



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS - CFM
CURSO DE OCEANOGRAFIA**

Mariana Vandresen

**INFLUÊNCIA DOS ESTUÁRIOS NA ABUNDÂNCIA DE MICROPLÁSTICOS
SUPERFICIAS DA REGIÃO CENTRO-NORTE DE SANTA CATARINA, BRASIL.**

Florianópolis, SC
2017

Mariana Vandresen

**INFLUÊNCIA DOS ESTUÁRIOS NA ABUNDÂNCIA DE MICROPLÁSTICOS
SUPERFICIAS DA REGIÃO CENTRO-NORTE DE SANTA CATARINA, BRASIL.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para graduação no curso de bacharelado em Oceanografia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Alessandra Larissa D'Oliveira
Fonseca

Florianópolis, SC

2017

AGRADECIMENTOS

Ao Guilherme Dos Santos (Veleiro Proteus), Gustavo Kern e Claudio Copello (Veleiro Vida Morena), por proporcionar as coletas à bordo, viabilizando o desenvolvimento do presente estudo.

Ao PPGMAR, pelo apoio à atividade embarcada (PAAE) e as empresas: Ocean Drop®, Conceito Uniformes® e Catarina Náutica® pelo apoio financeiro destinado a esse trabalho.

Agradece especialmente a profª Drª Alessandra Fonseca, que acreditou e tornou possível a realização do presente estudo, além de financiar todo o material necessário para a confecção da rede de coleta.

À equipe do Veleiro ECO (UFSC), a EPAGRI/CIRAM, o setor de Hidráulica (UFSC), o Laboratório de Oceanografia Química, o Laboratório de Crustáceos e Plâncton e Núcleo de Estudos do Mar pelo suporte instrumental e receptividade.

À profª Drª Andrea Freire, prof Dr. Felipe Pimenta e Profª Drª Juliana Leonel, por incentivar e tirar dúvidas, tornando esse trabalho mais completo.

Por último e não menos importante, a autora agradece a todos os amigos e familiares que estiveram presentes nesta caminhada, que tanto alegraram e auxiliaram, sempre incentivando a conquistar novos objetivos. Agradece também a Turma VI, que mostrou que oceanografia vai além de dificuldades, notas, de um curso e/ou profissão, vocês foram essenciais nesta conquista e mostraram o significado de união.

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar a ocorrência de microplásticos (MP) flutuantes, utilizando-se de arrastos superficiais com rede manta, comparando regiões estuarinas com regiões mais afastadas da costa. Seis estações foram amostradas em triplicata entre Itajaí e Tijucas (SC) (N=18). Maior quantidade de MP foi encontrado nas estações próximas à desembocadura ($2.12 \pm 2,01$ itens.m⁻³) em relação às estações mais afastadas dos estuários ($0.25 \pm 0,10$ itens.m⁻³). Os resultados indicam que os estuários são exportadores MP (total 317.892 itens.hora⁻¹), que podem afetar o ecossistemas e atividades locais, como a pesca, cultivo de ostras e turismo.

Palavras-chave: Poluição. Lixo marinho. Detritos plásticos. Rede manta. Oceano Atlântico Sul.

ABSTRACT

The aim of this study was to assess floating microplastic (MP) presences using superficial manta net, comparing the estuaries regions and regions further away from the coastline. Six stations were sampled in triplicate between Itajaí and Tijucas (SC) (n=3). The largest amount of MP was found in stations next to river mouths ($2.12 \pm 2,01$ items.m⁻³) in relation to stations farthest from the coastline ($0.25 \pm 0,10$ items.m⁻³). The results suggest that the estuaries are MP exporters (total 317,892 items.hour⁻¹), that could affect the ecosystem and local activities, such as fishing, oyster farming and tourism.

Key-words: Pollution. Marine debris. Plastic detritus. Manta net. Southern Atlântic.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Potenciais vias de transporte de microplástico e interações biológicas. Fonte: (Wright et al., 2013)..... 11
- Figura 2. Quantidade e ocorrência de microplásticos relatados no ambiente marinho e interações com a biota. Estrelas, quadrados e círculos representam o número médio de itens por metro cúbico de água do mar (símbolos negros) ou sedimentos (símbolos abertos) observados e/ou estimados. Fonte: IVAR DO SUL; COSTA (2014). 12
- Figura 3. Localização da área de estudo, desembocadura dos rios Itajaí (PI), Bal. Camboriú (PC) e Tijucas (PT) e respectivas áreas controle (CI, CC e CT) localizadas sob a isóbata de 30 m em Santa Catarina, sul do Brasil. 15
- Figura 4. Rede sendo lançada para coleta. Foto: Gustavo Kern..... 17
- Figura 5. Classificação de materiais encontrados por categoria, sendo (a) fragmento plástico, (b) isopor, (c) pellet plástico, (d) linhas sintéticas e (e) emaranhado de linhas sintéticas..... 18
- Figura 6. Diagrama Temperatura (°C) x Salinidade nas estações amostrais, sendo em vermelho: PI (Pluma de Itajaí); PC (Pluma de Camboriú); PT (Pluma de Tijucas). Em azul: CI (Controle de Itajaí); CC (Controle de Camboriú); CT (Controle de Tijucas). 20
- Figura 7. Imagem do satélite Landsat 8 referente a área de estudo no dia 02/08/2017, sendo PI: Pluma de Itajaí; PC: Pluma de Camboriú; PT: Pluma de Tijucas; CI: Controle de Itajaí; CC: Controle de Camboriú; CT: Controle de Tijucas..... 21
- Figura 8. Média de fragmentos plásticos (frag.m-3) e média total de itens (itens.m-3) para cada estação amostral, sendo PI: Pluma de Itajaí; PC: Pluma de Camboriú; PT: Pluma de Tijucas; CI: Controle de Itajaí; CC: Controle de Camboriú; CT: Controle de Tijucas. 23
- Figura 9. Médias de temperatura (°C) x salinidade com respectivas concentrações de itens.m-3 por estação, sendo PI: Pluma de Itajaí; PC: Pluma de Camboriú; PT: Pluma de Tijucas; CI: Controle de Itajaí; CC: Controle de Camboriú; CT: Controle de Tijucas. 24
- Figura 10. MDS dos dados de microplásticos (itens.m-3) por categoria, temperatura (°C) e salinidade das amostras das plumas (•) e controle (◦). Sobreposição dos vetores da correlação de Spearman. 25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Quantidade (itens.m3) de material representados por: Média (\bar{x}) \pm dp, mínimo - máximo por categoria e média total nas estações amostrais N=3.....	22
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

MP – Microplásticos

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration

SUMÁRIO

RESUMO

1.	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS	13
2.1	OBJETIVO GERAL	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	METODOLOGIA	14
3.1	ÁREA DE ESTUDO	14
3.2	DESENHO AMOSTRAL	16
3.3	COLETA.....	16
3.4	PROCESSAMENTO EM LABORATÓRIO	18
3.5	ANÁLISE DE DADOS	19
4	RESULTADOS.....	20
5	DISCUSSÃO	26
6	CONCLUSÃO	31
7	SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	32
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

1. INTRODUÇÃO

Dois terços da população mundial está concentrada na zona costeira, tendo impacto significativo nas margens dos oceanos (Cicin-Sain et al., 1998). O último censo demográfico estimou que 24,6% da população brasileira reside na zona costeira, concentrando-se em 4,1% da área total do território nacional (IBGE, 2010). O adensamento populacional na zona costeira gera maior produção e, portanto, maior descarte de materiais de difícil degradação, que se transformam em lixo, os quais nem sempre recebem destinação adequada (Costa and Souza, 2002). Assim, ambientes marinhos podem tornar-se receptores de vários elementos de origem antrópica, que estão se acumulados nesses ambientes (Derraik, 2002; Ryan and Moloney, 1993).

Exemplo dessa ocupação se dá pelo fato que aproximadamente 60% das grandes cidades cresceram nos arredores de estuários, ambientes costeiros onde ocorre a mistura de águas fluviais com águas do oceano adjacente, resultando em certa diluição da água salgada (Miranda et al., 2002). Também são ambientes responsáveis pela exportação de materiais antrópicos proveniente do continente para a plataforma adjacente (Browne, 2010; Trochimczuk and Schettini, 2003), sendo que a maior parte dos materiais antrópicos são transportados offshore por correntes associadas à plumas estuarinas (Barnes et al., 2009).

A contaminação por resíduos sólidos, em uma perspectiva global, é uma das cinco classes consideradas críticas para os oceanos (Kennish, 1996). Os resíduos sólidos são classificados como materiais nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços e de varrição (ABNT, 2004).

Dentre o lixo marinho, os plásticos são os mais encontrados na maioria dos estudos em diferentes locais, até mesmo nos ambientes mais remotos (Derraik, 2002). A matéria plástica é constituída por polímeros, principalmente orgânicos e sintéticos, derivados do petróleo (Piatti and Rodrigues, 2005). Milhões de toneladas de plástico são produzidas anualmente, produção que excedeu 310 milhões de toneladas em 2014 (Plastics Europe, 2015).

O lixo plástico marinho pode ser classificado de acordo com o seu tamanho: a) os microplásticos (MP) com tamanho inferior a 5 milímetros (mm) (Andrady, 2011; Barnes et al., 2009; Lippiatt et al., 2013); b) entre 5 mm e 2,5 centímetros (cm) são

denominados mesoplásticos, e os maiores que 2,5 cm são chamados de macropásticos (Lippiatt et al., 2013). Os micropásticos primários são diretamente liberados no ambiente em forma de pequenos grânulos (Fig.1), utilizados principalmente em cosméticos faciais (Zitko and Hanlon, 1991). Enquanto, os micropásticos secundários são oriundos da quebra mecânica de plásticos maiores (Andrady, 2011).

Os plásticos estão presentes em todos os oceanos e os padrões de distribuição na coluna d'água são controlados principalmente por ventos e correntes marinhas, assim, podem ser depositados nos ambientes costeiros, bem como transportados por longas distâncias (Barnes et al., 2009; Debrot et al., 1999). Outros fatores, como o uso das praias, também podem influenciar na distribuição de detritos marinhos em determinadas praias (Widmer and Hennemann, 2010). Intensidade da descarga fluvial e fatores como amplitude de maré, precipitação e ventos afetam na distribuição das plumas costeiras (Miranda et al., 2002), sendo importantes também no transporte de material na interface terra-mar, incluindo os micropásticos (Browne, 2010).

Uma vez inseridos no ambiente marinho (Fig. 1), os micoplásticos ficam suscetíveis a processos físicos e biológicos que ocorrem na superfície e na coluna d'água (Wright et al., 2013).

