27
5.2. Quantificação e abundância dos MP na superfície da água do mar por microscopia.....	28
5.3. Determinação da massa de MPs.....	33
5.4. Caracterização dos MPs quanto a cor e forma.....	37
6. CONCLUSÕES	39
7. REFERÊNCIAS	40

1. INTRODUÇÃO

Plásticos são polímeros orgânicos sintéticos leves, resistentes, duráveis e baratos. Essas características os tornam adequados para a fabricação de uma variedade de produtos (DERRAIK, 2002), seja na indústria de cosméticos, têxtil ou construção civil, por exemplo.

Desde quando a produção de produtos plásticos começou, em 1950, os resíduos se acumulam em ambientes terrestres, oceano aberto, margens de ilhas remotas e no fundo marinho (BARNES *et al.*, 2009). Embora tenham contribuído para a qualidade da vida humana, especialmente a partir do século passado, eles tornaram-se uma ameaça à vida quando descartados indevidamente no meio ambiente terrestre ou aquático (CARSON *et al.*, 2011).

Entre 2015 e 2016, calcula-se que a produção mundial de plásticos aumentou de trezentos e vinte e dois milhões de toneladas para trezentos e trinta e cinco milhões (PLASTICSEUROPE, 2017), e estima-se que dez a vinte milhões de toneladas atingem os oceanos, anualmente (UNEP, 2014).

Atualmente, os plásticos mais produzidos e utilizados pela indústria produtora são o polietileno (PE) de baixa e alta densidade, polipropileno (PP), cloreto de polivinila (PVC), poliestireno (PS) e tereftalato de polietileno (PET) (IVAR DO SUL; COSTA, 2014).

Usualmente, os resíduos plásticos são separados em: macroplásticos (fragmentos maiores que 5 mm) e microplásticos (fragmentos menores que 5 mm) (DRIS *et al.*, 2015). No entanto, alguns autores adotam ainda as classificações de nano, meso e megaplásticos (<0,2 mm; até 20 mm; e >100 mm, respectivamente) (BLAIR *et al.*, 2017; GESAMP, 2015).

Os microplásticos (MP) podem ser classificados em dois tipos, com base em sua origem: I) microplásticos primários, os quais são especificamente projetados para várias aplicações, como produtos de cuidados pessoais ou na forma de *pellets* de pré-produção; II) microplásticos secundários, que resultam da degradação de macroplásticos causados pela radiação ultravioleta (UV), abrasão mecânica, degradação biológica e desintegração (DRIS *et al.*, 2015).

Segundo Derraik (2002) e Ryan *et al.* (2009), esses microplásticos podem chegar ao mar por duas fontes principais: pelo despejo e perda acidental de navios,

e escoamento de rios e sistemas municipais de drenagem. Além dessas fontes, os microplásticos podem, da mesma forma, ser oriundos da degradação e fragmentação de itens maiores no próprio ambiente marinho, ocasionada pela exposição à radiação solar e à ação das ondas (ANDRADY, 2011).

Quando essas partículas entram no ambiente marinho, representam uma ameaça à biota marinha, pois se ingeridas, podem causar falsa sensação de saciedade, deficiência energética, lesões ou morte (COLE *et al.*, 2014). O acúmulo de detritos plásticos no ecossistema marinho pode ainda criar novos habitats para alguns organismos, o que pode afetar diretamente sua distribuição e difusão (WANG *et al.*, 2017).

Os microplásticos também são fonte e sumidouro de xenoestrógenos e poluentes orgânicos persistentes (POPs), como hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAHs) e bifenilos policlorados (PCBs) (BELLAS *et al.*, 2016). Esses compostos podem penetrar nas células, interagir quimicamente com moléculas biologicamente importantes e afetar o sistema endócrino dos animais marinhos e, conseqüentemente, a capacidade de reprodução dos organismos (BELLAS *et al.*, 2016; TEUTEN *et al.*, 2009).

A maioria dos polímeros é flutuante na água e, em razão dos itens plásticos, como caixas e garrafas, frequentemente aprisionarem o ar, quantidades substanciais de detritos plásticos se acumulam na superfície do mar (THOMPSON *et al.*, 2009). É estimado que as concentrações de plástico em superfície no oceano aberto variem de sete mil a trinta e cinco mil toneladas (COZAR *et al.*, 2014)

No Brasil, estudos, como o de Moreira *et al.* (2015) e Carvalho e Neto (2016), relatam a poluição de praias por microplásticos. Entretanto, são poucos os trabalhos realizados sobre a ocorrência e quantificação de MP em águas superficiais.

Ainda não existem estudos a respeito da quantidade de microplásticos na plataforma continental do Ceará (PCCE). Porém, sabe-se que os principais afluentes que cortam a região de Fortaleza - Ceará, os rios Ceará e Cocó, recebem de forma direta e indireta esgotos domésticos e industriais e águas de drenagem pluvial, que desaguam no oceano e podem carrear partículas plásticas (YUNDA, 2007).

A partir dessa problemática e pela carência de estudos no litoral cearense, faz-se necessária a realização de um estudo a fim de disponibilizar mais informações para a comunidade científica relacionadas à poluição por microplásticos em águas superficiais da PCCE.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos gerais

Identificar e fazer um levantamento quali-quantitativo de microplásticos nas desembocaduras dos estuários dos rios Cocó e Ceará (plataforma continental do Ceará).

2.2. Objetivos específicos

- Detectar por microscopia óptica a presença de microplásticos na água superficial na porção da plataforma continental do Ceará que abrange as desembocaduras dos rios Ceará e Cocó;
- Quantificar e caracterizar por microscopia os microplásticos quanto à cor e formato;
- Determinar a massa e abundância de microplásticos da água superficial da plataforma continental do Ceará que abrange as desembocaduras dos rios Ceará e Cocó.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

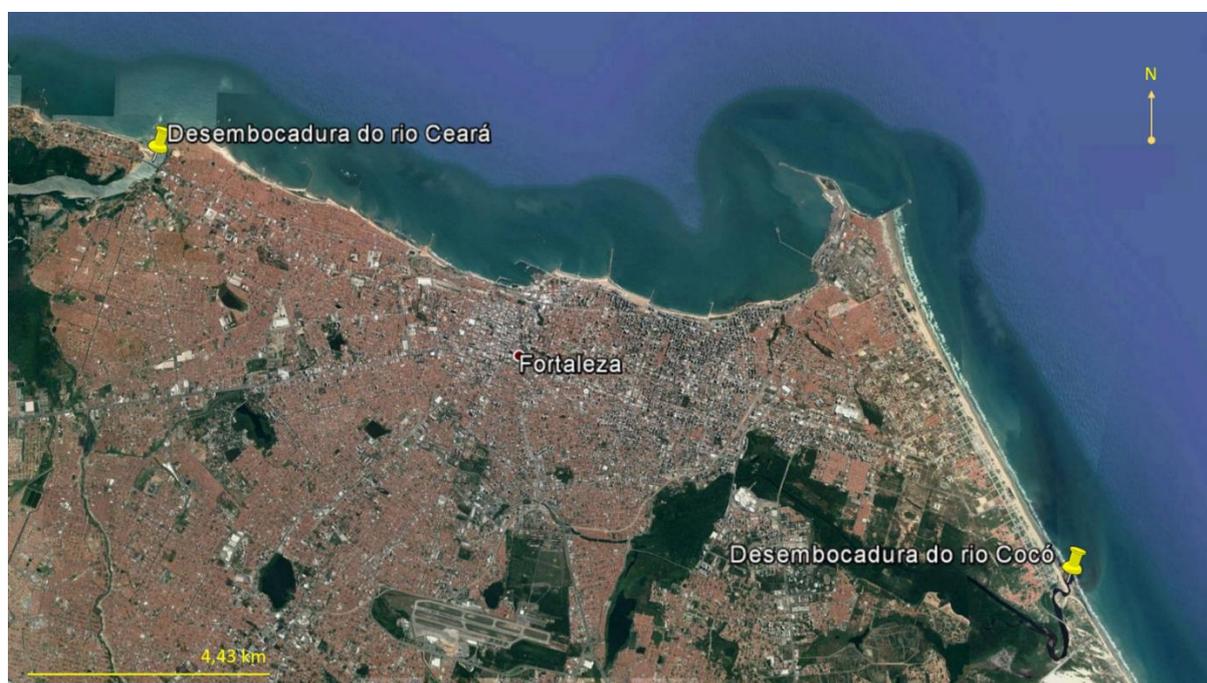
3.1 Plataforma Continental do Ceará

A plataforma continental do Ceará (PCCE) está localizada na margem equatorial atlântica, entre os meridianos 36° W e 42° W e os paralelos 1° S e 5° S (SILVA FILHO, 2004). Possui entre 75 km e 80 km de largura ao largo da capital do Estado, Fortaleza, com profundidades variando entre 10 m e 100 m e uma declividade média de 2 m/km (DIAS, 2011). O relevo da região é caracterizado por fundos relativamente planos, alternados com partes onduladas e feições irregulares de recifes de algas (DIAS, 2011).

