

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FÍSICAS E MATEMÁTICAS
COORDENADORIA ESPECIAL DE OCEANOGRAFIA
GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

Camila Kneubl Andreussi

MACRO E MESOPLÁSTICOS NA PRAIA DA JOAQUINA: UM ESTUDO DE CASO

Florianópolis

2020

Camila Kneubl Andreussi

MACRO E MESOPLÁSTICOS NA PRAIA DA JOAQUINA: UM ESTUDO DE CASO

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Graduação em Oceanografia do Centro de Ciências Físicas e Matemáticas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Bacharel em Oceanografia.
Orientador: Prof., Dra. Juliana Leonel

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
Através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Andreussi, Camila Kneubl

Macro e mesoplásticos na praia da Joaquina: um estudo
de caso / Camila Kneubl Andreussi ; orientadora, Juliana
Leonel , 2020.

45 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências
Físicas e Matemáticas, Graduação em Oceanografia,
Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Oceanografia. 2. Poluição marinha. 3. Praia arenosa.
4. Mesoplástico. 5. Macroplástico. I. Leonel , Juliana .
II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Oceanografia. III. Título.

Camila Kneubl Andreussi

Macro e mesoplásticos na praia da Joaquina: um estudo de caso

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Oceanografia e aprovado em sua forma final pelo Curso de Oceanografia.

Florianópolis, 16 de novembro de 2020.

Prof. Felipe Mendonça Pimenta, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Juliana Leonel, Dra.
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Pedro Pereira de Souza, Dr.
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Monica Ferreira da Costa, Dra.
Avaliadora
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Jesus Cristo por me permitir chegar até aqui e realizar o sonho de ser oceanógrafa. Sou extremamente grata por cada pessoa que fez parte desse caminho (infelizmente não é possível citar a todas), mas todos foram essenciais para construção de quem sou hoje e a realização deste trabalho final.

Agradeço aos meus pais Junior e Rose, meu porto seguro, que sempre foram meu suporte e me incentivaram tanto. A minha irmã Aline, meu exemplo de foco e dedicação, como sou grata por poder compartilhar essa caminhada da vida contigo. Sou imensamente abençoada por ter vocês como família e não teria chegado até aqui sem o grande apoio de vocês.

Agradeço a Juliana Leonel, essa grande referência de mulher, cientista em que eu tive a honra de ter como orientadora. A realização dessa pesquisa só foi possível graças a ótima orientadora e pessoa que tu és. Obrigada Ju por me ensinar tanto, por ter me dado a liberdade para pensar, por toda paciência, atenção, empatia e tanto encorajamento. Agradeço também ao Filipe e ao pequeno Ian que veio trazendo tantos sorrisos. Eu admiro muito vocês.

Danii rainha dos microplásticos, obrigada por me orientar tanto no lab, foi e é um grande prazer poder trabalhar contigo. Bruna Ramos, grande amiga e veterana, obrigada por cada ajuda e mesmo a distância ter contribuído para essa pesquisa. Cami Segovia, você me inspira, sou grata por cada conversa empolgante contigo. É uma grande alegria poder compartilhar do mesmo tema de pesquisa com vocês.

Agradeço imensamente a cada voluntário que participou das coletas na Joaquina. Não seria viável obter esses dados sem a ajuda de vocês. Obrigada, Ju, Dani, Samara, Filipe, Caio, Aline, Mateus S., Bela, Kaoã, Gabriel, Carla, Ju Barcelos, Dafne, Bruna, Natasha, Malu, Millenne, Giulia, Hillary, Letícia, Lili, Kalina, Gabi, Lonhuan, Hugo, Gui Silva, Giba, Mateus, Lyllyan Andressa e Amanda

Ao Laboratório da Oceano Qmc, como esquecer dos cafezinhos na sala no NEMAR. Alex, Ju, Dani Lisi, Lari, Gabi, Giba, Ale, Kalina, Ronaldo e Natasha, foi um privilégio compartilhar esse espaço com vocês, obrigada por contribuírem tanto na minha formação. Agradeço também a Sonia técnica do laboratório por disponibilizar os materiais necessários e me ensinar a ser cuidadosa com eles.

Agradeço a Turma VII e a todos os amigos dessa família que compõem a Oceano UFSC por todos momentos vividos.

Bela, Natasha e Gabriel, sinceramente eu não sei o que seria dessa graduação sem vocês, foi essencial ter vocês do início ao fim de cada semestre para rirmos e chorarmos juntos.

Mari, Yin, Gica, Nana, Ana, e Ju obrigada por todo carinho, incentivo e orações, a vida com certeza é melhor quando compartilhada com vocês.

Agradeço aos meus tutores do PIAPE - UFSC, João e Janaina pelos encontros acolhedores de toda semana, vocês foram essenciais para minha saúde mental e conclusão dessa etapa.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento que viabilizou essa pesquisa.

E por fim, agradeço a UFSC por ser uma instituição gratuita e de qualidade.

“ No ocean, no life.
No blue, no green.
No ocean, no us. ”
(Sylvia Earle, 2015)

RESUMO

As praias arenosas são um ecossistema costeiro que atuam na transição entre a terra e o oceano. Além de sua importância ecológica, contribuem também para o bem-estar dos seres humanos. No entanto, devido à grande incidência de resíduos plásticos no ambiente marinho, tal local encontra-se em risco. Diante de suas características como durabilidade e fluabilidade, esses resíduos são responsáveis por danos a biota marinha, além de trazerem consequências econômicas e sociais. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a contaminação espaço-temporal por resíduos plásticos, na praia da Joaquina, Ilha de SC, em função das variações naturais e antrópicas e identificar as possíveis fontes de plásticos para a região. Para isso, ao longo de um ano foram realizadas coletas mensais de macroplásticos (25mm a 1m) e mesoplásticos (5 a 25 mm), em dois transectos (pós-praia e deixa) em doze pontos amostrais fixos. Em laboratório, os itens amostrados foram contados, medidos, fotografados, identificados e posteriormente classificados quanto ao tipo e a fonte mais provável. A abundância total de macroplásticos foi de 914 itens e a densidade média de 30,5 itens 100m^{-2} (0 - 220 itens 100m^{-2}). E abundância total de mesoplásticos foi de 210 itens e a densidade média de 4,7 itens m^{-2} (0 - 24 itens m^{-2}). Ambas as classes de tamanho apresentaram valores mais baixos quando comparado com outras praias ao redor do mundo. Em relação a distribuição espacial a maior ocorrência de itens foi na região do pós-praia. Dentre a composição dos macroplásticos destacam-se as bitucas de cigarro (25%), seguido de fragmentos (19%), plástico filme (10%), embalagem de alimentos (8%), haste de cotonete ou pirulito (7%), tampa plástica (6%), nylon corda ou fio (6%), isopor (5%) e outros (14%). Foi identificado como fonte desses materiais principalmente os usuários da praia e uma contribuição menor das atividades de pesca. Os mesoplásticos foram constituídos sobretudo por fragmentos (72%) o qual não é possível traçar as fontes. No geral, houve grande variação da quantidade mensal de resíduos plásticos amostrados na Praia da Joaquina. Onde as maiores concentrações de meso ocorreram nos meses de dezembro/18, janeiro/19, abril/19, julho/19 e julho-extra/19 e as menores em agosto/19, setembro/19, outubro/19, dezembro/19 e janeiro/2020. E as maiores ocorrências de macro foram em março/2019 e abril/2019 e as menores em fevereiro/19 e setembro/19. Foi observado que a influência de ventos, precipitação e de eventos de tempestades como frentes frias e maré meteorológicas, influenciam na quantidade de plásticos encontrados.

Palavras-chave: Ecossistemas costeiros 1. Contaminação 2. Plásticos 3.

ABSTRACT

Sandy beaches are a coastal ecosystem that act in the transition between land and ocean. In addition to their ecological importance, they also contribute to the well-being of human beings. However, due to the high incidence of plastic waste in the marine environment, such a location is at risk. Given their characteristics such as durability and buoyancy, these residues are responsible for damaging marine biota, in addition to bringing economic and social consequences. Thus, the objective of this work was to evaluate the space-time contamination by plastic residues, in Joaquina beach, Ilha de SC, in function of the natural and/or anthropic variations, and to identify the possible sources of plastics for the region. For this, monthly collections of macroplastics (25mm to 1m) and mesoplastics (5 to 25mm) were carried out over a year, in two transects (strandline x backshore) at 12 fixed points. In the laboratory, the sampled items were counted, measured, photographed, identified, and subsequently classified according to the type and the most likely source. The total abundance of macroplastics was 914 items and the average density was 30.5 items 100m^{-2} (0 - 220 items 100m^{-2}). Total mesoplastic abundance was 210 items and the average density was 4.7 items m^{-2} (0 - 24 items m^{-2}). Both size classes showed lower values when compared to other beaches around the world. Regarding the spatial distribution, the highest occurrence of items was in the backshore region. Among the composition of macroplastics, cigarette butts (25%) stand out, followed by fragments (19%), plastic film (10%), food packaging (8%), cotton swab or lollipop rod (7%), plastic cover (6%), nylon rope or thread (6%), Styrofoam (5%) and others (14%). It was identified as a source of these materials mainly users of the beach and a smaller contribution from fishing activities. Mesoplastics were mainly made up of fragments (72%) which are not possible to trace the sources. Overall, there was a wide variation in the monthly amount of plastic waste sampled at Praia da Joaquina. Where the highest concentrations of meso occurred in the months of December/18, January/19, April/19, July/19, and July-extra/19 and the lowest in August/19, September/19, October/19, December/19, and January/2020. And the biggest macro occurrences were in March/2019 and April/2019 and the smallest in February/19 and September/19. The influence of winds, precipitation, and storm events such as cold fronts and meteorological tides in the number of plastics found.

Keywords: Coastal ecosystem¹. Plastics². Contamination³.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1.1	Por que mais um estudo sobre plásticos em praias arenosas?	15
1.1.2	Considerações gerais	16
1.1.3	Quais os tamanhos dos plásticos a serem estudados?	16
1.1.4	Por que estudar a Praia da Joaquina?.....	17
1.2	OBJETIVOS	18
1.2.1	Objetivo Geral	18
2	MATERIAL E MÉTODOS	19
2.1	Área de Estudo.....	19
2.2	Amostragem.....	21
2.3	Processamento	24
2.3.1	Índice costa-limpa (CCI).....	25
2.4	Dados meteorológicos	25
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
3.1	Abundância e distribuição espacial dos macroplásticos.....	26
3.1.1	Composição: tipos e descrição física	30
3.2	Abundância e distribuição espacial dos mesoplásticos	33
3.2.1	Composição: tipos e descrição física	35
3.3	Variabilidade temporal macroplásticos e mesoplásticos	37
4	CONCLUSÃO.....	41
	REFERÊNCIAS.....	43
	APÊNDICE A – Observações gerais acerca de cada coleta mensal realizada na praia da Joaquina.....	48

1 INTRODUÇÃO

1.1.1 Por que mais um estudo sobre plásticos em praias arenosas?

A praia é um importante ecossistema costeiro, visto que atua na transição entre terra e oceano (KOMAR, 1998). Dentre a sua importância destaca-se, a capacidade de absorver a energia vinda de tempestades, sendo um dos seus benefícios o da proteção costeira (KOMAR, 1998). As praias servem também de berçário, área de desova e de alimentação para diversos organismos (PEREIRA; SOARES-GOMES, 2002) e contribuem para o bem-estar humano através dos serviços ecossistêmicos oferecidos, como por exemplo, os culturais (MERLOTTO; VÉRON, 2019). Inúmeros são os usos e atividades, desenvolvidos nessa área, como pesca, prática de esportes, comércio e turismo (SCHERER, 2013).

