



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MICROPLÁSTICOS EM PRAIAS FLÚVIO-ESTUARINAS
AMAZÔNICAS

Trabalho apresentado por:

GABRIELA DE OLIVEIRA NOVAES

Orientador: Prof. Dr^a. Sury de Moura Monteiro (UFPA)

Coorientador: Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho (UFPA)

BELÉM-PARÁ

2018



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE OCEANOGRAFIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**MICROPLÁSTICOS EM PRAIAS FLÚVIO-ESTUARINAS
AMAZÔNICAS**

Trabalho apresentado por:

GABRIELA DE OLIVEIRA NOVAES

Orientador: Prof. Dr^a. Sury de Moura Monteiro (UFPA)

Coorientador: Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho (UFPA)

BELÉM-PARÁ

2018

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

N935m Novaes, Gabriela de Oliveira.
Microplásticos em praias flúvio-estuarinas amazônicas / Gabriela de Oliveira Novaes.
— 2018. xi,31 f. : il. color.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Sury de Moura Monteiro
Coorientador(a): Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de Oceanografia, Instituto
de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.

1. Poluição. 2. Plástico. 3. Partículas. 4. Fibras. 5. Rio Pará. I. Título.

CDD 363.739098115



Universidade Federal do Pará
Instituto de Geociências
Faculdade de Oceanografia

MICROPLÁSTICOS EM PRAIAS FLÚVIO-ESTUARINAS AMAZÔNICAS

TRABALHO APRESENTADO POR
GABRIELA DE OLIVEIRA NOVAES

Como requisito parcial à obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia

Data de Aprovação: 14/12/2018

Banca Examinadora:

Prof. Dr^a. Sury de Moura Monteiro -Orientadora
(Universidade Federal do Pará)

Msc. Raqueline Cristina Pereira Monteiro – Membro Externo
(Universidade Federal de Pernambuco)

Prof. Dr. Igor Charles Castor Alves – Membro externo
(Universidade da Amazônia)

À minha mãe Cristiane, meu pai Wilson, minha
irmã Danyeli, e a todos que torceram por mim

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por estar sempre comigo me concedendo força, entendimento e por todo seu amor.

Á PROPESP pelo fornecimento da bolsa, e ao projeto OCA (PRO1492-2017) que participei.

Á minha mãe Cristiane Novaes e meu pai Vilson Novaes, por tudo o que fizeram, por terem se doado para que mais esse passo eu realizasse em minha vida profissional.

Ao meu namorado Fabrício Lobo, que é companheiro, amigo, professor e muitas outras funções. Foi o melhor estagiário que tive. E, nem sei como retribuir todo seu esforço e empenho.

Á melhor professora e orientadora Sury Monteiro por todo o seu conhecimento repassado a mim. Pelas indicações, orientações e ensinamentos sobre a vida profissional e também pessoal, que guardarei para sempre.

Agradeço ao meu co-orientador Eduardo Martinelli pela sua orientação. Foi a primeira pessoa a qual me inspirei para realizar este trabalho.

Aos meus amigos que estiveram compartilhando da minha vida acadêmica: Herbert Peixoto, Débora Rodrigues, Matheus Carmo, Rafael Santa Rosa, Ivson Viana, Renata Medeiros, Lizandra Baía (antigo LABOGEO). Denise Pantoja, Larissa e Yuri Alencar por terem participado do início da minha vida acadêmica e por toda a amizade conquistada.

Aos estagiários do laboratório de sedimentologia do Lapmar: Gabrieli e Deise, pela ajuda durante as análises, Nic e Izabela, que participaram de algumas coletas de campo, aos demais que também participam do laboratório, pelos momentos de risada e confraternização. Ao Rafael Aquino, por toda a sua ajuda e empréstimos de materiais.

A todos os professores da FAOC que colaboraram na minha formação.

Á Dona Berna, por todo seu carinho empregado em sua comida e em sua hospedagem. E Zezinho, por toda disposição em fazer o transporte de materiais e de pessoas.

A todos que colaboraram fortalecendo minhas forças para concluir mais esta etapa.

“Senhor, fazei de mim como as
ondas do mar, que fazem de
cada recuo um impulso para ir
mais adiante”.
(Cecília Meireles)

RESUMO

Os tipos de microplásticos (partículas menores que 5 mm) mais encontrados em ambientes costeiros, como praias estuarinas são as fibras. Essas partículas ocorrem principalmente devido à atividade pesqueira, usuários locais e ocupação humana. Nos últimos anos, diversos estudos têm sido realizados, com o intuito de fornecer informações iniciais das características dos microplásticos e da sua distribuição nos diversos ambientes. No entanto, não há registro de estudos em praias flúvio-estuarinas da Amazônia. O objetivo deste trabalho é avaliar a distribuição de microplásticos em praias estuarinas amazônicas. Os sedimentos foram coletados em cinco praias da ilha de Cotijuba/Pará. A amostragem foi realizada pelo método de trincheira, medindo 50 x 50 cm, com profundidade máxima de 80 cm. Cada trincheira foi dividida em quatro camadas de 20 cm. Também foram coletados na linha de maré alta, sedimentos superficiais em uma área de 40 x 40 cm. Os microplásticos foram classificados quanto ao tipo, cor e forma. Um total de 13.007 microplásticos foram encontrados nas trincheiras, sendo 99,6% fibras. Nas amostras superficiais foram encontradas 883 partículas foram verificadas. Além disso, a maioria delas eram fibras. As densidades de fibras são significativamente diferentes entre as praias e entre as camadas e refletem o tipo de uso das praias. A principal fonte de contaminação nas praias da ilha de Cotijuba é representada pelas atividades pesqueiras, muito comuns na região. Porém o uso das praias por turistas, assim como a intensa hidrodinâmica local pode interferir na deposição de microplásticos no sedimento praial.

Palavras-chaves: Poluição. Plástico. Partículas. Fibras. Rio Pará.

ABSTRACT

The types of microplastics (particles smaller than 5 mm) most common in coastal environments, such as estuarine beaches, are the fibers. These particles mainly occur due to fishing activity, local users and human occupation. In the last years, several studies have been carried out to provide initial information on microplastic characteristics and their distribution in different environments. However, those studies are related to oceanic beaches, without records of studies on Amazonian estuarine-fluvial beaches. The objective of this work is to evaluate the distribution of microplastics in estuarine Amazonian beaches. Sediments were collected on five beaches of the Cotijuba island. Sampling was performed using the trench method, which measured 50 x 50 cm, with a maximum depth of 80 cm. Each trench was divided into four layers of 20 cm. Also, superficial sediments were sampled in the high tide line, over an area of 40 x 40 cm. The microplastics were classified according to type, color, and shape. A total of 13,007 microplastics were found in the trenches, in which 99.6% were fibers. In the superficial samples, 883 particles were verified. Also, most of them were fibers. The fiber densities are significantly different between the beaches, between the layers and reflect the type of use of the beaches. The dominant source of pollution on Cotijuba island beaches is the fishing activities, common in the region. However, the use of beaches by tourists, as well as the intense local hydrodynamics can interfere in the deposition of microplastics in the beach sediment.

Keywords: Pollution. Plastic. Particles. Fibers. Pará River.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1- Mapa de localização da área de estudo na ilha de Cotijuba, com destaque aos pontos de amostragem de microplástico superficial (●) e em profundidade (■): a) Praias da Pedra Branca, Vai Quem Quer, Flexeira na porção norte; b) Praia da Fazendinha, à leste; c) Praia do Farol ao sul.9
- Figura 2- Imagens das cinco praias analisadas na ilha de Cotijuba: a) Pedra Branca, b) Vai Quem Quer, c) Flexeira, d) Fazendinha, e e) Farol..... 10
- Figura 3- Esquema de delimitação do quadrante e trincheiras para a coleta de microplásticos nos estratos de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 cm, nas praias da ilha de Cotijuba..... 11
- Figura 4- Coletas de sedimentos superficiais, limitada por quadrante 40cm x 40cm, para análise de microplásticos na ilha de Cotijuba..... 12
- Figura 5- Microplásticos encontrados nas praias da ilha de Cotijuba: a) fibra transparente; b) fibra colorida; c) plástico rígido azul. d) plástico macio branco. 16
- Figura 6- Distribuição de microplástico nas praias Flexeira, Pedra Branca, Farol, Vai Quem Quer e Fazendinha, quanto: a) cor; b) tipo; c) forma nas diferentes profundidades (0-20; 20-40; 40-60 e 60-80cm) na ilha de Cotijuba..... 18
- Figura 7- Artefatos de pesca descartados na praia da Flexeira: a) Cordas retidas nas raízes das árvores; b) Corda exposta sob a areia.21
- Figura 8- Cores de microplásticos totais encontrados nas praias da ilha de Cotijuba com suas respectivas porcentagens, no período seco.....22
- Figura 9- Cores de microplásticos totais encontrados nas praias da ilha de Cotijuba com suas respectivas porcentagens, no período chuvoso.23
- Figura 10- Distribuição de microplásticos (unidade) durante o período chuvoso a) e período seco b), nas praias: Pedra Branca, Vai Quem Quer, Flexeira, Farol e Fazendinha na ilha de Cotijuba.25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação de microplástico em: tipo, forma e cor adaptada de Hidalgo-Ruz (2012).....	13
Tabela 2- Comparação estatística par a par realizadas entre as praias Flexeira, Vai Quem Quer, Pedra Branca, Farol e Fazendinha na ilha de Cotijuba.	17
Tabela 3- Total de microplástico (m ³) encontrados nas praias Pedra Branca, Vai Quem Quer, Flexeira, Fazendinha e Farol em diferentes camadas (0-20; 20-40; 40-60 e 60-80cm) na ilha de Cotijuba.....	19
Tabela 4- Variabilidade sazonal da distribuição de microplásticos nas praias Flexeira, Pedra Branca e Vai Quem Quer na ilha de Cotijuba de acordo com o teste de Mann-Whitney.	21

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
EPÍGRAFE	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	ix
LISTA DE TABELAS	x
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVO	4
2.1 OBJETIVO GERAL	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
4 ÁREA DE ESTUDO	7
5 MATERIAIS E MÉTODOS	9
5.1 AMOSTRAGEM	9
5.2 COLETA DE MICROPLÁSTICOS EM PROFUNDIDADE	11
5.3 COLETA DE MICROPLÁSTICO SUPERFICIAL	12
6 ANÁLISES LABORATORIAIS	13
6.1 TRATAMENTO DAS AMOSTRAS DE MICROPLÁSTICOS EM DIFERENTES PROFUNDIDADES	13
6.2 TRATAMENTO DAS AMOSTRAS DE MICROPLÁSTICOS SUPERFICIAIS ..	14
6.3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA	14
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
8 CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS	27

1. INTRODUÇÃO

Microplásticos são partículas menores que 5mm (Masura *et al.* 2015), que podem ser classificados pelos diferentes tipos, formas e cores (Hidalgo-Ruz *et al.* 2012). Esses resíduos plásticos são considerados poluentes globais (Morrison 1999). No ambiente costeiro e marinho, os mais encontrados são os *pellets*, os fragmentos irregulares e as fibras (Wright *et al.* 2013). E suas vias de introdução incluem: efluentes domésticos e industriais, artefatos de pesca, descarte incorreto, perda ou a quebra *in situ* de itens plásticos maiores que 5mm (Martin *et al.* 2017). E podem apresentar-se em forma: primária (fabricados em tamanho <5mm), ou secundária (aqueles gerados da fragmentação de plásticos >5mm).