A PCCE, além de ser uma fonte de recursos minerais, é um ambiente de importância ecológica e socioeconômica para o Estado e para o país, uma vez que nela são desenvolvidas atividades como pesca, turismo e lazer.

Nesta área está situada a orla de Fortaleza (Figura 1), que tem aproximadamente 30 km de costa e abrange desde a desembocadura do rio Cocó até a desembocadura do rio Ceará, dois dos principais rios urbanos do município, compreendendo a região do emissário submarino (GUERRA, 2014; YUNDA, 2007).

Figura 1 - Orla de Fortaleza



Fonte: Google Earth Pro (2018).

O clima da região é controlado pela zona de convergência intertropical (ZCIT), com temperatura média anual variando entre 26 °C e 28 °C, caracterizado como tropical chuvoso (MENEZES *et al.*, 2004). A região tem dois períodos típicos, o seco (agosto a dezembro) e o chuvoso (janeiro a julho) (MAGALHAES; ZANELLA, 2011).

Os ventos alísios (ocasionados por uma célula de circulação fechada – célula de *Hadley*) predominantes no local, se dirigem ao equador (REBOITA *et al.*, 2012). Porém, devido à rotação da Terra, são defletidos para a esquerda no hemisfério sul, formando os ventos alísios de sudeste, e para a direita no hemisfério norte, formando ventos alísios de nordeste (REBOITA *et al.*, 2012).

As taxas de velocidade desses ventos têm variação anual inversamente proporcional ao ciclo chuvoso, com velocidades mais baixas durante o período de chuva e mais elevadas durante o período seco (GUERRA, 2014).

A orla de Fortaleza é caracterizada por urbanização intensa, acentuada principalmente a partir da década de 1970, com a valorização urbana para fins habitacionais, comerciais, turísticos, portuários e industriais e, conseqüente, desqualificação natural desses ambientes (FECHINE, 2007).

No contexto urbano da cidade, as zonas costeira e litorânea correspondem a um dos setores que mais sofrem com problemas ambientais decorrentes de construções inadequadas, de poluição e artificialização do espaço (FECHINE, 2007).

O litoral de Fortaleza sofre essas conseqüências, pois localiza-se em uma área urbanizada que apresenta forte influência antrópica. A maior parte da ocupação ocorre na faixa de preamar e, como em algumas localidades não há infraestrutura de saneamento básico adequada, ocorre lançamento de efluentes domésticos, tratados ou não, diretamente no solo ou nas galerias de águas pluviais e, conseqüentemente, no mar (RODRIGUES, 2009; SILVA, 2013).

Os rios urbanos também sofrem conseqüências em decorrência do desenvolvimento urbano desordenado, pois a poluição deles é causada, de forma antrópica, por lançamentos clandestinos de águas residuárias oriundas de residências, estabelecimentos comerciais e industriais, e pela disposição inadequada de resíduos sólidos (SILVA, 2013).

Os rios Ceará e Cocó, limitam Fortaleza a leste e a oeste, respectivamente, e desaguam diretamente no oceano, sendo dois exemplos de recursos hídricos urbanos que se encontram comprometidos em razão do crescente desenvolvimento urbano desordenado.

A bacia hidrográfica do rio Cocó situa-se na região norte/nordeste do estado do Ceará, nasce na vertente oriental da serra da Aratanha no município de Pacatuba tendo sua foz na praia do Caça e Pesca, região leste da cidade de Fortaleza (SILVA, 2013; ZANELLA *et al.*, 2013). O rio Cocó estende-se na direção SW-NE por longo trecho, desenvolve-se totalmente em seu leito natural, alimentado por riachos e grandes talwegues, desaguando no oceano Atlântico, junto à barra do rio Cocó, na praia do Futuro (COGERH, 2010a).

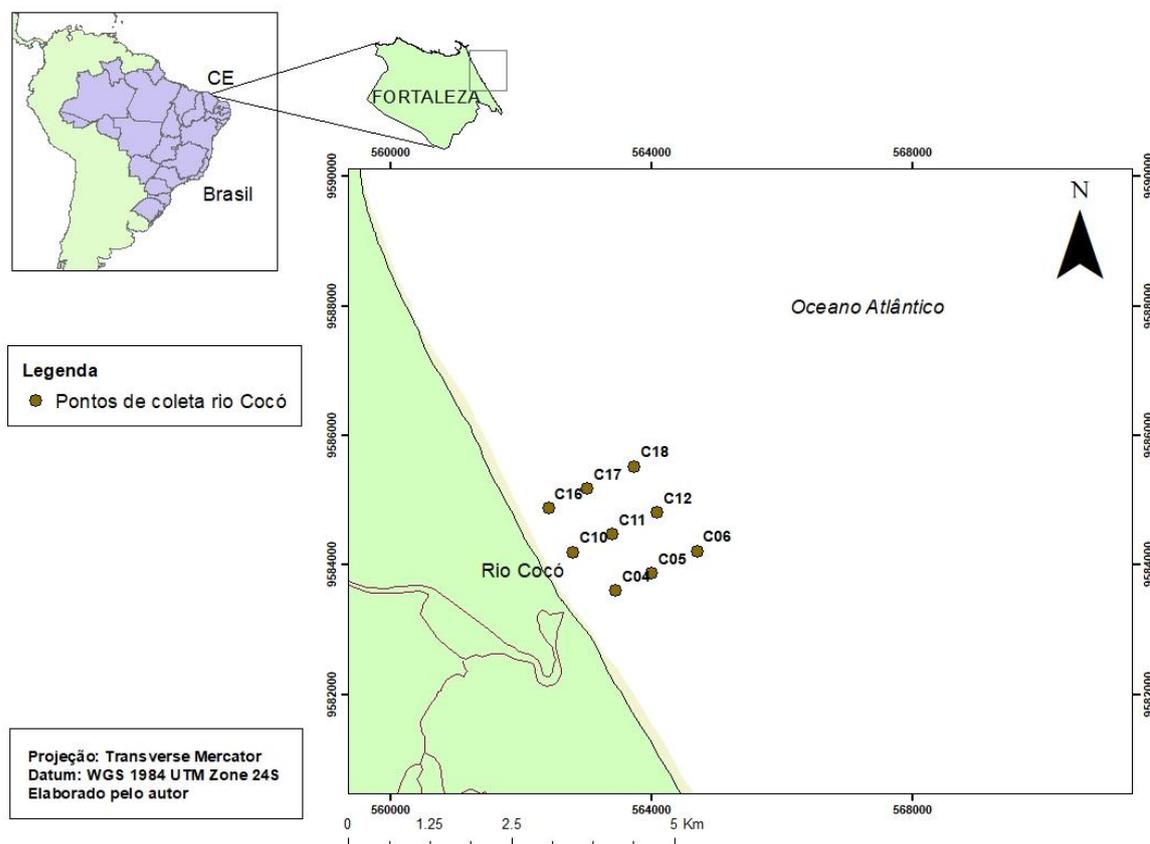
A bacia do rio Ceará drena uma área de 575,94 km², se desenvolve no sentido sudoeste-norte e também deságua no oceano Atlântico (COGERH, 2010a, 2010b). Esse rio sofre com a crescente expansão urbana desordenada, que contribui para o desmatamento, erosão do solo e assoreamento, além de degradar a qualidade da água (NILIN *et al.*, 2013). O esgoto não tratado, a drenagem urbana e os efluentes industriais têxteis, plásticos, curtumes, dentre outras indústrias, constituem as principais fontes de poluição do rio Ceará (NILIN *et al.*, 2013).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Pontos de coleta