Esse ambiente é altamente sensível e dinâmico com mudanças frequentes em sua morfologia e linha de costa, relacionados a sazonalidade de eventos naturais e interferências antrópicas (MASSELINK; HUGHES; KNIGHT, 2011). A ação de ondas, ventos, correntes e marés são responsáveis pela configuração da linha de costa, que muitas vezes possui um perfil sazonal (MASSELINK; HUGHES; KNIGHT, 2011).

Atualmente são muitos os estudos que reportam a ocorrência de resíduos plásticos em praias arenosas de todo o mundo, ressaltando como o plástico põem em risco a qualidade desse ecossistema tanto em nível ambiental como econômico e social (IVAR DO SUL; COSTA, 2007; OLIVEIRA; TESSLER; TURRA, 2011; SILVA-CAVALCANTI; ARAUJO; COSTA, 2013; CHITAKA; VON BLOTTNITZ, 2019).

Portanto, dentre as variações que o ambiente praias apresenta, existe a necessidade de se conhecer a dinâmica local quanto a ocorrência de plástico nas mesmas como subsídio para mitigação desse problema (DE ARAÚJO; SANTOS; COSTA, 2006). Cabe ressaltar que a dinâmica e a distribuição de plásticos em uma praia arenosa dependem das propriedades da própria praia, de fatores ambientais e antrópicos e também das diferentes categorias de plásticos estudados (LIPPIATT *et al.*, 2013), sendo que o peso desses fatores pode variar tanto espacialmente como sazonalmente.

Assim sendo, estudos em praias arenosas servem de base para conservação desse relevante ecossistema que influencia a atividade econômica do Brasil, através principalmente do lazer que esse ambiente oferece e do turismo de sol e praia, que vem crescendo a cada ano (DA SILVEIRA; RODRIGUES 2015).

1.1.2 Considerações gerais

Características como durabilidade, flexibilidade, leveza e baixo custo de produção fazem com o que o plástico seja usado em grandes quantidades nos mais diversos setores. Isso em conjunto com a má gestão de resíduos sólidos resulta na sua alta incidência e permanência no ambiente, inclusive no marinho (PAWAR *et al.*, 2016; SILVA-CAVALCANTI; ARAUJO; COSTA, 2013).

Os impactos negativos dos resíduos plásticos no ambiente marinho compreendem desde aqueles que afetam a biota marinha, habitats, ecossistemas e até os ciclos biogeoquímicos (LAW, 2017). Além disso, impactam de forma global o fornecimento dos dos serviços ecossistêmicos marinhos colocando em risco a saúde, o bem-estar humano e a economia, sobretudo das comunidades costeiras (BEAUMONT *et al.*, 2019; SHEAVLY; REGISTER, 2007).

1.1.3 Quais os tamanhos dos plásticos a serem estudados?

Os itens plásticos são comumente classificados por seu tamanho, que pode variar em comprimento de microns a metros (LAW, 2017). Apesar de não haver uma concordância entre os limites das classes de tamanhos, alguns dos mais citados pela literatura e que serão empregados neste estudo são: mesoplásticos de 5 a 25 mm e macroplásticos maiores que 25 mm e menores que 1 m (LEE *et al.*, 2017; LIPPIATT *et al.*, 2013).

Os macroplásticos, compreendem principalmente itens de uso único como embalagens de alimentos, canudos, sacolas, bitucas de cigarro, copos, entre outros (XANTHOS; WALKER, 2017). Devido ao seu tamanho são possíveis de serem detectados e removidos do ambiente, e podem ser melhor classificados em relação aos usos e origens se comparados com os mesoplásticos. Por exemplo, os itens como canudo e copos plásticos podem ser vinculados aos usuários da praia e itens como redes e boias de isopor associados a atividade da pesca (SILVA-CAVALCANTI; ARAÚJO; COSTA, 2013).

Os mesoplásticos são uma categoria intermediária entre microplásticos e macroplásticos, que não recebem muita atenção nos estudos ambientais (LEE *et al.*, 2017). No entanto, eles representam uma parte importante do processo de fragmentação de plásticos. Em geral, os mesoplásticos são compostos por fragmentos e, entre eles, alguns podem ter sua origem definida, como pedaços de embalagens. Alguns trabalhos reportam uma relação direta entre a quantidade de microplásticos e mesoplásticos encontrados em praias arenosas (LEE *et al.*, 2017; JEYASANTA *et al.*, 2020).

1.1.4 Por que estudar a Praia da Joaquina?

A Ilha de Santa Catarina é um dos lugares mais visitados do litoral Sul do Brasil (DA SILVEIRA; RODRIGUES 2015). Possui cerca de 50% (88 km) do seu perímetro total da linha de costa composto por praias arenosas (HORN, 2017) que atraem milhares de turistas todos os anos e representam um importante setor econômico da cidade (CORRAINI *et al.*, 2018). No entanto, a urbanização desordenada, fraquezas na gestão dos resíduos e a falta de estrutura, como o número inadequado de lixeiras, fazem com que a contaminação por resíduos sólidos tenha sido detectada em diversas praias da ilha (WIDMER; HENAN, 2010; LOURO; WIDMER, 2017; ZANETTI, 2019). Além disso, as praias também estão suscetíveis a chegada de resíduos plásticos trazidos por ondas, ventos, correntes e marés (ZANETTI, 2019).

A Ilha de Santa Catarina possui diversas praias arenosas, mas devido às características e relevância da praia da Joaquina ela foi escolhida para realizar o monitoramento mensal, a fim de entender a dinâmica de ocorrência dos resíduos plásticos (meso e macroplásticos) em função das alterações (naturais ou antrópicas) que ocorrem ao longo do ano.

A Praia da Joaquina é uma praia oceânica, de uso sazonal e uma das mais visitadas da Ilha de Santa Catarina (LIMA, 2011) e se destaca pela prática e cultura do surfe, por abrigar uma unidade de conservação de proteção integral o Parque Municipal Dunas da Lagoa da Conceição (HORN, 2017). Além de ter banheiros e duchas públicas, estabelecimentos, sinalização de informação ambiental, profundidade da área de banho menor que 3 metros e contar com o apoio de salva vidas, atributos esses que são importantes características para fins turísticos (CEPERO *et al.*, 2018).

1.2OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a contaminação espaço-temporal por resíduos plásticos, na praia da Joaquina, Florianópolis, SC, em função das variações naturais e antrópicas, e identificar as possíveis fonte de plásticos para a região.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Localizada no sul do Brasil e inserida no município de Florianópolis, a Ilha de Santa Catarina é um importante polo turístico do Brasil e do Mercosul (PMGIRS, 2017) que vem se expandindo desde a década de 1980 (OURIQUES, 2007). As praias arenosas da Ilha de Santa Catarina apresentam características e usos bastante distintos (HORN, 2017) que inclui o turismo, além de lazer da população local, práticas esportivas, pesca artesanal e maricultura.

As principais direções de incidência de ondas no litoral da Ilha de Santa Catarina são do quadrante leste na primavera, de sul no inverno e outono e há um equilíbrio entre as ondas de leste e sul durante o verão (ARAÚJO et al. 2003). Durante o inverno predominam os ventos de quadrante sul, que provocam um empilhamento de água na costa, enquanto que no verão predominam os ventos de quadrante norte que diminuem o nível do mar (MÖLLER *et al.*, 2008).

As praias podem ser subdivididas em 6 costas, fundamentado nas suas características morfológicas, sedimentológicas e geológicas (HORN, 2017): costa Noroeste, Norte, Nordeste, Sudeste, Sul e Sudoeste. Especificamente, na costa Sudeste, encontra-se a praia da Joaquina (Figura 1), a qual faz parte de um sistema praias oceânico de 3 km de extensão, compreende em um ambiente orientado para o mar aberto de alta energia, com predominância de areias finas e com uma cadeia de dunas (HORN, 2017).

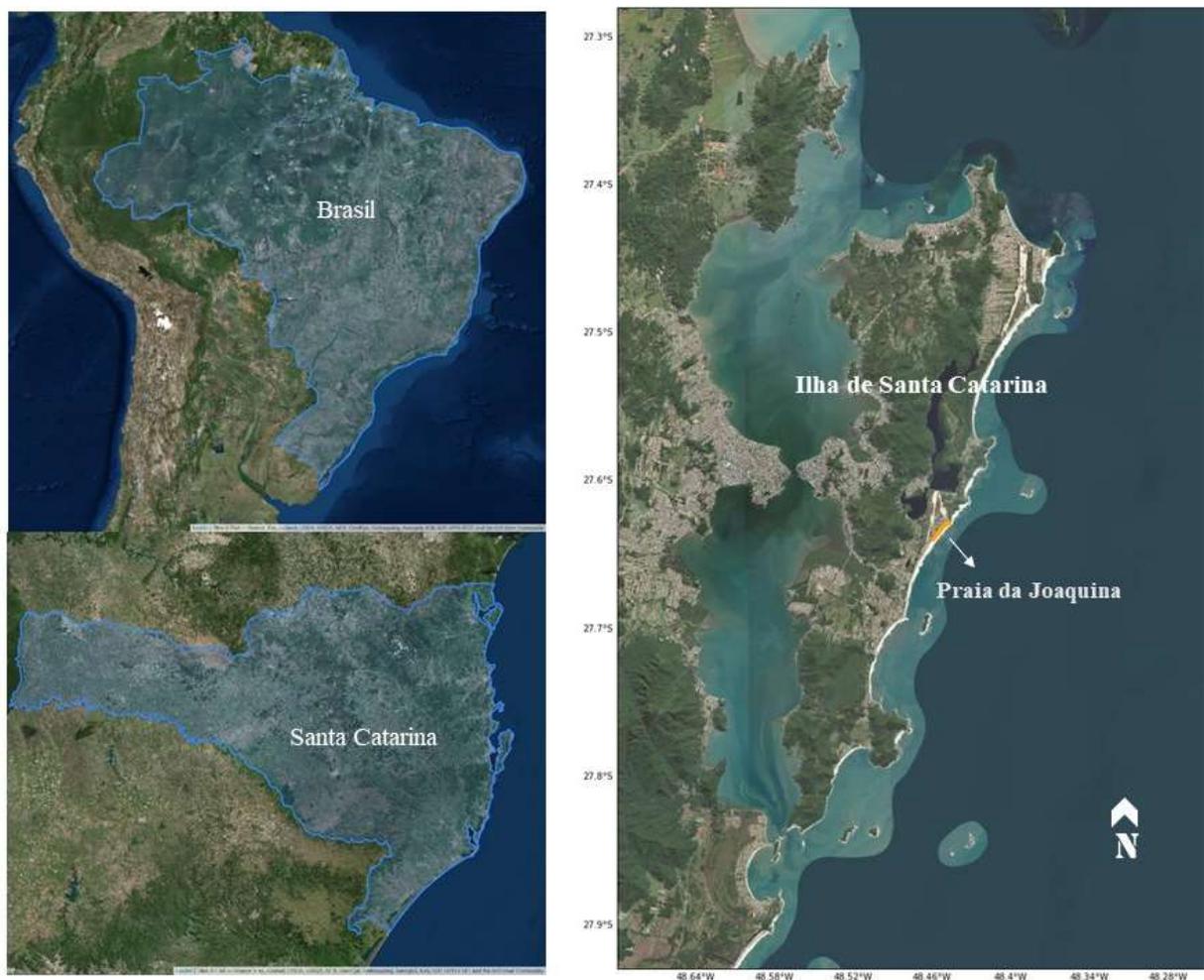
Consiste em uma praia dominada por ondas, com regime de micromarés. De acordo com a classificação morfodinâmica feita por Silveira, Klein & Tessler (2011), é classificada como intermediária com bancos longitudinais. Não há a presença de um rio significativo na região (TORRONTEGUY, 2002) e a desembocadura da laguna mais próxima se encontra aproximadamente 8 km ao norte da praia.

