



**UEPB**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**

**CAMPUS I**

**CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE - CCBS**

**DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA**

**CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**LUCAS VINÍCIUS SOUSA LIMA**

**MICROPLÁSTICOS NO SEDIMENTO DE PRAIAS URBANIZADAS NO LITORAL  
DA PARAÍBA, NORDESTE DO BRASIL**

**CAMPINA GRANDE  
2021**

LUCAS VINÍCIUS SOUSA LIMA

**MICROPLÁSTICOS NO SEDIMENTO DE PRAIAS URBANIZADAS NO LITORAL  
DA PARAÍBA, NORDESTE DO BRASIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Biologia.

**Área de concentração:** Ecologia Marinha

**Orientador:** Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha.

**Coorientador :** Msc. Gitá Juan Soterorudá Brito

**CAMPINA GRANDE  
2021**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

L732m Lima, Lucas Vinicius Sousa.  
Microplásticos no sedimento de praias urbanizadas no litoral da Paraíba, nordeste do Brasil [manuscrito] / Lucas Vinicius Sousa Lima. - 2021.  
27 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2021.

"Orientação : Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha ,  
Coordenação de Curso de Biologia - CCBS."

1. Ecologia marinha. 2. Ambientes costeiros. 3. Estuários.  
4. Microplásticos. I. Título

21. ed. CDD 577.7

LUCAS VINÍCIUS SOUSA LIMA

MICROPLÁSTICOS NO SEDIMENTO DE PRAIAS URBANIZADAS NO LITORAL  
DA PARAÍBA, NORDESTE DO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo)  
apresentado a Coordenação  
/Departamento do Curso de Ciências  
Biológicas da Universidade Estadual da  
Paraíba, como requisito parcial à  
obtenção do título de bacharel em  
biologia.

Área de concentração: Ecologia Marinha

Aprovada em: \_\_23 / \_\_09 / 2021\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

*André Luiz M. Pessanha*

---

Prof. Dr. André Luiz Machado Pessanha(Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

*Adriane Teixeira Barros*

---

Prof. Dra. Adriane Teixeira Barros  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

*Caroline Stefani da Silva Lima*

---

Msc. Caroline Stefani da Silva Lima  
Universidade Estadual da Paraíba(UEPB)

Dedico, primeiramente, a Deus por ter me ajudado e guiado até aqui, em segundo lugar, a minha amada e falecida vó, Josina, que sei que estaria muito feliz se pudesse ver esse momento

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Localização das praias estudadas na Paraíba, nordeste do Brasil. Círculos = praias dominadas pela maré (TD) e Triângulo = praias dominadas pelas ondas (WD)..... 10
- Figura 2 – (A) Abundância dos microplásticos (média  $\pm$  erro padrão) em sedimentos de diferentes praias. (B) Relação entre a abundância das partículas de microplásticos em sedimentos de praia em relação à distância do estuário (km)..... 14
- Figura 3 – (A) Abundância das partículas de microplástico (média  $\pm$  erro padrão) em sedimentos em praias dominadas pelas marés e pelas ondas. (B) Tamanho médio de grão do sedimento ( $\Phi$ ) de cada praia localizada ao longo da costa paraibana, Brasil. Classes de tamanho de grão classificadas de acordo com Wentworth (1922) ... 16
- Figura 4 – Composição e abundância de diferentes cores das partículas de microplásticos coletadas em quatro praias localizadas ao longo do litoral paraibano, Brasil..... 18

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>Área de estudo.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b>Desenho amostral.....</b>	<b>11</b>
<b>2..3</b>	<b>Coleta de dados e análise laboratorial.....</b>	<b>11</b>
<b>2.4</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Abundância de microplásticos.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2</b>	<b>Relação da distância do estuário.....</b>	<b>14</b>
<b>3.3</b>	<b>Variação nas praias dominadas por maré e por ondas.....</b>	<b>16</b>
<b>3.4</b>	<b>Relação entre as cores do microplástico.....</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>20</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>20</b>

**TÍTULO:**  
**MICROPLÁSTICOS NO SEDIMENTO DE PRAIAS URBANIZADAS NO LITORAL  
DA PARAÍBA, NORDESTE DO BRASIL**

**TÍTULO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA: MICROPLASTICS IN THE SEDIMENT OF  
URBANIZED BEACHES ON THE COAST OF PARAÍBA, NORTHEASTERN  
BRAZIL**

Lucas Vinícius Sousa Lima\*  
André Luiz Machado Pessanha\*\*

**RESUMO**

A presença de microplásticos em vários ecossistemas marinhos tem sido associada a locais com impacto antropogênico. As praias tem se destacado como um desses ambientes, seja por questões de turismo ou, ainda, por receberem aportes de várias fontes, como os estuários e as próprias correntes marinhas. O presente estudo teve como objetivo avaliar a abundância e variabilidade dos microplásticos, a partir de sua relação com a distância do estuário e os estágios morfodinâmicos presentes em quatro praias urbanizadas. Foram realizadas coletas de sedimento durante três meses, em quatro praias localizadas ao longo do litoral paraibano. Os sedimentos foram mergulhados e agitados em uma solução salina concentrada (NaCl) e, após 2 h, o líquido sobrenadante foi filtrado em filtros de 1,2 µm e seco em estufa a 70°C. As partículas de microplásticos foram separadas das partículas orgânicas, identificadas visualmente e classificadas em categorias, de acordo com sua forma em fibras e fragmentos, além de separadas pela sua cor. Nas amostras dos sedimentos de todas as praias foi obtido um total de 1525 partículas, onde as fibras destacaram-se na abundância. As praias dominadas por maré registraram maior número de partículas microplásticas do que nas praias dominadas por ondas, assim como as que possuíam sedimentos mais finos possuíam o maior número dessas partículas. Com relação às cores, as partículas azuis, vermelhas e transparentes foram as mais frequentes nas amostras. Houve uma correlação negativa entre o número de partículas de microplásticos no sedimento e a distância do estuário, evidenciando assim que o continente contribui grandemente para a poluição das praias. Os resultados apontam para a importância de estratégias que diminuam a influência tanto da poluição indireta, advinda dos estuários, como da poluição direta, provavelmente, provocada pelo turismo, para assim diminuir o aporte dessas partículas no sedimento, uma vez que elas provocam impactos sobre a biota bentônica e nectônica desses ecossistemas marinhos.