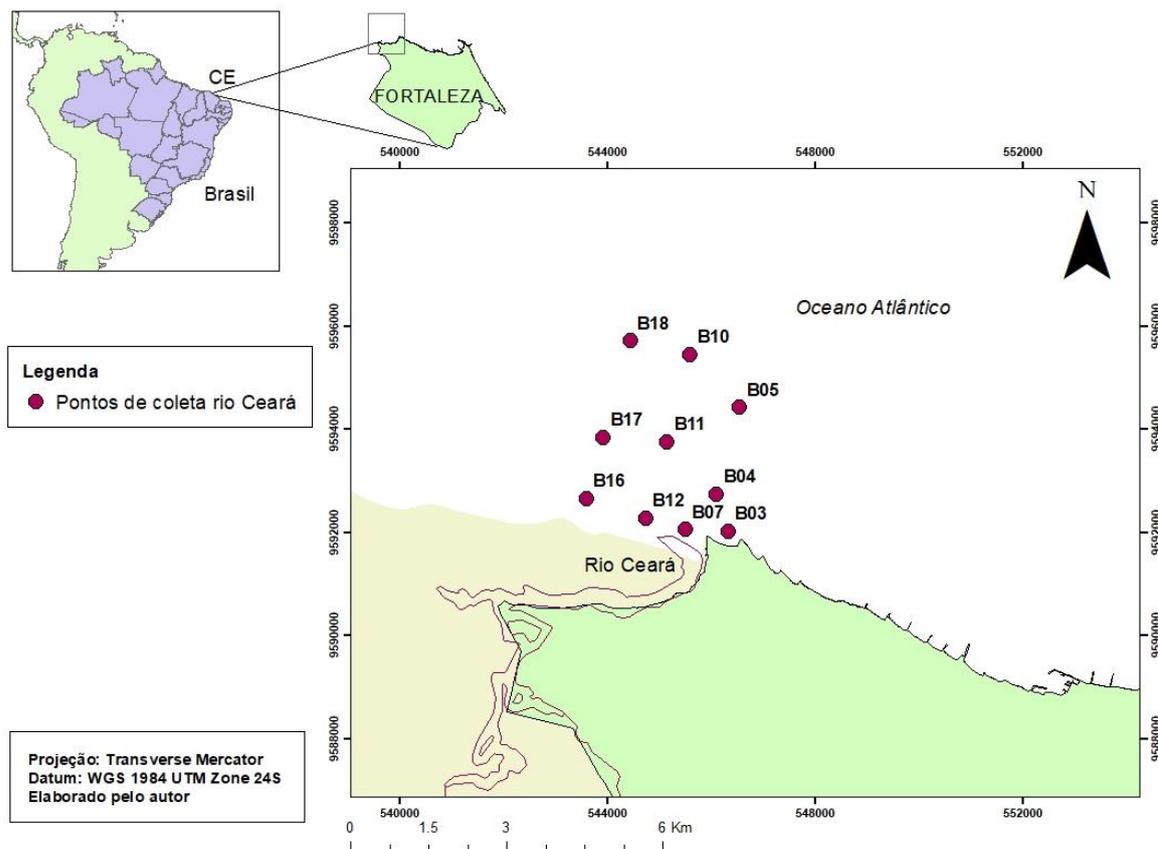
A pesquisa foi realizada em duas áreas do litoral da cidade de Fortaleza: na desembocadura do rio Cocó e na desembocadura do rio Ceará. Em ambas as áreas, foram coletadas amostras de água superficial do mar, sendo 9 pontos na desembocadura do rio Cocó e 10 na desembocadura do rio Ceará (Figuras 2 e 3).

Figura 2 - Mapa dos pontos coletados próximo a desembocadura do rio Cocó.



Fonte: Regimário Filho.

Figura 3 - Mapa dos pontos coletados próximo a desembocadura do rio Ceará.



Fonte: Regimário Filho.

4.2. Coleta de dados

A coleta de água ocorreu durante embarques nos dias 9 e 10 de abril de 2018 no barco SELMAR. A amostragem foi feita em transectos transversais à linha de costa, saindo da região de praia até a isóbata de 30 m da PCCE.

A coleta foi realizada com redes de arrasto de plâncton, com área da boca igual a 0,0785 m² e com malha de 0,33 mm, a mais utilizada (ERIKSEN *et al.*, 2014). Na rede, foi amarrado um fluxômetro *G.O. Environmental*, para registrar o fluxo de água durante todo o arrasto. A rede foi rebocada horizontalmente no mar, na mesma direção da corrente, por dez minutos a uma velocidade de arrasto de 5,56 km/h.

Após o arrasto, o material retido no copo da rede foi transferido para potes plásticos devidamente identificados. Em seguida os frascos foram levados ao Laboratório de Efluentes e Qualidade da Água (EQUAL), da Universidade Federal do

Ceará (UFC), e armazenados em um refrigerador a 6 °C por trinta dias para posterior separação dos microplásticos da água.

O volume de água filtrado foi obtido a partir do documento da Avaliação Ambiental de Estuários Brasileiros: Diretrizes metodológicas (LANA *et al.*, 2006) e está representado na equação 1.

$$V = A \times R \times C$$

Eq.(1)

Onde,

V = volume de água filtrada em m³;

A = área da boca da rede em m² (0,0785 no caso da rede que foi utilizada nesse estudo);

R = número de rotações do fluxômetro durante o arrasto ($F_f - F_i$);

C = fator de aferição após calibração do aparelho em metros por rotações (0,3).

Os pontos, a hora, o fluxo de água, o tempo de coleta e o volume de água filtrado das desembocaduras dos rios Ceará e Cocó estão apresentados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Pontos amostrados no rio Cocó com seus respectivos dados de horário de coleta, tempo de arrasto e o volume de água filtrado.

Ponto	Horário de coleta	Rotações do Fluxômetro	Volume Filtrado (m ³)
C04	10:35	6719	158,23
C05	10:55	10674	251,37
C06	11:10	6543	154,08
C10	12:25	56	1,31
C11	12:45	5763	135,71
C12	13:00	1860	43,80
C16	14:40	3836	90,33
C17	15:05	8452	199,04
C18	15:25	8553	201,42

Legenda: i: inicial; f: final.

Tabela 2 - Pontos amostrados no rio Ceará com seus respectivos dados de horário de coleta, tempo de arrasto e o volume de água filtrado.

Ponto	Horário de coleta	Rotações do Fluxômetro	Volume Filtrado (m ³)
B03	16:36	8909	209,80
B04	14:55	12977	305,68
B05	14:29	15594	367,23
B07	13:34	15456	363,98
B10	12:27	12939	304,71
B11	12:00	12500	294,37
B12	11:40	15290	360,07
B16	09:48	20355	479,36
B17	09:29	23330	549,42
B18	09:00	21675	510,44

Legenda: i: inicial; f: final.

Houve variação no tempo de amostragem de uma área para outra, 3 min de arrasto na região próxima a desembocadura do rio Cocó e 10 min próximo do rio Ceará, devido às condições adversas do oceano, como fortes ventos e ondas violentas.

Dados de velocidade média e de direção dos ventos e precipitação do município de Fortaleza foram obtidos do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Utilizou-se a média mensal da base de dados do INMET para fazer a relação dos dados de vento e precipitação com a quantidade de microplásticos identificados nas duas áreas de estudo.

4.3 Análise em laboratório

O procedimento em laboratório foi realizado de acordo com Métodos Laboratoriais para a Análise de Microplásticos no Meio Ambiente Marinho do National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (MASURA *et al.*, 2015). Cada amostra foi filtrada em uma peneira de 5,6 mm (Figura 4), para separar microplástico do macropelástico e, em seguida, em uma peneira de 0,3 mm para separar as frações > 0,3 e < 0,3.

Figura 4 - Procedimento para separação de microplásticos < 0,5 mm.



Fonte: Próprio autor.

O material retido na peneira de 0,3 mm foi colocado em um béquer, pesado previamente, e posteriormente levado à estufa *Olidex* a 90°C, por 24 h (ou até que a amostra secasse). Foi feito o mesmo procedimento para as frações < 0,3 mm.

Após ser retirado da estufa, o béquer foi novamente pesado e, subtraiu-se o valor final do valor inicial, obtendo a massa total (matéria orgânica, microplástico e sal) de sólidos em cada amostra.