Existem interesses em se preservar essa região, visto que devido ao seu potencial físico-natural e sociocultural a praia da Joaquina já foi alvo de estudos ambientais, tendo como proposta se tornar uma Reserva Mundial de Surf (LIMA, 2011). É uma das praias mais visitadas da cidade (LIMA, 2011) que apresenta infraestrutura contendo um posto de guarda-vidas, restaurantes, hotéis, estacionamento, banheiros e duchas públicas e iluminação. Atualmente a pequena faixa urbanizada é para fins turísticos ou de uso da comunidade, tendo em vista que não há construções residenciais na faixa de areia.

A praia conta com a distribuição de 14 lixeiras não fixas e com o serviço periódico de limpeza manual feita com rastelo realizada pela Autarquia de Melhoramentos da Capital, sendo responsabilidade da prefeitura da cidade (FLORIANÓPOLIS, 2019).

O trecho amostrado ($48^{\circ}27'02.1''\text{W}$ $27^{\circ}37'48.9''\text{S}$; $48^{\circ}27'04.5''\text{W}$ $27^{\circ}37'51.3''\text{S}$) se encontra após alguns restaurantes e um pequeno rancho de pesca artesanal, último ponto construído na infraestrutura da praia, após onde geralmente se concentra o maior número de visitantes.

Figura 1 – Localização da área de estudo, praia da Joaquina situada no setor sudeste da Ilha de Santa Catarina.



Fonte: Autora (2019)

Figura 2 – Praia da Joaquina.



Fonte: Autora (2019)

2.2 AMOSTRAGEM

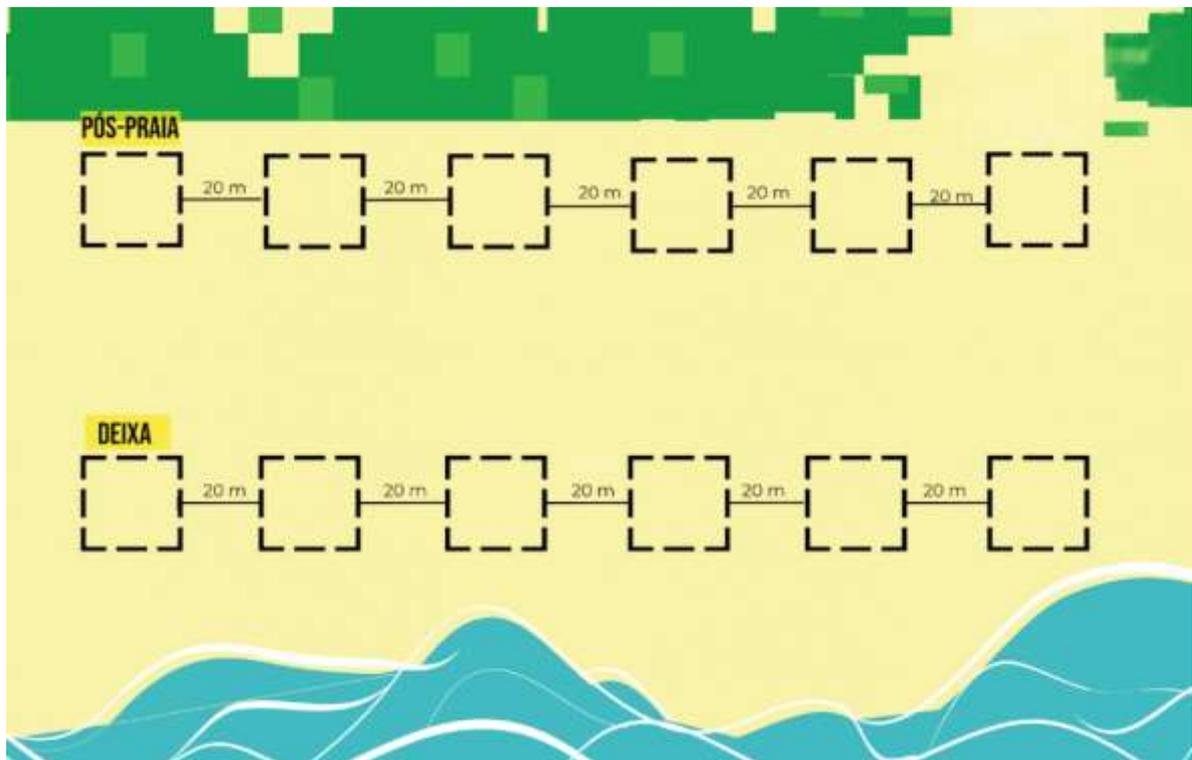
As amostragens foram realizadas mensalmente entre dezembro/2018 e janeiro/2020, sempre na maré vazante de sizígia, em doze pontos amostrais fixos, com o objetivo de coletar mesoplásticos e macroplásticos. Em julho de 2019 foi realizada uma coleta extra (julho-extra/2019) na maré de quadratura, logo após a passagem de uma tempestade que resultou em uma intensa maré meteorológica para avaliar se esse evento poderia influenciar a chegada de resíduos na praia da Joaquina. As coletas ocorreram de segunda-feira à sexta-feira, não sendo possível realizar sempre no mesmo dia da semana e da mesma forma não foi possível ter controle sobre o serviço de limpeza realizado na praia (Apêndice A).

O desenho amostral (Figura 3) constitui-se em dois transectos paralelos à linha de costa, sendo um na região do pós-praia e outro na linha de deixa. Para padronização, a linha de deixa foi definida como a linha da maré alta recente em que metade da areia do quadrado se encontrasse úmida e metade seca (Figura 4). Estudar essas duas diferentes porções permite uma avaliação significativa da abundância e distribuição de itens que ocorre na dimensão da praia, já que são consideradas regiões de favorável acúmulo e deposição de resíduos,

enquanto na região entre elas a deposição de detritos é muito baixa ou insignificante (MOCOJNI; VELANDER, 1999).

A coleta ocorreu em uma linha de 100 m em cada transecto, onde foram demarcados seis pontos amostrais a cada 20 metros com quadrados de PVC de 0,25 m² (0,5 X 0,5 m), totalizando 12 pontos amostrais.

Figura 3 – Desenho amostral das coletas, indicando os 2 transectos e os 12 pontos amostrados na praia.



Fonte: Autora (2019)

Figura 4 – Quadrado posicionado na linha de deixa.



Fonte: Autora (2019)

Para a amostragem dos mesoplásticos, os materiais foram pré-triados em campo. Em cada quadrado foi feita uma inspeção visual e, com o auxílio de uma pinça, os materiais plásticos foram retirados e armazenados em embalagens previamente etiquetadas. Em seguida, usando uma colher de metal, aproximadamente 1 cm de toda superfície do sedimento superficial foi peneirado em campo. Para isso foram utilizadas duas peneiras, sendo uma peneira de 2 mm sobre outra peneira de 1 mm. Os materiais retidos nas peneiras também foram armazenados em embalagens previamente mencionadas.

Para a amostragem dos macroplásticos os itens foram removidos a mão para posterior tratamento. Onde foi coletado e armazenado todo material visível que estivesse com distância de no máximo 1 metro da linha central de cada um dos transectos.

2.3 PROCESSAMENTO

Em laboratório, os itens amostrados foram contados, medidos, fotografados, identificados e classificados.

Os meso e macroplásticos foram identificados quanto ao tipo e classificados quanto a fonte mais provável. Os tipos de materiais incluíram: fragmento, isopor, bituca de cigarro, linha de nylon, corda de nylon, plástico filme, embalagem de alimento (inteira ou pedaço), sacola, canudo, embalagem de canudo, copo, garrafa, tampa plástica, lacre de tampa plástica, haste de cotonete ou pirulito, ponta de guarda-sol, esponja, EVA, borracha, embalagem de palito de dente, escova de dente, isqueiro e a categoria outros (para aqueles que não se enquadraram em nenhuma das categorias supracitadas). Baseado nisso, foram classificados de acordo com a provável fonte (Tabela 1), associado às características, atividades e usos do item, tais como: a) usuários de praia (turista, moradores e praticantes de esportes); b) pesca e atividades náuticas; c) uso doméstico; e d) indeterminada.

Todos os dados foram planilhados e armazenados em conjunto com o acervo de fotos de cada coleta e processamento.

Tabela 1 - Provável fonte associada de cada tipo de material amostrado.

Fonte	Tipo de material
Usuário de praia	Bituca de cigarro; embalagem de alimentos; tampa plástica; lacre tampa plástica; sacola; copo; garrafa; canudo; embalagem do canudo; ponta de guarda-sol; embalagem de palito de dente; isqueiro;
Doméstico	Haste de cotonete e/ou pirulito; escova de dente; esponja;
Pesca e atividades náuticas	Isopor; linha nylon; corda nylon.
Indefinido	Fragmentos; plástico filme; e.v.a; borracha; outros;

Fonte: Baseado em UNEP (2016) e Ramos, (2020)

2.3.1 Índice costa-limpa (CCI)

Com o intuito de avaliar o grau de limpeza da praia foi calculado o índice costa-limpa (CCI) para cada um dos meses de coleta. Proposto por Alkalay *et al.*, (2017), este índice permite classificar a praia entre muito limpa a extremamente suja, de acordo com a Equação (1). A equação é válida apenas para itens plásticos maiores que 2 cm, desta forma o presente índice foi utilizado apenas para a classe dos macroplásticos.

$$\text{CCI} = (\text{densidade de itens plástico m}^{-2}) \times K \quad (\text{Equação 1})$$

O K é uma constante de valor 20. Segundo o CCI as praias são classificadas como: 0 - 2 muito limpas, 2-5 limpas, 5-10 moderadamente limpas, 10-20 sujas e >20 extremamente sujas.