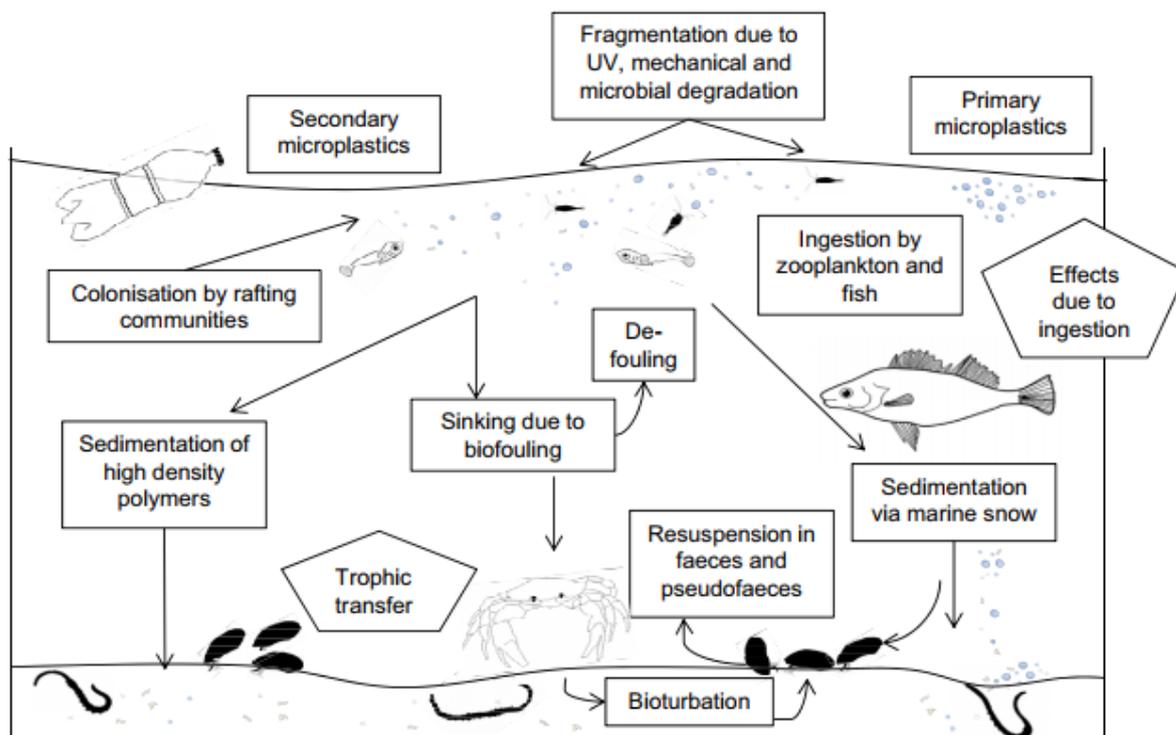


Figura 1. Potenciais vias de transporte de microplástico e interações biológicas. Fonte: (Wright et al., 2013).

Os materiais plásticos podem persistir por décadas no ambiente, mesmo quando sujeitos à radiação solar, imersos nos sedimentos e na água. A degradação é uma modificação química que altera o peso molecular dos polímeros e altera a resistência deste material, neste processo os plásticos ficam mais quebradiços até se fragmentarem (Andrady, 2011), possibilitando a ingestão por pequenos vertebrados marinhos (Barnes et al., 2009; Thompson et al., 2009; Wright et al., 2013). A consequência da degradação é alteração da rugosidade do material plástico, que pode facilitar a adesão de microorganismos e formação de biofilmes, alterando a densidade e flutuabilidade do material (Rummel et al., 2017).

Além de persistentes, maior parte desses materiais plásticos possuem aditivos químicos nocivos como Bisfenol A, BPA e ésteres, que podem ser ingeridos de maneira direta ou indireta pelo ser humano (Thompson et al., 2009; Wagner and Oehlmann, 2009). Diversos autores relatam problemas negativos causados pela presença e acúmulo resíduos sólidos no ambiente natural e os efeitos deletérios na biota marinha, principalmente por ingestão ou estrangulamento (Ivar do Sul and Costa, 2014; Wright et al., 2013). O lixo marinho prejudica também as atividades

turísticas e econômicas, o potencial cênico, a saúde pública, a segurança humana e a qualidade de vida (Ivar do Sul and Costa, 2007; Leite et al., 2014).

Portanto, estudos para compreender a entrada destes materiais e seus impactos no sistema marinho e costeiro são urgentes. Ainda há uma enorme lacuna de conhecimento sobre microplásticos no Oceano Atlântico Sul, a quantidade de estudos é limitada ao macro e/ou megaplásticos e são raros os que possuem enfoque nos microplásticos. De acordo com Ivar do Sul e Costa (2014), estudos sobre microplástico em ambiente estuarino, potenciais receptores de materiais antrópicos, são quase inexistentes para o Oceano Atlântico Sul (Fig. 2).

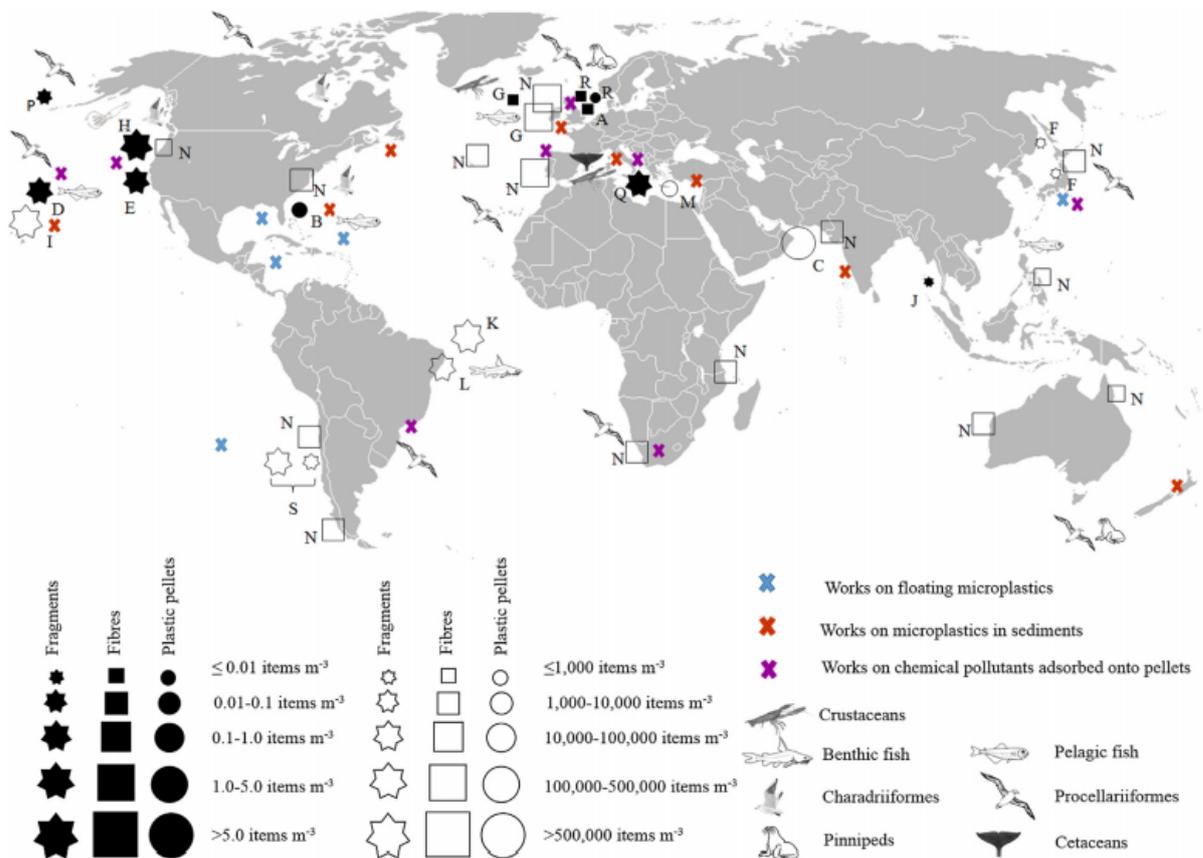


Figura 2. Quantidade e ocorrência de microplásticos relatados no ambiente marinho e interações com a biota. Estrelas, quadrados e círculos representam o número médio de itens por metro cúbico de água do mar (símbolos negros) ou sedimentos (símbolos abertos) observados e/ou estimados. Fonte: IVAR DO SUL; COSTA (2014).

Considerando que os estuários são ambientes exportadores de materiais antrópicos para o oceano adjacente, a hipótese do presente estudo é que há maior concentração de MP em ambientes estuarinos em relação a áreas mais afastadas da costa na região centro-norte de Santa Catarina.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a abundância de micoplásticos na água superficial da região centro-norte do estado de Santa Catarina, comparando plumas de regiões estuarinas com áreas marinhas sob a isóbata de 30 metros.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I – Identificar a distribuição espacial de micoplásticos na área de estudo;
- II - Comparar regiões estuarinas urbanizadas e regiões marinhas afastadas do efeito da pluma destes estuários para verificar onde há maior concentração de materiais;
- III – Detectar as possíveis fontes poluidoras de materiais sintéticos para a região de estudo, a partir da análise quali-quantitativa de tais materiais.

3 METODOLOGIA

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende os municípios de Itajaí ($26^{\circ}54'47.9''S$ $48^{\circ}37'56.8''O$), e se estende até o município de Tijucas ($27^{\circ}15'17.6''S$ $48^{\circ}35'00.6''O$), incluindo os estuários de Itajaí, Balneário Camboriú e de Tijucas e áreas adjacentes (Fig. 3). De acordo com a classificação de Köpen, o clima da região é subtropical úmido e com chuvas bem distribuída ao longo do ano, a temperatura média é superior a $18^{\circ}C$ e a média de precipitação anual é de 1400mm (Gaplan, 1986).

As marés são caracterizadas como micromarés ($<2m$), com regime semidiurno para o porto de Itajaí. A altura média de maré é de 0,8m na desembocadura do rio Itajaí, com mínima de 0,3m em marés de quadratura e 1,2m em marés de sizígia (Schettini et al., 1998).

As massas de água da plataforma interna podem variar com os fatores oceanográficos e atmosféricos, mas são características da região: Água Costeira (AC) e Água Tropical (AT) para a porção superficial (Schettini, 2002). Dentre as massas de água superficiais, a AC geralmente apresenta temperatura variável e salinidade inferior a 34 ou menor que 30, em períodos de maior descarga fluvial, enquanto a AT apresenta temperatura superior a $22^{\circ}C$ e salinidade superior a 35 (Castro F, 1990; Schettini, 2002).

A bacia hidrográfica do rio Itajaí-Açú possui aproximadamente 15.500 km² de drenagem, sendo a maior bacia hidrográfica do estado de Santa Catarina, compreendendo 16% do território estadual (Pereira et al., 2010). O estuário do rio Itajaí apresenta alta estratificação, onde a descarga fluvial é o principal fator que controla processos como transporte e mistura (Schettini, 2002). De acordo com o mesmo autor, a descarga média é de 228m³/s com mínimo de 17m³/s em épocas com menor descarga fluvial e máxima de 5390 m³/s quando há maior descarga fluvial.

Abrangendo 53 municípios, destes, 47 por completo e 6 parcialmente, a bacia abriga cerca de 1 milhão de habitantes sendo que 183.373 habitantes vivem em Itajaí, município que abriga a foz do rio (Águas SC, 2017a; IBGE, 2010). Este sistema apresenta grande importância econômica, devido ao porto de Itajaí e grande

número de indústrias pesqueiras instaladas em suas margens, além da importância ecológica para a zona costeira regional por ser o maior sistema fluvial do estado (Águas SC, 2017a).