Os sólidos, compostos por matéria orgânica (MO), sal e plásticos, foram então submetidos à oxidação úmida para digerir toda a MO (Figura 5). Para isso, em cada amostra, foram adicionados 20 mL de solução de Fe (II) 0,05 M (preparada com 7,5 g de sulfato de ferro, 500 mL de água e 3 mL de ácido sulfúrico concentrado) e, em seguida, 20 mL de peróxido de hidrogênio 35%.

Figura 5 - Amostras durante o processo de degradação da matéria orgânica com sulfato de ferro II e peróxido de hidrogênio.



Fonte: Próprio autor.

Esperou-se 5 min para a mistura reagir e, em seguida, o béquer foi aquecido em chapa aquecedora Tecnal TE-038 a 75 °C até que a mistura começasse a ferver e formar bolhas de gás, quando foi retirado e colocado para esfriar na capela até que a reação cessasse. Posteriormente, o béquer foi reaquecido em chapa aquecedora a 75 °C por 30 min.

Após esse procedimento, os detritos plásticos permaneceram inalterados. Em seguida, as partículas de plástico foram filtradas em filtros de fibra de vidro millipore com 47 mm de diâmetro, quantificados em microscópio óptico *Zeiss* com ampliação de dez vezes e caracterizados quanto à cor e forma. Os microplásticos foram classificados nas cores vermelho, azul, verde, roxo, preto, branco e transparente, e nos formatos filamento e fragmento. Os filtros foram pesados antes e após filtragem para determinação da massa das duas frações de microplásticos.

É importante ressaltar que, em algumas amostras, durante a reação de oxidação da matéria orgânica, houve precipitação salina, impossibilitando a visualização de microplásticos no microscópio.

A abundância de microplástico foi calculada de acordo com Wang *et al.* (2017) e Desforges *et al.* (2014) como o número de partículas por metro cúbico de água do mar,

equação

2:

$$a = \frac{\text{número de itens plásticos}}{\text{volume de água filtrado}}$$

Eq.(2)

Onde a é a abundância, em itens/m³.

No ponto C10, inserido na área de amostragem próximo a desembocadura do rio Cocó, o fluxômetro apresentou mal funcionamento, o que prejudicou o cálculo de volume de água filtrada e, conseqüentemente, da abundância de microplásticos. Por essa razão, na abundância total, não foram considerados os resultados observados no ponto C10.

4.4 Determinação da massa total de microplásticos

Para determinar a massa total de microplásticos, primeiramente foi determinada a massa total de sólidos. Em seguida, foi aferido o peso do filtro com microplásticos em uma balança analítica Tecnal *Mark 210a* de precisão 0,1 mg. Logo após, subtraiu-se o peso do filtro para obter-se a massa total de MP (MASURA *et al.*, 2015). As fórmulas estão representadas nas equações 3 e 4:

$$d = c - b$$

Eq.(3)

Onde, c é o peso do béquer com MO e MP (g); b é o peso do béquer vazio (g); d é a massa total de sólidos (MO + MP) em gramas.

$$g = f - e$$

Eq.(4)

Onde, f é o peso do filtro com MP (g); e é o peso do filtro (g); g é a massa total de MP em gramas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Identificação dos MPs nas desembocaduras dos rios Cocó e Ceará

Em praticamente todos os pontos coletados no rio Cocó e no rio Ceará foram encontrados microplásticos, com exceção da amostra do ponto B04, onde não foram identificados microplásticos < 0,3 mm.

Entretanto, nos pontos C17 e B18, em razão da considerável quantidade de sal precipitado durante a oxidação da matéria orgânica, não foi possível realizar a contagem de microplásticos < 0,3 mm por microscopia, embora tenham sido identificados alguns MPs.

Esses resultados provavelmente devem-se à influência das desembocaduras dos rios Cocó e Ceará que, por serem os principais rios que drenam o município de Fortaleza, sofrem com os efeitos da urbanização desordenada, como o descarte inapropriado de resíduos às margens dos rios, e levam os resíduos diretamente para o mar. De acordo com Lebreton *et al.* (2017), os rios são um dos maiores responsáveis pelo aporte de microplásticos no mar. Eles preveem, através de um modelo matemático baseado em dados de gestão de resíduos, densidade populacional e dados de hidrologia, uma entrada global anual de plástico de rios para os oceanos variando de 1.150.000 a 2.410.000 t (LEBRETON *et al.*, 2017).

Segundo Doyle *et al.* (2011), a tendência é a crescente abundância de fragmentos plásticos de tamanhos cada vez menores. As taxas de acumulação dessas partículas plásticas variam amplamente com diversos fatores, como com a proximidade a estabelecimentos urbanos, uso da costa, ventos predominantes, correntes oceânicas e a geografia da região (BARNES *et al.*, 2009).

Uma das principais características dos plásticos é a sua leveza e flutuabilidade (Derraik, 2002), assim, eles são facilmente transportados pelos ventos até o mar e, normalmente, encontram-se em camadas superficiais de água, e por isso são facilmente encontrados nessa região.

A chuva, assim como eventos de tempestade, também é um fator de grande influência na quantidade e distribuição de microplásticos na região costeira, pois carrega os resíduos indevidamente descartados para os rios (que por sua vez desaguam nos oceanos) ou diretamente para o mar.

Em um estudo realizado próximo à costa sul da Califórnia, nos Estados Unidos, Lattin *et al.* (2004) coletaram amostras de água para análise de microplásticos a 0,8 km de distância da costa (em superfície e a 5 m de profundidade) e a 4,5 km (em

superfície, a 5 m e 30 m de profundidade) antes e após um evento de chuva de 20 mm. Lattin *et al.* (2004), observaram que nas duas regiões a abundância de MP em superfície foi superior após o evento de chuva, principalmente na região mais próxima à costa, onde a abundância de MP aumentou de menos 1 item/m³ para quase 19 itens/m³. Isso ocorreu porque a chuva ocasionou a turbulência necessária para a ressuspensão das partículas plásticas na água.

Por outro lado, os ventos, sendo um dos vetores responsáveis pela distribuição dessas partículas plásticas no oceano, atuam levando os itens presentes na costa para as regiões de oceano aberto, ou o inverso. Além da distribuição horizontal, o estresse causado pelo vento também é o grande responsável pela distribuição vertical de detritos plásticos flutuantes na camada de mistura. O resultado disso é subestimação das concentrações de plásticos medidos por redes de arrasto superficiais (COZAR *et al.*, 2014). Essa pode ser uma das prováveis razões pela qual não foram identificados MP < 0,3 no ponto B04, que está localizado próximo à costa e à desembocadura do rio Ceará.

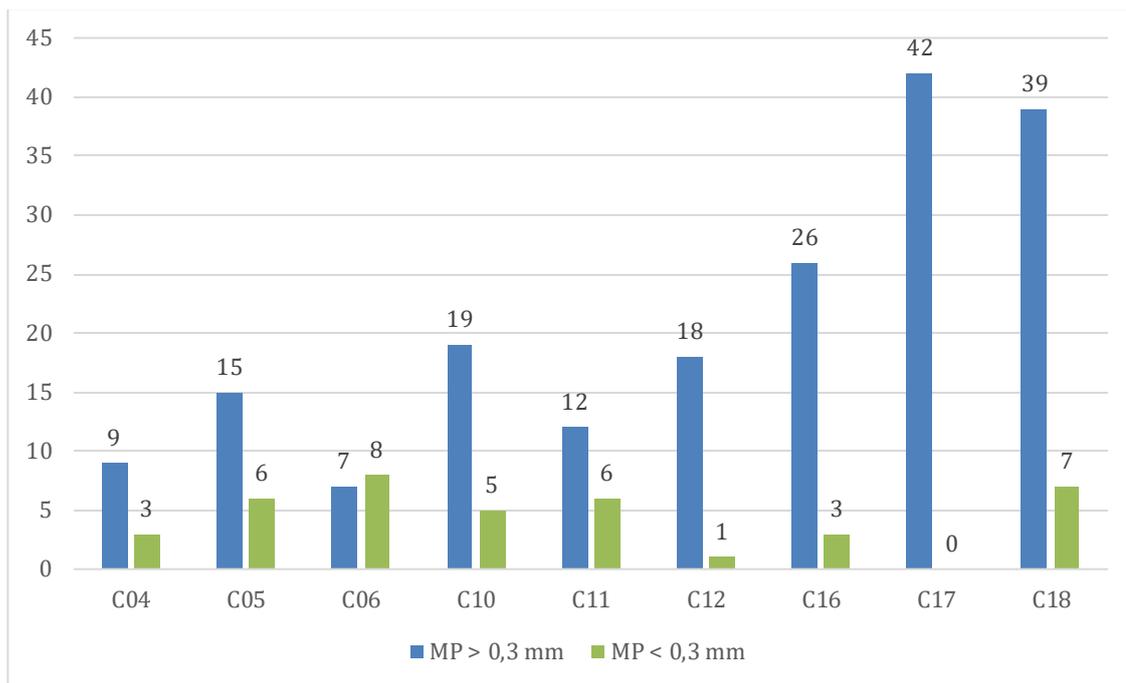
5.2 Quantificação e abundância dos MP na superfície da água do mar por microscopia

Ao todo, foram quantificados 187 MPs > 0,3 mm na desembocadura do rio Cocó, em aproximadamente 1235 m³ de água filtrada, com uma média de 20,77 itens por ponto. Os itens < 0,3 mm, foram quantificados 39 MPs, com uma média de 4,33 itens por ponto.