2.4 DADOS METEOROLÓGICOS

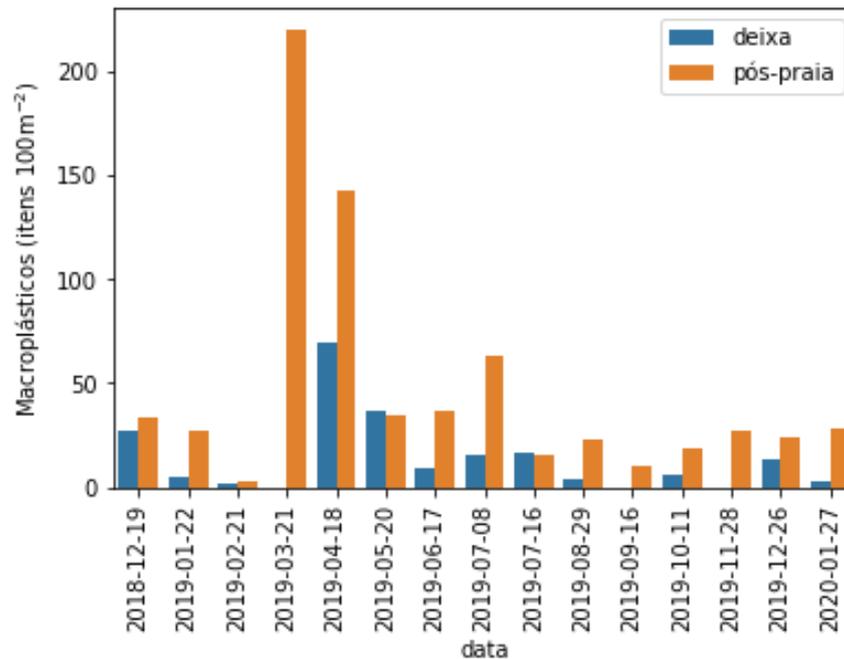
Para avaliar a influência de fatores meteorológicos sobre a ocorrência dos resíduos plásticos foram obtidos dados de direção e intensidade do vento e precipitação diária pelo Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (EPAGRI/CIRAM) da estação localizada no bairro Itacorubi, Florianópolis.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ABUNDÂNCIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS MACROPLÁSTICOS.

No total foram coletados 914 itens classificados como macroplásticos, sendo que 707 ocorreram na porção do pós-praia e 207 na linha de deixa. A densidade de macroplásticos foi em média 30,5 itens 100m⁻² e variou de 0 a 70 itens 100m⁻² na linha de deixa e de 3 a 220 itens 100m⁻² no pós-praia (Figura 5).

Figura 5 – Densidades de macroplásticos em itens 100m⁻² ao longo do período amostral.



Fonte: Autora (2020)

A maior ocorrência de macroplásticos na região do pós-praia é amplamente reportada em outros estudos, que incluem outras praias da Ilha de Santa Catarina (IVAR DO SUL, COSTA, 2007, WIDMER; HENNEMANN, 2010, RAMOS, 2020). Isso ocorre porque esse material tende a ocorrer e a se acumular principalmente na parte superior da praia devido a presença das dunas e/ou vegetações que podem servir como barreira de contenção desse material (IVAR DO SUL, COSTA, 2007). É importante ressaltar que a presença de plásticos nessa porção da praia pode colocar em risco ao cobrir ou danar a vegetação nativa que são importantes fixadoras de sedimento e que contribuem na proteção costeira (WIDMER; HENNEMANN, 2010)

A ausência na padronização dos métodos de estudo, principalmente no que se refere ao tipo de amostragem e a classificação dos tamanhos, é um desafio e dificulta a comparação entre os resultados encontrados (RANGEL-BUITRAGO *et al.*, 2017; MOCOJNI;

VELANDER, 1999). Apesar disso, as comparações de dados entre diferentes locais são necessárias para estudos da dinâmica de distribuição de plásticos. Deste modo, para minimizar o efeito da diversidade de métodos, as comparações foram realizadas considerando a mesma classe de tamanho e a mesma unidade de medida, no caso o número de itens por 100m² (HIDALGO-RUZ *et al.*, 2012; GALGANI; HANKE, MAES; 2015).

Embora as praias da Ilha de Santa Catarina tenham características morfológicas e de uso bastante distintos (HORN, 2017), os valores de macroplásticos encontrados na Praia da Joaquina estão na mesma ordem de grandeza que os reportados para outras praias da ilha (Tabela 2), exceto para as praias do Forte e Jurerê que apresentaram valores menores. Corraini *et al.* (2018), atribuem a diferença ao fato dessas duas praias serem menos expostas entre as amostradas. A costa sudeste, onde localiza-se a praia da Joaquina, é um ambiente de alta energia que está submetida a dinâmica do oceano Atlântico (HORN, 2017), o que pode contribuir para o acúmulo de plásticos. Praias oceânicas tendem a maior exposição a ventos e ondas e, por isso, estão mais propícias ao acúmulo de resíduos vindos do mar (ARAÚJO; COSTA, 2007).

Quando comparados com trabalhos realizados em praias da costa brasileira, os valores da Praia da Joaquina foram mais altos que aqueles encontrados na Praia do Cassino (RS), mas menores que os encontrados no litoral pernambucano (RAMOS, 2020; ARAÚJO; SILVA-CAVALCANTI; COSTA, 2018). Em uma perspectiva mais global, as concentrações são mais baixas do que aquelas citadas na literatura para outras praias ao redor do mundo onde estudos similares foram realizados, como destacado por Galgani, Hanke, Maes (2015) e de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados de densidades apresentados em itens 100m⁻² de outros estudos em praias arenosas no Brasil e ao redor mundo.

Referência	Região	*Resultados em itens 100m⁻² média e variação
Presente estudo	Praia da Joaquina	30,5 2,5 - 110
^a Corraini <i>et al.</i> , 2018	Daniela, Ilha de Santa Catarina, SC	18,4

	Forte, Ilha de Santa Catarina, SC	8,7
	Jurerê, Ilha de Santa Catarina, SC	9,7
	Canasvieiras, Ilha de Santa Catarina, SC	40,7
	Ponta das Canas, Ilha de Santa Catarina, SC	19,4
	Lagoinha do Norte, Ilha de Santa Catarina, SC	24,3
	Brava, Ilha de Santa Catarina, SC	51,4
	Inglese, Ilha de Santa Catarina, SC	53,4
^{a,b} Widmer, Hennemann, 2010	Brava, Ilha de Santa Catarina, SC. (Out/2003 e mar/2004)	31,5 45
	Moçambique, Ilha de Santa Catarina, SC. (Out/2003 e mar/2004)	9 45
	Galheta, Ilha de Santa Catarina, SC. (Out/2003 e mar/2004)	19,8 450
	Joaquina, Ilha de Santa Catarina, SC. (Out/2003 e mar/2004)	35,1 90

	Armação, Ilha de Santa Catarina, SC. (Out/2003 e mar/2004)	19,8 198
^a Araújo; Cavalcanti; Costa, 2018	3 praias da costa de Pernambuco com alto nível de urbanização	361
	3 praias da costa de Pernambuco com médio nível de urbanização	327
	3 praias da costa de Pernambuco com alto/baixo/médio nível de urbanização	132
^a Ramos, 2020	Praia do Cassino	12,5 8 - 22
^a Ríos <i>et al.</i> , 2018	42 praias em 9 ilhas do arquipélago dos Açores	54 1 - 418
Jeyasanta <i>et al.</i> , 2020	8 praias da Costa Sudeste da Índia	138 138 - 616

^a Para efeitos de comparação foi considerado apenas os resíduos plásticos.

^b Dados extraídos da figura do artigo.

Fonte: Autora (2020)

De acordo com Corraini *et al.* (2018), valores na ordem de 29 itens 100m² já são suficientes para interferir na qualidade cênica das praias do litoral norte da Ilha de Santa Catarina. Isso pode resultar em altos prejuízos para o turismo, já que uma praia limpa está entre os principais pontos requeridos pelos visitantes (WILLIAMS, 2011). Considerando a procura turística que a Praia da Joaquina possui, os valores encontrados são um sinal de alerta para que medidas sejam tomadas a fim de evitar que esse problema se agrave e haja a perda dessa importante atividade econômica.

O resultado do índice costa-limpa (CCI) para a média dos valores encontrados durante todo o período amostral classificam a praia da Joaquina, como moderadamente limpa. No entanto, quando o cálculo é feito separado para cada coleta, em alguns meses o CCI indicou praia limpa, moderadamente limpa e em outros extremamente suja (Tabela 4).

Tabela 4 – Classificação do CCI para cada mês.

Data	CCI
dez/18	Moderadamente limpa
jan/19	Limpa
fev/19	Limpa
mar/19	Extremamente Suja
abr/19	Extremamente Suja
mai/19	Moderadamente limpa
jun/19	Limpa
jul-extra/19	Moderadamente limpa
jul/19	Limpa
ago/19	Limpa
set/19	Limpa
out/19	Limpa
nov/19	Limpa
dez/19	Limpa
jan/20	Limpa
Média	Moderadamente limpa

Fonte: Autora (2020)

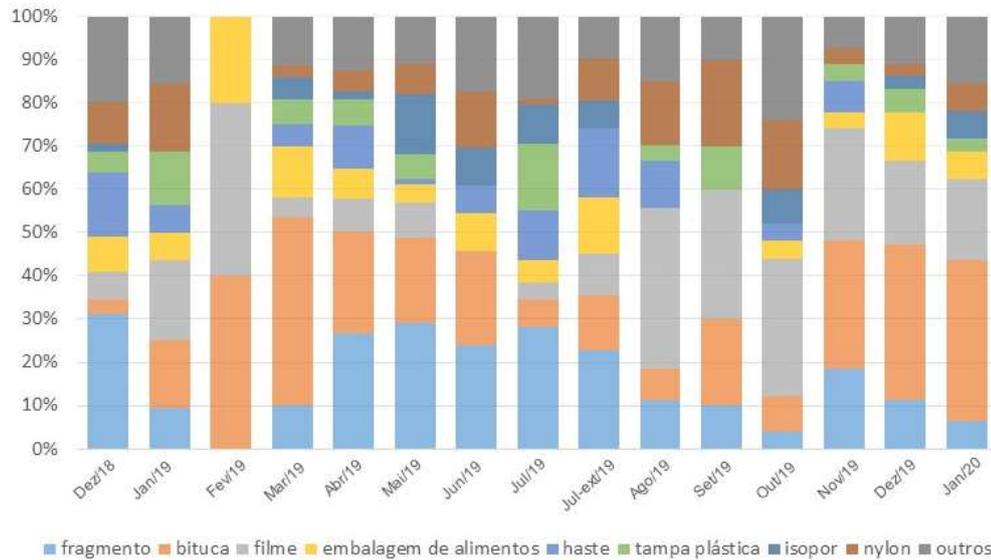
Além de impactar a qualidade cênica, os macrolásticos são um problema para a fauna marinha; organismos, como mamíferos e aves marinhas, podem ingerir ou se emaranhar nesse material (GALL; THOMPSON, 2015). Isso é especialmente preocupante sabendo-se que, segundo Linder (2014), um quarto das espécies de mamíferos marinhos do mundo ocorrem no litoral catarinense e que estes estão sujeitos a esses impactos. A presença de resíduos plásticos na praia também pode ocasionar problemas de saúde e segurança humana, caso haja o contato dos visitantes com itens de higiene pessoal e resíduos hospitalares, como seringas (SHEAVLY; REGISTER, 2007).