**Palavras-chave:** Ecologia marinha. Ambientes costeiros. Estuários. Microplásticos.

---

\*Estudante de Graduação em Ciências Biológicas; Universidade Estadual da Paraíba; Campina Grande, PB;

\*\*Professor do Departamento de Biologia e do Programa de Pós-Graduação em ecologia e conservação; Universidade Estadual da Paraíba; Campina Grande, PB;  
andrepessanhauepb@gmail.com ;

## ABSTRACT

The presence of microplastics in several marine ecosystems has been associated with sites with an anthropogenic impact. The beaches have stood out as one of these environments, whether for tourism reasons or even because they receive contributions from various sources, such as estuaries and marine currents. The present study aimed to evaluate the abundance and variability of microplastics, based on their relationship with the distance from the estuary and the morphodynamic stages present in four urbanized beaches. Sediment collections were carried out for three months, in four term beaches along the coast of Paraíba. The sediments were immersed and stirred in a concentrated saline solution (NaCl) and, after 2 h, the supernatant liquid was filtered on 1.2  $\mu\text{m}$  filters and dried in an oven at 70°C. The microplastic particles were separated from the organic particles, visually identified and classified into categories, according to their shape in fibers and fragments, in addition to being separated by their color. In the sediment samples from all beaches, a total of 1525 particles were obtained, where the fibers stood out in abundance. The beaches dominated by the tide registered a greater number of microplastic particles than the beaches dominated by waves, as well as those that had finer sediments had the highest number of these particles. Regarding colors, blue, red and transparent particles were the most frequent in the samples. There was a negative correlation between the number of microplastic particles in the sediment and the distance from the estuary, thus showing that the continent contributes greatly to the pollution of beaches. The results point to the importance of strategies that reduce the influence of both indirect pollution, coming from estuaries, and direct pollution, probably caused by tourism, in order to reduce the contribution of these particles to the sediment, since they cause impacts on the benthic and nectonic biota of these marine ecosystems.

**Keywords:** Marine ecology. Coastal environments. Estuaries. Microplastics.

## 1 INTRODUÇÃO

O crescente aumento da população humana vem propiciando uma maior demanda de materiais que apresentem uma boa relação custo/benefício, como exemplo os polímeros orgânicos sintéticos de plástico, devido à sua alta maleabilidade e alta resistência (VERMEIREN; MUÑOZ; IKEJIMA, 2016). Embora essas características possam ser extremamente benéficas para a indústria, esses produtos são prejudiciais para o meio ambiente, devido ao descarte de maneira inadequada (ADANE et al., 2011). Essa é uma grande preocupação, uma vez que a estimativa é de que sejam produzidos cerca de 300 milhões de toneladas de plástico por ano (*Plastics Europe*), que em contato com o meio ambiente, podem se acumular nas cadeias tróficas como também causar danos fisiológicos a uma série de organismos (LONG et al., 2017; GAMBARDELLA et al., 2018; YIN et al., 2018). Os ambientes costeiros, acabam por ser mais propensas a agregar grandes deposições de plásticos (MOORE, LATTIN, ZELLERS 2011; SETO, 2011), muito disso se deve a uma série de fatores, tanto físicos e estruturais, como também sociais. Dentro destes ambientes há uma preocupação cada vez maior com os ambientes marinhos, pois estima-se que cerca de 10% de todo o plástico produzido acabe nos oceanos (EERKES-MEDRANO; THOMPSON; ALDRIDGE, 2007). Trabalhos recentes tem observado um aumento da variedade e da presença de plásticos nos ambientes marinhos (BRANDON; JONES; OHMAN, 2019; WILCOX; HARDESTY; LAW, 2019; LI et al., 2021).

Dessa forma, é necessário compreender como essas partículas de plásticos vem se distribuindo e se depositando em ambientes marinhos e costeiros. Para isso, é necessário entender quais fatores influenciam na dispersão dos plásticos e qual a principal fonte de origem destes para dentro dos ambientes marinhos (CESA; TURRA; BARUQUE-RAMOS, 2017). Grande parte das pesquisas, atualmente, tem se preocupado principalmente em como os plásticos se comportam e se distribuem (KARAPANAGIOTI; KLONTZA, 2008; ENDERS et al., 2015; WANG et al., 2016; MOUNTFORD e MORALES MAQUEDA, 2019), tendo as mesmas observado que uma série de fatores, tanto de origem química, ou física como a radiação UV, podem levar a degradação do plástico nesses ambientes (TER HALLE et al., 2016). A partir da fragmentação, os plásticos podem ser classificados em diferentes tamanhos, sendo eles: megaplásticos, macropásticos e micropásticos (BARNES, 2009). Em

especial os microplásticos tem gerado uma maior preocupação por parte dos pesquisadores, por conta de seu tamanho menor que 5mm (ARTHUR; BAKER; BAMFORD, 2009). Este tamanho acaba por permitir uma maior possibilidade de assimilação nos níveis inferiores da cadeia trófica, sendo transferidos para níveis superiores através da biomigração (FARREL; NELSON, 2013; NELMS et al., 2018),

A forma como essas partículas de microplásticos se distribuem vai variar de ambiente para ambiente, sendo muito influenciada por fatores como fluatibilidade, vento, correntes marinhas e descargas pluviais (THROTON; JACKSON, 1998; BROWNE; GALLOWAY, 2010; MOORE, LATTIN, ZELLERS, 2011; JAYASIRI; PURUSHOTHAMAN; VENNILA, 2013; KIM, 2015; ZHOU et al., 2018), além do contato derivado de ações humanas. Um ambiente que vem gerando uma intensa preocupação devido a uma ação humana cada vez mais constante (JEDRZEJCZAK, 2004) são praias, onde muitos estudos têm observado a presença de microplásticos.

O fator da presença humana muito se deve ao fato de que as praias se apresentam como um cenário que mescla uma série de benefícios tanto naturais como sociais (LOZOYA et al., 2016), sendo assim, o turismo nesses ambientes se torna cada vez mais comum, aumentando o despejo de plásticos (BROWNE, 2011).