O rio Camboriú drena uma área de 200 km² e possui cerca de 32 km de extensão, banhando os municípios de Camboriú e Balneário Camboriú (EPAGRI/CIRAM, 2017). A vazão média do rio Camboriú é estimada entre 3 e 6 m³/s (Pereira et al., 2002). A população inserida no complexo hidrográfico é 170 mil habitantes, destes, 108.089 residem em Balneário Camboriú, onde a principal atividade econômica é o turismo (IBGE, 2010).

O rio Tijucas possui vazão média de 24 m³/s, localizado mais ao sul, deságua na Baía de Tijucas, drenando uma área de 2.800 km² (Schettini et al., 2010). A população da bacia hidrográfica é de quase 140.000 habitantes, compreendendo 14 municípios, os quais apresentam potencial turístico, industrial e comercial (Águas SC, 2017b). Porém, a população do município de Tijucas é de apenas 30.960 habitantes, onde se destaca a indústria cerâmica (IBGE, 2010).

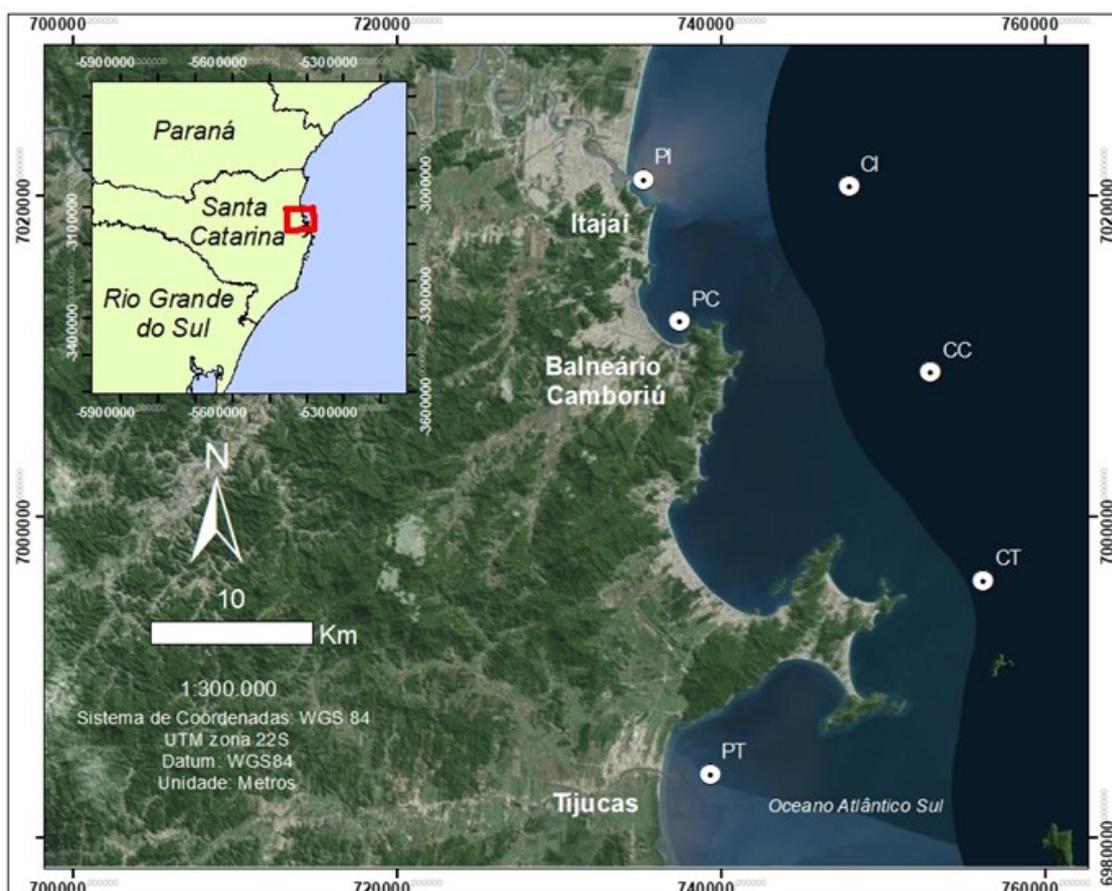


Figura 3. Localização da área de estudo, desembocadura dos rios Itajaí (PI), Bal. Camboriú (PC) e Tijucas (PT) e respectivas áreas controle (CI, CC e CT) localizadas sob a isóbara de 30 m em Santa Catarina, sul do Brasil.

3.2 DESENHO AMOSTRAL

Ao longo da área de estudo seis estações foram amostradas para quantificar e qualificar o microplástico nas águas superficiais. As águas das plumas dos rios Itajaí (PI), Camboriú (PC) e Tijucas (PT) foram amostradas concomitantes às águas das regiões da plataforma onde a influência das plumas estuarinas é menos significativa (CI, CC e CT), situadas na isóbata de 30 metros de profundidade e denominada de controle. Em cada estação, os arrastos foram realizados em triplicata, totalizando 18 amostragens.

3.3 COLETA

O método empregado para coletas de microplástico superficial é recomendado pela National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (Lippiatt et al., 2013), utilizando-se uma rede do tipo manta de 0,54 m abertura, 0,30 m de altura e 1,90 m de malha de 300 μm (Fig. 4).

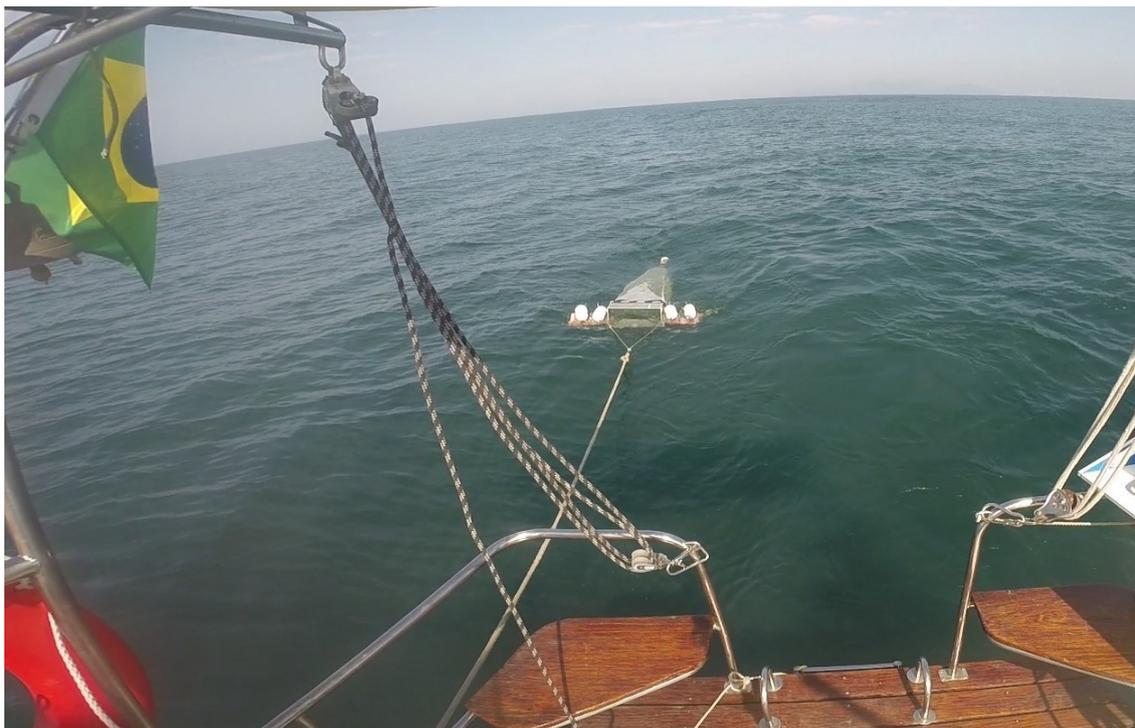


Figura 4. Rede sendo lançada para coleta. Foto: Gustavo Kern.

O tempo de arrasto foi adaptado do método citado, considerando a grande quantidade de material coletado, definido a partir de uma amostragem piloto. A rede permaneceu por cinco minutos fixos na água, com embarcação a 2 nós, variando entre 5:57 e 9:03 minutos até a retirada completa da água (conforme apêndice 1). Após o enxague da rede, todo o material coletado foi transferido para frascos plásticos identificados.

Para estimar o volume filtrado pela rede, utilizou-se o cálculo de volume de um paralelepípedo: **$V = \text{largura (0,54m)} \times \text{altura (0,18m)} \times \text{comprimento (distância em m)}$** , onde o comprimento é a distância percorrida por arrasto e a altura do nível da água na rede foi estimada em 0,18m para todos os arrastos (APÊNDICE 4), já que a rede não fica parcialmente imersa (Fig. 4).

Nas estações PI, PC e PT os arrastos foram realizados próximos ao horário de maré mais baixa, com o objetivo de coletar material exportado pelos estuários (ANEXO 1). As amostragens da estação PC foram realizadas no dia 28 de julho de 2017 durante a maré de sizígia, com altura de 0,3 m. Enquanto nas estações PT e PI, as coletas foram feitas nos dias 30 de julho 2017 e 01 de agosto de 2017 em maré de quadratura, com 0,4 e 0,5 m, respectivamente.

Para identificar diferentes massas de água, dados de temperatura e salinidade da água superficial foram coletados a cada cinco minutos com um salinity (conductivity) e temperature logger DST CT Star-oddi® rebocado durante a navegação. Para medir a distância de arrasto e localização das estações, utilizou-se o Sistema Global de Posicionamento - GPS de navegação Garmin e-trex 30. Dados meteorológicos como direção do vento, cobertura de nuvens, precipitação e Escala Beaufort também foram registrados durante a amostragem.

3.4 PROCESSAMENTO EM LABORATÓRIO

Adotou-se o método indicado pela NOAA (Masura et al., 2015) para a análise laboratorial, onde as amostras foram secadas, classificadas por tamanho e pesadas para posterior degradação da matéria orgânica (MO). Posteriormente, as amostras foram analisadas em lupa (Zeiss®), com aumento de até 100x. Todos os materiais sintéticos identificados foram contabilizados e classificados de acordo com o tipo e textura do material: (a) fragmento plástico, (b) isopor, (c) pellet plástico, (d) linhas sintéticas e (e) emaranhado de linhas sintéticas (Fig. 5). Após a triagem, as amostras foram novamente pesadas para mensurar o material seco total de cada amostra.

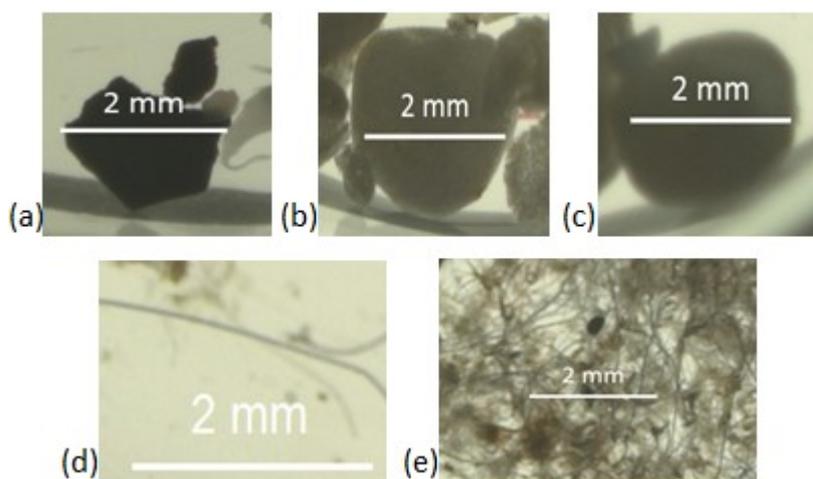


Figura 5. Classificação de materiais encontrados por categoria, sendo (a) fragmento plástico, (b) isopor, (c) pellet plástico, (d) linhas sintéticas e (e) emaranhado de linhas sintéticas.