Seus principais impactos nos ambientes costeiros e marinhos estão relacionados à biota (Auta *et al.* 2017, Hermabessiere *et al.* 2017, Lönnstedt & Eklöv 2016, McGoran *et al.* 2017, Woods *et al.* 2018). Há uma preocupação quanto à ingestão do microplástico, que pode ser confundido como alimento. Além disso, estas partículas transferem compostos orgânicos persistentes de elevada toxicidade e aumentam o risco de efeitos tóxicos para os principais predadores e seres humanos que consomem espécies contaminadas por essas partículas (Hartmann *et al.* 2017, Hermabessiere *et al.* 2017). Estudos recentes, verificaram a transferência trófica de microplásticos, aumentando a preocupação quanto à bioacumulação e biomagnificação (Kelly *et al.* 2007, Welden *et al.* 2018).

Por estes motivos, nesta última década, diversos estudos têm sido realizados com o intuito de fornecer informações iniciais das características dos microplásticos e da sua distribuição nos diversos ambientes (continentais e marinhos). Os impactos são gerados a partir do momento em que aportam no ambiente e podem persistir por longos períodos até se decomporem totalmente e entrar no ciclo biogeoquímico novamente (Bhattacharya 2016).

Estudos verificaram a associação de comunidades bacterianas que utilizam o microplástico como habitat artificial para sua dispersão, e também como facilitador do transporte de espécies patogênicas (Frère *et al.* 2018). Quando presentes na areia de praia, estas partículas podem aumentar a temperatura do sedimento, devido ao seu maior calor específico (Andrady 2011). Em grandes concentrações, o aumento da temperatura do sedimento interfere na nidificação de tartarugas

marinhas, que são submetidos à determinação do sexo dependente da temperatura (Beckwith & Fuentes 2018).

Nos ambientes oceânicos, os microplásticos ocorrem desde à costa até os giros oceânicos (Cole *et al.* 2011). Estima-se que entre 9,6m³ a 48,8 m³ de partículas microplásticas irão flutuar nos oceanos até 2100 (Everaert & Janssen 2018). Estes podem se depositar em regiões remotas, como em ilhas oceânicas, verificado inclusive no arquipélago de Fernando de Noronha, onde há presença de *pellets* em algumas praias transportados por correntes oceânicas (Ivar do Sul *et al.* 2009).

Em ambientes costeiros, como as praias estuarinas, fibras são os tipos mais encontrados (Stolte *et al.* 2015), com três fontes principais de poluição microplástica: pesca, turistas e ocupação humana (Ivar do Sul & Costa 2013). Nestes ambientes, uma importante fonte de microplásticos pode ser através do esgoto sem tratamento, que pode estar contaminado por fibras da lavagem de roupas (Browne *et al.* 2011).

Na Zona Costeira Amazônica, as características dos ambientes praias são influenciadas tanto por aspectos antrópicos quanto naturais. Assim, este estudo propõe responder as seguintes hipóteses:

a) As praias flúvio-estuarinas amazônicas recebem intenso fluxo de turistas durante o verão amazônico (junho a novembro) e junto com as atividades pesqueiras, promovidas pelas comunidades tradicionais ribeirinhas ao longo do ano, podem contribuir com a presença de microplásticos nesse ambiente;

b) O microplástico mais abundante seria do tipo fibras, os quais são partículas oriundos do esgoto doméstico, provavelmente de roupas (Browne *et al.* 2011), e também de artefatos das atividades pesqueiras da região (Barboza *et al.* 2018);

c) Como os sedimentos praias são finos (El-Robrini *et al.* 2006), sendo modelados pela ação das meso a macromarés semidiurnas (Gallo 2004) e pelas correntes de maré 1m/s (Beardsley *et al.* 1995, Prestes 2016), os microplásticos seriam retidos nestes ambientes deposicionais e, suas camadas superficiais (até 20 cm), apresentariam as maiores quantidades de microplásticos.

d) As praias com sedimentação grosseira (areia média a grossa), contudo, apresentaria menores quantidades de microplásticos nas camadas superficiais, já que a ação hidrodinâmica favorecerá a sua retirada.

Neste contexto, será realizado um estudo de caso que representará o primeiro registro de microplásticos em praias flúvio-estuarinas da Zona Costeira

Amazônica. As praias selecionadas localizam-se na ilha de Cotijuba, que estão inseridas no complexo estuarino do rio Pará, sendo influenciadas por um regime de meso-marés. As praias da ilha (com 15 km de extensão), destacam-se como um dos atrativos naturais da região, sendo um local de recreação muito visitado por turistas, atraídos por sua beleza cênica e por estar localizada próxima à capital (Belém), na qual o acesso à região é facilitado e ocorrendo visitação ao longo do ano.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a distribuição de microplásticos em praias estuarinas amazônicas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e classificar o microplástico, quanto ao seu tipo, cor e forma;
- Investigar se há diferença na deposição de microplástico em praias distribuídas ao entorno da ilha de Cotijuba;
 - Investigar se as maiores concentrações de microplásticos ocorrem na camada superficial de sedimento das praias;
 - Identificar se a acumulação de microplástico está relacionada à fração granulométrica das praias;
 - Examinar se as áreas com presença antrópica e/ou efeitos ambientais afetam a distribuição de microplásticos entre as praias.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O descarte do plástico tem se tornado uma das maiores preocupações em relação à poluição aquática é um problema crescente na escala global (Gregory 2009, Moore 2008). Por apresentar baixa densidade, há facilidade para flutuar, se dispersar, acumular lentamente, e também permanecer por muito tempo no ambiente (Dixon & Dixon 1981, Gregory 1999).

O impacto causado pelo plástico, não ocorre apenas por detritos grandes, chamados de macroplásticos (>1cm), mas também, pelos pequenos fragmentos de menor dimensão, que podem ser classificados em: nanoplásticos (1nm-1µm), microplásticos (1µm-1mm) e mesoplásticos (1mm-1cm) (Costa *et al.* 2016). No entanto, ainda não existe um limite de tamanho referente a cada categoria. Sendo as mais utilizadas: microplástico (<5mm) e macroplásticos (>5mm).

Uma preocupação atual acerca da utilização de plásticos é a crescente concentração de microplásticos nos ambientes aquáticos. Estes foram observados inicialmente na região costeira da Inglaterra, na década de 1970 (Carpenter & Smith Jr. 1972), e atualmente são observados na maioria dos grandes corpos de água (oceanos, mares, lagos e rios).

Praias arenosas são ambientes propícios a acumulação de microplásticos, quando intensificado pela ocupação urbana ao redor das praias, atividades industriais ou portuárias (Turra *et al.* 2014). A presença de microplástico em praias ao redor do mundo, tem sido relatada em vários trabalhos científicos, como: Agudela, Cova de Alfarroba, Cresmina, Fonte da Telha e Bordeira, em Portugal (Martins & Sobral 2011), na França, Bélgica e Holanda (Van *et al.* 2015), Koksijde-Bad, Groenendijk-Bad e Knokke-Zoute, na Bélgica (Claessens *et al.* 2011); e Bijianshan, Xingcheng e Dongdaihe, na China (Yu *et al.* 2016). No Brasil, as praias também foram objetos desses estudos, como: na Baía do Guanabara, no Rio de Janeiro (Carvalho & Baptista Neto 2016) e no arquipélago de Fernando de Noronha (Ivar do Sul *et al.* 2009). Há relatos em praias estuarinas ao redor do mundo, sendo poluídas por microplásticos (Browne *et al.* 2010, Costa & Barletta 2015, Fok & Cheung 2015, Wessel *et al.* 2016, Willis *et al.* 2017). A presença dessas partículas no ambiente gera preocupação, uma vez podem facilmente interagir com a biota local e ocorrer a contaminação desta por microplásticos.

O acúmulo de microplástico tem gerado sérios impactos em ambientes aquáticos e terrestres. A biota aquática, por exemplo, é frequentemente afetada pela ingestão de plástico e/ou microplástico (Auta *et al.* 2017). Os efeitos podem ser subletais e estão associados à ingestão de poluentes químicos adsorvidos ao plástico, os quais podem ser transferidos para a cadeia alimentar quando esses organismos são predados (Yamashita *et al.* 2011). Em populações de aves, o plástico pode ser transferido para seus filhotes, quando alimentados por regurgito (Tanabe *et al.* 2004).

Além disso, o microplástico também tem ocasionado danos à saúde humana. Em Paris, estas partículas foram detectadas no ar, e devido ao seu tamanho, podem ser facilmente inaladas e, dependendo de suas propriedades podem ocasionar lesões no sistema respiratório (Prata 2018). Microplásticos também foram identificados em água potável, em torneiras de todo o mundo, indicando provável contaminação dos ecossistemas aquáticos, porém ainda são desconhecidos os efeitos da ingestão na saúde humana, mas acredita-se que ocorra disfunções semelhantes à biota (The Lancet Planetary Health 2017).

4. ÁREA DE ESTUDO

A ilha de Cotijuba (1°15'48.49"S 48°33'21.21"W) faz parte do estuário Amazônico (Figura 1), limita-se à margem direita do Rio Pará, entre as baías do Marajó e Guajará; ao Sul pelo furo do Mamão, que a separa das ilhas de Jutuba e Paquetá; à Leste pela ilha de Tatuoca e a oeste pelo canal de Cotijuba, estando a uma distância de 8 km, via fluvial, de Icoaraci, e a 33 km o centro de Belém.