As praias também apresentam uma série de fatores que tanto podem auxiliar como dificultar a permanência, a quantidade e a distribuição dos plásticos em seu sedimento; (YU et al., 2016; LI et al., 2018), dentre os quais destacam-se o tipo e o tamanho das partículas de sedimento, que podem atuar de maneira positiva permitindo o assentamento, ou negativa impossibilitando a presença dos microplásticos (BROWNE; GALLOWAY, 2010). Sendo assim, por apresentar grande importância, tanto econômica como ecológica (JONES; GLADSTONE; HACKING, 2007; HOUSTON et al., 2008), para a preservação desses ambientes cada vez mais necessários estudos que possam evidenciar os fatores que provocam a poluição destes locais e, com isso, se criar uma série de medidas remediadoras que possam atuar na conservação desses ecossistemas costeiros.

Há um conjunto de trabalhos realizados que registraram a presença de microplásticos em estuários (BROWNE, 2011; SETO, 2011) e praias (ACOSTA-COLEY; OLIVERO-VERBEL, 2015; DE JESUS PIÑON-COLIN, 2018). Entretanto, poucos são os que evidenciam uma relação entre as descargas das águas estuarinas e a presença de microplásticos nas praias (VANDRESEN, 2017) já que os estuários são um sistema que desempenham um intenso papel na dinâmica

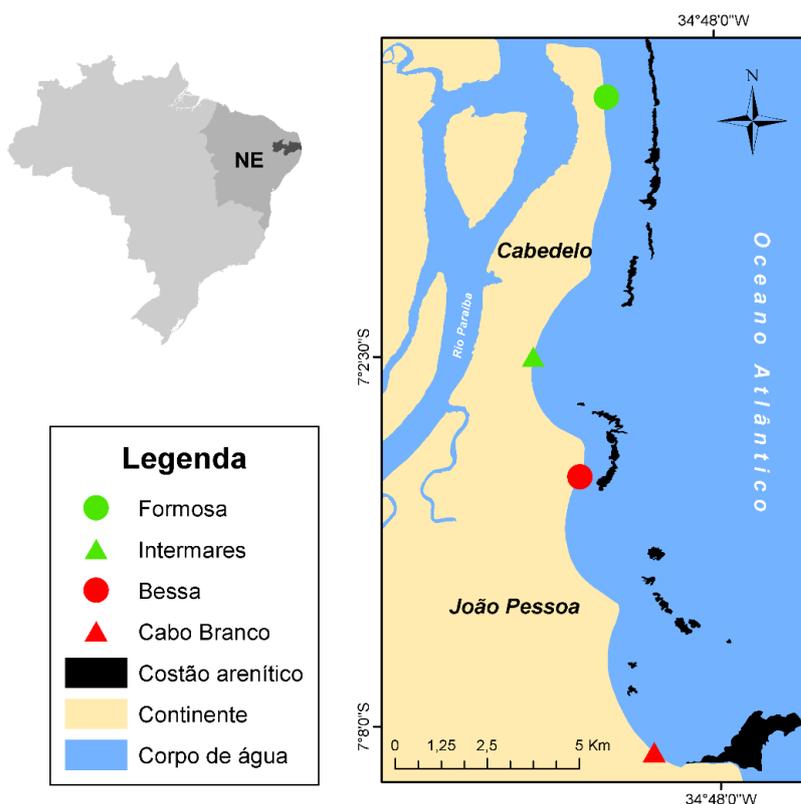
costeira, conseqüentemente afetando as praias. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo principal avaliar a abundância de microplásticos no sedimento de praias urbanas tropicais, comparando a distância dessas praias em relação ao estuário, bem como os dois estágios morfodinâmicos em relação a quantidade de microplásticos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

A área de estudo está situada no litoral norte do estado da Paraíba (06°50'40,5"S - 034° 49'40,4"W e 07°08'41,1"S - 034°48'37,7"W) (Figura 1) e se estende por cerca de 117 km (LUCENA et al., 2007).

**Figura 1** – Localização das praias estudadas na Paraíba, nordeste do Brasil. Círculos = praias dominadas pela maré (TD) e Triângulo = praias dominadas pelas ondas (WD).



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2021

A característica mais notável dessa área costeira são as extensas praias, estimadas em 28.000 km<sup>2</sup>, que compreendem praias estreitas que se localizam parcialmente entre recifes de arenito. Esses recifes de arenito formam vertentes

paralelas à costa e podem atingir vários quilômetros de extensão, protegendo a costa da dinâmica costeira de alta energia e criando uma grande diversidade de paisagens como praias diretamente expostas à ação das ondas e praias protegidas (AMARAL et al., 2016). As praias se localizam em uma região dominadas pelas meso-marés semidiurnas, com amplitudes de maré variando entre 2 e 3,5 m

O clima regional é classificado com As' de Köppen como tipo quente e úmido. A estação chuvosa começa em fevereiro e vai até julho, com as chuvas mais intensas ocorrendo de abril a junho, enquanto a estação seca ocorre na primavera e no verão, com as chuvas mais fracas ocorrendo entre outubro e dezembro (ALVARES et al., 2013). Os ventos mais frequentes e intensos vêm de leste a sudeste (predominantemente sudeste) (SHORT; KLEIN, 2016). Os maiores percentuais de velocidade do vento ocorrem em taxas de 2,1 m/s a 8,8 m/s e o pico da temporada vai de julho a setembro.

As coletas foram realizadas em praias localizadas ao longo do litoral paraibano, as quais foram escolhidas de acordo com a acessibilidade e a presença de atividades turísticas. São praias potencialmente afetadas pela presença de lixo devido à proximidade com a região metropolitana de João Pessoa (825.726 mil pessoas - IBGE).

## **2.2 Desenho amostral**

Amostras de sedimentos foram coletadas durante três meses (maio e setembro de 2018 e janeiro de 2019) em quatro praias (Formosa, Intermares, Bessa e Cabo Branco). As praias foram diferenciadas previamente de acordo com a morfodinâmica, utilizando o índice IRM (Intervalo Relativo da Maré) (MASSELINK; SHORT, 1993; CALLIARI et al., 2003). As praias de Formosa e Bessa foram classificadas como praias dominadas pela maré (RTR= 4,7 e 9,38, respectivamente), enquanto Intermares e Cabo Branco são classificadas como praias dominadas pelas ondas (RTR = 2,9 e 2,75, respectivamente).