A categoria “linha” consiste em linhas avulsas compostas por linhas de nylon ou tecido. Já a categoria “emaranhado” inclui linhas que foram quantificadas apenas

como um item, devido a grande densidade de material que encontrava-se unido, dificultando a contagem e identificação dos mesmos separadamente.

Os itens e peso de cada amostra foram divididos pelo volume de água estimado que passou pela rede durante o arrasto para ter a unidade em número de itens por g e por m⁻³.

3.5 ANÁLISE DE DADOS

Para testar se houve diferença significativa do material coletado sob a influência das plumas dos rios (P) e dos controles (C) empregou-se o teste de similaridade multivariado ANOSIM ($p < 0,05$), a partir de uma matriz de distância euclidiana criada com dados normalizados. A análise multivariada de ordenação MDS também foi gerada a partir da mesma matriz, inserindo sobre esta representação os vetores para caracterizar a correlação (Spearman, $p < 0,05$) com os dados absolutos das categorias de material, temperatura e salinidade de cada amostra. Estas análises foram geradas no programa Primer® versão 6.1.15 (Clarke and Warwick, 2001).

4 RESULTADOS

A temperatura variou de 19,5°C a 20,7°C nas áreas sob influência das plumas e de 20,5°C a 21,5°C nas regiões controle. A salinidade variou de 16 a 33 no sistema de pluma e de 24 a 32 nas regiões de controle, caracterizando predomínio da Água Costeira (AC) na área de estudo (Fig. 6).

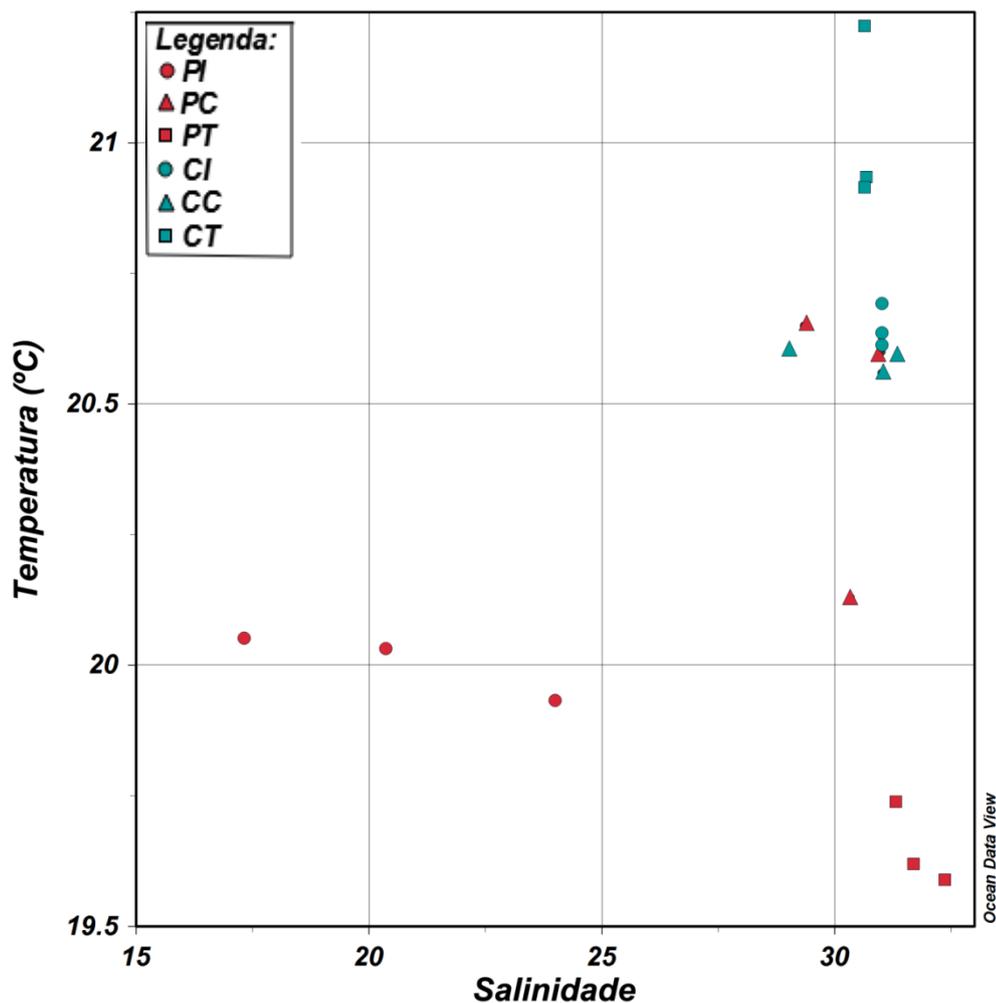


Figura 6. Diagrama Temperatura (°C) x Salinidade nas estações amostrais, sendo em vermelho: PI (Pluma de Itajaí); PC (Pluma de Camboriú); PT (Pluma de Tijucas). Em azul: CI (Controle de Itajaí); CC (Controle de Camboriú); CT (Controle de Tijucas).

A Imagem de satélite (Landsat 8), referente a um dia após às amostragens, sob mesmas condições climáticas, ilustra a diferença na turbidez entre as estações amostradas, indicando que há maior predominância de material em suspensão próximo à costa (estações PI, PC e PT) em relação ao sistema de controle (CI, CC e CT) (Fig. 7).

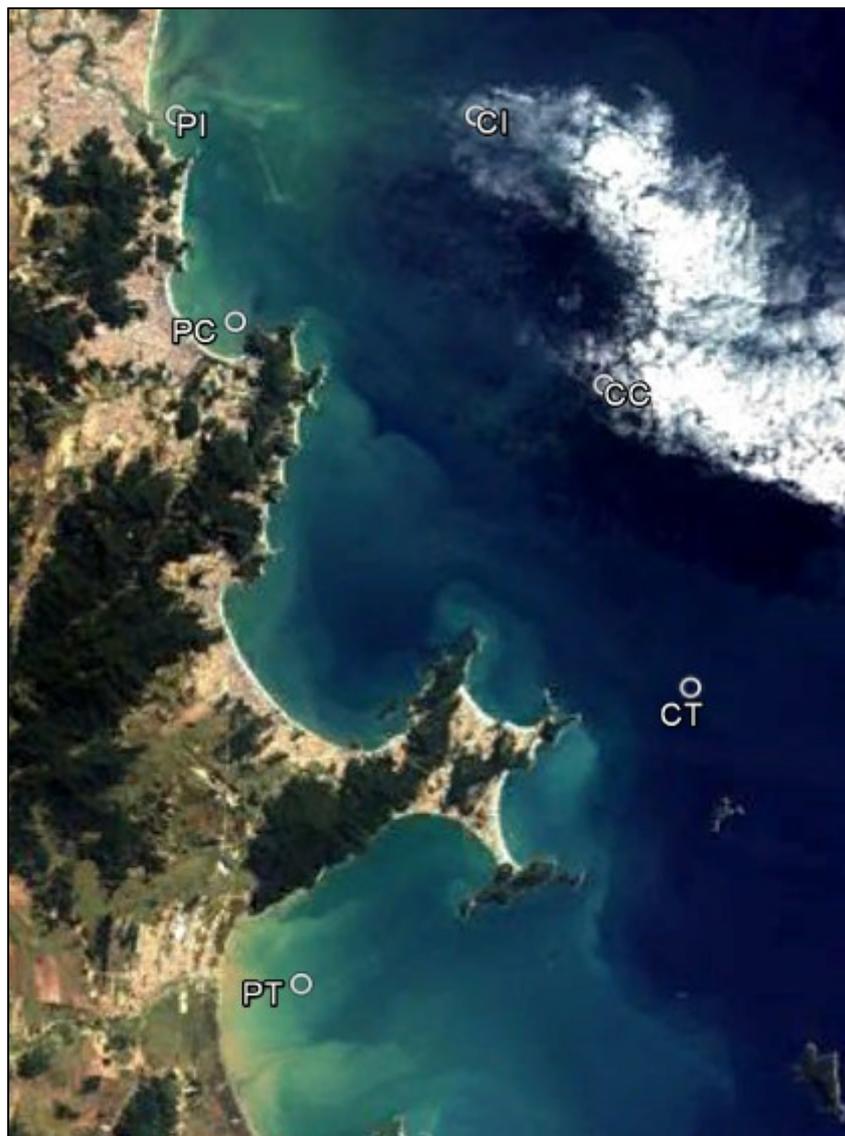


Figura 7. Imagem do satélite Landsat 8 referente a área de estudo no dia 02/08/2017, sendo PI: Pluma de Itajaí; PC: Pluma de Camboriú; PT: Pluma de Tijucas; CI: Controle de Itajaí; CC: Controle de Camboriú; CT: Controle de Tijucas.

No período que antecedeu as coletas (7 dias anteriores até último dia de coleta) o vento predominante foi do quadrante S-SE, com acúmulo de 0,8mm de precipitação para a estação de Itajaí de acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Durante as amostragens o predomínio de vento NE, com registro de leve pancada de chuva apenas em Balneário Camboriú cerca de 15 minutos antes da amostragem.

Um total de 530 itens foram contabilizados e classificados, o peso mensurado foi de $2,04 \pm 0,14 \text{ mg.m}^{-3}$ em um total de $667,25\text{m}^{-3}$ amostrados (APÊNDICE 3). A

concentração de detritos sintéticos variou de $0,21 \pm 0,10$ itens.m⁻³ em CT a $4,30 \pm 1,85$ itens.m⁻³ em PI (Tab. 1).

Fragmentos plásticos foram os materiais mais encontrados em ambos sistemas, representando 81,79% e 67,54% de todos os itens coletados nas plumas e controles, respectivamente. Nas plumas, a segunda categoria com maior quantidade foi o Isopor, correspondendo a 11,08%, seguida das categorias Linha (5,60%), Pellet (0,97%) e Emaranhado, representando apenas 0,56% dos materiais encontrados. Já no sistema de controle, Linha foi a segunda categoria com maior quantidade (23,71%), seguida da categoria Emaranhado representou 8,75%. Pellet e Isopor não foram registrados no sistema de controle (Tab. 1).

Tabela 1. Quantidade (itens.m³) de material representados por: Média (\bar{x}) \pm dp, mínimo - máximo por categoria e média total nas estações amostrais N=3.