O território da ilha de Cotijuba se estende por uma área de aproximadamente 60 Km². As praias da ilha, com destaque para o Farol e Vai Quem Quer, são os atrativos naturais da ilha. Estas praias são limitadas pela presença de falésias que podem alcançar até 10 m de altura do lado oeste da ilha, e são compostas de sedimentos Pós-Barreiras, da Formação Barreiras, que estão sobrepostos aos sedimentos da Formação Pirabas (Oliveira 2008).

O clima da região é tropical chuvoso quente e úmido, semelhante ao município de Belém. Apresenta elevada precipitação pluviométrica, com média anual de 2.800 mm, temperatura média de 26°C, e umidade relativa do ar média de 85% (Ferreira 1981).

A ilha de Cotijuba é dominada por meso-marés semi-diurna (com período de 24 h e 50 min). Oliveira (2008) registrou amplitudes máximas de 3,6 m (em março) e mínima de 0,4 m (em janeiro), ambas durante maré de sizígia, no ano de 2007.

A vegetação da ilha de Cotijuba é diversificada. Estão presentes fragmentos de floresta de terra firme com diferentes estados antrópicos. Algumas áreas da floresta, apresentam-se densa e alta, com diferentes espécies de árvores, como o bacuri (*Platonia insignis*). Nas áreas alagadas (igapó) existe vegetação variada como, por exemplo, o açaí (*Euterpe oleracea Mart*). Enquanto que nas áreas de campina, ocorre pouca vegetação (Mascarenhas *et al.* 2009).

Sua população é de aproximadamente 216,6 hab/km². A ilha está vinculada ao Distrito Administrativo de Outeiro (DAOOUT), regida pela lei Municipal de nº 7.682 de 1995. Para ter acesso a ilha de Cotijuba, é necessário utilizar embarcações que transportam passageiros que saem de Icoaraci e se deslocam até o Trapiche Antônio Tavernard (Cotijuba). Foram registraram em 2005, 240 mil/ano visitas turísticas na ilha de Cotijuba (Companhia de Transportes de Belém – CTBEL). Esses dados referem-se apenas a passageiros que utilizam o transporte da prefeitura de Belém, estima-se que esses valores sejam maiores, uma vez que também ocorre o

transporte através de barcos particulares, caracterizando um turismo massificado e nocivo ao meio ambiente (Huffner & Bello 2013).

A atividade pesqueira realizada pela maioria dos pescadores na ilha, é de subsistência e artesanal de caráter comercial, pois, os pescadores além de se alimentarem, realizam vendas do pescado para restaurantes da ilha, bem como para regiões próximas (Melo 2010).

A ilha de Cotijuba foi transformada em Área de Proteção Ambiental (APA), em 1990. Sendo mais especificamente uma ARIE – Área de Relevante Interesse Ecológico, devido à sua importância ambiental para a região.

A região não possui sistema de esgotamento sanitário, sendo utilizado nas residências da população local, tanques sépticos (75,9%) ou fossa negra (24,1%) (Cardoso *et al.* 2018).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 AMOSTRAGEM

As coletas de microplásticos nos sedimentos em trincheiras e em superfície da linha de maré alta foram realizadas nas praias da Pedra Branca, Vai Quem Quer, Flexeira, Fazendinha e Farol na Ilha de Cotijuba (Belém-Pará) (Figura 1).

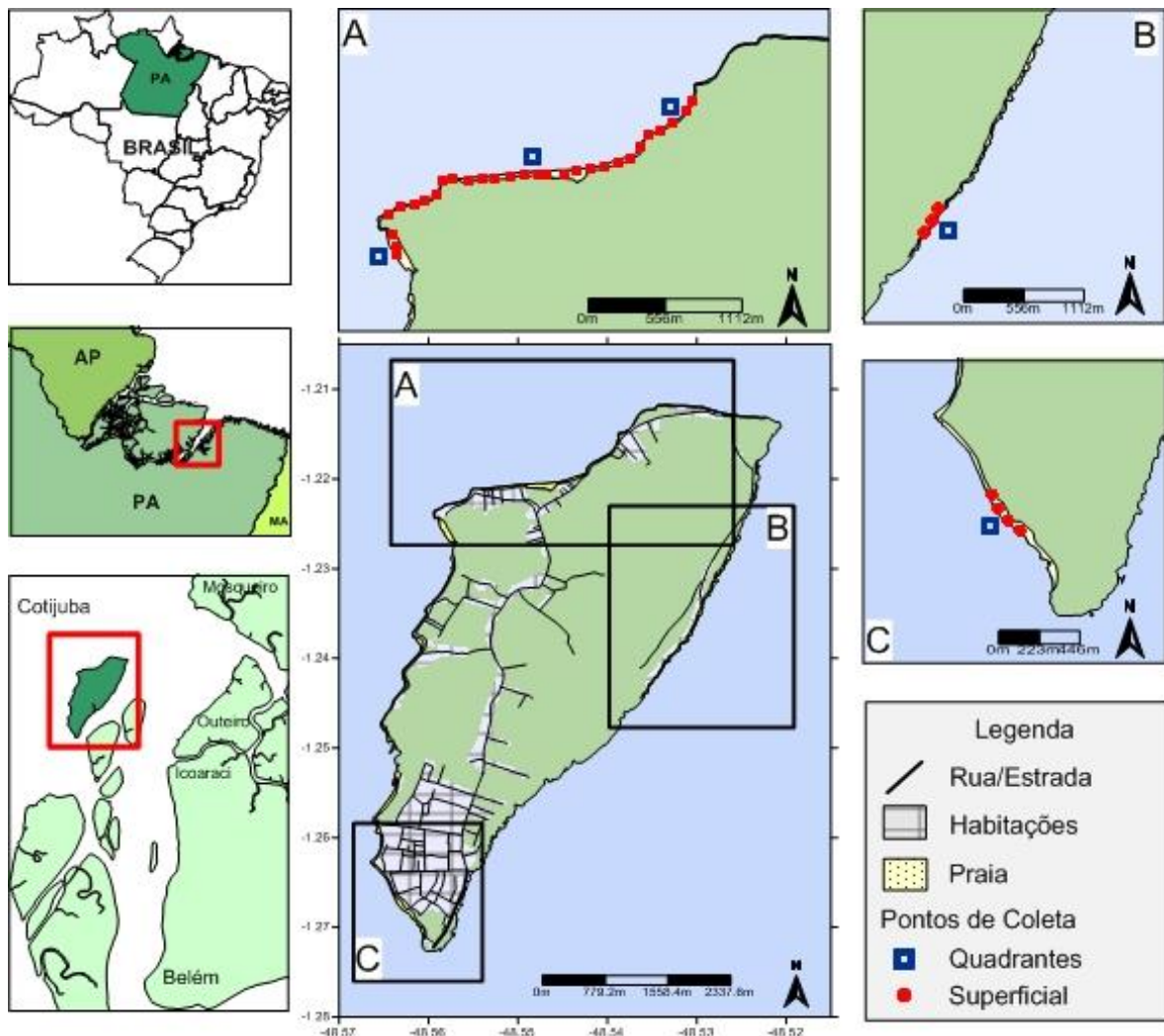


Figura 1- Mapa de localização da área de estudo na ilha de Cotijuba, com destaque aos pontos de amostragem de microplástico superficial (•) e em profundidade (■): a) Praias da Pedra Branca, Vai Quem Quer, Flexeira na porção norte; b) Praia da Fazendinha, à leste; c) Praia do Farol ao sul.

A escolha dos pontos de amostragem ocorreu devido às diferenças quanto a geomorfologia local e ao tipo de ocupação e uso do ambiente. Na praia da Pedra Branca há presença de falésias; a praia do Vai Quem Quer possui ocupação urbana com presença de barracas e intensa visitação turística; a praia da Flexeira é

ocupada predominantemente por pescadores tradicionais; a praia da Fazendinha apresenta poucas residências com presença de muitas árvores – principalmente coqueiros; e praia do Farol, a mais urbanizada de todas, apresenta intensa visitação turística com infraestrutura consolidada (Figura 2) .

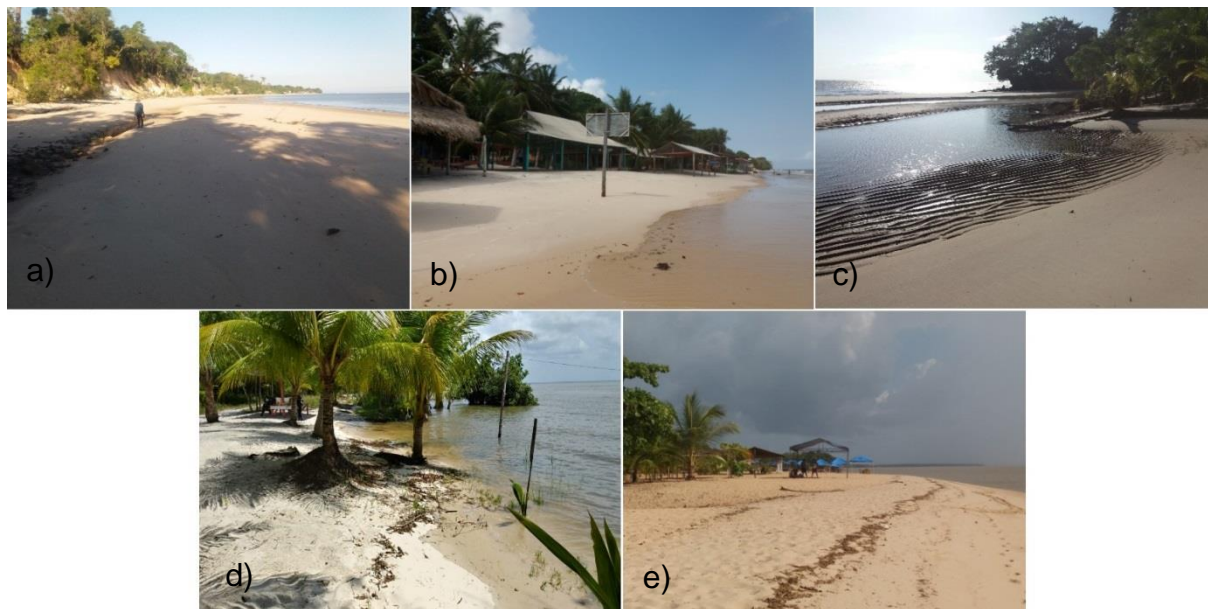


Figura 2- Imagens das cinco praias analisadas na ilha de Cotijuba: a) Pedra Branca, b) Vai Quem Quer, c) Flexeira, d) Fazendinha, e) Farol.