## **2.3 Coleta de dados e análise laboratorial**

Os sedimentos foram coletados com um core de alumínio (10 cm de diâmetro e área de 0,0078 m<sup>2</sup>). As amostras foram coletadas na linha da maré alta, onde os detritos que foram arrastados pela maré se acumularam e foram colocadas em

sacos, etiquetadas e transferidas para o laboratório. Em cada praia, foram coletadas 3 amostras de sedimento, totalizando 36 amostras para serem analisadas. Para cada amostra, 500 ml de solução salina (NaCl) foram adicionadas e posteriormente agitadas por três a quatro minutos, com períodos de descanso entre eles (VAN CAUWENBERGHE et al., 2015). Após 2 h, a solução foi decantada e o sobrenadante filtrado em filtros de 1,2  $\mu\text{m}$  e seco em estufa a 70°C. As amostras foram armazenadas em placas de Petri para posterior análise. O microplástico foi separado das partículas orgânicas e identificado visualmente em estereomicroscópio, sendo classificado em categorias de acordo com sua forma em fibras e fragmentos e também separado pela sua cor.

Além disso, para avaliar a caracterização morfodinâmica do substrato das praias, foram coletadas amostras de sedimento na zona de arrebentação de todas as praias. No laboratório, as amostras foram secadas em estufa a 60 °C. Posteriormente, 100 g das amostras secadas foram separados para a análise granulométrica. As amostras foram peneiradas usando a cascata de peneira com tamanhos de malha 2,0; 1,0; 0,5; 0,25; 0,125; 0,063 mm e, em seguida, o sedimento foi pesado em cada fração de tamanho. As classes granulométricas foram definidas de acordo com Wentworth (1922).

## 2.1 Análise estatística

Foram estimados os valores de média  $\pm$  erro padrão e frequência de ocorrência das partículas microplásticas no sedimento. A análise de variância - ANOVA (com nível de significância estabelecido em  $p < 0,05$ ) foi usada para comparar a abundância de partículas microplásticas entre as praias. Os dados foram testados para normalidade e homocedasticidade usando um teste de Shapiro-Wilks e Cochran, respectivamente, e transformados por  $\log_{10}(x + 1)$  quando necessário antes da análise ANOVA. O teste t de Student foi aplicado para comparar o número de partículas microplásticas entre as praias dominadas pela maré e as praias dominadas pelas ondas. Os testes t de Student foram considerados significativos para valores de  $p \leq 0,05$ .

Além disso, a análise de regressão foi realizada usando o SPSS como um método exploratório para examinar a relação entre a abundância de partículas microplásticas no sedimento ao longo de uma distância das praias para com o

estuário. O coeficiente de determinação  $R^2$  é dado como uma medida de qualidade de ajuste (mínimo quadrado) junto com a equação ajustada.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Abundância de microplásticos

Partículas de microplásticos foram encontradas em todas as praias, totalizando 1525 partículas de plástico. As fibras foram abundantes em todas as praias estudadas, correspondendo a aproximadamente 81% do total de microplásticos encontrados, enquanto os fragmentos corresponderam à aproximadamente 19% da contagem total (Anexo 1). A abundância de fibras foi quatro vezes maior que as partículas dos fragmentos nas praias. A abundância dos fragmento em nenhum momento foi maior que 20% da composição total no sedimento das praias. Formosa registrou o maior número de microplásticos (375 partículas) e Intermares registrou a menor contagem (298 partículas). Não houve diferenças na abundância de partículas microplásticas (fibras + fragmentos) (ANOVA:  $F_{3, 35} = 0,191$ ;  $p = 0,902$ ), apenas fibras (ANOVA:  $F_{3, 35} = 0,161$ ;  $p = 0,922$ ) e apenas fragmentos (ANOVA:  $F_{3, 35} = 1,599$ ;  $p = 0,209$ ) entre as praias.

Como demonstrado, a forma de microplásticos mais presentes nas praias foram as fibras, apresentando uma abundância considerável se comparada aos fragmentos, isso muito se deve a sua possível fonte de origem (BROWNE et al.,2011).

Apesar de não ocorrer uma análise da tipagem polimérica em nosso estudo, é possível pressupor que a origem mais provável dessas fibras seria as redes de pesca e de materiais como fios de tecido (BROWNE et al., 2011). Fatores como diâmetro, comprimento e densidade, como bem observado por Browne e Galloway (2010), podem contribuir na compreensão de como essas fibras se assentam e permanecem nos sedimentos. Em seu estudo, Browne inferiu que fatores como os tamanhos das partículas sedimentares não afetaram significativamente na retenção de detritos plásticos, porém os fatores relacionados às dimensões das fibras podem atuar no processo de assentamento das mesma, o que pode vir a responder tanto positivamente como negativamente para essa presença, sendo essa resposta muito condicionada pelo tipo de sedimento.

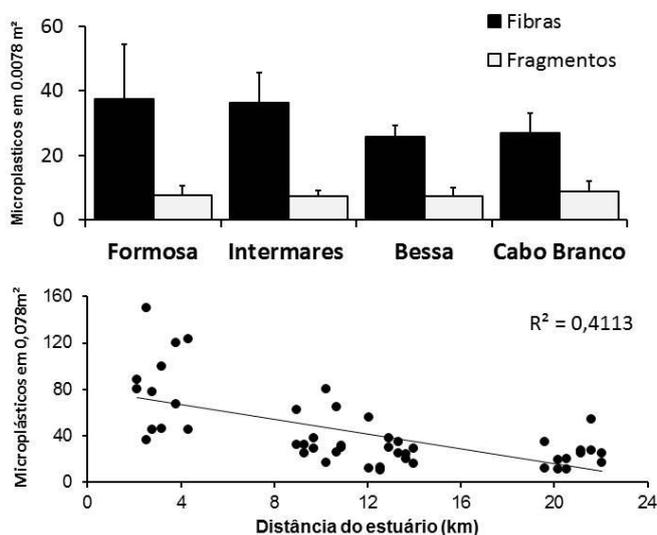
As maiores porcentagens de fragmentos foram encontradas na praia de Cabo Branco, provavelmente devido ao intenso dinamismo que acontece lá, levando à

uma constante fragmentação dos plásticos (ANDRADY,2011; EO et al., 2018). Embora Intermares também apresente um alto hidrodinamismo, esta apresentou mais fragmentos se comparada a outras praias com menor hidrodinâmica, como Formosa. O dinamismo ainda pode ser levado em consideração, como o principal fator responsável pela presença de fragmentos, entretanto, outros fatores podem contribuir para a presença e permanência dos fragmentos, como o fluxo e refluxo de marés (ZHOU et al., 2018).