		Fragmento	Isopor	Pellet	Linha	Emaranhado	\bar{x} Média \pm dp por
Sistema de Plumias	PI	$3,62 \pm 1,53$	$0,36 \pm 0,40$	$0,06 \pm 0,05$	$0,23 \pm 0,17$	$0,02 \pm 0,03$	$4,30 \pm 1,85$
	mín-máx	2,34 - 5,77	0,05 - 0,93	0,00- 0,13	0,00 - 0,38	0,00 0,07	
	PC	$1,21 \pm 0,52$	$0,34 \pm 0,48$	$0,00 \pm 0,00$	$0,11 \pm 0,05$	$0,00 \pm 0,00$	$1,67 \pm 0,88$
	mín-máx	0,48 - 1,66	0,00 - 1,02	0,00 - 0,00	0,06 - 0,18	0,00 - 0,00	
	PT	$0,36 \pm 0,14$	$0,00 \pm 0,00$	$0,00 \pm 0,00$	$0,01 \pm 0,02$	$0,01 \pm 0,01$	$0,39 \pm 0,12$
	mín-máx	0,25 - 0,56	0,00 - 0,00	0,00 - 0,00	0,00 - 0,04	0,00 - 0,02	
Total (itens.m⁻³ por categoria)	5,19	0,70	0,06	0,36	0,04		
Total (%)	81,79	11,08	0,97	5,60	0,56		
Sistema de Controle	CI	$0,28 \pm 0,07$	$0,00 \pm 0,00$	$0,00 \pm 0,00$	$0,01 \pm 0,01$	$0,02 \pm 0,01$	$0,31 \pm 0,09$
	mín-máx	0,19 - 0,35	0,00 - 0,00	0,00 - 0,00	0,00 - 0,03	0,00 - 0,03	
	CC	$0,14 \pm 0,07$	$0,00 \pm 0,00$	$0,00 \pm 0,00$	$0,08 \pm 0,02$	$0,02 \pm 0,00$	$0,24 \pm 0,06$
	mín-máx	0,05 - 0,22	0,00 - 0,00	0,00 - 0,00	0,06 - 0,10	0,02 - 0,03	
	CT	$0,09 \pm 0,04$	$0,00 \pm 0,00$	$0,00 \pm 0,00$	$0,09 \pm 0,12$	$0,02 \pm 0,02$	$0,21 \pm 0,10$
	mín-máx	0,05 - 0,14	0,00 - 0,00	0,00 - 0,00	0,00 - 0,26	0,00 - 0,05	
Total (itens.m⁻³ por categoria)	0,51	0,00	0,00	0,18	0,07		
Total (%)	67,54	0,00	0,00	23,71	8,75		

Obteve-se maior quantidade de microplástico no sistema estuarino, com maior concentração na estação PI ($4,30 \pm 1,85$ itens.m⁻³), seguida de PC ($1,67 \pm 0,88$ itens.m⁻³) e PT ($0,39 \pm 0,12$ itens.m⁻³) (Fig. 8). Já no sistema de controle, as concentrações foram menores em relação ao sistema estuarino, com maior concentração em CI ($0,31 \pm 0,09$ itens.m⁻³), seguidamente da estação CC ($0,24 \pm 0,06$ itens.m⁻³) e CT ($0,21 \pm 0,10$ itens.m⁻³) (Fig. 8).

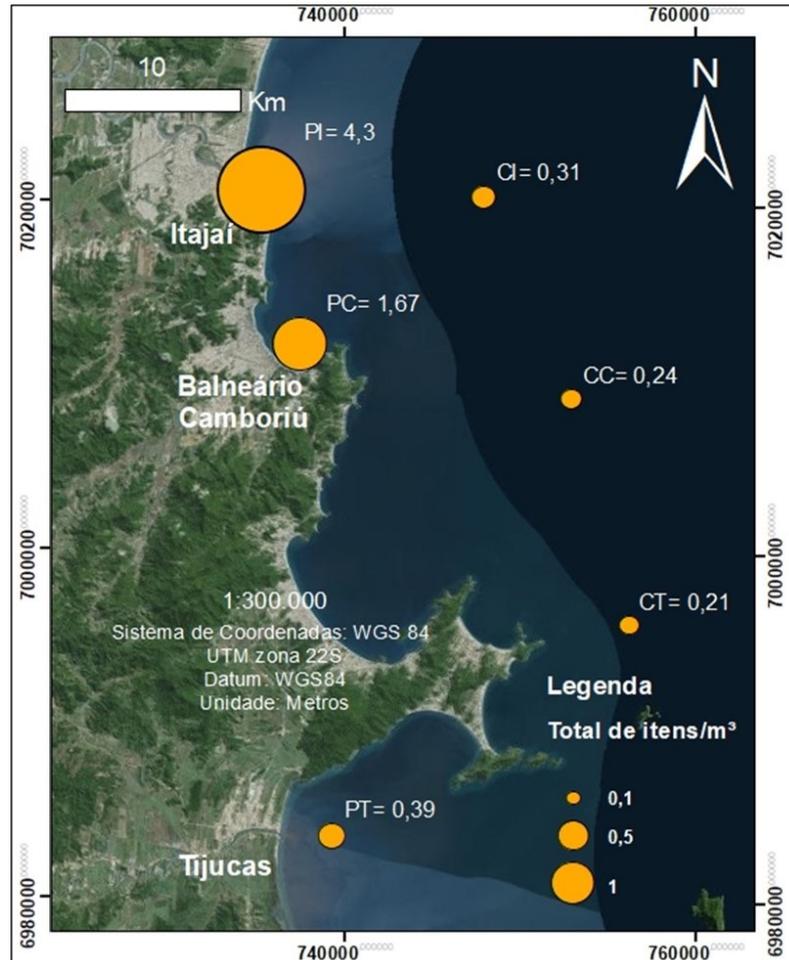


Figura 8. Média de fragmentos plásticos (frag.m-3) e média total de itens (itens.m-3) para cada estação amostral, sendo PI: Pluma de Itajaí; PC: Pluma de Camboriú; PT: Pluma de Tijucas; CI: Controle de Itajaí; CC: Controle de Camboriú; CT: Controle de Tijucas.

No sistema estuarino, menor salinidade média (20,5 em PI) foi encontrada onde houve maior concentração de materiais, ocorrendo o inverso onde a salinidade registrada foi maior (30,2 em PC e 31,7 em PT). Valores mais baixos de temperatura foram relatados no sistema estuarino, onde houve maior concentração de microplásticos. Enquanto no sistema de controle houve menor variação das médias de salinidade e temperatura assim como menor variação de concentração (Fig 9).

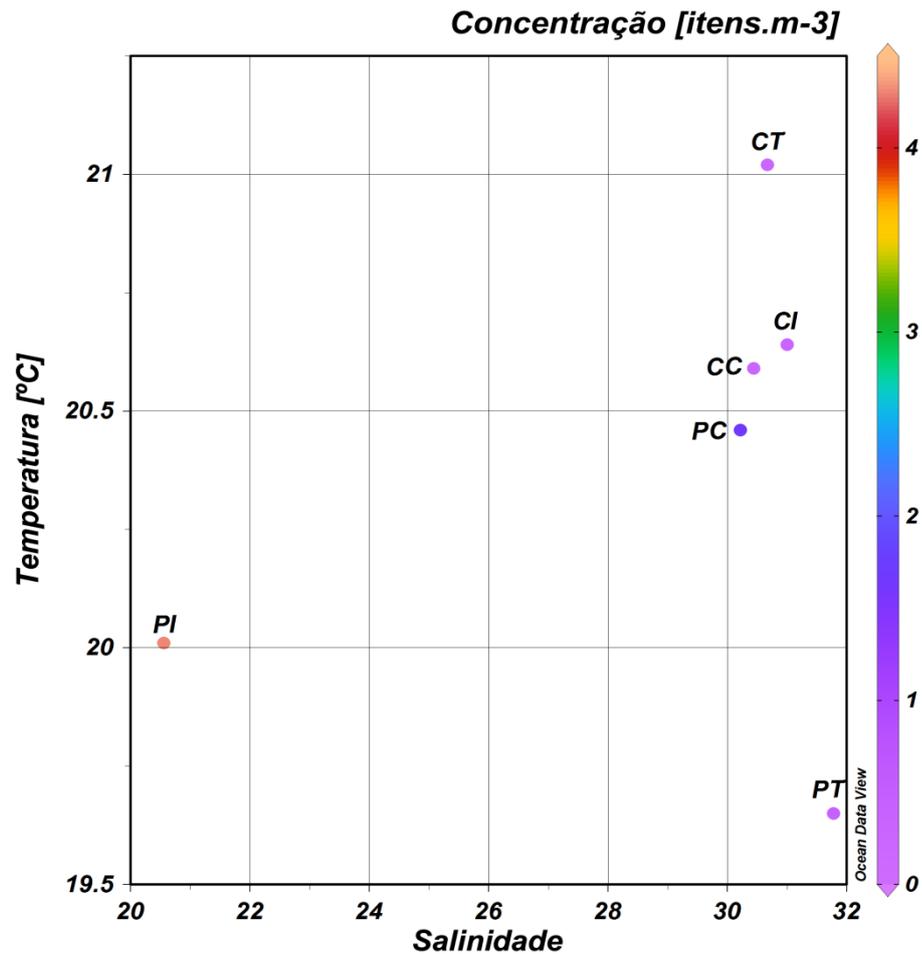


Figura 9. Médias de temperatura (°C) x salinidade com respectivas concentrações de itens.m-3 por estação, sendo PI: Pluma de Itajaí; PC: Pluma de Camboriú; PT: Pluma de Tijucas; CI: Controle de Itajaí; CC: Controle de Camboriú; CT: Controle de Tijucas.

O teste ANOSIM (R global: 0,31 e $p < 0,01$) indicou a diferença entre os dados das plumas e das áreas controles. O MDS permitiu visualizar a maior proximidade entre as amostras das plumas com os dados de fragmentos, pellets, isopor e linha. Da mesma forma, os dados do controle se destacaram do agrupamento anterior, para onde convergiram os dados da temperatura, salinidade e emaranhado (Fig. 10).

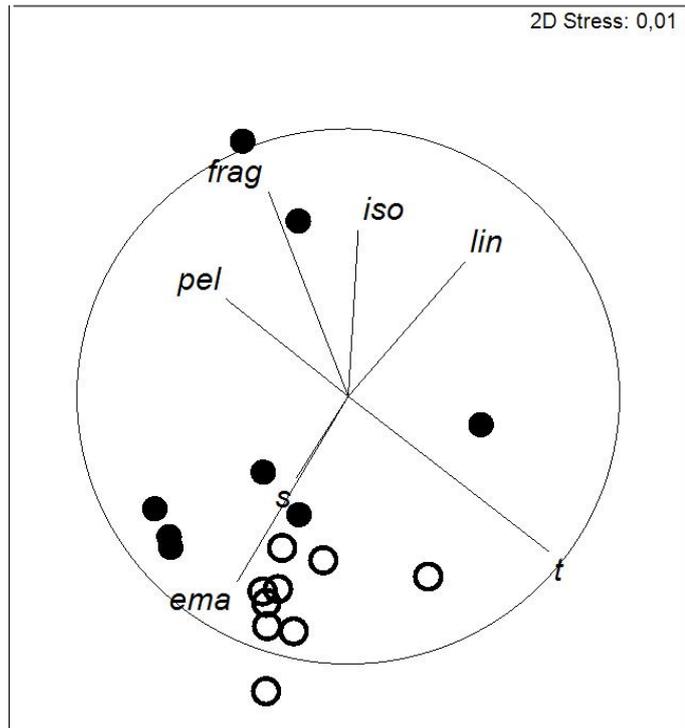


Figura 10. MDS dos dados de microplásticos (itens.m-3) por categoria, temperatura (°C) e salinidade das amostras das plumas (•) e controle (◦). Sobreposição dos vetores da correlação de Spearman.