As amostras de sedimento nas trincheiras (em profundidades) foram coletadas no período chuvoso (54 amostras), enquanto que os sedimentos superficiais foram coletados no período seco e chuvoso (37 amostras em cada período, totalizando 74 amostras).

5.2 COLETA DE MICROPLÁSTICOS EM PROFUNDIDADE

Foram coletadas amostras de sedimentos em quadrantes para a extração de microplástico em diferentes profundidades. Desta forma, cinco (5) quadrantes (Q1, Q2, Q3, Q4 e Q5) foram delimitados, medindo 100m² cada, distribuídos na porção superior da praia – acompanhando a linha de maré alta.

Todos os pontos de coleta estão localizados aproximadamente no meio da enseada, e foram georreferenciados com auxílio de GPS. Após a marcação do quadrante (100m²), retirou-se todos os resíduos sólidos maiores de 5 cm que estavam retidos neste.

Em seguida, foi utilizada a metodologia adaptada de Turra (2014), na qual delimitou-se três (3) trincheiras com um *correr*, escolhidas aleatoriamente dentro de cada quadrante. Cada trincheira, delimitou uma área de 50x50 cm² e com 80cm de profundidade. Nesta, coletou-se sub-amostragens a cada 20cm, totalizando 4 camadas, subdivididas de: 0 a 20cm, de 20 a 40 cm, de 40 a 60 cm e de 60 a 80 cm (Figura 3). Cada camada foi quarteada sendo extraído um volume de 20L de sedimento.

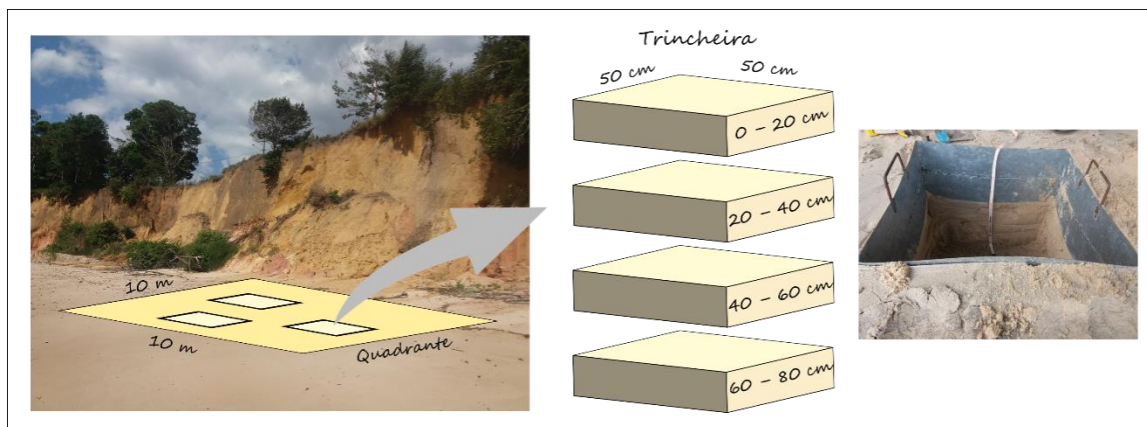


Figura 3- Esquema de delimitação do quadrante e trincheiras para a coleta de microplásticos nos estratos de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 cm, nas praias da ilha de Cotijuba.

Desta forma, um total de 54 amostras foram coletadas, pois, no quadrante Q2, 4 amostras não puderam ser retiradas, e no Q5, 2 amostras, pois foi alcançado o limite do sedimento praiar e a camada de solo húmico, impossibilitando a coleta. Todas as amostras (20L) foram peneiradas à úmido em peneira de malha 300 μm *in situ*. Além disso, em cada camada dos

quadrantes retirou-se 200g de sedimento para análise granulométrica, afim de determinar as características deposicionais ou erosionais de cada ambiente do local da amostra.

5.3 COLETA DE MICROPLÁSTICO SUPERFICIAL

Foram realizadas coletas de sedimentos superficiais (Figura 4) na linha de maré alta, nas praias da ilha de Cotijuba, no mês de abril (período chuvoso) e outubro (período seco). Os pontos de amostragem foram referenciados e equidistantes (100m) em cada praia totalizando: 6 na praia da Pedra Branca, 14 no Vai Quem Quer, 10 na Flexeira, 4 no Farol e 3 na Fazendinha. Sendo o número de amostras equivalente a extensão de cada praia.

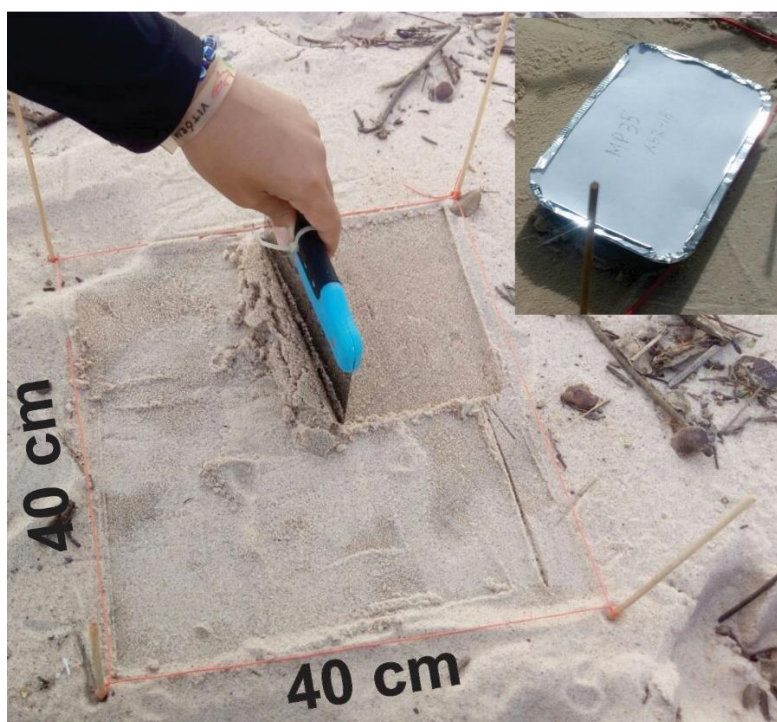


Figura 4- Coletas de sedimentos superficiais, limitada por quadrante 40cm x 40cm, para análise de microplásticos na ilha de Cotijuba.

Deste modo, demarcaram-se quadrantes medindo 40cm x 40cm (adaptado de Costa *et al.* 2010) sob o sedimento, em seguida, coletou-se toda a camada superficial (2 cm), com auxílio de uma espátula de inox, sendo armazenados em recipientes (marmitas de alumínio) previamente identificados, posteriormente, transportamos para o laboratório, para análises.

6. ANÁLISES LABORATORIAIS

6.1 TRATAMENTO DAS AMOSTRAS DE MICROPLÁSTICOS EM DIFERENTES PROFUNDIDADES

As amostras peneiradas à úmido, foram secas e peneiradas em peneiras de 2 e 1,4 mm para separação de grãos e possíveis microplásticos nesta fração.

Posteriormente, foi realizada a metodologia de flotação, utilizando solução hipersalina (1,2 kg/L NaCl) segundo Thompson (2004), na qual as amostras foram homogeneizadas na solução durante 1 minuto com auxílio de agitador mecânico de alto torquemicroprocessado Quimis, modelo Q250M2, seguido de repouso por 4 minutos.

Em seguida, o sobrenatante foi separado e filtrado à vácuo em filtros de celulose (2 micras). Após a filtração, os filtros foram acondicionados em placas de Petri, previamente identificadas e fechadas, sendo secos em estufa a 35°C (adaptado de Monteiro 2017). Após esta etapa, os filtros foram analisados em esteriomicroscópio Nikon, modelo SMZ800N C-LEDS, para os microplásticos serem quantificados e classificados de acordo com a Tabela 1 adaptado de Hidalgo-Ruz (2012). Os resultados da classificação foram planilhados no programa Excel.

Tabela 1- Classificação de microplástico em: tipo, forma e cor adaptada de Hidalgo-Ruz (2012).

Classificação	
Tipo	Fibra, Plástico Macio, Plástico Rígido
Forma	Alongada, Emaranhado, Irregular
Cor	Azul, Transparente, Preto , Vermelho, Verde, Amarelo, Laranja, Roxo, Branco e Colorido

6.2 TRATAMENTO DAS AMOSTRAS DE MICROPLÁSTICOS SUPERFICIAIS

As amostras de sedimento de microplásticos superficiais, contidas em marmitas, passaram pelo mesmo processo realizado nas amostras de sedimento em diferentes profundidades, contudo, a etapa de peneiramento a úmido não foi realizada. O tempo de repouso das amostras após a homogeneização foi alterado para 10 min devido à alta concentração de Material Particulado em Suspensão (MPS). Durante esta etapa de filtração, foram utilizados filtros quadriculados de mesmo material e porosidade das análises de microplásticos em profundidade. A mesma metodologia de classificação de microplásticos em profundidade, foi utilizada nesta etapa.

6.3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

Em laboratório, para realizar a análise das dimensões das partículas do sedimento, separou-se 200g de sedimento de cada camada das trincheiras, estas submetidas ao processo de eliminação de matéria orgânica por adição de reagente peróxido de hidrogênio (H_2O_2).

Após o término do processo de queima de matéria orgânica, as amostras foram lavadas três vezes com água destilada, ou até a total retirada do reagente, posteriormente secas em estufa a 30°C.

A seguir, 100g de sedimento de cada amostra foram colocadas em um jogo de peneiras (2 e 1mm, 500, 250, 125 e 63 μm) segundo a classificação de Wentworth (1922), com auxílio de agitador tipo *Ro-tap* utilizando frequência de 3 Hz, durante 10 minutos. Cada fração retida nas peneiras foram retiradas e posteriormente pesadas. Os resultados foram plotados em uma planilha do Microsoft Office Excel e, com o auxílio do programa Sysgran 3.0, e escala de Wentworth (1922), foi obtido uma tabela de classificações e características sedimentares de Folk & Ward (1957).

6.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para os microplásticos em profundidades foi utilizada a unidade de metros cúbicos (m^3), devido à amostragem extraírem sedimentos tridimensionalmente. Enquanto que os microplásticos superficiais foram expressos em metros quadrados (m^2).