### 3.2 Relação da distância do estuário

No geral, houve uma tendência de diminuição da abundância de microplásticos com relação a distância do estuário ( $F_{1, 35} = 15,201$ ;  $p < 0,01$ ). Os coeficientes de regressão ( $R^2 = 0,4113$ ) mostraram que a distância dos estuários pode explicar a diminuição das partículas de microplásticos no sedimento das praias estudadas (Figura 2).

**Figura 2** - (A) Abundância dos microplásticos (média  $\pm$  erro padrão) em sedimentos de diferentes praias. (B) Relação entre a abundância das partículas de microplásticos em sedimentos de praia em relação à distância do estuário (km).



**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2021

Foi observado que a proximidade com o estuário contribuiu para a presença dos microplásticos nas praias. De acordo com Jayasiri, Purushothaman e Vennila (2013), o fator da corrente afeta a presença dessas partículas em sedimentos de praias urbanas e não urbanas, onde estudos como o de Wessel et al. (2016) evidenciaram que locais com maior exposição direta às correntes marinhas e ao

fluxo das marés tendem a apresentar uma maior abundância de microplástico. Além disso, é recorrente que ambientes adjacentes às praias podem afetar a distribuição dos resíduos plásticos, embora ainda não se tenha uma resposta clara sobre estes resultados. Entretanto, Colton, Knalpp e Burns (1974) demonstrou que havia uma forte relação entre as descargas residuais em rios ou estuários, com a presença de *pellets* nos ambientes marinhos e, Kumar e Varghese (2021) observaram que a zona onde havia a maior interferência humana teria apresentado a maior presença de partículas de microplástico.

Segundo Browne et al. (2011) e Seto (2011), os estuários, em particular, vêm recebendo cada vez mais uma constante descarga de resíduos plásticos, muito disso se explica pelo constante desenvolvimento dos grandes centros urbanos próximos a esse ambiente e, conseqüentemente, a vazão advinda desses locais tende a assumir uma forma de pluma, que descarrega nutrientes e detritos nos sistemas oceânico (SCHMIDT; KRAUTH; WAGNER, 2017). A relação positiva entre a proximidade das praias, a foz do estuário do rio Paraíba e a abundância dos microplásticos evidenciaram esse fenômeno.

O estuário do rio Paraíba é caracterizado pela alta descarga de poluentes advinda da alta demanda populacional em seu entorno. Embora sua pluma seja relativamente pequena (o que leva a um menor poder de dispersão), quando somada a fatores como regime de ondas (PREVENIOS et al., 2018), força da corrente marinha (JAYASIRI; PURUSHOTHAMAN; VENNILA, 2013), ação dos ventos e das ondas (BROWNE; GALLOWAY, 2010), ela acaba por depositar uma série de nutrientes e partículas no oceano e nos ambientes adjacentes, podendo assim também levar a dispersão de microplásticos nas praias. Assim, é possível definir que quanto mais próximo uma praia estiver dessa pluma maior será a influência que ela exercerá na descarga de componentes no sedimento desse ambiente.

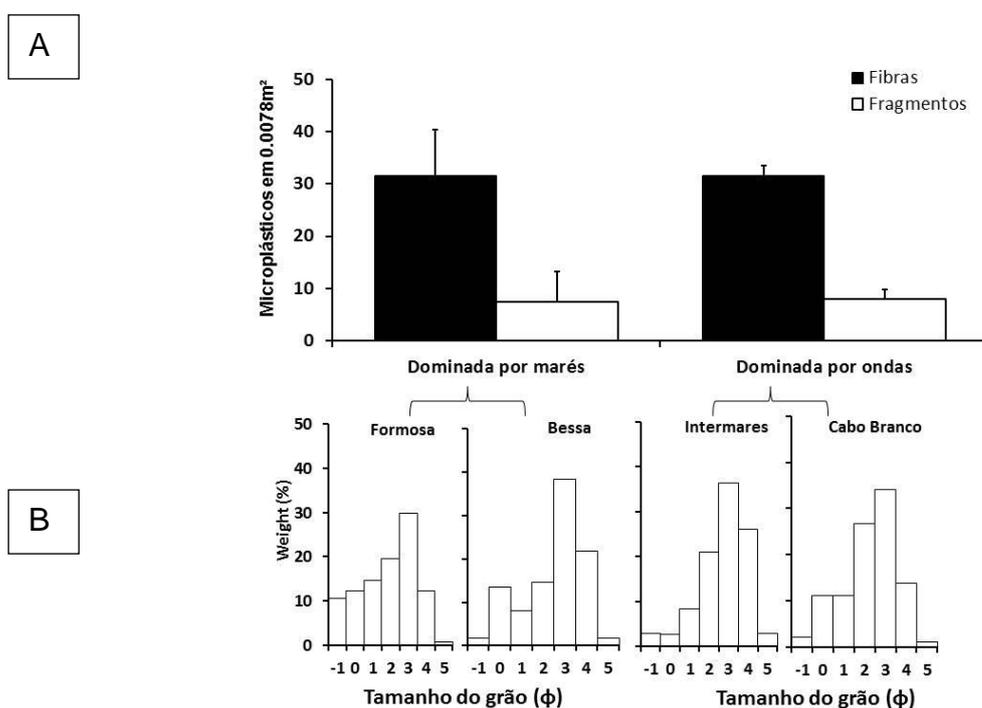
Estudos como o de Ramos et al. (2018) que acompanham os plásticos desde a sua origem até o seu possível destino final se fazem importantes para melhor atestar essa perspectiva. Embora nosso estudo tenha elucidado como as descargas advindas dos estuários podem influenciar a presença e abundância de microplásticos nas praias, se faz necessário, ainda, um acompanhamento que considere outros fatores em conjunto, para estabelecer um parâmetro de como

essas partículas se locomovem desde sua fonte natural até os ambientes marinhos, já que a maior parte dos estudos, assim como este, observa os fatores de maneira isolada e não em conjunto.

### 3.3 Variação nas praias dominadas por maré e por ondas

As praias dominadas por maré (Formosa e Bessa) apresentaram presença de microplásticos significativamente maior no sedimento que as praias dominadas por ondas (Intermares e Cabo Branco) ( $t = 2,147$ ;  $p = 0,039$ ) (Figura 3). Destaca-se que as partículas de microplásticos aumentaram em abundância nas praias que apresentaram maior relação com sedimentos mais finos, fortemente relacionadas às praias Formosa e Intermares, onde o teor de sedimentos finos foi alto (Figura 3B).