Próximo ao estuário do rio Ceará, foram quantificados 167 MPs > 0,3 mm em 3745 m³ de água filtrada, com média de 16,7 itens por ponto de coleta. Os MPs < 0,03 representaram 49 itens, com média de 4,9 itens por ponto.

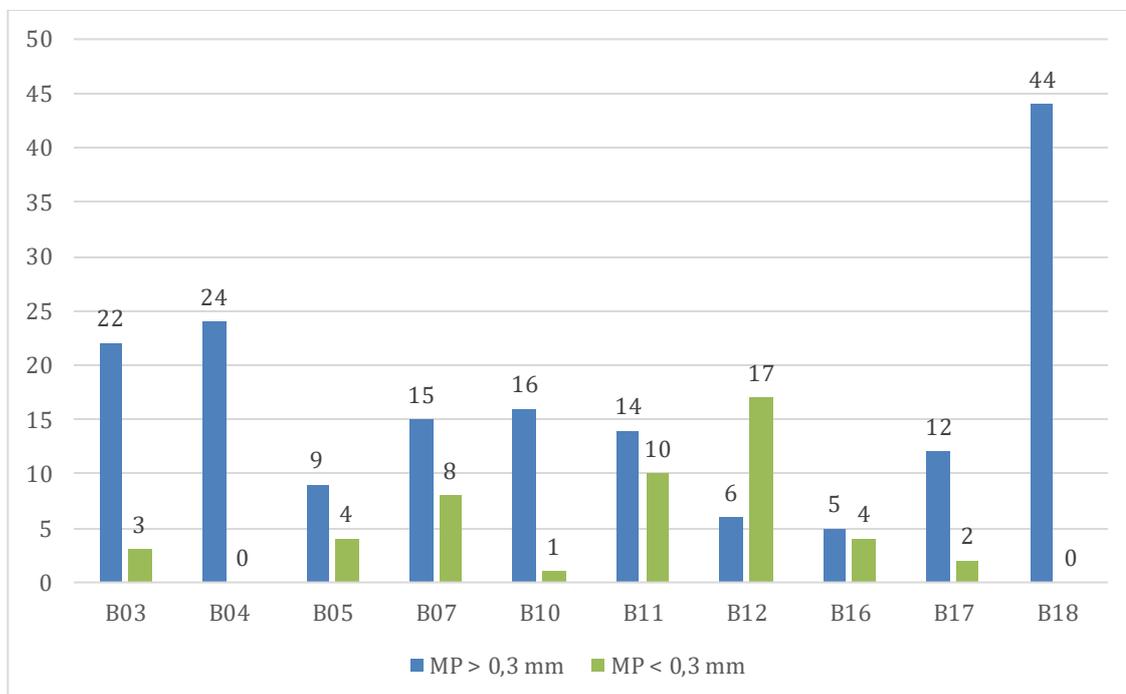
As quantidades de microplásticos encontradas em cada ponto dos rios Cocó e Ceará estão representadas nas figuras 6 e 7.

Figura 6 - Quantidade de MPs <0,3 mm e > 0,3 mm nos pontos próximo à desembocadura do estuário do rio Cocó.



Legenda: MPs: microplásticos.

Figura 7 - Quantidade de MPs < 0,3 mm e > 0,3 mm nos pontos próximo à desembocadura do estuário do rio Ceará.



Legenda: MP: microplástico.

Em Fortaleza, a velocidade média do vento em abril de 2018 foi de 1,78 m/s, com direção predominante de 9° N (INMET, 2018). Isso pode ter contribuído para que os microplásticos presentes nas desembocaduras dos rios fossem transportados em direção ao oceano aberto, diminuindo sua concentração nos pontos em que foram coletados.

Além disso, a precipitação pluviométrica total para o mês de abril foi de 185,8 mm, valores inferiores aos de março, que teve precipitação total de 277,4 mm (INMET, 2018). Esses fatores ambientais, tanto o vento quanto a chuva, podem ter influenciado a quantidade de MPs identificados nas áreas de estudo.

Observa-se que os MPs > 0,3 são mais frequentes que os MPs < 0,3, isso ocorreu provavelmente em razão do uso de rede de arrasto de plâncton com malha 0,33 mm, que pode ter resultado na perda de muitas dessas partículas plásticas menores que 0,3 mm. Dessa forma, as quantidades de MP < 0,3 mm podem estar subestimadas.

Por outro lado, os polímeros são facilmente degradados devido a propriedades, tais como resistência, cor e forma, ocasionada por fatores ambientais como calor, luz e produtos químicos presentes no ambiente (WANG *et al.*, 2017). Por isso, microplásticos são frequentemente encontrados no ambiente aquático, uma vez que em grande parte, são MPs secundários, isto é, são oriundos da exposição à radiação solar, de itens plásticos maiores, o que resulta em contínua fotodegradação, fragilização e fragmentação ocasionada pela ação das ondas (ANDRADY, 2011).

A abundância e quantidade de MP na superfície marinha é variável, pois a distribuição de detritos plásticos no mar é bastante desigual por diversos fatores, incluindo as condições de vento no local, correntes, geografia costeira e pontos de entrada no sistema, como áreas urbanas e rotas comerciais (BARNES *et al.*, 2009).

A abundância total de microplásticos próximos às desembocaduras dos rios Cocó e Ceará foi de aproximadamente 0,163 e 0,057 itens/m³, respectivamente. A abundância de MP variou de 0,075 a 0,433 itens/m³ no rio Cocó e, de 0,018 a 0,119 itens/m³ no rio Ceará.

A abundância de MP em cada um dos pontos amostrados das duas áreas de estudo está representada nas tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Abundância de MP próximo à desembocadura do rio Cocó.

Ponto	Volume Filtrado (m ³)	Abundância de MP < 0,3 mm	Abundância de MP > 0,3 mm
C04	158,23	0,0189	0,0568
C05	251,37	0,0238	0,0596
C06	154,08	0,0519	0,0454
C10	1,31	3,7913	14,4070
C11	135,71	0,0442	0,0884
C12	43,80	0,0228	0,4109
C16	90,33	0,0332	0,2878
C17	199,04	0	0,2110
C18	201,42	0,0347	0,1936

Legenda: MP: microplásticos

Tabela 4 - Abundância de MP próximo à desembocadura do rio Ceará.

Ponto	Volume Filtrado (m ³)	Abundância de MP < 0,3 mm	Abundância de MP > 0,3 mm
B03	209,80	0,0142	0,1048
B04	305,60	0	0,0785
B05	367,23	0,0108	0,0245
B07	363,98	0,0219	0,0412
B10	304,71	0,0032	0,0525
B11	294,37	0,0339	0,0475
B12	360,07	0,0472	0,0166
B16	479,36	0,0083	0,0104
B17	549,42	0,0036	0,0218
B18	510,44	0	0,0861

Legenda: MP: microplásticos

A quantidade de microplásticos encontrada neste trabalho é inferior às do estudo de Zhao *et al.* (2014) e Desforges *et al.* (2014). Zhao *et al.* (2014) desenvolveram um estudo em duas áreas: no estuário de Yangtze – China, onde realizaram sete amostragens em julho de 2013 e no mar da China Oriental, com amostragens em agosto de 2013.