Os testes foram realizados com o auxílio do programa SigmaPlot 11.0. Sendo primeiramente certificada a normalidade dos dados (Shapiro-Wilk). Para verificar diferenças significativas entre os microplásticos encontrados entre os quadrantes das praias da ilha de Cotijuba, e entre as camadas de cada quadrante, foi utilizado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$) e entre as praias (par a par) o teste Student-Newman-Keuls ($p<0,05$).

Para comparar as quantidades de microplásticos superficiais entres as praias da ilha de Cotijuba, foi utilizado o teste de Mann-Whitney ($\alpha=0,05$).

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 DISTRIBUIÇÃO DE MICROPLÁSTICO EM DIFERENTES PROFUNDIDADES

Do total de microplásticos analisados entre as camadas de 0-80 cm ($n=13.007$), na Ilha de Cotijuba, 99,6% foram fibras plásticas, 0,25 % plásticos macios e 0,15% rígidos. Sendo a maioria destes transparentes (38,34%), seguida da cor azul (27,59%), preto (25,70%), vermelho (6,11%), verde (1%), amarelo (0,65%), laranja (0,45), roxo (0,06%), branco (0,05%) e colorido, partículas com duas ou mais cores (0,04%). A forma predominante foi a alongada (98,71%), seguida de emaranhado (0,91%) e irregular (0,38%) (Figura 5).

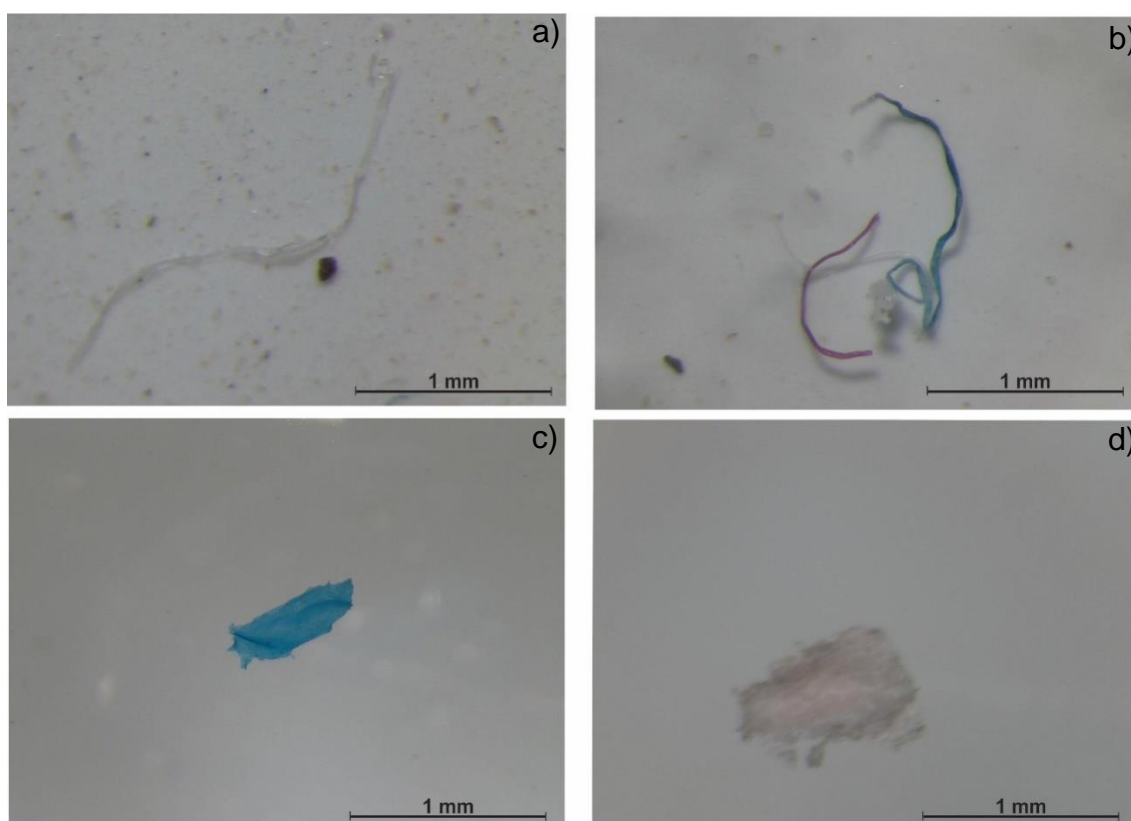


Figura 5- Microplásticos encontrados nas praias da ilha de Cotijuba: a) fibra transparente; b) fibra colorida; c) plástico rígido azul. d) plástico macio branco.

Ao analisar separadamente as cinco praias verificou-se diferenças significativas ($P = 0,025$) na distribuição de microplásticos. A praia da Flexeira apresenta as maiores quantidades de microplástico ($n=3703$), seguida da

Pedra Branca (n=3.630), Farol (n=2.575), Vai Quem Quer (2.394) e Fazendinha (n=705).

A comparação entre praias (par a par) mostrou diferenças significativas ($p < 0,05$), quando comparada com a praias da Fazendinha, devido as menores quantidades de microplásticos (Tabela 2).

Tabela 2- Comparação estatística par a par realizadas entre as praias Flexeira, Vai Quem Quer, Pedra Branca, Farol e Fazendinha na ilha de Cotijuba.

Comparison	Diff of Ranks	q	$p < 0,05$
Flexeira vs Fazendinha	262,5	4,339	Yes
Flexeira vs Vai Quem Quer	131	2,701	No
Flexeira vs Farol	70,5	1,932	No
Flexeira vs Pedra Branca	51	2,082	No
Pedra Branca vs Fazendinha	211,5	4,361	Yes
Pedra Branca vs Vai Quem Quer	80	2,192	No
Pedra Branca vs Farol	19,5	0,796	No
Farol vs Fazendinha	192	5,261	Yes
Farol vs Vai Quem Quer	60,5	2,47	No
Vai Quem Quer vs Fazendinha	131,5	5,368	Yes

Em todas as praias houve a predominância de fibras (n= 12.956), da cor transparente (n= 4.987) e forma alongada (n=12.839). Apenas na Pedra Branca, as fibras predominaram na cor azul (31,93%) (Figura 6). Entretanto, quanto a estas classificações não se verificou diferença significativa ($P = 0,251$).

Classificação dos Microplásticos

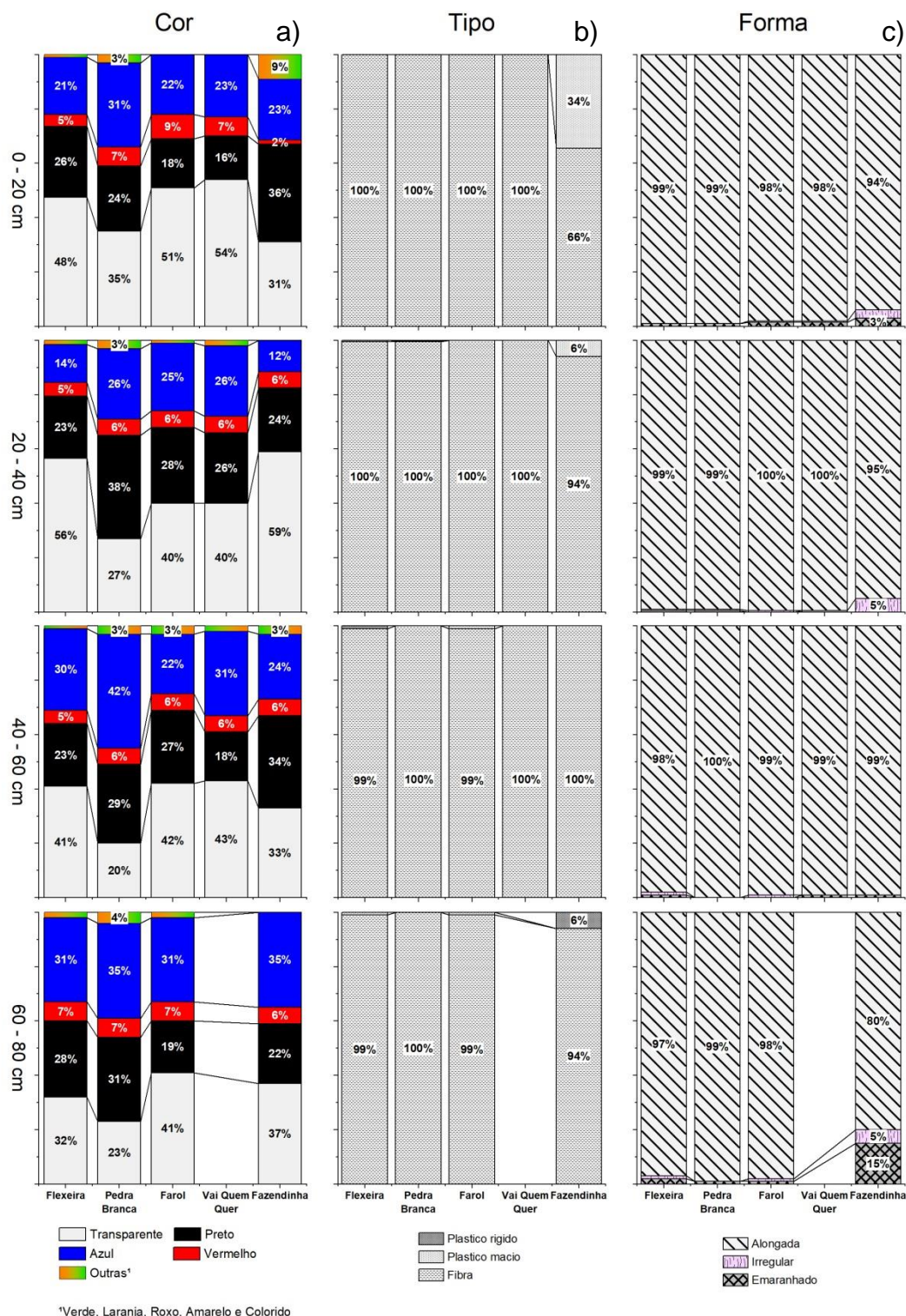


Figura 6- Distribuição de microplástico nas praias Flexeira, Pedra Branca, Farol, Vai Quem Quer e Fazendinha, quanto: a) cor; b) tipo; c) forma nas diferentes profundidades (0-20; 20-40; 40-60 e 60-80cm) na ilha de Cotijuba.

O total encontrado nas praias analisadas foi de 649 microplásticos/m³, sendo a maior concentração na Praia da Flexeira (185,150 m³) e menor na praia na Fazendinha (35,250 m³). E nas praias da Pedra Branca, Farol e Vai Quem Quer foi 181,500 m³, 128,750 m³ e 119,700 m³, respectivamente. O total de microplásticos/m³ de cada camada das praias estão representadas na Tabela 3.