**Figura 3 -** (A) Abundância das partículas de microplástico (média  $\pm$  erro padrão) em sedimentos em praias dominadas pelas marés e pelas ondas. (B) Tamanho médio de grão do sedimento ( $\Phi$ ) de cada praia localizada ao longo da costa paraibana, Brasil. Classes de tamanho de grão classificadas de acordo com Wentworth (1922).



**Fonte:** Elaborada pelo autor, 2021

As praias dominadas por marés com sedimento mais fino tiveram um maior número de partículas. Isso pode ser explicado por uma relação existente entre a espessura do sedimento e o hidrodinamismo da praia arenosa. Masselink et al. (1998) afirma que quanto menor for a espessura do sedimento e o hidrodinamismo,

maior será a possibilidade de deposição de microplásticos, enquanto que sedimentos mais espessos e com alto hidrodinamismo tendem a dificultar o assentamento de partículas.

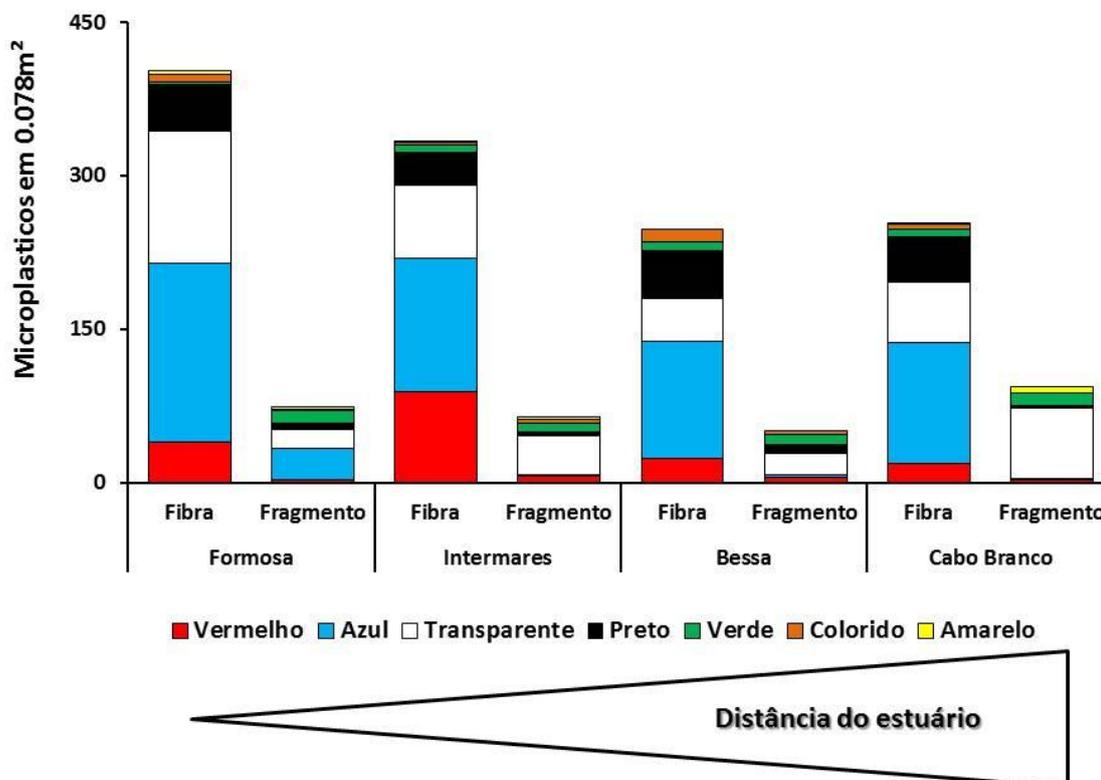
Neste estudo foi observado que as praias de sedimento mais fino (Formosa e Bessa) apresentaram um elevado número de partículas, provavelmente pela semelhança entre as espessuras dos sedimentos, bem como pela ação de outros fatores, tais como o hidrodinamismo, o que pode estar relacionado com o fato de que não apenas o fator da espessura do sedimento deve ser levado em conta para que ocorra o assentamento de microplásticos nas praias, mas também as ações hidrodinâmicas. Browne e Galloway. (2010) não observaram essa relação.

A praia que mais apresentou microplásticos foi a praia de Formosa, que se apresenta tanto com uma baixa espessura de sedimentos como com um baixo hidrodinamismo, corroborando com Masselink, et al (1998) no que diz respeito ao assentamento de partículas, demonstrando assim, a importância da utilização destes dois parâmetros para uma melhor compreensão sobre como ocorre o assentamento dos microplásticos nos sedimentos de praias.

### **3.4 Relação entre as cores do microplástico**

Todos os tipos e cores de microplásticos foram encontrados no sedimento de todas as praias, e os microplásticos coloridos constituíram a maioria das partículas (Figura 4). Sua composição apresenta pouca variação ao longo das praias, sendo as azuis, vermelhas e transparentes predominantes (79%) neste estudo. O maior registro de abundância de fragmentos transparentes ocorreu em praias dominadas por ondas (Intermares e Cabo Branco) (Figura 4).

**Figura 4** - Composição e abundância de diferentes cores das partículas de microplásticos coletadas em quatro praias localizadas ao longo do litoral paraibano, Brasil.



**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2021

Algumas possíveis explicações para esse ocorrido foram observado por Lavers, Opel e Bond (2016), que sugeriu uma tendência por parte do observador a detectar mais facilmente os microplásticos de cor azul, o que se deve ao seu alto nível de contraste no sedimento. Acredita-se que esse pode ser um dos fatores que explicam os altos níveis de detecção de microplásticos de coloração azul neste estudo. Contudo vale ressaltar que, embora a metodologia de Lavers, Opel e Bond (2016) tenha sido diferente da deste estudo, o princípio ainda é aplicável neste trabalho, já que a percepção do observador ainda se faz necessária.

O principal fator que pode vir a explicar a presença massiva dos microplásticos de coloração azul é o constante uso nesta região de utensílios para pesca e aquarismo, sendo bem recorrente não só no estuário próximo às praias, mas também nas próprias praias (redes de pesca e cordas), o que pode interferir direta ou indiretamente na quantidade dessas partículas, fato normalmente observado em outros estudos (NAJI; ESMAILI; KHAN, 2017; STOLTE et al., 2015).