As amostragens foram realizadas com uma bomba de 12 V DC de Teflon a 1 m de profundidade e com redes nêuston de arrasto com malha de 333 μm , respectivamente. A abundância encontrada no estuário Yangtze foi de 4137,3 MP/m³ ($\pm 2461,5$ MP/m³), enquanto que no mar da China Oriental foi de 0,167 MP/m³ ($\pm 0,138$ MP/m³). A abundância registrada nesta pesquisa foi similar à encontrada por Zhao *et al.* (2014) nas águas costeiras do mar da China Oriental, mostrando que os resultados deste trabalho estão de acordo com outro realizado no mundo.

No trabalho de Desforges *et al.* (2014), realizado nas águas costeiras da Colúmbia Britânica – Canadá, foram coletadas amostras de água do mar, utilizando o sistema de ingestão de água salgada da embarcação, a 4,5 m de profundidade em 34 estações, durante dois cruzeiros de pesquisa oceanográfica, em agosto e setembro de 2012, a abundância de microplásticos relatada foi de 2080 MP/m³ (± 2190 MP/m³),

A abundância total de MP encontrada neste trabalho e em outros está na tabela 5.

Tabela 5 - Abundância de MP em algumas regiões do mundo.

Área de estudo	Abundância de MP (itens/m ³)	Referência
Estuário Yangtze	4137,3	Zhao <i>et al.</i> (2014)
Mar da China Oriental	0,167	Zhao <i>et al.</i> (2014)
NE Pacífico e Colúmbia Britânica	2080	Desforges <i>et al.</i> (2014)
Desembocadura rio Cocó	0,163	Este estudo
Desembocadura rio Ceará	0,057	Este estudo

Em outro estudo, realizado por Yonkos *et al.* (2014), foram coletadas amostras de água superficial marinha para análise de microplásticos na Baía de Chesapeake – EUA, em 2011. As coletas ocorreram em triplicata e mensalmente, durante o período de julho a dezembro do mesmo ano em quatro afluentes estuarinos dentro da baía de Chesapeake.

Os locais selecionados possuíam bacias hidrográficas nas quais eram desenvolvidas diferentes atividades de uso da terra e densidades demográficas abrangentes. Yonkos *et al.* (2014) constataram que existe uma correlação significativa entre as concentrações de plástico na superfície com a densidade populacional e o desenvolvimento urbano. Assim, provavelmente, por Fortaleza ter uma população

(cerca de 2.5 milhões de habitantes – IBGE, 2010) menor que outras cidades litorâneas do mundo (como Xangai – China, Mumbai – Índia e São Paulo – Brasil, com 25.582, 19.980 e 21.650 milhões de habitantes, respectivamente – ONU, 2018), a quantidade de MPs tende a ser menor.

Além desse fato, a quantidade de MP registrada também pode estar relacionada com fatores como o limitado volume de água que foi filtrada pela rede de arrasto utilizada na coleta (ZHAO *et al.*, 2014) e a própria distribuição dos MPs na coluna d'água, que é heterogênea. Assim, amostras de pequeno volume acabam não detectando parte dos detritos presentes na superfície do mar (DUBAISH; LIEBEZEIT, 2013; ZHAO *et al.*, 2014).

Como os detritos plásticos são partículas passivas, tornam-se sujeitos às condições físicas da mistura, determinadas principalmente pelas condições de vento local, dentro da camada limite da superfície do oceano (KUKULKA *et al.*, 2012). Frequentemente, tem sido observado que as concentrações de microplásticos na superfície do mar aberto são menores em condições de ventos mais fortes (ZHANG, 2017). Em seu trabalho, Kukulka *et al.* (2012) analisaram dados de 343 amostras de redes de arrasto lançadas entre as latitudes 22° e 38°N no oeste do Atlântico Norte obtidos desde 2003 e demonstraram que o estresse causado pelo vento resulta na mistura vertical dos resíduos plásticos flutuantes na camada de mistura e que, dependendo da velocidade do vento, as medições em superfície podem subestimar a quantidade total de plástico distribuída na coluna d'água superior.

Segundo Ryan *et al.* (2009), a proporção de itens plásticos entre os demais resíduos sólidos presentes no mar aumenta com a distância das áreas de origem, uma vez que são mais facilmente transportados que os materiais mais densos, como vidro ou metal, e por perdurarem no ambiente aquático mais que os outros materiais de baixa densidade, como o papel. Sabendo disso, e dos dados de direção e velocidade do vento assim como a precipitação mensal, é esperado que se encontre maior abundância de MP em regiões mais afastadas da costa.

5.3 Determinação da massa de MPs

A massa total de sólidos (matéria orgânica + microplásticos + sal) encontrada na região próxima à desembocadura do rio Cocó foi de 23,66 g, sendo 1,83 de sólidos > 0,3 mm e 21,20 g, < 0,3 mm. A massa de microplásticos foi de 0,85 g para MP > 0,3 e 1,16 g para MP < 0,3 mm, somando um total de 2,01 g de MP.

A massa total de sólidos e de microplásticos em cada ponto amostrado do rio Cocó está apresentada nas tabelas 6 e 7.

Tabela 6 - Massa total de sólidos (MP + MO) e massa de MP > 0,3 mm em cada ponto amostrado do rio Cocó.

Ponto	Peso Béquer (MO + MP) (g)	Peso Béquer (g)	Peso (MP + MO) – P. Béquer (g)	Peso Filtro (g)	Peso Filtro + MP (g)	Peso MP (g)
C04	35,2406	34,8792	0,3614	0,0903	0,3152	0,2249
C05	33,8555	33,4418	0,4137	0,0930	0,3096	0,2166
C06	49,7160	49,2609	0,4551	0,0878	0,2052	0,1174
C10	46,6097	46,2225	0,3872	0,0878	0,2393	0,1515
C11	68,8785	68,8402	0,0383	0,0946	0,1031	0,0085
C12	75,3265	75,3032	0,0233	0,0899	0,1040	0,0141
C16	71,4917	71,4548	0,0369	0,0895	0,0963	0,0068
C17	82,7328	82,6439	0,0889	0,0892	0,1009	0,0117
C18	37,5087	37,4868	0,0219	0,0921	0,1881	0,0960
Massa total						0,8475

Legenda: MO: matéria orgânica; MP: microplástico.

Tabela 7 - Massa total de sólidos (MO + MP) e massa de MP < 0,3 mm em cada ponto amostrado no rio Cocó.

Ponto	Peso Béquer (MO + MP) (g)	Peso Béquer (g)	Peso (MP + MO) – P. Béquer (g)	Peso Filtro (g)	Peso Filtro + MP (g)	Peso MP (g)
C04	137,9534	137,3585	0,5949	0,1276	0,3436	0,2160
C05	177,3642	176,9297	0,4345	0,1296	0,1491	0,0195
C06	132,0510	129,5200	2,5310	0,0090	0,1315	0,1225
C10	61,6452	59,8658	1,7794	0,0927	0,1548	0,0621
C11	113,0867	110,2211	2,8656	0,0889	0,1199	0,0310
C12	78,3566	74,9072	3,4494	0,0880	0,1564	0,0684
C16	158,0369	153,3899	4,6470	0,1291	0,3542	0,2251

C17	124,9300	119,5024	5,4276	0,0877	0,1950	0,1073
C18	59,9075	59,8000	0,1075	0,0865	0,3998	0,3133
Massa total						1,1652

Legenda: MO: matéria orgânica; MP: microplástico.

A massa total de sólidos (MO + plásticos + sal) dos pontos amostrados próximo ao estuário do rio Ceará foi de aproximadamente de 98 g, sendo ~0,76 g de resíduos > 0,3 mm e ~97,67 g, < 0,3 mm. A massa total de MP foi de aproximadamente 4,07 g, sendo ~0,95 g de MP > 0,3 e ~3,12 g de MP < 0,3.

Os resultados da massa de sólidos e de microplásticos em cada ponto amostrado do rio Ceará estão apresentados nas tabelas 8 e 9.

Tabela 8 - Massa total de sólidos (MP + MO) e massa de MP > 0,3 mm em cada ponto amostrado do rio Ceará.