Tabela 3- Total de microplástico (m³) encontrados nas praias Pedra Branca, Vai Quem Quer, Flexeira, Fazendinha e Farol em diferentes camadas (0-20; 20-40; 40-60 e 60-80cm) na ilha de Cotijuba.

Praia	Camada (partículas/m ³)			
	0-20	20-40	40-60	60-80
Pedra Branca	99,95	38,20	29,70	13,65
Vai Quem Quer	33,10	36,35	50,25	0,00
Flexeira	56,35	32,40	35,50	60,90
Fazendinha	3,35	0,85	29,45	1,60
Farol	8,50	49,85	55,20	15,20

A acumulação de microplásticos nas praias analisadas na ilha de Cotijuba não segue um padrão de deposição na coluna sedimentar (0-20, 20-40, 40-60 e 60-80). As praias da Pedra Branca e Flexeira apresentam as maiores concentrações em superfície com 99,950m³ e 56,350m³, respectivamente, enquanto que as praias do Farol e Vai Quem Quer na camada 40-60, apresentam 50,250m³ e 55,200m³, respectivamente.

As praias da ilha de Cotijuba são influenciadas por correntes de maré e pelas ondas, que diferem sazonalmente e modificam o perfil morfodinâmico destas, havendo acresção no período seco e erosão no chuvoso. Esta modificação sazonal morfológica nas praias Pedra Branca e Flexeira, pode ser responsável pela maior deposição de micropásticos em superfície. Na praia Vai Quem Quer, entretanto, os intensos processos de erosão das falésias (Oliveira 2008) é a principal causa para o soterramento de microplásticos nas camadas mais profundas.

Esta diferença de deposição de microplásticos entre camadas da ilha de Cotijuba refuta a hipótese (c) que propôs que teriam maiores concentrações nas camadas superficiais (0-20) e se difere ainda de outras praias analisadas, utilizando a mesma metodologia. Por exemplo, nas praias da Baía de Santos (Brasil), Turra (2014), mencionou que há maior acumulação de *pellets* em camadas mais profundas do que no sedimento superficial. Tal deposição foi relacionada pelo autor com eventos oceanográficos de alta energia, como tempestades marítimas, ou diminuição temporal na produção, transporte e perda de pellets em portos próximos das regiões investigadas.

Ao relacionar a deposição de microplásticos com a granulometria das praias da ilha de Cotijuba verificou-se que: 1) em praias com areia média (Flexeira, Vai Quem Quer, Farol e Pedra Branca) há maior deposição microplástica; e 2) em praias com areia fina (Fazendinha) há menor deposição microplástica. Esta relação refuta a hipótese (d) de que em praias com sedimentos mais finos haveria mais microplásticos.

Deste modo, a deposição de microplásticos nas praias estudadas, podem ser influenciadas: 1) pelas atividades pesqueiras, desenvolvidas pelas comunidades tradicionais ribeirinhas que utilizam em seus artefatos redes de pesca e cordas constituídas por fibras transparentes encontradas majoritariamente na praia da Flexeira (Figura 7 a e b); 2) pelas atividades turísticas que são amplamente realizadas nas praias do Vai Quem Quer e Farol durante o verão amazônico (junho a novembro); e 3) pela alta hidrodinâmica da região, devido ao regime de mesomaré e forte corrente de maré e vazão do rio Pará (Prestes 2016) que podem atuar no rápido soterramento do microplástico nos intertícios das camadas sedimentares.



Figura 7- Artefatos de pesca descartados na praia da Flexeira: a) Cordas retidas nas raízes das árvores; b) Corda exposta sob a areia.

A presença do microplástico em contato com os sedimentos praias, podem apresentar riscos ecológicos, por aumentar a permeabilidade e diminuir a temperatura abaixo da camada de sedimentos superficiais (Carson *et al.* 2011), além do risco de ingestão pela fauna (ex.: poliquetas), que habitam no sedimento.

7.2 DISTRIBUIÇÃO DE MICROPLÁSTICO SUPERFICIAL

As análises de microplásticos em sedimentos superficiais apresentaram variações sazonais significativas ($p < 0,5$), com maiores quantidades encontradas no período seco e menores no chuvoso (Tabela 4).

Tabela 4- Variabilidade sazonal da distribuição de microplásticos nas praias Flexeira, Pedra Branca e Vai Quem Quer na ilha de Cotijuba de acordo com o teste de Mann-Whitney.

Group	FLEXEIRA				
	N	Missing	Median	25%	75%
Abril	10	0	7,5	5	9
Outubro	10	0	12,5	8	19
Group	PEDRABRANCA				
	N	Missing	Median	25%	75%
Abril	6	0	6,333	1,633	0,667
Outubro	6	0	4,5	1,049	0,428
Group	VAI QUEM QUER				
	N	Missing	Median	25%	75%
Abril	14	0	9	6	11
Outubro	14	0	10,5	7	13

Todas as praias analisadas, representaram um total de 590 partículas, no período seco, em sua maioria de fibra (n=545; 92,37%), seguidos de plástico rígido (n=43; 7,29%), plástico macio (n=2; 0,34%), com as formas alongada (n=535; 90,68%), circular (n=24; 4,07%), irregular (n=21; 3,56%) e emaranhado (n=10; 1,69%), de cor predominante transparente (n=222; 37,63) seguida de preto (n=157; 26,61%), azul (n=122; 20,68%), branco (n=33; 5,59%), amarelo (n=23; 3,90%), vermelho (n=22; 3,73%), colorido (n=6; 1,02%), verde (n=5; 0,85%) (Figura 8).

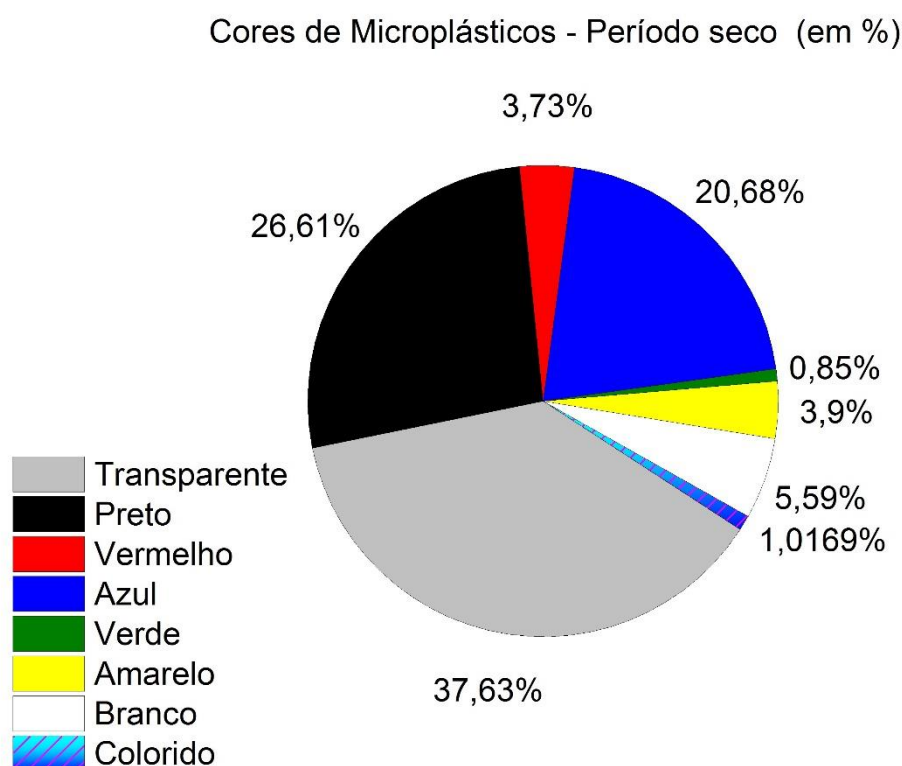


Figura 8- Cores de microplásticos totais encontrados nas praias da ilha de Cotijuba com suas respectivas porcentagens, no período seco.

No período chuvoso foram encontradas 293 partículas, na qual, as fibras também foram predominantes (n=279; 95,55%), seguidas de plástico rígido (n=13; 4,45%). As formas mais encontradas foram: alongadas (n=275; 94,18%), seguidas de circular (n=8; 2,74%), irregular (n=5; 1,71%) e emaranhado (n=4; 1,37%). De coloração, transparente (n=146, 50,00%), seguida de azul (n=56; 19,18%), preto (n=47; 16,10%), vermelho (n=21; 7,19%), branco (n=10; 3,42%), amarelo (n=8; 2,74%), verde e colorido, representaram ambas 2 partículas (com 0,68% cada) (Figura 9).

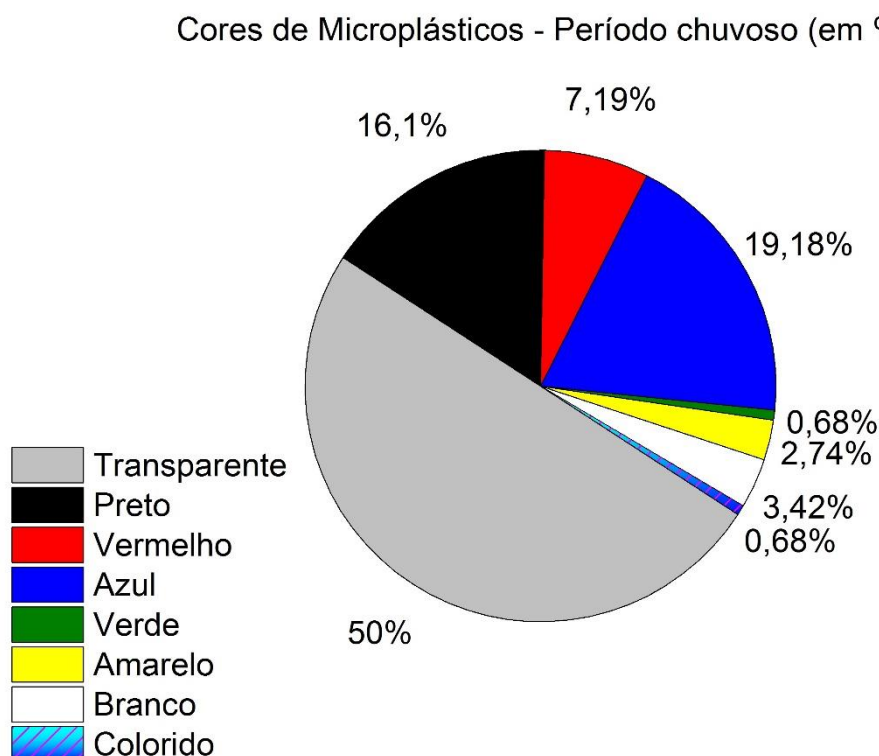


Figura 9- Cores de microplásticos totais encontrados nas praias da ilha de Cotijuba com suas respectivas porcentagens, no período chuvoso.