Cabe também ressaltar que implementar medidas para reduzir a presença de resíduos plásticos nas praias, como as limpezas diárias que são importante forma de se remover os itens, porém, representam um gasto para a administração municipal além de ser uma medida paliativa (FLORIANÓPOLIS, 2019). Dessa forma, mais do que não resolver o problema, gasta recursos que poderiam ser investidos em outros setores, tais como saúde e educação.

3.1.1 Composição: tipos e descrição física

A composição dos macrolásticos encontrados na praia da Joaquina foi representada em 10 categorias principais: bitucas de cigarro (25%), fragmentos (19%), plástico filme (10%), embalagem de alimentos (8%), haste de cotonete ou pirulito (7%), tampa plástica (6%), nylon corda ou fio (6%), isopor (5%) e outros (14%) (Figura 6).

Figura 6 – Porcentagem das principais categorias de macroplásticos identificados para cada mês.



Fonte: Autora (2020)

Destes 63% foram identificáveis quanto às prováveis fontes. Os demais, que incluem, fragmentos e filmes plásticos, não puderam ter a sua origem estimada. Entre os itens identificáveis 89% provém de fontes terrestres e 11% de fontes marinhas, corroborando com a informação de que a poluição marinha mundial provém sobretudo de fontes terrestres (GREGORY, 2009).

Entre os resíduos que tiveram sua origem identificada, os resultados da composição indicam que as principais fontes são as atividades dos usuários da praia com uma pequena parcela ligada às atividades da pesca. Essas mesmas fontes foram apontadas por Widmer, Hennemann, (2010) e Corraini *et al.*, (2018) como as principais fontes de plásticos para as praias da Ilha de Santa Catarina. Corraini *et al.*, (2018), ainda ressalta como o comportamento desses usuários, sejam turistas ou moradores, os tornam fonte direta desse material para o ambiente e como ainda é urgente a necessidade de implantar políticas de gestão desses resíduos na costa.

Associados às atividades dos usuários de praia estão os plásticos de uso único, como copos, canudos, tampas e garrafas plásticas, os quais compõe 19,5% dos materiais encontrados na praia da Joaquina. A presença desses materiais na praia enfatiza a necessidade de que seu uso seja repensado pela sociedade civil e pelos tomadores de decisão,

As bitucas de cigarro são consideradas o item mais coletado em limpezas de praia ao redor do mundo (OCEAN CONSERVACY, 2019) e o mesmo aconteceu no presente estudo.

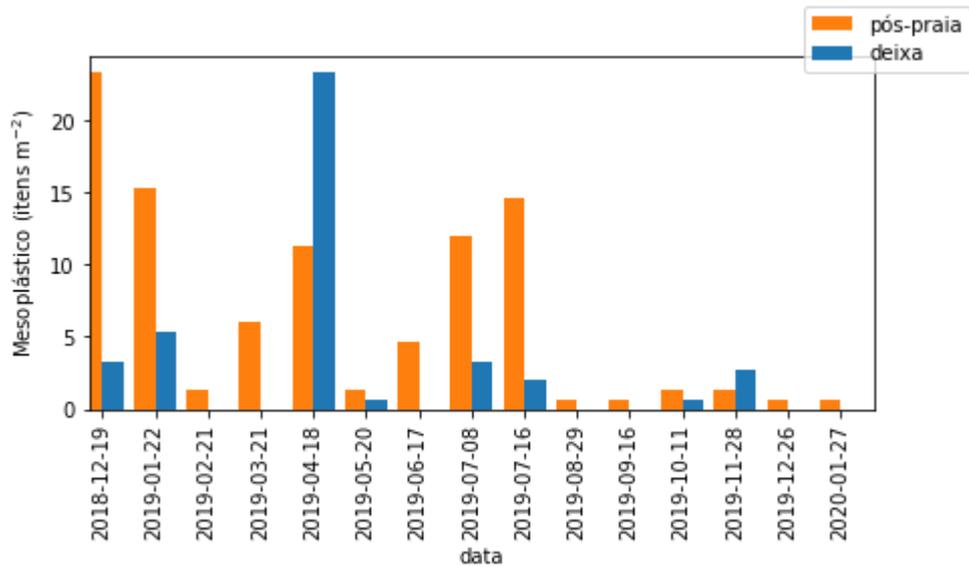
O alto número de bitucas encontradas nas praias é preocupante principalmente por dois fatores. Um deles se refere ao fato que, devido ao seu tamanho pequeno, elas dificilmente são recolhidas pelos serviços de limpeza de praia. O segundo fator diz respeito a toxicidade associada a esse resíduo. As bitucas podem ser soterradas na areia da praia onde possivelmente se acumulam ao longo do tempo, causando diversos efeitos tóxicos ainda pouco compreendidos (ARAÚJO; COSTA 2019). Torres, (2019) estudou a toxicidade da fração solúvel das bitucas em *Donax hanleyanus* um bivalve comum a toda a América do Sul e encontrou elevadas taxas de mortalidade mesmo quando expostos a pequenas concentrações (CL50 de 1,45 bitucas L⁻¹). Além disso, outros efeitos também foram observados, como perda de sensibilidade motora.

Conhecer a origem desse material é um diferencial na hora de criar ações para mitigar esse problema; por exemplo atualmente é proibido fumar em várias praias nos Estados Unidos (ARIZA; LEATHERMAN, 2012). Além disso, é urgente a sensibilização da população acerca da composição do filtro de cigarro que é feito sobretudo de acetato de celulose (um polímero sintético) que não se decompõe facilmente e deve ser descartado da forma correta.

3.2 ABUNDÂNCIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS MESOPLÁSTICOS

No total foram coletados 210 itens classificados como mesoplásticos, sendo que 146 itens ocorreram na porção do pós-praia e 65 na linha de deixa. A densidade de mesoplásticos teve média de 4,7 itens m⁻², com variação de 0 a 24 itens m⁻² na linha de deixa e de 1 a 23 itens m⁻² no pós-praia (Figura 8). De uma forma geral, esses valores são baixos se comparado com outros locais (Tabela 3). Embora os valores não sejam altos, é importante salientar que, uma vez no ambiente, os mesoplásticos irão se fragmentar devido a ação de ondas, ventos, atrito com o sedimento, se tornando fonte de micro e nanoplásticos.

Figura 8 – Densidades de mesoplásticos em itens m^{-2} ao longo do período amostral.



Fonte: Autora (2020)

A praia da Joaquina tem um serviço de limpeza realizado pela COMCAP (Autarquia de Melhoramentos da Capital) que ocorre de forma manual, superficial e periódica, e a informação é de que ela ocorre todos os dias no período da manhã. Porém, a limpeza de praia não é eficiente para remoção de pequenos itens e os estudos sugerem que isso não influencia muito a abundância de mesoplástico encontrada (LEE *et al.*, 2017; JEYASANTA *et al.*, 2020). Os valores de mesoplásticos encontrados neste estudo corroboram para essa afirmação.

Assim como para os itens classificados como macroplástico, a maior ocorrência de itens no pós-praia era esperada, pois a proximidade das dunas propicia o acúmulo e permanência de detritos, tanto naturais quanto antrópicos, trazidos pela maré, ventos e eventos de tempestades (MOCOJNI; VELANDER, 1999; MOREIRA *et al.*, 2016). No caso da Praia da Joaquina há uma duna extensa e bem preservada que parece fazer uma barreira de retenção desses itens. Bancin *et al.* (2019) destacaram, em um estudo sobre a distribuição espacial de micro e mesoplásticos em uma praia ao norte de Taiwan, que a região do pós-praia apresentou também mais itens que a linha de deixa. Segundo Heo *et al.*, (2013), isso ocorre porque essa região fica exposta a rajadas de ventos e/ou ventos constantes que podem redistribuir este material para outras partes da praia. A ausência de mesoplásticos na linha de deixar em 7 dos 15 meses amostrados na Praia da Joaquina e os baixos valores encontrados nos demais meses ressaltam a deposição de caráter mais recente e oscilante dessa região que é constantemente lavada pela maré (MOCOJNI; VELANDER, 1999; MANZANO, 2009).

Tabela 3 - Comparação entre a densidade de mesoplástico na Praia da Joaquina e outros estudos realizados em praias arenosas no Brasil e no mundo.

Referência	Local	Resultados itens m ⁻²
Presente estudo	Praia da Joaquina	4,7 (0,3 - 18,7)
LEE <i>et al.</i> , 2017	20 praias da Península Coreana	13,2 (0 - 44)
LEE <i>et al.</i> , 2015	12 praias na Coreia do Sul	37,7
LEE <i>et al.</i> , 2013	6 praias próximas ao estuário do rio Nakdong, Coreia do Sul	238
JEYASANTA <i>et al.</i> , 2020	8 praias da Costa Sudeste da Índia	9,4
BANCIN <i>et al.</i> , 2019	1 praia a norte de Taiwan	96,8
ZANETTI <i>et al.</i> , 2018	Praia do Moçambique Ilha de SC	23
ZANETTI <i>et al.</i> , 2018	Ribeirão da Ilha Ilha de SC	16
ZANETTI <i>et al.</i> , 2018	Praia da Lagoinha do Norte Ilha de SC	15
ZANETTI <i>et al.</i> , 2018	Praia de Sambaqui Ilha de SC	3

Fonte: Autora (2020)