5 DISCUSSÃO

No sistema estuarino, menor salinidade foi encontrada em Itajaí, enquanto Tijucas apresentou salinidade mais elevada. Menor salinidade indica presença de plumas fluviais, que possuem energia cinética elevada por conta da vazão, sendo superior à força de maré, lançando água doce diretamente na plataforma adjacente. Já as plumas estuarinas são caracterizadas pela força de maré ser superior à vazão do rio, refletindo em água salobra sobre a água costeira (Trochimczuk and Schettini, 2003).

Ao entender como ocorre a dispersão de plumas pode-se inferir como elas transportam microplásticos, que não depende apenas da descarga dos rios, mas também de fatores como amplitude de maré, precipitação e ventos (Miranda et al., 2002; Barnes et al., 2009). O peso resultante das amostras (de $2,04 \pm 0,14 \text{ mg.m}^{-3}$) indica que os materiais coletados são leves, assim, podem ser facilmente transportados pelos fatores físicos citados.

A diferente distribuição de microplástico entre as regiões estuarinas e afastadas da costa ficou evidente no presente estudo, mostrando que a diferença é significativa e que a concentração de microplásticos encontrados foi no mínimo 3 vezes menor nos locais mais distantes da costa. Grandes rios possuem capacidade de exportar materiais para o oceano, devido ao grande fluxo que gera corrente (Barnes et al., 2009; Williams and Simmons, 1997), enquanto rios menores tendem a possuir menor deslocamento, fazendo com que os resíduos sejam encontrados em áreas adjacentes à desembocadura ou nas frentes estuarinas (Acha et al., 2003). Estudos como Ivar do Sul e Costa (2014) e Browne (2010), discutem o potencial dos estuários para a exportação de materiais plásticos, já que estão associados aos grandes centros urbanos, outro fator que indica tendência de acréscimo de materiais próximos à desembocadura dos rios, em especial no rio Itajaí (estação PI).

A grande concentração de materiais sintéticos em suspensão encontrado nas desembocaduras dos estuários também pode estar relacionada ao esgoto doméstico, outro problema relacionado à urbanização (Pereira et al., 2010, 2002). Isso ocorre devido ao tamanho microscópico dos fragmentos, que não são retidos nos filtros dos sistemas de tratamento de esgotos (Browne, 2011). A situação tende a ser agravada nas regiões que carecem de tratamento de esgoto, como no caso de Santa Catarina, tendo em vista que apenas 21% da população do estado possui

coleta e tratamento de esgoto (SNSA, 2013). De acordo com o IBGE (2010), o tratamento de esgoto sanitário adequado nas cidades diretamente relacionada aos estuários é de 88,6%, 89,2% e 86,9% em Itajaí, Camboriú e Tijucas, respectivamente.

Já no sistema de controle, obteve-se concentração menor em relação à desembocadura dos estuários, indicando que há pouca deposição direta neste local e que, possivelmente, o material oriundo da drenagem fluvial está sendo transportado com a frente das plumas costeiras ou depositando-se no fundo, o que justifica a menor concentração. Alguns plásticos tendem a se depositarem nas regiões com menor hidrodinâmica, apresentando transporte e deposição similar aos sedimentos (Barnes et al., 2009). Além disto, a formação de biofilme na superfície do material flutuante diminui sua flutuabilidade (Rummel et al., 2017), favorecendo que parte do material exportado pelos estuários esteja sedimentando na região adjacente aos mesmos.

Fragmento plástico foi o material mais encontrado dentre as amostragens, tais microplásticos podem ser oriundos da quebra mecânica de plásticos maiores (Andrady, 2011; Hidalgo-Ruz et al., 2012), itens comumente observados *in situ* durante as coletas, principalmente na estação PI. A mesma categoria também foi dominante na revisão feita por Hidalgo-Ruz et al (2012), para fragmentos entre 1 a 5mm amostrados em sedimentos, bem como nas amostras realizadas com redes em águas superficiais.

Itens de isopor foram encontrados somente no sistema estuarino, representando a segunda categoria com maior concentração neste sistema, material que normalmente é utilizado para armazenar bebidas e alimentos resfriados em atividades como turismo e/ou pesca, atividades características dos municípios de Balneário Camboriú e Itajaí. Considerando que as amostragens foram realizadas na estação de inverno, baixa temporada para turistas e banhistas, uma possível fonte de origem do isopor no ambiente estuarino é a atividade pesqueira. Machado e Fillmann (2010) relataram que o isopor foi a categoria mais encontrada na Reserva biológica marinha do Arvoredo (SC), representando 53,5% do macrolixo encontrado, relacionado à embarcações de pesca e lazer.

Pellets foram registrados somente na estação PI, tal registro pode estar vinculado à presença do porto de Itajaí, no qual ocorre grande fluxo de

embarcações, as quais estão sujeitas a perderem algum material durante o transporte dos mesmos, ou até mesmo possuir um formato arredondado devido à abrasão física durante sua vida útil.

Linhas e fibras sintéticas foram encontradas ao longo da área de estudo de forma emaranhada ou como linhas avulsas, as quais apresentaram aparência e textura similar à fibras de roupas, contendo também pequena quantidade de linhas de nylon (Fig. 5). Pequenas fibras sintéticas são liberadas de nossos vestuários a partir da utilização em máquinas de lavar roupas, e assim, podem ser liberadas nos rios e, conseqüentemente, nos oceanos (Browne et al., 2011). Ademais, o vale do Itajaí é referência em indústrias têxteis do estado de Santa Catarina, sendo o segundo pólo têxtil e de vestuário do país (Possamai and Marian, 2013). Esses materiais podem impactar diretamente a biota local, já que Ramos et al. (2012) constataram que 13,4% dos peixes analisados de um estuário tropical do Nordeste do Brasil (N= 425) apresentaram nylon no conteúdo estomacal.

Além de estuários, áreas adjacentes e ambientes de proteção também estão sujeitos a contaminação direta ou indireta por lixo marinho. Um exemplo é a Reserva Biológica Marinha do Arvoredo, situada no litoral central de SC, onde 2.197,80 itens/100m foram registrados dentro da reserva entre 2004 e 2005 (Machado and Fillmann, 2010) .

Apesar da amostragem limitada no tempo, o estudo ocorreu sob a condição de 0,8 mm de chuva acumulada (considerando 7 dias anteriores + dias de coleta) e em período de baixa precipitação mensal (23,2 mm segundo o INMET), além de baixa atividade turística (inverno austral). Assumindo a vazão mínima de $17 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ para rio Itajaí, devido às condições de baixa precipitação, estima-se que o transporte de materiais sintéticos exportados do estuário seja de $266.160 \text{ itens} \cdot \text{hora}^{-1}$ (considerando a quantidade de $4,30 \pm 2,26$ de $\text{itens} \cdot \text{m}^{-3}$ observada). Para o rio Camboriú (assumindo vazão média de $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), o transporte estimado de microplásticos é de $18.036 \text{ itens} \cdot \text{hora}^{-1}$ (considerando $1,67 \pm 0,88$ $\text{itens} \cdot \text{m}^{-3}$) e para o rio Tijucas o transporte foi estimado em $33.696 \text{ itens} \cdot \text{hora}^{-1}$ (assumindo vazão média de $24 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ e concentração de $0,39 \pm 0,12$ $\text{itens} \cdot \text{m}^{-3}$). A estimativa indica que os estuários possuem grande capacidade de exportação de microplásticos. Essa concentração encontrada pode ser ainda maior em períodos de maior descarga

fluvial dos rios, já que o mesmo apresenta maior variabilidade de vazão dentre os rios da área de estudo.

Zhao et al. (2014) quantificaram $4137,3 \pm 2461,5$ itens.m⁻³ ao longo da superfície do estuário Yangtze, localizado no leste da China, concentração superior à encontrada nos estuários do presente estudo ($2.12 \pm 2,01$ itens.m⁻³), porém, os autores encontraram a concentração de 0.167 ± 0.138 itens.m⁻³ nas águas oceânicas, enquanto o presente estudo relatou $0.25 \pm 0,10$ itens.m⁻³ nas regiões mais afastadas da costa, indicando que há grande deposição de materiais plásticos no estuário Yangtze e que diminui significativamente nas regiões mais afastadas. Sabendo que a China é o país que mais produz embalagens plásticas no mundo (Plastics Europe, 2015), o resultado preocupa e chama atenção para o gerenciamento e tratamento de resíduos sólidos de grandes consumidores de materiais plásticos.

Costa et al. (2011) no entanto, encontraram um total de 59 itens.m⁻³ dentre os sedimentos do estuário Goiana, localizado no Nordeste do Brasil. Hidalgo-Ruz et al (2012) afirmam que a abundância de microplástico é maior em amostras de sedimento ($0,21$ e até mais de $77,000$ itens m⁻²) em relação à superfície do mar ($0,022$ a 8.654 itens m⁻³) dentre 68 estudos revisados, indicando que há sedimentação desses materiais.

Na plataforma interna da região centro-norte de Santa Catarina observou-se uma média total de $1,18$ itens.m⁻³ em toda a área de estudo. Santa Catarina sendo importante polo da pesca industrial brasileira, apresenta baixa concentração de microplásticos na região centro-norte (quando comparando com outras regiões do planeta), porém, os resultados alertam para os possíveis danos na atividade pesqueira, na saúde humana e do ecossistema. Assim, justifica a necessidade de mais estudos no âmbito da saúde humana associada à presença e quantidade desses materiais. Além disso, Santa Catarina é o maior produtor de malacocultura do Brasil, responsável por 98,45% da produção nacional (MPA, 2013), atividade comercial que pode ser ameaçada pela presença de microplásticos no ambiente, afetando consideravelmente a atividade de reprodução das ostras (Sussarellu et al., 2016). Os microplásticos representam ameaças para a biodiversidade marinha e também para a população humana (Ivar do Sul and Costa, 2014, 2007; Leite et al.,

2014). Os resultados aqui encontrados apontam a necessidade de um monitoramento ambiental no que tange este contaminante.

6 CONCLUSÃO

Grande concentração de microplásticos foi encontrado na região, indicando que há grande aporte desse material no ambiente marinho adjacente, principalmente em desembocadura de estuários, com tendência de aumento no município de Itajaí, que apresenta maior desenvolvimento industrial e portuário, bem como maior população.

O descarte inadequado e exagerado de materiais plásticos implica em contaminação por microplásticos nos sistemas costeiros, que afeta principalmente a biota marinha, podendo causar danos deletérios, além de afetar atividades como pesca e cultivo de moluscos, turismo e de lazer na zona costeira.

A concentração encontrada foi maior do que o esperado para a região, o que é preocupante e corrobora para maior atenção quanto ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e industriais, bem como a carência de saneamento básico para um dos estados mais desenvolvidos do país. Medidas como redução do consumo irresponsável de materiais plásticos e empoderamento da população devem ser levadas em consideração pelos tomadores de decisão, já que esses materiais são persistentes e acabam, muitas vezes, poluindo os ecossistemas naturais e afetando atividades socioeconômicas.