As fibras são predominantes nos períodos seco e chuvoso ($n=545$, 92,37%; $n=279$, 95,55% respectivamente), da cor transparente ($n=222$, 37,63%; $n=146$, 50,00% respectivamente) e forma alongada ($n=535$, 90,68%, $n=275$, 94,18%).

As maiores concentrações de microplásticos ocorreram no período seco ($3.462,500 \text{ m}^2$) e menores concentrações no período chuvoso ($1.750,000 \text{ m}^2$), devido a variação sazonal. A praia do Vai Quem Quer apresentou as maiores concentrações no período seco e chuvoso ($1.868,750 \text{ m}^2$, $750,000 \text{ m}^2$ respectivamente), seguidas da praia da Flexeira ($1.000,000 \text{ m}^2$, $412,500 \text{ m}^2$ respectivamente), Farol ($250,000 \text{ m}^2$, $237,500 \text{ m}^2$ respectivamente) e Fazendinha ($125,000 \text{ m}^2$, $112,500 \text{ m}^2$ respectivamente). A exceção ocorreu para a praia da Pedra Branca com maiores concentrações no período chuvoso ($237,500 \text{ m}^2$) e menores no seco ($168,750 \text{ m}^2$) (Figura 10 a e b).

O perfil morfodinâmico da praia do Vai Quem Quer pode ter influenciado na maior deposição de microplásticos nesta praia, diferentemente das demais.

Além disso, foi verificado que a presença de sedimentos de areia média, facilitam a retenção destas partículas, diferentemente, do tamanho areia fina.

A praia da Fazendinha apresentou as menores concentrações de microplásticos, por ser uma região mais protegida, com presença de poucas residências e moradores ou visitantes. Este fato se intensifica devido a limpeza realizada pelos moradores.

Em trabalhos que relataram poluição por microplásticos em praias estuarinas, como no estuário do Rio das Pérolas em Hong Kong, foram coletados 154, 227 itens plásticos em 25 praias, no qual os microplásticos corresponderam a 91% do total encontrado (Fok & Cheung 2015). Em relação aos sedimentos das praias do estuário Tamar no Reino Unido, os microplástico representaram 65% do total de 952 detritos encontrados (Browne *et al.* 2010). Desta forma, os valores encontrados nestes trabalhos, se aproximam ao total de microplásticos superficiais encontrados aqui, tendo o microplástico como possível contaminante das praias da ilha de Cotijuba.

O total de partículas contabilizadas na Ilha de Cotijuba são menores às encontradas em praias urbanas como a de Boa Viagem (Recife-PE) (Costa *et al.* 2009). De acordo com estes autores, esta praia apresenta-se contaminada por reter 2.751 (3,3% corresponde à *pellets*) microplásticos com diversidade de cores, que seriam transportados por longas distâncias e depositados lá.

O total de partículas plásticas (883 detritos) encontrados superficialmente nas praias da ilha de Cotijuba, porém são superiores às observadas em Fernando de Noronha (207 detritos) (Ivar do Sul *et al.* 2009) e aproximados às da ilha da Trindade (993 microplásticos) (Ivar do Sul *et al.* 2017). Outra semelhança se dá ao fato das fibras serem predominantes também nestras praias. Assim, é possível afirmar que as praias da ilha de Cotijuba estejam contaminadas quanto à presença de microplástico.

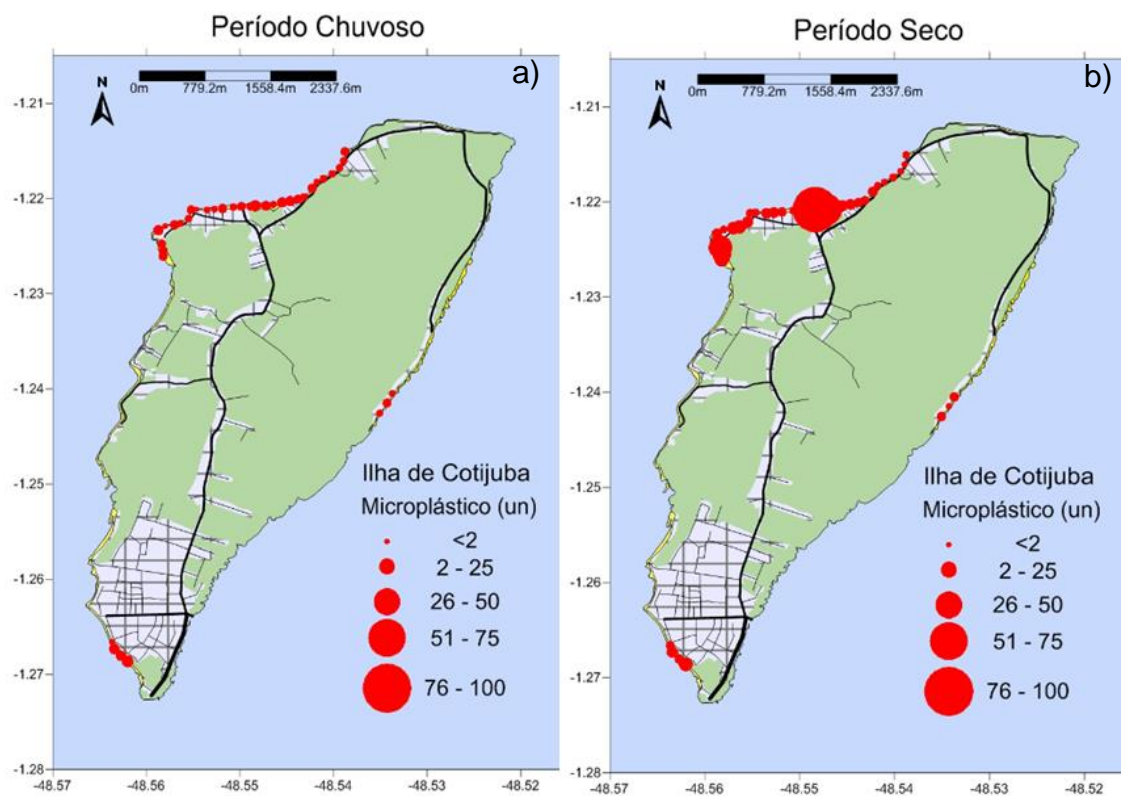


Figura 10- Distribuição de microplásticos (unidade) durante o período chuvoso a) e período seco b), nas praias: Pedra Branca, Vai Quem Quer, Flexeira, Farol e Fazendinha na ilha de Cotijuba.

8. CONCLUSÃO

Microplásticos foram registrados pela primeira vez em praias flúvio-estuarinas amazônicas, sendo este o primeiro estudo de caso realizado na ilha de Cotijuba que englobou cinco praias: Pedra Branca, Vai Quem Quer, Flexeira, Farol e Fazendinha.

Estas praias estão contaminadas por microplásticos, sendo a atividade pesqueira desenvolvida na região uma das possíveis fontes de fibras para as praias.

A hidrodinâmica local pode exercer influência na deposição de microplásticos, tanto nas camadas superficiais como nas mais profundas (0-80cm) dos sedimentos praias. E também pode ser responsável pelo transporte destes para regiões adjacentes.

Uma das maiores preocupações atuais quanto a presença de microplásticos em ambientes praias são as consequências deste para as comunidades biológicas. Desta forma, recomendam-se estudos mais específicos sobre a contaminação de praias estuarinas amazônicas por microplásticos considerando os impactos à biota, como exemplo as poliquetas, que habitam no sedimento de praias, que podem transferir essas partículas através da cadeia alimentar e sobre as fontes de microplásticos para o ambiente. Isto permitirá que medidas preventivas, atuem na preservação desses ambientes e dos organismos associados a este. Além do que, este trabalho pode auxiliar como plano de manejo na gestão da ilha de Cotijuba pelo poder público.

REFERÊNCIAS

- Auta H. S., Emenike C. U., Fauziah S. H. 2017. Distribution and importance of microplastics in the marine environment: a review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environmental International*, **102**:165-176.
- Barboza L. G. A., Vethaak A. D., Lavorante B. R., Lundebye A. K., Guilhermino L. 2018. Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, **133**: 336-348.
- Beardsley R. C., Candela J., Limeburner R., Geyer W. R., Lentz S. J., Belmiro M. C., Cacchione D., Carneiro N. 1995. The M2 tide on the Amazon shelf. *Journal of Geophysical Research*, **100**(2): 2283-2319.
- Beckwith V. K., Fuentes M. M. P. B. 2018. Microplastic at nesting grounds used by the northern Gulf of Mexico loggerhead recovery unit. *Marine Pollution Bulletin*, **131**: 32–37.
- Bhattacharya P. 2016. A review on the impacts of microplastic beads used in cosmetics. *Acta Biomedica Scientia*, **3**: 47-52.
- Browne M. A., Galloway T. S., Thompson R. C. 2010. Spatial Patterns of Plastic Debris along Estuarine Shorelines. *Environmental Science & Technology*, **44**(9): 3404-3409.
- Browne M. A., Crump P., Niven S. J., Teuten E. L., Tonkin A., Galloway T., Thompson R. C. 2011. Accumulations of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environmental Science & Technology*, **45**: 9175–9179.
- Cardoso R. N. C., Goncalves E. D., Deus J. C. S., Teixeira L. C. G. M. 2018. Análise da vulnerabilidade e do risco a contaminação de aquíferos semiconfinados na Ilha de Cotijuba/PA. *Revista Águas Subterrâneas*, **32**(2): 1-9.
- Carson H. S., Colbert S. L., Kaylor M. J., Mcdermid K. J. 2011. Small plastics debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. *Marine Pollution Bulletin*, **62**(8): 1708-1713.
- Carpenter E. J. & Smith Jr. K. L. 1972. Plastics on the Sargasso sea surface. *Science*, **175**(4027): 1240–1241.
- Carvalho D. G. & Baptista Neto J. A. 2016. Microplastic pollution of the beaches of Guanabara Bay, Southeast Brazil. *Ocean & Coastal Management*, **128**: 10-17.
- Claessens M., Meester S. D., Landuyt L. V., Clerck K. D., Janssen C. R. 2011. Occurrence and distribution of microplastics in marine sediments along the Belgian coast. *Marine Pollution Bulletin*, **62**: 2199-2204.
- Cole M., Lindeque P., Halsband C., Galloway T. S. 2011. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, **62**: 2588–2597.
- Costa M. F. & Barletta M. 2015. Microplastics in Coastal and Marine Environments of the Western Tropical and Sub-Tropical Atlantic Ocean. *Environmental Science: Processes & Impacts*, **17**(11): 1868-1879.