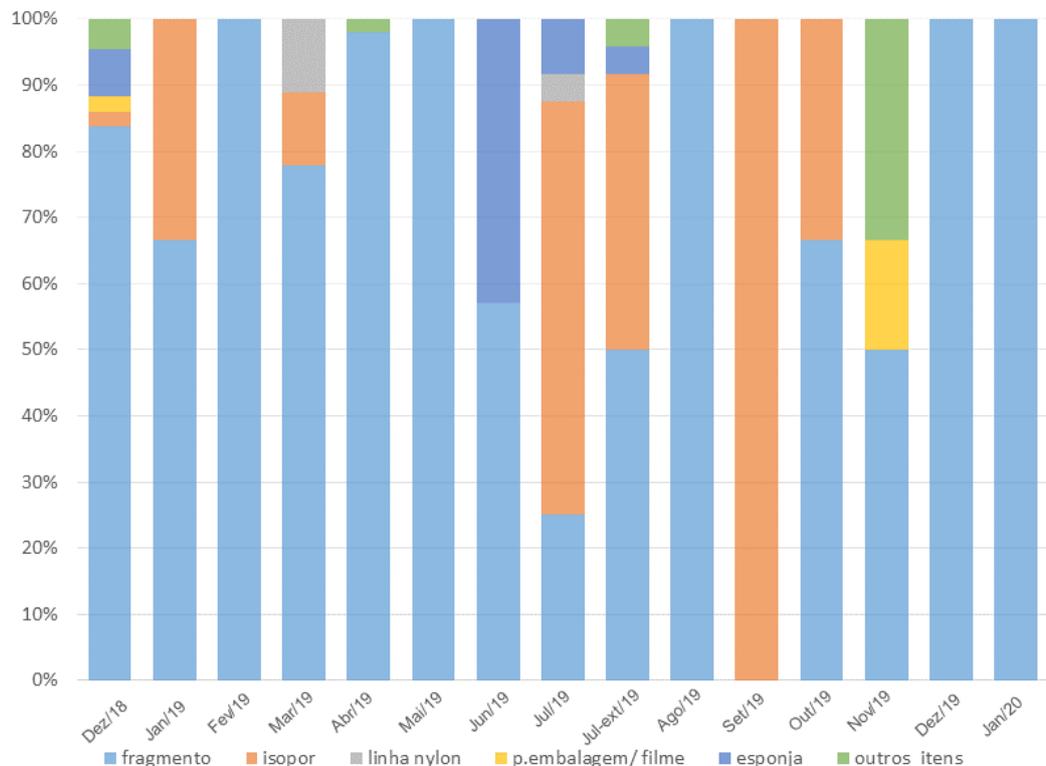
3.2.1 Composição: tipos e descrição física

A classe de de mesoplásticos mais encontrada foi a de fragmentos que constitui mais da metade de todos os itens coletados (72%), seguido pelo isopor (19%), esponja (4%) e outros (3%) (Figura 9). A identificação da origem dos fragmentos não é possível, pois seu tamanho reduzido não permite determinar seu uso. Esse tipo de material também se destaca na composição do mesoplásticos coletado em outras praias do mundo (RODRÍGUEZ *et al.*, 2020; BANCIN *et al.*, 2019) e é um grupo de plástico importante de ser investigado, pois o

processo de fragmentação é contínuo tornando sua detecção e retirada do ambiente mais difícil (ANDRADY, 2017).

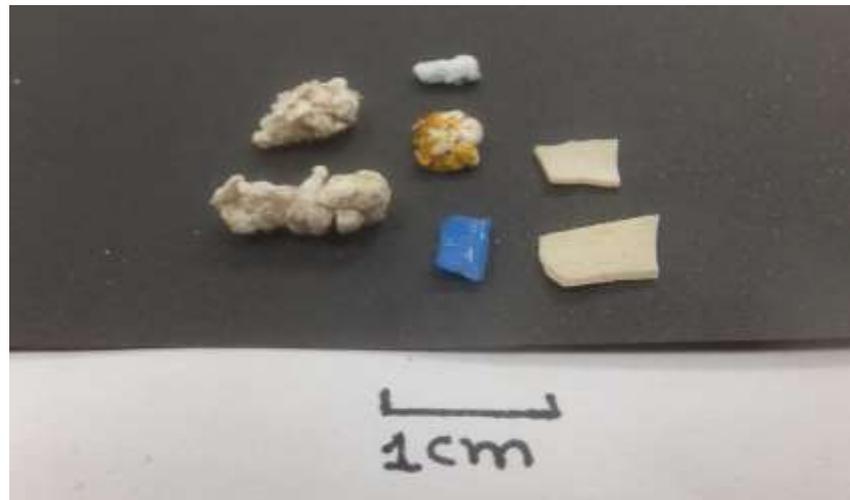
O isopor, segunda categoria mais abundante, teve maior ocorrência nos meses de menor uso da praia (com exceção para Jan/2019). Dessa forma, sugere-se que a sua ocorrência possa estar ligada às atividades de pesca. Na Praia da Joaquina mesmo há um rancho de pescadores ao lado da área amostrada. No entanto, não se pode descartar que o material seja trazido pelas correntes a partir de outras praias, pois a pesca artesanal é uma importante atividade em vários locais da Ilha de Santa Catarina e no seu entorno. Além disso, existem fazendas de maricultura localizadas no interior das baías da Ilha de Santa Catarina que podem dar origem a esse material. O papel das atividades de aquicultura na contaminação de praias por isopor, a partir da fragmentação de boias, já foi reportado na Coreia por Lee *et al.*, (2017) e Heo *et al.*, (2013).

Figura 9 – Porcentagem dos principais tipos de materiais mesoplásticos identificados para cada mês: fragmento, isopor, esponja, linha de nylon e outros.



Fonte: Autora (2020)

Figura 10 – Exemplo da composição dos mesoplásticos, amostra de julho/2019 no transecto pós-praia.

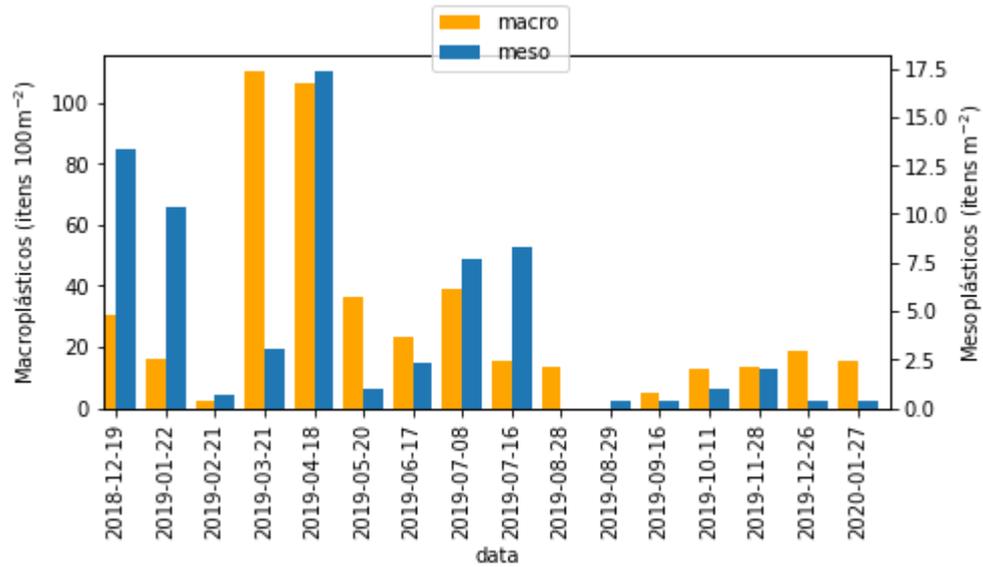


Fonte: Autora (2019)

3.3 VARIABILIDADE TEMPORAL MACROPLÁSTICOS E MESOPLÁSTICOS

A variação no número de macro e mesoplásticos na praia da Joaquina nos quinze meses de coleta ocorreu de forma distinta para as duas categorias (Figura 10). Estudos realizados em outras praias indicam que, apesar de haver uma forte correlação entre a quantidade de mesoplásticos e microplásticos em um mesmo local (LEE *et al.*, 2013; BANCIN *et al.*, 2019; JEYASANTA *et al.*, 2020) não é encontrado essa forte correlação entre os meso e macroplásticos (LEE *et al.*, 2013). Isso devido aos diferentes fatores que interferem em cada uma das categorias de tamanho, da mesma forma no presente estudo não foi encontrado essa correlação.

Figura 11 – Variabilidade temporal de macro e mesoplásticos.



Fonte: Autora (2020)

Para os mesoplásticos as maiores concentrações ocorreram nos meses de dezembro/2018, janeiro/2019, abril/2019, julho/2019 e julho-extra/2019 e os mais baixos em agosto/2019, setembro/2019, outubro/2019, dezembro/2019 e janeiro/2020. Não foi observado um padrão relacionado com o uso sazonal da praia, indicando que a ocorrência dessa classe de tamanho pode estar mais relacionada a influência de fatores naturais. Estudos indicam que as condições meteorológicas e oceanográficas atuam na distribuição de resíduos ao longo da costa, sendo elementos fundamentais para entender os padrões de acúmulo e de variação temporal (ARAÚJO; COSTA, 2007; TURRA *et al.*, 2014; KRELLING ; TURRA, 2019).

Em relação a influência das condições ambientais, estas podem justificar a maior ocorrência de mesoplásticos em abril/2019 onde houveram ventos fortes de sul-sudeste nos dias anteriores e no dia da coleta. Por outro lado, nos meses de menor ocorrência de mesoplásticos (agosto/2019, setembro/2019, outubro/2019 dezembro/2019 e janeiro/2020) os ventos eram de direção norte nos dias anteriores e no dia da coleta. Os ventos de quadrante sul atuam sobre o empilhamento da água na costa (MÖLLER *et al.*, 2008), fator que pode ter contribuído para esse maior acúmulo de resíduos na praia, porém essa relação deve ser melhor investigada.

A influência dos fatores ambientais é particularmente importante em regiões afastadas de áreas urbanas, industriais e turísticas, conforme ressaltado por Rodríguez *et al.* (2020) que, ao estudar 4 praias oceânicas do Uruguai, encontrou na praia de menor urbanização e visitação turística as maiores densidades de microplásticos e mesoplásticos.

Resultados similares foram encontrados por Zanetti *et al.* (2018) para a Ilha de Santa Catarina onde as maiores densidades de mesoplásticos foram encontradas na Praia de Moçambique, sendo uma região preservada e de alta exposição à energia dos ventos e das ondas. Os fatores naturais também foram identificados como mais significativos na distribuição de microplásticos da Ilha de SC em comparação aos fatores antrópicos (ZANETTI, 2019).

As maiores ocorrências de macroplásticos foram em março/2019 e abril/2019 e as menores em fevereiro/2019 e setembro/2019. Devido ao uso sazonal da praia da Joaquina pelo turismo, era esperado que mais macroplásticos fossem encontrados durante os meses de verão (dezembro-fevereiro) do que no inverno (junho-agosto). No entanto, não houve diferença entre as estações. Um dos fatores que podem ter contribuído para a ausência de uma diferença marcante entre as estações pode ser a limpeza de praia que ocorre durante o ano todo, mas se intensifica nos meses de verão. Adicionalmente, fatores naturais, como direção do vento dominante, marés meteorológicas, tempestades, também devem ser considerados (KRELLING; TURRA, 2019)

Na maioria dos meses de coleta o CCI classificou as praias como limpas. Uma exceção foram os meses de março/2019 e abril/2019, em que ela foi classificada como extremamente suja. Mesmo sendo fora do verão, mas ainda dentro de um período de intenso uso da praia, a maior ocorrência de macroplásticos nesses meses pode ser associada à grande procura por turistas e mesmo frequentadores locais. Widmer, Hennemann, (2010) encontraram, nessa mesma praia densidade maior de plástico no mês de março/2004 em comparação a outubro/2003 (Tabela 2).