Ponto	Peso Béquer (MO + MP) (g)	Peso Béquer (g)	Peso (MP + MO) – P. Béquer (g)	Peso Filtro (g)	Peso Filtro + MP (g)	Peso MP (g)
B03	39,9460	39,7288	0,2172	0,1041	0,1298	0,0257
B04	46,9744	46,8786	0,0958	0,0896	0,2908	0,2012
B05	37,1146	37,0900	0,0246	0,0913	0,4260	0,3347
B07	39,9963	39,9469	0,0494	0,0942	0,1162	0,0220
B10	59,4216	59,3380	0,0836	0,0956	0,1408	0,0452
B11	77,2635	77,2568	0,0067	0,0931	0,1502	0,0571
B12	68,3518	68,3325	0,0193	0,0935	0,1568	0,0633
B16	90,0773	89,9928	0,0845	0,0954	0,1298	0,0344
B17	92,4018	92,2472	0,1546	0,0918	0,1287	0,0369
B18	69,0201	68,9955	0,0246	0,0948	0,2308	0,1360
Massa total						0,9565

Legenda: MO: matéria orgânica; MP: microplástico.

Tabela 9 - Massa total de sólidos (MO + MP) e massa de MP < 0,3 mm em cada ponto amostrado do rio Ceará.

Ponto	Peso Béquer (MO + MP) (g)	Peso Béquer (g)	Peso (MP + MO) – P. Béquer (g)	Peso Filtro (g)	Peso Filtro + MP (g)	Peso MP (g)
B03	101,5310	98,3547	3,1763	0,0962	0,3112	0,2150
B04	107,8913	96,8886	11,0027	0,0918	0,3923	0,3005
B05	107,1423	99,5661	7,5762	0,0929	0,1975	0,1046
B07	334,9600	319,3500	15,6100	0,0908	0,6313	0,5405
B10	320,8800	304,3200	16,5600	0,0913	0,5307	0,4394
B11	151,6482	147,1417	4,5065	0,0875	0,1391	0,0516
B12	152,5162	148,6300	3,8862	0,0936	0,2530	0,1594
B16	324,8300	310,5800	14,2500	0,0940	0,7442	0,6502
B17	223,9000	204,8366	19,0634	0,1293	0,5005	0,3712
B18	148,8465	143,6310	5,2155	0,0916	0,3800	0,2884
Massa total						3,1208

Legenda: MO: matéria orgânica; MP: microplástico.

Doyle *et al.* (2011) identificaram a massa de microplásticos a partir de amostras de água (no fundo, superfície e sub-superfície) coletadas com redes nêuston do tipo Sameoto e Manta (ambas com malha de 0,505 mm) em seis cruzeiros de pesquisa, tendo dois desses cruzeiros sido realizados na primavera e outono de 2006 no sudeste do mar de Bering e quatro na costa oeste dos Estados Unidos, durante a primavera, verão e outono de 2006 e em janeiro de 2007. A massa seca total de plásticos encontrada pelos autores foi de 1,45 g (1450 mg).

Neste estudo, a massa seca total de partículas plásticas obtida na região próxima a desembocadura do rio Cocó (2,01 g) e no rio Ceará (4,07 g) foram superiores à massa encontrada por Doyle *et al.* (2011). Não é possível afirmar as causas para esse resultado, entretanto, uma das razões poderia ser a presença de sal nas amostras, que precipitou durante o processo de oxidação da matéria orgânica.

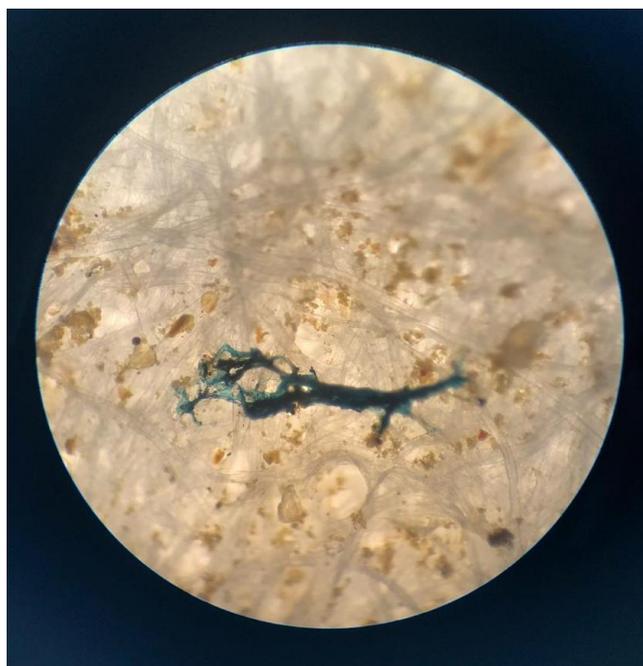
A abundância e distribuição de microplásticos pode também estar relacionada com a agregação desses detritos com partículas de matéria orgânica e inorgânica que

podem aumentar o tamanho e a densidade dos MPs e ocasionar sua rápida deposição no sedimento bentônico (ZHANG, 2017).

5.4 Caracterização dos MPs quanto a cor e forma

Nos pontos coletados na desembocadura do rio Cocó, todas as amostras de MP > 0,3 mm apresentaram partículas plásticas no formato tanto de filamento como de fragmento, como também nas cores vermelho e azul (Figura 8). Apenas nos pontos C12 e C17, além de vermelho e azul, também foram identificados microplásticos de cor transparente e branco, respectivamente.

Figura 8 - Microplástico filamentoso azul identificado no microscópio com aumento de 10x.



Fonte: Próprio autor.

Para a fração de MP < 0,3 mm, aproximadamente 77,7% das amostras apresentaram MPs azuis e 44,4% vermelhos. As cores pretas e verdes também foram identificadas nos pontos C04 e C10, respectivamente.

Quanto ao formato, a maioria das amostras (66,6%) apresentou microplásticos de apenas um dos dois formatos. Somente os pontos C06, C10 e C18 apresentaram MP dos dois formatos, correspondendo a 33,3% das amostras. No ponto C17 não foi possível a contagem de MP < 0,3 mm pela microscopia devido ao sal acumulado no filtro.

Os microplásticos coletados na desembocadura do rio Ceará apresentaram variação de cores, principalmente os itens > 0,3 mm. Além das cores azul (80% das amostras > 0,3 mm) e vermelho (70% das amostras > 0,3 mm), as quais foram predominantes, 50% das amostras apresentaram MPs > 0,3 mm da cor verde e 30% transparentes. As amostras B16 e B18 também apresentaram, além das outras cores, MPs brancos e roxos, respectivamente.

Nos itens plásticos < 0,3 mm, 60% das amostras apresentaram MP de cor azul. As cores verde e preto representaram 40% das amostras, cada uma, e 20% das amostras tiveram MPs vermelhos. Quanto ao formato, 50% das amostras apresentaram os dois tipos, filamento e fragmento, e 30% apenas um dos tipos.

As cores identificadas nesse trabalho também foram registradas por Desforges *et al.* (2014) em seu estudo, que relataram uma variedade de cores sendo azul, vermelho, preto e roxo as mais comuns. A predominância de microplásticos transparentes ou coloridos pode indicar a prevalência de plásticos claros utilizados nos produtos plásticos, como embalagens, roupas e linhas de pesca (COLE *et al.*, 2014; ZHAO *et al.*, 2014).

Além disso, devido à variedade de cores, tamanhos e formas de detritos plásticos, eles acabam sendo confundidos com uma variedade de fontes naturais de alimentos disponíveis para a biota (FOEKEMA *et al.*, 2013), no caso dos microplásticos, esses fragmentos tornam-se suscetíveis à ingestão, principalmente por zooplâncton e fitoplâncton.

Uma vez ingeridos pela biota (aves, peixes, tartarugas, mamíferos e invertebrados), microplásticos podem ser sequencialmente eliminados juntamente com a matéria fecal, assim, consumidores em suspensão e detritívoros podem ingerir tais microplásticos eliminados levando a uma acumulação na cadeia alimentar marinha (LUSHER, 2015; WRIGHT; THOMPSON; GALLOWAY, 2013; ZHANG, 2017).

É provável também que as taxas de excreção afetem a capacidade de dessorção de contaminantes potencialmente aderidos, além da probabilidade de transferência desses para a cadeia alimentar (WRIGHT; THOMPSON; GALLOWAY, 2013).