- Costa M. F., Ivar do Sul J. A., Silva J. S., Cavalcanti S., Araújo M. C., Spengler Â., Tourinho P. S. 2009. On the importance of size of plastic fragments and pellets on the strandline: a snapshot of a Brazilian beach. *Environmental Monitoring and Assessment*, **168**: 299–304.
- Costa J. P., Dantos P. S. M., Duarte A. C.; Rocha-Santos T. 2016. (Nano)plastics in the environment – Sources, fates and effects. *Science of the total environment*, **566-567**: 15-56.
- Dixon T. R. & Dixon T. J. 1981. Marine litter surveillance. *Marine Pollution Bulletin*, **12**(9): 289-295.
- El-Robrini M., Silva M. A. M. A., Souza Filho P. W. M., El-Robrini M. H. S., Silva Júnior O. G., França C. F. 2006. Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro – Pará. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília. p. 41 – 87.
- Everaert G. & Janssen C. R. 2018. Risk assessment of microplastic in the ocean: Modelling approach and first conclusion. *Environmental Pollution*, **242b**: 1930-1938.
- Ferreira C. P. S. 1981. Hotel Tipo Ecológico como o Equipamento Escola: Pre-Projeto Arquitetônico. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Pará. 46p.
- Fok L. & Cheung P. K. 2015. Hong Kong at the Pearl River Estuary: A hotspot of microplastic pollution. *Marine pollution bulletin*, **99**: 112-118.
- Folk R. L. & Ward W. C. 1957. Brazos River Bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Research*, **27**: 3-26.
- Frère L., Maignien L., Chalopin M., Huvet A., Rinnert E., Morrison H., Kerninon S., Cassone A. L., Lambert C., Reveillaud J., Paul-Pont I. 2018. Microplastic bacterial communities in the Bay of Brest: influence of polymer type and size. *Environment Pollution*, **242**: 614–625.
- Gallo N. M. 2004. Influência da vazão fluvial sobre a propagação da maré no estuário do rio Amazonas. Tese de M.Sc. UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 111 p.
- Gregory M. R. 1999. Plastics and South Pacific Island shores: environmental implications. *Ocean & Coastal Management*. **42**: 603–615.
- Gregory M. R. 2009. Environmental implications of plastic debris in marine settings: entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **364**: 2013–2025.
- Hartmann N. B., Rist S., Bodin J., Jensen L. H. S., Schmidt S. N., Mayer P., Meibon A., Baun A. 2017. Microplastics as vectors for environmental contaminants: exploring sorption, desorption, and transfer to biota. *Integrated Environmental Assessment and Management*, **13**: 488-493.
- Hermabessiere L., Dehaut A., Paul-Pont I., Lacroix C., Jezequel R., Soudant P., Duflos G. 2017. Occurrence and effects of plastic additives on marine environments and organisms: a review. *Chemosphere*, **18**: 781-793.

- Hidalgo-Ruz V., Gutow L., Thompson R. C., Thiel M. 2012. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology*, **46**: 3060–3075.
- Huffner J. G. P., Bello L. A. L. 2013. Turismo e Indicadores de Sustentabilidade Ambiental na Ilha de Cotijuba. *Educação Ambiental em Ação*, **5**: 1-10.
- Ivar do Sul J. A., Spengler A., Costa M. F. 2009. Here, there and everywhere. Small plastic fragments and pellets on beaches of Fernando de Noronha (Equatorial Western Atlantic). *Marine Pollution Bulletin*, **58**: 1236-1238.
- Ivar do Sul J. A., Costa M. F., Fillmann G. 2017. Occurrence and characteristics of microplastics on insular beaches in the Western Tropical Atlantic Ocean. *PeerJ Preprints*, 1–11.
- Ivar do Sul J. A. & Costa M. F. 2013. Plastic pollution risks in an estuarine conservation unit. In: Proceedings of the 12th International Coastal Symposium-ICS (Plymouth, England). *Journal of Coastal Research*, **65**: 48–53.
- Kelly B. C., Ikonomou M. G., Blair J. D., Morin A. E., Gobas F. 2007. Food web-specific biomagnification of persistent organic pollutants. *Science*, **317**: 236-239.
- Lönnstedt O. M. & Eklöv P. 2016. Environmentally relevant concentrations of microplastic particles influence larval fish ecology, ecotoxicology. *Science*, **352**(6290): 1213-1216.
- Martin J., Lusher A., Thompson R. C. Morley A. 2017. The Deposition and Accumulation of Microplastics in Marine Sediments and Bottom Water from the Irish Continental Shelf. *Scientific Reports*, **7**: 1-9.
- Martins J. & Sobral P. 2011. Plastic marine debris on the Portuguese coastline: A matter of size? *Marine Pollution Bulletin*, **62**: 2649–2653.
- McGoran A. R., Clark P. F., Morrill D. 2017. Presence of microplastic in the digestive tracts of European flounder, *Platichthys flesus*, and European smelt, *Osmerus eperlanus*, from the River Thames. *Environment Pollution*, **220**: 744–751.
- Masura J., Baker J., Foster G., Arthur C. 2015. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for Quantifying Synthetic Particles in Waters and Sediments. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48. National Oceanic and Atmospheric Administration: Silver Spring.
- Mascarenhas B. M., Guimarães D. G., Brígida M. S., Pinto C. S., Gomes Neto H. A., Pereira J. D. B. 2009. Estudo de anofelinos antropofílicos peridomiciliares da Praia da Saudade na Ilha de Cotijuba: uma área endêmica de malária em Belém, Pará. *Acta Amazonica*, **39**:453-458.
- Melo O. do C. 2010 *O lugar e a comunidade na Ilha de Cotijuba – PA*. DS Mestrado, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Pará, Belém. 192 p.

- Monteiro R. C. P. 2017 *Microplásticos <1mm na areia de praias de Fernando de Noronha (Brasil)*. DS Mestrado em Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 51 p.
- Moore C. J. 2008. Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, longterm threat. *Environmental Research*, **108**: 131-139.
- Morrison R. J. 1999. The regional approach to management of marine pollution in the south pacific. *Ocean & Coastal Management*, **42**(6-7): 503-521.
- Oliveira G. K. M. 2008. *Caracterização morfossedimentar durante o ano de 2007 das praias estuarinas da ilha de Cotijuba (baía do Marajó) no estado do Pará*. DS Mestrado em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 126p.
- Prata J. C. 2018. Airborne microplastics: Consequences to human health?. *Environmental Pollution*, **234**: 115-126.
- Prestes Y. O. 2016. *Interações físicas entre o estuário do rio Pará e a plataforma continental no norte do Brasil*. MS Dissertação, Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 122p.
- Stolte A., Forster S., Gerdts G., Schubert H. 2015. Microplastic concentrations in beach sediments along the German Baltic coast. *Marine Pollution Bulletin*, **99**: 216-229.
- Tanabe S., Watanabe M., Minh T. B., Kunisue T., Nakanishi S., Ono H. 2004. PCDDs, PCDFs, and Coplanar PCBs in Albatross from the North Pacific and Southern Oceans: Levels, Patterns, and Toxicological Implications. *Environmental Science and Technology*, **38**: 403-413.
- The Lancet Planetary Health. 2017. Microplastics and human health-an urgent problem. Elsevier, **1** (7): 254. (Editorial).
- Thompson R. C., Olsen Y., Mitchell R. P., Davis A., Rowland S. J., John A. W. G., MCGonigle D., Russel A. E. 2004. Lost at sea: where is all the plastic?. *Science*, **304** (5672): 838-838.
- Turra A., Manzano A. B., Dias R. J. S., Mahiques M. M., Barbosa L., Balthazar-Silva D., Moreira F. T. 2014. Three-dimensional distribution of plastic pellets in sandy beaches: shifting paradigms. *Scientific Reports*, **4**(4435): 1-7.
- Van Cauwenberghe L., Claessens M., Vandegehuchte M. B., Janssen C. R. 2015. Microplastics are taken up by mussels (*Mytilus edulis*) and lugworms (*Arenicola marina*) living in natural habitats. *Environmental Pollution*, **199**: 10-17.
- Welden N. A., Abylkhani B., Howarth L. M. 2018. Os efeitos da transferência trófica e fatores ambientais sobre a absorção de microplástico por solha, plastesse Pleuronectes e caranguejo-aranha, Maja squinado. *Environment Pollution*, **239**: 351 – 358.
- Wentworth C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, **30**(5): 377-392.

- Wessel, C. C.; Lockridge, G. R.; Battiste, D.; Cebrian, J. 2016. Abundance and characteristics of microplastics in beach sediments: Insights into microplastic accumulation in northern Gulf of Mexico estuaries. *Marine Pollution Bulletin*, **109**: 178–183.
- Willis, K. A.; Eriksen, R.; Wilcox, C.; Hardesty, B. D. 2017. Microplastic Distribution at Different Sediment Depths in an Urban Estuary. *Frontiers in Marine Science*, **4**: 419.
- Woods, M. N.; Stack, M. E.; Fields, D. M.; Shaw, S. D.; Matrai, P. A. 2018. Microplastic fiber uptake, ingestion, and egestion rates in the blue mussel (*Mytilus edulis*). *Marine Pollution Bulletin*, **137**: 638-645.
- Wright, S.L.; Thompson, R.C.; Galloway, T.S. 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: a review. *Environmental Pollution*, **178**: 483-492.
- Yamashita R., Takada, H.; Fukuwaka, M.; Watanuki, Y. 2011. Physical and chemical effects of ingested plastics on short-tailed shearwaters *Puffinus tenuirostris*, in the North Pacific ocean. *Marine Pollution Bulletin*, **62**(12): 2845-2849.
- Yu X., Peng J., Wang K., Bao S. 2016. Occurrence of microplastics in beach sand of the Chinese inner sea: the Bohai Sea. *Environmental Pollution*, **214**: 722-730.