Além disso, nos dois dias que antecederam a coleta de março/2019 houve uma intensificação dos ventos de quadrante sul que caracterizou uma entrada de frente. Já na coleta de abril/2019, apesar da intensidade média do vento não ter atingido os mesmos valores que março, ele também foi predominantemente de sul-sudeste. Ou seja, os fatores naturais também podem ter contribuído para o aumento na quantidade de resíduos na costa. Resultados similares foram encontrados na praia Deserta - Ilha do Superagüi, onde houve um aumento significativo de macroplásticos no mês de março, sendo associado a eventos meteorológicos junto ao uso recreacional da praia (FERRARI, 2009).

Outra exceção com relação aos valores de CCI foram julho-extra/2019 e agosto/2019 em que a praia foi classificada como moderadamente limpa. Para o primeiro, o aumento pode ter ocorrido devido a maré meteorológica intensa que ocorreu nos dias anteriores à coleta, observa-se que esse evento alterou a classificação da praia de limpa para moderadamente

limpa (Tabela 4) e na coleta de julho/2019 a classificação retorna para a qualidade de uma praia limpa.

Segundo Bancin *et al.*, (2019) eventos como esse levam a formação de linhas de acúmulo de resíduos, onde itens menores se aprisionam em itens maiores, gerando em alguns casos o maior acúmulo e permanência desse material na praia. Julho-extra/2019 foi também um mês com alta ocorrência de mesoplásticos na praia da Joaquina. No entanto, esses resultados são contrários ao encontrado por Oliveira, Tessler e Turra, (2011) que observaram uma diminuição dos resíduos frente a ação das frentes meteorológicas que podem remobilizar ou soterrar os materiais.

Com relação a composição dos macroplásticos, houve um aumento nos materiais associados às atividades de pesca, como isopor, linhas e cordas de nylon, durante o período de safra da pesca da tainha (abril - julho). O mesmo ocorreu para os mesoplásticos onde também foi observado um aumento de isopor nas coletas realizadas em julho/2019. A pesca da tainha é uma importante tradicional atividade econômica, social e cultural da região.

Ao mesmo tempo que eventos de tempestade podem ser responsáveis por um aumento na quantidade de itens plásticos em uma praia, o escoamento de água da chuva pode remover partículas, diminuindo o tempo de permanência durante períodos chuvosos (FANINI; BOZZEDA, 2018). Isso pode justificar a baixa ocorrência de mesoplástico em maio/2019, quando a precipitação acumulada mensal foi alta (196,60mm), sendo o mês de maior soma mensal de precipitação do período amostrado. Porém, neste mês não houve diminuição nos macroplásticos. Isso pode ser justificado pelo possível carreamento de resíduos que se encontram nas ruas e bueiros próximos da praia (PAWAR *et al.*, 2016). Mesmo não se tratando de uma praia urbana, há um sistema de drenagem pluvial na única via de acesso da praia da Joaquina.

4 CONCLUSÃO

Neste estudo de caso foi realizado o primeiro monitoramento mensal de macro e mesoplásticos ao longo de um ano (dez/2018 - jan/2020) na praia da Joaquina, Ilha de Santa Catarina. Foi observado que tanto os fatores naturais como os antrópicos são responsáveis pelas variações na ocorrência desses contaminantes na praia, que tendem a se distribuir sobretudo na região do pós-praia.

Tanto para os mesoplásticos quanto para os macroplásticos não foi encontrado um padrão dos resíduos com o uso sazonal da praia. Evidenciando a importância do serviço de limpeza de praia que se intensifica no verão e a forte influência dos fatores meteorológicos e oceanográficos como variáveis atuantes no aumento dos plásticos que chegam nesta praia que se encontra na costa sudeste em um ambiente orientado para o mar aberto.

O índice costa-limpa indica que a qualidade da praia tende a ser limpa ao longo do ano, mas que a passagem de alguns eventos meteorológicos pode alterar esse estado de qualidade da praia para moderadamente limpa e até extremamente suja, como foi observado nas coletas de março/2019 e julho-extra/2019.

Estudar essas duas classes de tamanho (macro: 25 mm - 1 m e meso: 5 - 25 mm) é uma forma de contribuir para o conhecimento do processo de fragmentação que o plástico sofre quando está no ambiente marinho. Desta forma, os fragmentos foram uma relevante categoria de itens amostrados, que exemplificam a fragilidade desse material quebrar em pedaços cada vez menores, tornando inviável a sua retirada do ambiente.

É necessário que haja uma mudança de comportamento dos usuários de praia, já que estes foram uma grande fonte contribuinte de macroplásticos, principalmente através das bitucas de cigarro e dos plásticos de uso único. A pesca importante atividade cultural e econômica também foi identificada como fonte contribuinte de macro e mesoplásticos para a praia. Onde foi observado um aumento de nylon e isopor principalmente nos meses da safra da tainha (abril - julho) pesca tradicional da região.

Os valores de macro e mesoplásticos na praia da Joaquina embora sejam, em geral, menores que em outras praias do Brasil e do mundo, eles servem de alerta tendo em vista que a simples ocorrência desses contaminantes representam um risco ao ambiente, a economia e a saúde.

Em pesquisas futuras coletas mais frequentes e/ou por períodos mais prolongados são necessários para melhor entender a dinâmica da distribuição dos plásticos na praia da Joaquina com relação aos fatores naturais e aos antrópicos. Destaca-se também a relevância

de se monitorar os dados ambientais locais, como ventos e correntes, para o melhor entendimento dessa relação. E devido os mesoplásticos serem uma classe mais acessível de coleta e identificação do que os microplásticos, sugere-se que estes sejam usados para inferir sobre a contaminação microplástica no ambiente praial.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, C.E.S.; FRANCO, D.; MELO FILHO, E. & PIMENTA, F. Wave regime characteristics of southern brazilian coast. **6ª Internacional Conference on Coast and Port Engineering in Countries, COPEDEC**. Colombo, Sri Lanka, (97):15p. 2003
- ARAÚJO, M. C. B.; SANTOS, P. J. P.; COSTA, M. F. Ideal width of transects for monitoring source-related categories of plastics on beaches. **Marine Pollution Bulletin**, 2006.
- ARAÚJO, M. C. B.; SILVA-CAVALCANTI, J. S.; COSTA, M. F. Anthropogenic Litter on Beaches With Different Levels of Development and use: a snapshot of a coast in pernambuco (brazil). **Frontiers In Marine Science**. v. 5, p. 200-233, 9 jul. 2018.
- ARAÚJO, M. C. B. de; COSTA, M. F. Municipal Services on Tourist Beaches: costs and benefits of solid waste collection. **Journal Of Coastal Research**. v. 225, p. 1070-1075, set. 2006.
- ARAÚJO, M. C. B.; COSTA, M. F. A critical review of the issue of cigarette butt pollution in coastal environments. **Environmental Research**. v. 172, p. 137-149, maio 2019.
- ARAÚJO, M. C. B.; COSTA, M. F. Visual diagnosis of solid waste contamination of a tourist beach: pernambuco, brazil. **Waste Management**. v. 27, n. 6, p. 833-839, jan. 2007.
- ARIZA, E.; LEATHERMAN, S. P. No-Smoking Policies and Their Outcomes on U.S. Beaches. **Journal Of Coastal Research**. v. 278, p. 143-147, jan. 2012.
- BANCIN, L. J. *et al.* Two-dimensional distribution and abundance of micro- and mesoplastic pollution in the surface sediment of Xialiao Beach, New Taipei City, Taiwan. **Marine Pollution Bulletin**. v. 140, p. 75-85, mar. 2019.
- BARNES, D. K. A. *et al.* Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. **Philosophical Transactions Of The Royal Society B: Biological Sciences**. v. 364, n. 1526, p.1985-1998, 27 jul. 2009.
- BEAUMONT, N. J. *et al.* Global ecological, social and economic impacts of marine plastic. **Marine Pollution Bulletin**, 2019.
- BROWNE, M. A. *et al.* Accumulation of Microplastic on Shorelines Woldwide: Sources and Sinks. **Environmental Science & Technology**. v. 45, n. 21, p.9175-9179, nov. 2011.
- CEPERO, M. T.; ASCENCIO, M. T. L.; GONZÁLEZ, E. C. Aplicación de estándares de certificación para el diagnóstico y gestión de playas. Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Morelia, n. September, 2018.
- CHITAKA, T. Y.; VON BLOTTNITZ, H. Accumulation and characteristics of plastic debris along five beaches in Cape Town. **Marine Pollution Bulletin** v. 138, p. 451-457, jan. 2019.

CORRAINI, N. R. *et al.* Troubles in the paradise: Litter and its scenic impact on the North Santa Catarina island beaches, Brazil. **Marine Pollution Bulletin**. v. 131, p.572-579, jun. 2018.

COSTA, M. F. *et al.* On the importance of size of plastic fragments and pellets on the strandline: a snapshot of a Brazilian beach. **Environmental Monitoring And Assessment**. v. 168, n. 1-4, p.299-304, 13 ago. 2009.

DA SILVEIRA, M. A. T.; RODRIGUES, A. B. Urbanização turística no Brasil: um foco em Florianópolis – Santa Catarina. *Via Tourism*, v. 7, 2015.

FANINI, L.; BOZZEDA, F. Dynamics of plastic resin pellets deposition on a microtidal sandy beach: Informative variables and potential integration into sandy beach studies. **Ecological Indicators**. v. 89, p.309-316, jun. 2018.

FERRARI, Juliana Barbosa. **Variação espacial e temporal do lixo marinho depositado na Praia Deserta - Parque Nacional Do Superagüi / Pr / Brasil**. 2009. 77 f. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná, 2009.

FLORIANÓPOLIS. Comcap. Prefeitura de Florianópolis. **Autarquia de Melhoramentos da Capital: comcap faz coleta e limpeza de orla diárias durante verão. Comcap faz coleta e limpeza de orla diárias durante verão**. 2019. Disponível em: <http://www.pmf.sc.gov.br/entidades/comcap/index.php?pagina=notpagina-i=21740>. Acesso em: 20 fev. 2020.

GALGANI, F., Hanke, G., & Maes, T. Global distribution, composition and abundance of marine litter. Pp 29-56. In Bergmann, M., Gutow, L. & Klages, M. (Eds.). **Marine anthropogenic litter**. 2015. Berlin: Springer, 447 p.

GALL, S.C.; THOMPSON, R.C. The impact of debris on marine life. **Marine Pollution Bulletin**. v. 92, n. 1-2, p.170-179, mar. 2015.

GREGORY, M. R. Environmental implications of plastic debris in marine settings—entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. **Philosophical Transactions Of The Royal Society B: Biological Sciences**. v. 364, n. 1526, p.2013-2025, 27 jul. 2009.