7 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Tendo em vista a problemática socioeconômica e ambiental do plástico no ambiente marinho, bem como a grande quantidade encontrada no presente estudo, aconselha-se que novos estudos venham a ser feitos na região com maior desenho amostral. Objetivando avaliar a existência de um gradiente de concentração em direção à desembocadura dos estuários, levando em consideração a variação sazonal.

Além disso, se faz necessário comparar a distribuição de materiais entre diferentes sistemas, é aconselhável avaliar as diferentes concentrações de MP entre estuários, analisando os diferentes usos e ocupações das bacias hidrográficas.

Aproveitando a coleta de dados, além da quantificação, é possível realizar estudos sobre a composição química dos materiais e diferentes métodos de identificação de MP.

É imprescindível efetuar monitoramento de resíduos sólidos no ambiente marinho, a fim de avaliar os índices de contaminação e possível acréscimo.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT 2004. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Instrução Normativa NBR 10.004/04. Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro.
- Acha, E.M., Mianzan, H.W., Iribarne, O., Gagliardini, D.A., Lasta, C., Daleo, P., 2003. The role of the Río de la Plata bottom salinity front in accumulating debris. *Mar. Pollut. Bull.* 46, 197–202. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00356-9](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00356-9)
- Águas SC, 2017a. Comitê de Gerenciamento Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí [WWW Document]. URL <http://www.aguas.sc.gov.br/a-bacia-rio-itajai/bacia-hidrografica-rio-itajai>
- Águas SC, 2017b. Comitê de Gerenciamento Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas [WWW Document]. URL <http://www.aguas.sc.gov.br/a-bacia-tijucas/municipios-da-bacia-tijucas>
- Andrady, A.L., 2011. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 62, 1596–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Barnes, D.K.A., Galgani, F., Thompson, R.C., Barlaz, M., 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philos. Trans. R. Soc. London B Biol. Sci.* 364, 1985–1998.
- Browne, M.A., 2010. Spatial Patterns of Plastic Debris along Estuarine Shorelines *Spatial Patterns of Plastic Debris along Estuarine Shorelines* 44, 3404–3409. <https://doi.org/10.1021/es903784e>
- 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. *Environ. Sci. Technol.* 9175–9179. <https://doi.org/10.1021/es201811s>
- Castro F, B.M., 1990. Estado atual do conhecimento dos processos físicos das águas da plataforma continental sudeste do Brasil. *Águas de Lindóia, Anais, ACIESP*, p.1-11., in: *Simpósio de Ecossistemas Costeiros Da Costa Sul E Sudeste Do Brasil*.
- Cicin-Sain, B., Knecht, R.W., Jang, D., Fisk, G.W., 1998. *Integrated coastal and ocean management: concepts and practices*. Island Press.
- Clarke, K.R., Warwick, R.M., 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. *Prim. Plymouth UK* 2, 172 p. <https://doi.org/10.1021/es903784e>
- Costa, M.F., Silva-Cavalcanti, J.S., Barbosa, C.C., Portugal, J.L., Barletta, M., 2011. Plastics buried in the inter-tidal plain of a tropical estuarine ecosystem. *J. Coast. Res. Univ Szczecin, Inst Marine & Coastal Sci; Coas.* <https://doi.org/10.2112/SI65-206.1>
- Costa, M.F., Souza, S.T. de, 2002. A zona costeira Pernambucana eo caso especial da Praia da Boa Viagem: usos e Conflitos. *Construção do Saber Urbano Ambient. a Caminho da Trasdisciplinaridade*.

- Debrot, A.O., Tiel, A.B., Bradshaw, J.E., 1999. Beach debris in Curacao. *Mar. Pollut. Bull.* 38, 795–801. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(99\)00043-0](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00043-0)
- Derraik, J.G.B., 2002. The pollution of the marine environment by plastic debris: A review. *Mar. Pollut. Bull.* 44, 842–852. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00220-5)
- EPAGRI/CIRAM, 2017. Sistema de monitoramento hidrometeorológico da bacia do rio Camboriú [WWW Document]. Florianópolis. URL http://www.ciram.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1908&Itemid=695
- Gaplan, 1986. Atlas de Santa Catarina [WWW Document]. Rio Janeiro. URL http://docweb.epagri.sc.gov.br/website_cepa/publicacoes/diagnostico/ITAJAI.pdf
- 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. *Environ. Sci. Technol.* <https://doi.org/10.1021/es2031505>
- IBGE, I.B. de G. e E., 2010. Censo demográfico [WWW Document]. Rio Janeiro. URL <http://censo2010.ibge.gov.br/>
- INMET, n.d. Instituto Nacional de Meteorologia [WWW Document]. 2017. URL http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTg2OA==
- Ivar do Sul, J.A., Costa, M.F., 2014. The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environ. Pollut.* 185, 352–64. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.036>
- Ivar do Sul, J.A., Costa, M.F., 2007. Marine debris review for Latin America and the Wider Caribbean Region: From the 1970s until now, and where do we go from here? *Mar. Pollut. Bull.* 54, 1087–1104. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.05.004>
- Kennish, M.J., 1996. Practical handbook of estuarine and marine pollution. CRC press.
- Leite, A.S., Santos, L.L., Costa, Y., Hatje, V., 2014. Influence of proximity to an urban center in the pattern of contamination by marine debris. *Mar. Pollut. Bull.* 81, 242–247. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.01.032>
- Lippiatt, S., Opfer, S., Arthur, C., 2013. Marine Debris Monitoring and Assessment. NOAA Tech. Memo. NOS-OR&R-46.
- Miranda, L. b, Castro, B.M., Kjerfve, B., 2002. Princípios de oceanografia física de estuários.
- Machado, A.A., Fillmann, G., 2010. Estudo da Contaminação por Resíduos Sólidos na Ilha do Arvoredo: Principal Ilha da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (RBMA), SC. *Gestão Costeira Integr.* 10, 76. <https://doi.org/10.5894/rgci215>
- MPA, 2013. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura.
- Pereira, J., Rörig, L.R., Schettini, C. a F., Soppa, M. a, Santana, B.L., dos Santos,

- J.E., 2010. Spatial changes in the water quality of Itajaí-Açú Fluvial-Estuarine System, Santa Catarina, Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.* 82, 963–82.
- Pereira, J., SPILLERE, L.C., SCHETTINI, C.A.F., SILVA, L.F., 2002. Estuário Do Rio Camboriú-Sc : Variação Intramareal E Transporte Residual De. *Spring* 3, 137–151.
- Piatti, T.M., Rodrigues, R.A.F., 2005. Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais. *Série Conversando sobre ciências em alagoas* 51.
- Plastics Europe, 2015. *Plastics - the Facts*.
- Possamai, A.C.P., Marian, S., 2013. O SETOR TÊXTIL DE SANTA CATARINA NA BM&FBOVESPA. *REAVI-Revista Eletrônica do Alto Val. do Itajaí* 2, 177–180.
- Ramos, J.A.A., Barletta, M., Costa, M.F., 2012. Ingestion of nylon threads by gerreidae while using a tropical estuary as foraging grounds. *Aquat. Biol.* 17, 29–34. <https://doi.org/10.3354/ab00461>
- Rummel, C.D., Jahnke, A., Gorokhova, E., Kühnel, D., Schmitt-Jansen, M., 2017. Impacts of biofilm formation on the fate and potential effects of microplastic in the aquatic environment. *Environ. Sci. Technol. Lett.* 4, 258–267. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.7b00164>
- Ryan, P.G., Moloney, C.L., 1993. Marine litter keeps increasing. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/361023a0>
- Schettini, C., 2002. Caracterização Física do Estuário do Rio Itajaí-açu, SC. *Rev. Bras. Recur. Hídricos* 7, 123–142. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v7n1.p123-142>
- Schettini, C.A.F., de Almeida, D.C., Siegle, E., de Alencar, A.C.B., 2010. A snapshot of suspended sediment and fluid mud occurrence in a mixed-energy embayment, Tijucas Bay, Brazil. *Geo-Marine Lett.* 30, 47–62. <https://doi.org/10.1007/s00367-009-0152-8>
- Schettini, C.A.F., Kuroshima, K.N., Pereira Fo., J., R??rig, L.R., Charrid Resgalla, J.R., 1998. Oceanographic and Ecological Aspects of the Itajaí-açu River Plume during a High Discharge Period. *An. Acad. Bras. Cienc.* 70, 335–351.
- SNSA, 2013. *Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos*. Brasília.
- Sussarellu, R., Suquet, M., Thomas, Y., Lambert, C., Fabioux, C., Pernet, M.E.J., Le Goïc, N., Quillien, V., Mingant, C., Epelboin, Y., Corporeau, C., Guyomarch, J., Robbens, J., Paul-Pont, I., Soudant, P., Huvet, A., 2016. Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 113, 2430–2435. <https://doi.org/10.1073/pnas.1519019113>
- Thompson, R.C., Swan, S.H., Moore, C.J., vom Saal, F.S., 2009. Our plastic age. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 364, 1973–1976. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0054>
- Trochimczuk, F.A., Schettini, C.A.F., 2003. AVALIAÇÃO DA DISPERSÃO ESPACIAL DA PLUMA DO ESTUÁRIO DO RIO ITAJAÍ-AÇU EM DIFERENTES PERÍODOS DE DESCARGA. *NOTAS TÉCN. FACIMAR* 7, 83–96.

- Wagner, M., Oehlmann, J., 2009. Endocrine disruptors in bottled mineral water: Total estrogenic burden and migration from plastic bottles. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 16, 278–286. <https://doi.org/10.1007/s11356-009-0107-7>
- Widmer, W.M., Hennemann, M.C., 2010. Marine Debris in the Island of Santa Catarina, South Brazil: Spatial Patterns, Composition, and Biological Aspects. *J. Coast. Res.* 26, 993–1000. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-09-00072.1>
- Williams, A.T., Simmons, S.L., 1997. Estuarine Litter at the River/Beach Interface in the Bristol Channel, United Kingdom. *J. Coast. Res.* 13, 1159–1165. <https://doi.org/10.2307/4298724>
- Wright, S.L., Thompson, R.C., Galloway, T.S., 2013. The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environ. Pollut.* 178, 483–492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>
- Zitko, V., Hanlon, M., 1991. Another source of pollution by plastics: Skin cleaners with plastic scrubbers. *Mar. Pollut. Bull.* 22, 41–42. [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(91\)90444-W](https://doi.org/10.1016/0025-326X(91)90444-W)

ANEXOS

DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN)
CENTRO DE HIDROGRAFIA DA MARINHA (CHM)
BANCO NACIONAL DE DADOS OCEANOGRÁFICOS (BNDO)



PREVISÕES DE MARÉS

[Clique aqui para uma nova consulta](#)

PORTO DE ITAJAÍ (ESTADO DE SANTA CATARINA)