Outra coloração de partícula que teve uma grande importância neste estudo foi a transparente. Um fator que pode vir a explicar a observação abundante desta coloração, seria o fato das amostragens terem ocorrido em um período anual, permitindo que os estoques permanentes fossem melhor evidenciados, pois segundo Prevenious et al. (2018), estudos com amostragens anuais tendem a observar os estoques permanentes no sedimento.

Sendo assim, inferimos que os microplásticos transparentes observados nesse estudo, tratam-se de partículas permanentes, ou seja, que encontravam-se há um tempo relativamente grande nesses ambientes, e conseqüentemente, devem ter sofrido uma forte ação das intempéries naturais ao qual estes ambientes estão propensos, dentre eles, uma que se destaca é a forte ação da radiação UV, que segundo Andrady et al. (2017) tende a acelerar o processo de degradação dessas partículas, o que conseqüentemente tende a influenciar o processo de descoloração.

## 5 CONCLUSÃO

Os microplásticos estão cada vez mais presentes nos ambientes marinhos e há uma gama de estudos que evidenciam este fato, entretanto, em certos ambientes como as praias, ainda há muito a ser observado. Neste estudo foi possível detectar que tanto a influência de fatores como a proximidade do estuário e o tipo de sedimento podem atuar na presença e permanência de microplásticos nas praias, o que pode auxiliar em estratégias de manejo em relação à poluição indireta que é a advinda dos estuários, bem como na poluição direta, que vem do turismo e de outras atividades humanas.

## REFERÊNCIAS

ACOSTA-COLEY, Isabel; OLIVERO-VERBEL, Jesus. Microplastic resin pellets on an urban tropical beach in Colombia. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 187, n. 7, p. 435, 2015.

ADANE, Legesse; MULETA, Diriba. Survey on the usage of plastic bags, their disposal and adverse impacts on environment: A case study in Jimma City, Southwestern Ethiopia. **Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences**, v. 3, n. 8, p. 234-248, 2011.

ALVARES, Clayton Alcarde et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANDRADY, Anthony L. Microplastics in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1596-1605, 2011.

ARTHUR, Courtney; BAKER, Joel E.; BAMFORD, Holly A. Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastic Marine Debris, September 9-11, 2008, University of Washington Tacoma, Tacoma, WA, USA. 2009.

BARNES, David KA 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.

BRANDON, Jennifer A.; JONES, William; OHMAN, Mark D. Multidecadal increase in plastic particles in coastal ocean sediments. **Science Advances**, v. 5, n. 9, p. eaax0587, 2019.

BROWNE, Mark A.; GALLOWAY, Tamara S.; THOMPSON, Richard C. Spatial patterns of plastic debris along estuarine shorelines. **Environmental Science & Technology**, v. 44, n. 9, p. 3404-3409, 2010

BROWNE, Mark Anthony et al. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. **Environmental Science & Technology**, v. 45, n. 21, p. 9175-9179, 2011.

CALLIARI, Lauro Júlio et al. Morfodinâmica praial: uma breve revisão. **Revista Brasileira de Oceanografia**, v. 51, p. 63-78, 2003.

CESA, Flavia Salvador; TURRA, Alexander; BARUQUE-RAMOS, Julia. Synthetic fibers as microplastics in the marine environment: a review from textile perspective with a focus on domestic washings. **Science of the Total Environment**, v. 598, p. 1116-1129, 2017.

COLTON, John B.; KNAPP, Frederick D.; BURNS, Bruce R. Plastic particles in surface waters of the northwestern Atlantic. **Science**, v. 185, n. 4150, p. 491-497, 1974.

DE JESUS PIÑON-COLIN, Teresita et al. Microplastics on sandy beaches of the Baja California Peninsula, Mexico. **Marine Pollution Bulletin**, v. 131, p. 63-71, 2018.

EERKES-MEDRANO, Dafne; THOMPSON, Richard C.; ALDRIDGE, David C. Microplastics in freshwater systems: a review of the emerging threats, identification of

knowledge gaps and prioritisation of research needs. *Water research*, v. 75, p. 63-82, 2015.

ENDERS, Kristina et al. Abundance, size and polymer composition of marine microplastics  $\geq 10 \mu\text{m}$  in the Atlantic Ocean and their modelled vertical distribution. *Marine Pollution Bulletin*, v. 100, n. 1, p. 70-81, 2015.

EO, Soeun et al. Abundance, composition, and distribution of microplastics larger than  $20 \mu\text{m}$  in sand beaches of South Korea. *Environmental Pollution*, v. 238, p. 894-902, 2018.

FARRELL, Paul; NELSON, Kathryn. Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environmental Pollution*, v. 177, p. 1-3, 2013.

GAMBARDELLA, Chiara et al. Ecotoxicological effects of polystyrene microbeads in a battery of marine organisms belonging to different trophic levels. *Marine Environmental Research*, v. 141, p. 313-321, 2018.

HOUSTON, James R. The economic value of beaches: a 2008 update. *Shore and Beach*, v.76, n.3, p. 22-26, 2008.

JAYASIRI, H. B.; PURUSHOTHAMAN, C. S.; VENNILA, A. Quantitative analysis of plastic debris on recreational beaches in Mumbai, India. *Marine Pollution Bulletin*, v. 77, n. 1-2, p. 107-112, 2013.

JEDRZEJCZAK, M. F. The modern tourist's perception of the beach: Is the sandy beach a place of conflict between tourism and biodiversity. *Coastline Reports*, v. 2, p. 109-119, 2004

JONES, A.; GLADSTONE, W.; HACKING, N. Australian sandy-beach ecosystems and climate change: ecology and management. *Australian Zoologist*, v. 34, n. 2, p. 190-202, 2007.

KARAPANAGIOTI, Hrisi K.; KLONTZA, Irene. Testing phenanthrene distribution properties of virgin plastic pellets and plastic eroded pellets found on Lesbos island beaches (Greece). **Marine Environmental Research**, v. 65, n. 4, p. 283-290, 2008.

KIM, In-Sung et al. Factors influencing the spatial variation of microplastics on high-tidal coastal beaches in Korea. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 69, n. 3, p. 299-309, 2015.