6. CONCLUSÕES

- Microplásticos estão presentes próximos às desembocaduras dos rios Cocó e Ceará na plataforma continental do Ceará.
- No geral, os MPs > 0,3 mm foram mais frequentes que os MPs < 0,3 mm e a abundância total de microplásticos encontrada em cada uma das áreas de estudo amostradas nesse trabalho foi inferior à de regiões com maior densidade populacional.
- Não é possível afirmar se a quantidade de microplásticos encontrada é elevada ou não, visto que não há uma legislação vigente para ser usada como parâmetro. No entanto, quando comparada a outros trabalhos, a quantidade de MPs registrada nesse trabalho é pequena.
- Os microplásticos identificados apresentaram variação de cor, similar às registradas em outros estudos, e dois tipos de formatos.
- Como esse estudo foi pioneiro na PCCE, para resultados mais precisos e significativos, são necessárias mais coletas com maior espaço amostral e temporal para verificar a distribuição dos MPs ao longo do ano na costa, e tentar identificar a possível fonte de entrada dessas partículas no oceano.

7. REFERÊNCIAS

- ANDRADY, A. L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1596–1605, 2011.
- BARNES, D. K. A. et al. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 1985–1998, 2009.
- BELLAS, J. et al. Ingestion of microplastics by demersal fish from the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. **Marine Pollution Bulletin**, v. 109, n. 1, p. 55–60, 2016.
- BLAIR, R. M. et al. Micro- and Nanoplastic Pollution of Freshwater and Wastewater Treatment Systems. **Springer Science Reviews**, p. 19–30, 2017.
- CARSON, H. S. et al. Small plastic debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1708–1713, 2011.
- CARVALHO, D. G. DE; BAPTISTA NETO, J. A. Microplastic pollution of the beaches of Guanabara Bay, Southeast Brazil. **Ocean and Coastal Management**, v. 128, p. 10–17, 2016.
- COGERH. **REVISÃO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DAS BACIAS METROPOLITANAS. Fase 1: Estudos Básicos e Diagnóstico**. Fortaleza: [s.n.].
- COGERH. **RELATÓRIO DE DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DAS BACIAS METROPOLITANAS. Elaboração do Plano de Segurança Hídrica das Bacias Hidrográficas Estratégicas do Acaraú, Metropolitanas e da Sub-Bacia do Salgado**. Fortaleza: [s.n.].
- COLE, M. et al. Isolation of microplastics in biota-rich seawater samples and marine organisms. **Scientific Reports**, v. 4, p. 1–8, 2014.
- COZAR, A. et al. Plastic debris in the open ocean. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 111, n. 28, p. 10239–10244, 2014.
- DERRAIK, J. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, n. 44, p. 842–852, 2002.
- DESFORGES, J. P. W. et al. Widespread distribution of microplastics in subsurface seawater in the NE Pacific Ocean. **Marine Pollution Bulletin**, v. 79, n. 1–2, p. 94–99, 2014.
- DIAS, F. J. S. Circulação e massas de água na plataforma continental leste do Ceará: modelagem numérica e observações. p. 329, 2011.

- DRIS, R. et al. Beyond the ocean: Contamination of freshwater ecosystems with (micro-) plastic particles. **Environmental Chemistry**, v. 12, n. 5, p. 539–550, 2015.
- DUBAISH, F.; LIEBEZEIT, G. Suspended microplastics and black carbon particles in the Jade system, southern North Sea. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 224, n. 2, 2013.
- ERIKSEN, M. et al. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. **PLoS ONE**, v. 9, n. 12, p. 1–15, 2014.
- FECHINE, J. A. L. Alterações no perfil natural da zona costeira da cidade de Fortaleza, Ceará, ao longo do Século XX. p. 116, 2007.
- FOEKEMA, E. M. et al. Plastic in north sea fish. **Environmental Science and Technology**, v. 47, n. 15, p. 8818–8824, 2013.
- GESAMP, J. G. OF E. ON THE S. A. OF M. E. P. SOURCES, FATE AND EFFECTS OS MICROPLASTICS IN THE MARINE ENVIRONMENT: A GLOBAL ASSESSMENT. 2015.
- GUERRA, R. G. P. **VULNERABILIDADE COSTEIRA A EVENTOS DE ALTA ENERGIA NO LITORAL DE FORTALEZA, CEARÁ**. [s.l.] Universidade Federal do Ceará, 2014.
- INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em:< <http://www.inmet.gov.br/portal/>>.
- IVAR DO SUL, J. A.; COSTA, M. F. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. **Environmental Pollution**, v. 185, p. 352–364, 2014.
- KUKULKA, T. et al. The effect of wind mixing on the vertical distribution of buoyant plastic debris. **Geophysical Research Letters**, v. 39, n. 7, p. 1–6, 2012.
- LANA, P. DA C. L. et al. **Avaliação Ambiental de Estuários Brasileiros: Diretrizes metodológicas**. [s.l.: s.n.].
- LEBRETON, L. C. M. et al. River plastic emissions to the world's oceans. **Nature Communications**, v. 8, 2017.
- LUSHER, A. Microplastics in the Marine Environment: Distribution, Interactions and Effects. In: **Marine Anthropogenic Litter**. [s.l.: s.n.]. p. 1–447.
- MAGALHAES, G.; ZANELLA, M. COMPORTAMENTO CLIMÁTICO DA REGIÃO METROPOLITANA DE FORTALEZA (dynamics of climate of Metropolitan Region of Fortaleza). **Revista Mercator**, p. 129–145, 2011.
- MASURA, J. et al. Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine

- environment: recommendations for quantifying synthetic particles in watersand sediments. **NOAA Marine Debris Programme u**, n. July, p. 39, 2015.
- MENEZES, E. A. et al. Airborne fungi isolated from Fortaleza City, State of Ceará, Brazil. **Revista do Instituto de Medicina Tropical de Sao Paulo**, v. 46, n. 3, p. 133–137, 2004.
- MOREIRA, F. T. et al. Small-scale temporal and spatial variability in the abundance of plastic pellets on sandy beaches: Methodological considerations for estimating the input of microplastics. **Marine Pollution Bulletin**, v. 102, n. 1, p. 114–121, 2015.
- NILIN, J. et al. Sediment quality assessment in a tropical estuary: The case of Ceará River, Northeastern Brazil. **Marine Environmental Research**, v. 91, p. 89–96, 2013.
- ONU. The World 's Cities in 2018. **Economics & Social Affairs**, p. 34, 2018.
- PLASTICSEUROPE. Plastics – the Facts 2017. 2017.
- REBOITA, M. S. et al. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. **Terrae Didática**, v. 8, n. 1, p. 34–50, 2012.
- RODRIGUES, W. Mensuração dos Impactos Ambientais de Empreendimentos Hidroelétricos : O uso do Método de Valoração Contingente. v. 14, n. October 2014, p. 39–45, 2009.
- RYAN, P. G. et al. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 1999–2012, 2009.
- SILVA FILHO, W. F. DA. Domínios Morfoestruturais Da Plataforma Continental Do Estado Do Ceará. p. 303, 2004.
- SILVA, J. C. DA C. **A POLUIÇÃO NO RIO COCÓ, SUB-BACIA B-2, MARGEM DIREITA, E A EXPANSÃO URBANA DE FORTALEZA-CE**. [s.l.] Universidade Estadual Paulista, 2013.
- TEUTEN, E. L. et al. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 2027–2045, 2009.
- THOMPSON, R. C. et al. Plastics, the environment and human health: Current consensus and future trends. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 2153–2166, 2009.
- UNEP. **Valuing Plastics: The Business Case for Measuring, Managing and Disclosing Plastic Use in the Consumer Goods Industry**. [s.l.: s.n.].
- WANG, W. et al. Microplastics pollution in inland freshwaters of China: A case study

in urban surface waters of Wuhan, China. **Science of the Total Environment**, v. 575, p. 1369–1374, 2017.

WRIGHT, S. L.; THOMPSON, R. C.; GALLOWAY, T. S. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. **Environmental Pollution**, v. 178, p. 483–492, 2013.

YUNDA, G. A. G. Composição e variação espaço-temporal da Macrofauna Bentônica Influenciada Pelo Sistema De Disposição Oceânica Dos Esgotos Sanitários De Fortaleza. p. 119, 2007.

ZANELLA, M. E. et al. VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DO BAIXO CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO COCÓ , FORTALEZA-CE Vulnerability Socioenvironmental of Down Progress of Cocó River ' s Watershed , Fortaleza-CE (Brazil) Maria Elisa Zanella Profa . Dra . do Depto . de Geografi. p. 317–332, 2013.

ZHANG, H. Transport of microplastics in coastal seas. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 199, p. 74–86, 2017.

ZHAO, S. et al. Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: First observations on occurrence, distribution. **Marine Pollution Bulletin**, v. 86, n. 1–2, p. 562–568, 2014.