Latitude: 26°54,6'S
Instituição: CHM

Longitude: 048°39,2'W
77 Componentes

Fuso: +03.0
Nível Médio: 0.59 m

Ano: 2017
Carta: 01801

Lua	Dia	Hora	Alt.(m)
☉	SEX 28/07/2017	05:04	0.9
		09:21	0.3
		13:02	0.5
		17:57	0.9
		21:53	0.3
☽	SÁB 29/07/2017	03:02	0.7
		05:57	0.9
		10:01	0.3
		14:57	0.5
		18:32	0.8
		22:27	0.4
☾	DOM 30/07/2017	02:10	0.7
		03:57	0.6
		06:46	0.8
		10:44	0.4
		14:06	0.6
		16:08	0.6
		19:14	0.7
		23:06	0.5
☾	SEG 31/07/2017	02:12	0.6
		04:23	0.6
		07:40	0.8
		11:19	0.5
		14:42	0.7
		17:19	0.6
		20:14	0.7
☾	TER 01/08/2017	00:04	0.6
		01:44	0.6
		04:53	0.5
		08:47	0.7
		12:14	0.5
		15:04	0.7
		18:21	0.5
		22:19	0.7

ANEXO 1 – Tábua de maré do período de coleta referente ao porto de Itajaí. Fonte: Adaptada de
Marinha Militar do Brasil

APÊNDICES

Graus, minutos e segundos												
data	ponto	horário	Estação	lat inicial	long inicial	lat final	long final	tempo (min)	Prof.	e. Beaufort	vento	cob nuvens
28/jul	1	09:44	pc1	26 59 07.6	48 36 53.8	26 59 21.5	48 36 50.9	06:57	10 - 9.0	1	NE	70%
28/jul	2	09:59	pc2	26 59 42.8	48 36 35.5	26 59 52.4	48 36 25.3	07:03	6.4 - 5.3	1	NE	70%
28/jul	3	10:12	pc3	26 59 54.7	48 36 23.1	26 59 53.3	48 36 18.1	09:03	4.5 - 4.3	1	NE	60%
28/jul	4	12:38	cc1	27 00 51.3	48 27 47.8	27 00 55.9	48 27 35.4	07:00	31.7 - 32.2	2	NE	20%
28/jul	5	12:52	cc2	27 01 00.3	48 27 21.1	27 01 05.6	48 27 08.3	07:10	32.2 - 32.3	2	NE	>= 20%
28/jul	6	13:04	cc3	27 01 08.9	48 26 56.9	27 01 15.3	48 26 39.1	07:50	32.5 - 32.9	2	NE	>= 20%
29/jul	7	12:58	ct1	27 07 56.9	48 25 26.4	27 08 00.0	48 25 10.9	07:08	31.0 - 31.5	2	NE	>= 20%
29/jul	8	13:12	ct2	27 08 02.6	48 24 52.0	27 08 06.0	48 24 36.8	07:00	32.2 - 32.5	2	NE	>= 20%
29/jul	9	13:26	ct3	27 08 09.5	48 24 19.1	27 08 14.2	48 24 02.6	07:07	33.2 - 33.8	2	NE	>= 20%
30/jul	10	10:43	pt1	27 14 08.0	48 34 44.7	27 14 20.8	48 34 50.2	07:20	5.0 - 5.1	1	NE	>50%
30/jul	11	10:58	pt2	27 14 32.7	48 34 56.3	27 14 45.2	48 34 59.0	07:23	4.9 - 5.0	1	NE	>50%
30/jul	12	11:12	pt3	27 15 01.1	48 35 01.2	27 15 17.6	48 35 00.6	08:20	5.1 - 4.9	1	NE	>40%
31/jul	13	11:38	ci1	26 55 12.4	48 30 21.5	26 55 01.8	48 30 16.8	06:38	30.4 - 30.3	1	NE	40%
31/jul	14	11:49	ci2	26 54 53.5	48 30 12.5	26 54 41.6	48 30 06.8	06:40	30.8 - 30.3	1	NE	40%
31/jul	15	12:00	ci3	26 54 33.2	48 30 03.1	26 54 22.1	48 29 56.8	06:39	30.4 - 31.0	1	NE	40%
01/ago	16	12:11	pi1	26 54 38.9	48 37 42.5	26 54 42.6	48 37 48.5	06:04	7.5 - 7.5	2	NO	70%
01/ago	17	12:23	pi2	26 54 41.1	48 37 45.1	26 54 45.2	48 37 50.2	05:57	7.6 - 7.7	2	NO	50%
01/ago	18	12:34	pi3	26 54 50.0	48 38 01.9	26 54 47.9	48 37 56.8	06:24	7.5 - 7.0	2	NO	30%

APÊNDICE 1 – Tabela de monitoramento das coletas por ordem cronológica.

SISTEMA PLUMA				SISTEMA DE CONTROLE			
Date & Time	Estação	Temp °C	Salinidade	Date & Time	Estação	Temp °C	Salinidade
1/8/17 12:10	PI1	19.95	25	31/7/17 11:35	CI1	20.60	31
1/8/17 12:15	PI1	19.90	24	31/7/17 11:40	CI1	20.60	31
1/8/17 12:20	PI1	19.95	23	31/7/17 11:45	CI1	20.60	31
1/8/17 12:20	PI2	19.95	23	31/7/17 11:45	CI2	20.60	31
1/8/17 12:25	PI2	20.07	20	31/7/17 11:50	CI2	20.66	31
1/8/17 12:30	PI2	20.07	18	31/7/17 11:55	CI2	20.63	31
1/8/17 12:30	PI3	20.07	18	31/7/17 12:00	CI3	20.66	31
1/8/17 12:35	PI3	20.01	16	31/7/17 12:05	CI3	20.69	31
1/8/17 12:40	PI3	20.07	18	31/7/17 12:10	CI3	20.72	31
28/7/17 9:40	PC1	20.01	30	28/7/17 12:35	CC1	20.54	31
28/7/17 9:45	PC1	20.04	30	28/7/17 12:40	CC1	20.57	31
28/7/17 9:50	PC1	20.34	31	28/7/17 12:45	CC1	20.57	31
28/7/17 9:55	PC2	20.63	31	28/7/17 12:50	CC2	20.60	32
28/7/17 10:00	PC2	20.72	29	28/7/17 12:55	CC2	20.57	31
28/7/17 10:05	PC2	20.60	28	28/7/17 13:00	CC2	20.60	31
28/7/17 10:10	PC3	20.60	32	28/7/17 13:05	CC3	20.60	31
28/7/17 10:15	PC3	20.54	32	28/7/17 13:10	CC3	20.60	32
28/7/17 10:20	PC3	20.66	29	28/7/17 13:15	CC3	20.60	24
30/7/17 10:40	PT1	19.51	33	29/7/17 12:55	CT1	21.31	30
30/7/17 10:45	PT1	19.63	32	29/7/17 13:00	CT1	20.60	31
30/7/17 10:50	PT1	19.63	32	29/7/17 13:05	CT1	20.84	31
30/7/17 10:55	PT2	19.75	32	29/7/17 13:10	CT2	20.99	30
30/7/17 11:00	PT2	19.51	32	29/7/17 13:15	CT2	20.84	32
30/7/17 11:05	PT2	19.60	31	29/7/17 13:20	CT2	20.96	30
30/7/17 11:10	PT3	19.72	31	29/7/17 13:25	CT3	21.13	30
30/7/17 11:15	PT3	19.54	32	29/7/17 13:30	CT3	21.02	31
30/7/17 11:20	PT3	19.95	31	29/7/17 13:35	CT3	21.51	31

APÊNDICE 2 – Valores de temperatura e salinidade registrados em cada estação amostral.

Número de detritos coletados por arrasto

	Fragmento	Isopor	Pellet	Linha	Emaranhado	total (n°)	volume (m-3)	total de itens.m3
pi1	87	14	2	0	1	104	15.07	6.90
pi2	43	2	0	7	0	52	18.37	2.83
pi3	53	1	1	6	0	61	19.34	3.15
pc1	70	0	0	4	0	74	42.09	1.76
pc2	17	0	0	2	0	19	35.19	0.54
pc3	41	28	0	5	0	74	27.41	2.70
pt1	24	0	0	0	0	24	42.77	0.56
pt2	12	0	0	2	1	15	48.50	0.31
pt3	14	0	0	0	1	15	50.45	0.30
ci1	12	0	0	0	1	13	34.31	0.38
ci2	12	0	0	1	1	14	38.59	0.36
ci3	7	0	0	0	0	7	37.23	0.19
cc1	8	0	0	2	1	11	36.16	0.30
cc2	2	0	0	3	1	6	38.30	0.16
cc3	7	0	0	5	1	13	51.61	0.25
ct1	2	0	0	0	2	4	42.77	0.09
ct2	6	0	0	1	1	8	42.57	0.19
ct3	4	0	0	12	0	16	46.56	0.34

APÊNDICE 3 – Número total de microplásticos classificados e cálculo da quantidade de itens.m⁻³.

Arrasto	Dimensões da rede				Cálculo do volume de arrasto		
	tempo (min)	distância (m)	largura (m)	altura (m)	volume (m-3)	total de itens	itens.m-3
pc1	06:57	433	0.54	0.18	42.09	70	1.66
pc2	07:03	362	0.54	0.18	35.19	17	0.48
pc3	09:03	282	0.54	0.18	27.41	69	2.52
cc1	07:00	372	0.54	0.18	36.16	8	0.22
cc2	07:10	394	0.54	0.18	38.30	2	0.05
cc3	07:50	531	0.54	0.18	51.61	7	0.14
ct1	07:08	440	0.54	0.18	42.77	3	0.07
ct2	07:00	438	0.54	0.18	42.57	6	0.14
ct3	07:07	479	0.54	0.18	46.56	4	0.09
pt1	07:20	440	0.54	0.18	42.77	24	0.56
pt2	07:23	499	0.54	0.18	48.50	12	0.25
pt3	08:20	519	0.54	0.18	50.45	14	0.28
ci1	06:38	353	0.54	0.18	34.31	12	0.35
ci2	06:40	397	0.54	0.18	38.59	12	0.31
ci3	06:39	383	0.54	0.18	37.23	7	0.19
pi1	06:04	155	0.54	0.18	15.07	103	6.84
pi2	05:57	189	0.54	0.18	18.37	45	2.45
pi3	06:24	199	0.54	0.18	19.34	52	2.69

APÊNDICE 4 – Cálculo do fluxo de água filtrado pela rede de coleta em cada arrasto

Itens.m3						
	Fragmento	Isopor	Pellet	Linha	Emaranhado	Total
pi1	5.77	0.93	0.13	0.00	0.07	6.90
pi2	2.34	0.11	0.00	0.38	0.00	2.83
pi3	2.74	0.05	0.05	0.31	0.00	3.15
pc1	1.66	0.00	0.00	0.10	0.00	1.76
pc2	0.48	0.00	0.00	0.06	0.00	0.54
pc3	1.50	1.02	0.00	0.18	0.00	2.70
pt1	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56
pt2	0.25	0.00	0.00	0.04	0.02	0.31
pt3	0.28	0.00	0.00	0.00	0.02	0.30
ci1	0.35	0.00	0.00	0.00	0.03	0.38
ci2	0.31	0.00	0.00	0.03	0.03	0.36
ci3	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.19
cc1	0.22	0.00	0.00	0.06	0.03	0.30
cc2	0.05	0.00	0.00	0.08	0.03	0.16
cc3	0.14	0.00	0.00	0.10	0.02	0.25
ct1	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05	0.09
ct2	0.14	0.00	0.00	0.02	0.02	0.19
ct3	0.09	0.00	0.00	0.26	0.00	0.34

APÊNDICE 5 – Total de itens.m⁻³ por categoria e total por estação amostral.