KUMAR, Ashwini Suresh; VARGHESE, George K. Microplastic pollution of Calicut beach-Contributing factors and possible impacts. **Marine Pollution Bulletin**, v. 169, p. 112492, 2021.

LAVERS, Jennifer L.; OPPEL, Steffen; BOND, Alexander L. Factors influencing the detection of beach plastic debris. **Marine Environmental Research**, v. 119, p. 245-251, 2016.

LI, Jia et al. Characterization, source, and retention of microplastic in sandy beaches and mangrove wetlands of the Qinzhou Bay, China. **Marine Pollution Bulletin**, v. 136, p. 401-406, 2018.

LI, Changjun et al. Pelagic microplastics in surface water of the Eastern Indian Ocean during monsoon transition period: abundance, distribution, and characteristics. **Science of the Total Environment**, v. 755, p. 142629, 2021.

LONG, Marc et al. Interactions between polystyrene microplastics and marine phytoplankton lead to species-specific hetero-aggregation. **Environmental Pollution**, v. 228, p. 454-463, 2017.

LOZOYA, J. P. et al. Plastics and microplastics on recreational beaches in Punta del Este (Uruguay): unseen critical residents?. **Environmental Pollution**, v. 218, p. 931-941, 2016.

MASSELINK, Gerhard; SHORT, Andrew D. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. **Journal of Coastal Research**, p. 785-800, 1993.

MASSELINK, Gerhard. The effect of sea breeze on beach morphology, surf zone hydrodynamics and sediment resuspension. **Marine Geology**, v. 146, n. 1-4, p. 115-135, 1998.

MOORE, C. J.; LATTIN, G. L.; ZELLERS, A. F. Quantity and type of plastic debris flowing from two urban rivers to coastal waters and beaches of Southern California. **Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 11, n. 1, p. 65-73, 2011.

MOUNTFORD, A. S.; MORALES MAQUEDA, M. A. Eulerian Modeling of the Three- Dimensional Distribution of Seven Popular Microplastic Types in the Global Ocean. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 124, n. 12, p. 8558-8573, 2019.

NAJI, Abolfazl; ESMAILI, Zinat; KHAN, Farhan R. Plastic debris and microplastics along the beaches of the Strait of Hormuz, Persian Gulf. **Marine Pollution Bulletin**, v. 114, n. 2, p. 1057-1062, 2017.

NELMS, Sarah E. et al. Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. **Environmental pollution**, v. 238, p. 999-1007, 2018.

PREVENIOS, Michael et al. Beach litter dynamics on Mediterranean coasts: Distinguishing sources and pathways. **Marine pollution bulletin**, v. 129, n. 2, p. 448-457, 2018.

RAMOS, Agung et al. Microplastic tracking from Pacific garbage to Northern Indonesia Sea. **Jurnal Perspektif Pembiayaan dan Pembangunan Daerah**, v. 6, n. 1, p. 87-96, 2018.

SCHMIDT, Christian; KRAUTH, Tobias; WAGNER, Stephan. Export of plastic debris by rivers into the sea. **Environmental Science & Technology**, v. 51, n. 21, p. 12246-12253, 2017.

SETO, Karen C. Exploring the dynamics of migration to mega-delta cities in Asia and Africa: Contemporary drivers and future scenarios. **Global Environmental Change**, v. 21, p. S94-S107, 2011.

SHORT, Andrew D.; KLEIN, Antonio Henrique da F. (Ed.). **Brazilian Beach Systems**. Springer, 2016.

STOLTE, Andrea et al. Microplastic concentrations in beach sediments along the German Baltic coast. **Marine Pollution Bulletin**, v. 99, n. 1-2, p. 216-229, 2015.

TER HALLE, Alexandra et al. Understanding the fragmentation pattern of marine plastic debris. **Environmental Science & Technology**, v. 50, n. 11, p. 5668-5675, 2016.

THORNTON, Laura; JACKSON, Nancy L. Spatial and temporal variations in debris accumulation and composition on an estuarine shoreline, Cliffwood Beach, New Jersey, USA. **Marine Pollution Bulletin**, v. 36, n. 9, p. 705-711, 1998.

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

VANDRESEN, Mariana. **Influência dos estuários na abundância de microplásticos superficiais da região centro-norte de Santa Catarina, Brasil**. 2017. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado em oceanografia)- Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de ciências físicas e matemáticas – CFM, curso de oceanografia, Florianópolis, 2017.

VASCONCELOS, Renata Wilma et al. Soil organic matter and soil acidity in Mangrove areas in the river Paraiba Estuary, Cabedelo, Paraiba, Brazil. **Eurasian Journal of Soil Science**, v. 3, n. 3, p. 157, 2014.

VERMEIREN, Peter; MUÑOZ, Cynthia C.; IKEJIMA, Kou. Sources and sinks of plastic debris in estuaries: a conceptual model integrating biological, physical and chemical distribution mechanisms. **Marine Pollution Bulletin**, v. 113, n. 1-2, p. 7-16, 2016.

WANG, Jundong et al. The behaviors of microplastics in the marine environment. **Marine Environmental Research**, v. 113, p. 7-17, 2016.

WESSEL, Caitlin C. et al. Abundance and characteristics of microplastics in beach sediments: insights into microplastic accumulation in northern Gulf of Mexico estuaries. **Marine Pollution Bulletin**, v. 109, n. 1, p. 178-183, 2016.

WENTWORTH, Chester K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **The Journal of Geology**, v. 30, n. 5, p. 377-392, 1922.

WILCOX, Chris; HARDESTY, Britta Denise; LAW, Kara Lavender. Abundance of floating plastic particles is increasing in the Western North Atlantic Ocean. **Environmental Science & Technology**, v. 54, n. 2, p. 790-796, 2019.

YIN, Liyun et al. Polystyrene microplastics alter the behavior, energy reserve and nutritional composition of marine jacoever (*Sebastes schlegelii*). **Journal of Hazardous Materials**, v. 360, p. 97-105, 2018.

YU, Xubiao et al. Occurrence of microplastics in the beach sand of the Chinese inner sea: the Bohai Sea. **Environmental Pollution**, v. 214, p. 722-730, 2016.

ZHOU, Qian et al. The distribution and morphology of microplastics in coastal soils adjacent to the Bohai Sea and the Yellow Sea. **Geoderma**, v. 322, p. 201-208, 2018.

### **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao CNPQ por fomentar esta pesquisa, e a UEPB por permitir meus estudos até aqui.