HEO, N. W. *et al.* Distribution of small plastic debris in cross-section and high strandline on Heungnam beach, South Korea. **Ocean Science Journal**. v. 48, n. 2, p. 225-233, jun. 2013.

HIDALGO-RUZ *et al.* Microplastics in the Marine Environment: a review of the methods used for identification and quantification. **Environmental Science & Technology**. v. 46, n. 6, p. 3060-3075, 2 mar. 2012.

HORN, N. O.; DE OLIVEIRA, J. S.; LEAL, P. C. Geologia das 117 praias arenosas da Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Novas edições acadêmicas**, 2017.

IVAR DO SUL, J. A.; COSTA, M. F. Marine debris review for Latin America and the Wider Caribbean Region: From the 1970s until now, and where do we go from here? **Marine Pollution Bulletin**, 2007.

IZAR, G. M. *et al.* Quantitative analysis of pellets on beaches of the São Paulo coast and associated non-ingested ecotoxicological effects on marine organisms. **Regional Studies In Marine Science**. v. 29, p. 100705, maio 2019.

JEYASANTA, K. I. *et al.* Macro-, meso- and microplastic debris in the beaches of Tuticorin district, Southeast coast of India. **Marine Pollution Bulletin**. v. 154, p. 111055, maio 2020.

KOMAR, Paul D. **Beach Processes and Sedimentation**. 2. ed. New Jersey: Pearson Education, 1998.

KRELLING, A. P.; TURRA, A. Influence of oceanographic and meteorological events on the quantity and quality of marine debris along an estuarine gradient. **Marine Pollution Bulletin**. v. 139, p.282-298, fev. 2019.

LAW, K. L. Plastics in the Marine Environment. **Annual Review Of Marine Science**. v. 9, n. 1, p.205-229, 3 jan. 2017.

LEE, J. *et al.* Characteristics of meso-sized plastic marine debris on 20 beaches in Korea. **Marine Pollution Bulletin**. v. 123, n. 1-2, p.92-96, out. 2017.

LEE, J. *et al.* Distribution and Size Relationships of Plastic Marine Debris on Beaches in South Korea. **Archives Of Environmental Contamination And Toxicology**. v. 69, n. 3, p. 288-298, 19 ago. 2015.

LEE, J. *et al.* Relationships among the abundances of plastic debris in different size classes on beaches in South Korea. **Marine Pollution Bulletin**. v. 77, n. 1-2, p. 349-354, dez. 2013.

LIMA OLIVEIRA, A.; TESSLER, M. G.; TURRA, A. Distribuição de lixo ao longo de praias arenosas—Estudo de caso na Praia de Massaguaçu, Caraguatatuba, SP. **Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management**, 11(1), 75-84, 2011.

LIPPIATT, S., Opfer, S., and Arthur, C. 2013. **Marine Debris Monitoring and Assessment**. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-46.

LOURO, P.; WIDMER, W. M. Plastic Pellets on Campeche Beach (Santa Catarina Island, Brazil): a seasonality and composition study. **Environment And Ecology Research**. v. 5, n. 4, p. 302-311, jun. 2017.

MANZANO, A. **Distribuição, taxa de entrada, composição química e identificação de fontes de grânulos plásticos na Enseada de Santos, SP, Brasil**. Universidade de São Paulo, 2009.

MARIN, C. B. *et al.* Marine debris and pollution indexes on the beaches of Santa Catarina State, Brazil. **Regional Studies In Marine Science**. v. 31, p. 100771, set. 2019.

MASSELINK, G.; HUGHES, M.; KNIGHT, J. Introduction to coastal processes and geomorphology 2nd Ed. **Great Britain, UK**, 2011.

MERLOTTO, A.; VERÓN, E. M.; BÉRTOLA, G. R. Servicios ecosistémicos de regulación en playas del partido de General Alvarado, Buenos Aires, Argentina. **Revista de Geografía Norte Grande**. n. 73, p. 113-131, set. 2019.

MÖLLER, O. *et al.* The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America. **Continental Shelf Research**. v. 28, n. 13, p. 1607-1624, jul. 2008.

MOREIRA, F. T. *et al.* Small-scale temporal and spatial variability in the abundance of plastic pellets on sandy beaches: methodological considerations for estimating the input of microplastics. **Marine Pollution Bulletin**. v. 102, n. 1, p. 114-121, jan. 2016.

OCEAN CONSERVANCY. International Coastal Cleanup: 2019 Annual Report. Disponível em: <<https://oceanconservancy.org/trash-free-seas/international-coastal-cleanup/annual-data-release/>>. Acesso em: 20 Mai.2020.

PAWAR, P. R.; SHIRGAONKAR, S. S.; PATIL, R. B. Plastic marine debris: Sources, distribution and impacts on coastal and ocean biodiversity. **PENCIL Publication of Biological Sciences**, v. 3, n. 1, p. 40-54, 2016.

RAMOS, B. **Diagnóstico e análise da problemática do lixo no mar: estudo de caso na praia do Cassino, Rio Grande – RS, Brasil**. 2020. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2020.

RANGEL-BUITRAGO N. *et al.* Magnitudes, sources, and management of beach litter along the Atlântico department coastline, Caribbean coast of Colombia. **Ocean & Coastal Management**, [S.L.], v. 138, p. 142-157, mar. 2017.

RÍOS, N. *et al.* Spatio-temporal variability of beached macro-litter on remote islands of the North Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**. v. 133, p. 304-311, ago. 2018.

RODRÍGUEZ, C. F., M. *et al.* Mesoplastics and large microplastics along a use gradient on the Uruguay Atlantic coast: types, sources, fates, and chemical loads. **Science Of The Total Environment**. v. 721, p. 137734, jun. 2020.

SCHERER, Marinez. Gestão de Praias no Brasil: Subsídios para uma Reflexão. **Revista de Gestão Costeira Integrada**. v. 13, n. 1, p.3-13, mar. 2013.

SHEAVLY, S. B.; REGISTER, K. M. Marine Debris & Plastics: Environmental Concerns, Sources, Impacts and Solutions. **Journal Of Polymers And The Environment**. v. 15, n. 4, p.301-305, out. 2007.

SILVA-CAVALCANTI, J. S.; ARAUJO, M. C. B.; COSTA, M. F. Padrões e tendências a médio prazo da contaminação por resíduos sólidos na praia de Boa Viagem, Nordeste do Brasil. **Quaternary And Environmental Geosciences**. v. 4, n. 1-2, p.17-24, 31 dez. 2013.

TORRES, C. F. **Avaliação Da Toxicidade Da Fração Solúvel De Filtros De Cigarro No Bivalve Donax Hanleyanus (Philippi, 1847)**. 2019. 41 f. TCC (Graduação) - Curso de Oceanografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

TURRA, A. et al. Three-dimensional distribution of plastic pellets in sandy beaches: shifting paradigms. **Scientific Reports**. v. 4, n. 1, p. 1-118, 27 mar. 2014.

UNEP. Marine Plastic Debris and Microplastics - Global lessons and research to inspire action and guide policy change. **Marine Plastic Debris and Microplastics** Nairobi, 2016.

VAN SEBILLE, E. et al. A global inventory of small floating plastic debris. **Environmental Research Letters**. v. 10, n. 12, p.124006-124018, 1 dez. 2015.

VEERASINGAM, S. et al. Characteristics, seasonal distribution and surface degradation features of microplastic pellets along the Goa coast, India. **Chemosphere**. v. 159, p.496-505, set. 2016.

VELANDER, K; MOCOJNI, M. Beach Litter Sampling Strategies: is there a best method?. **Marine Pollution Bulletin**. v. 38, n. 12, p. 1134-1140, dez. 1999.

WIDMER, W. M.; HENNEMANN, M. C. Marine Debris in the Island of Santa Catarina, South Brazil: Spatial Patterns, Composition, and Biological Aspects. **Journal Of Coastal Research**. v. 26, p.993-1000, nov. 2010.

WILLIAMS A. Definitions and typologies of coastal tourism beach destinations A.L. Jones, M.R. Phillips (Eds.), **Disappearing Destinations: Climate Change and Future Challenges for Coastal Tourism** (2011), pp. 47-66

YAO, P. *et al.* A review of microplastics in sediments: Spatial and temporal occurrences, biological effects, and analytic methods. **Quaternary International**. p.1-8, abr. 2019.

ZANETTI, D. G. *et al.* Diagnóstico de micro e mesoplásticos em praias da Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. **XXX Semana Nacional de Oceanografia**. Rio Grande (RS), 2018.

ZANETTI, D. G. **Microplásticos em Praias Arenosas da Ilha de Santa Catarina: ocorrência, distribuição e caracterização**. 2019. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Oceanografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

APÊNDICE A – Observações gerais acerca de cada coleta mensal realizada na praia da Joaquina.

Mês	Data	Dia	Hora	Observações
Dezembro	19.12.18	Quinta-feira	8:00	-
Janeiro	22.01.19	Terça-feira	8:52	-
Fevereiro	21.02.19	Quinta-feira	8:03	- A coleta ocorreu antes da limpeza.
Março	21.03.19	Quinta-feira	11:30	- Coleta realizada apenas no pós-praia. - Dia com ressaca no mar, maré alta. - Possível ocorrência de maré meteorológica.
Abril	18.04.19	Quinta-feira	9:00	- A coleta ocorreu antes da limpeza.
Maiο	20.05.19	Segunda-feira	9:14	- Dia ensolarado com pouco vento e alta ondulação. - Coleta realizada após dias de chuva, areia úmida
Junho	17.06.19	Segunda-feira	9:00	- Em 3 dos 6 quadrados amostrados havia tido a limpeza de praia.
Julho-Extra	08.07.2019	Segunda-feira	10:25	- Coleta extra na maré meteorológica. - A maré estava alta, criou um degrau para acessar o pós-praia.

Julho	16.07.2019	Terça-feira	8:55	<ul style="list-style-type: none"> - Coleta realizada após diversos dias de chuva, areia úmida. - Ondulação de sul e vento sul forte durante a coleta. - Em 3 dos 6 quadrados amostrados havia tido a limpeza de praia.
Agosto	29.08.2019	Quinta-feira	8:50	<ul style="list-style-type: none"> - Indícios de ter ocorrido antes da limpeza.
Setembro	16.09.2019	Segunda-feira	8:45	<ul style="list-style-type: none"> - Coleta após a limpeza.
Outubro	11.10.2019	Sexta-feira	8:55	<ul style="list-style-type: none"> • Indícios de ter ocorrido antes da limpeza. • Dia ensolarado com a presença de turistas na praia. • Rajadas de vento (nordeste) e areia. • Devido ao vento presença de marcas onduladas na areia.
Novembro	28.11.2019	Quinta-feira	10:35	<ul style="list-style-type: none"> • Fortes rajadas de vento sul
Dezembro	26.12.2019	Quinta-feira	9:06	<ul style="list-style-type: none"> • Dia ensolarado. • Praia bem limpa.
Janeiro	27.01.2020	Segunda-feira	8:45	<ul style="list-style-type: none"> • Praia bem limpa.