

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARINA BETTIM

**Influência de eventos meteorológicos e oceanográficos em pequena escala temporal  
da deposição de resíduos sólidos em praias de gradiente estuarino**

**The influence of meteorological and oceanographic events on the small-scale  
temporal variation of solid waste deposition on gradient estuarine shorelines**

PONTAL DO PARANÁ

2017

MARINA BETTIM

**Influência de eventos meteorológicos e oceanográficos em pequena escala temporal  
da deposição de resíduos sólidos em praias de gradiente estuarino**

**The influence of meteorological and oceanographic events on the small-scale  
temporal variation of solid waste deposition on gradient estuarine shorelines**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre. Área de concentração: Manejo Integrado da Zona Costeira

Orientador: Dr. Alexander Turra

PONTAL DO PARANÁ

2017

CATALOGAÇÃO NA FONTE:

UFPR / SiBi - Biblioteca do Centro de Estudos do Mar

Caroline Felema dos Santos Rocha – CRB 9/1880

Bettim, Marina

B565i Influência de eventos meteorológicos e oceanográficos em pequena escala temporal da deposição de resíduos sólidos em praias de gradiente estuarino. / Marina Bettim. – Pontal do Paraná, 2017.

45 f.: il.; 29 cm.

Orientador: Prof. Dr. Alexander Turra.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Centro de Estudos do Mar, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

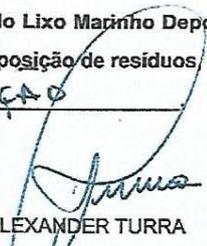
1. Resíduos sólidos. 2. Fatores ambientais. 3. Lixo marinho. 4. Complexo estuarino – Paranaguá (PR). I. Título. II. Turra, Alexander. III. Universidade Federal do Paraná.

CDD 363.7285

## TERMO DE APROVAÇÃO

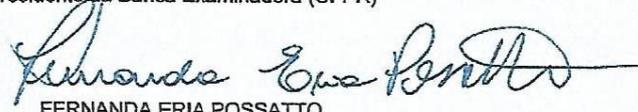
Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em SISTEMAS COSTEIROS E OCEÂNICOS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **MARINA BETTIM** intitulada: **Varição Temporal do Lixo Marinho Depositado na Interface Estuário e Praia: Influência de Eventos Meteorológicos e Oceanográficos na deposição de resíduos**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO

Pontal do Paraná, 30 de Maio de 2017.



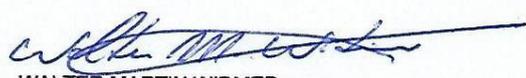
ALEXANDER TURRA

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)



FERNANDA ERIA POSSATTO

Avaliador Externo (UFPR)



WALTER MARTIN WIDMER

Avaliador Externo (IFSC)

**Aos meus pais.**

“Esperança

Lá bem no alto do décimo segundo andar do Ano  
Vive uma louca chamada Esperança  
E ela pensa que quando todas as sirenas  
Todas as buzinas  
Todos os reco-recos tocarem  
Atira-se  
E — ó delicioso voo!  
Ela será encontrada miraculosamente incólume na calçada,  
Outra vez criança...  
E em torno dela indagará o povo:  
— Como é teu nome, meninazinha de olhos verdes?  
E ela lhes dirá  
(É preciso dizer-lhes tudo de novo!)  
Ela lhes dirá bem devagarinho, para que não esqueçam:  
— O meu nome é ES-PE-RAN-ÇA...”

- Mario Quintana

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família. Aos meus pais (Rachel e Marquinho) por tudo que sou e venho me tornando na busca constante por evolução, em cada partezinha da minha índole e conquistas nessa trajetória que é a vida. Aos meus irmãos (Pri e Kuka) por serem meus melhores amigos e inspiração de seres humanos. À minha tia Tata e Avós (Sô, Magui e Maria) por cada palavra, apoio e suporte que mesmo de longe, sempre estiveram tão perto de mim. Ao Arthur por ter nascido no meio dessa etapa para participar das nossas vidas ensinando o que é o puro e verdadeiro amor.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Alexander Turra, por ter me acolhido como aluna tão repentinamente, acreditado no meu trabalho e me orientado durante esses dois anos.

Ao Prof. Dr. Allan Paul Krelling pela coorientação, mesmo que não efetivada. Por indicar as diretrizes e coordenadas quando me senti perdida (acontece sempre) e pela amizade que cultivamos nesse caminho de trabalho.

Aos Profs Drs. Maikon Di Domenico e Leonardo Sandrini Neto, pelo auxílio nas análises estatísticas do trabalho, mas principalmente, pela paciência, disposição e amizade em todo o processo.

À Danae Erdosi pelos mapas, gráficos, análises de madrugada e por resumidamente, ser minha irmã de não sangue nitidamente de exatas.

À Marina Tomazella, Rodrigo Pelanda, Pedro Le Grazie, Danae Erdosi, Oseias Brasqui e Marcus Nuernberg, pela ajuda em algumas coletas do projeto mas apoio moral em todas.

À Marina Carrato por ser tão leve e intensa, sempre sabendo lidar tão bem com as palavras e a organização delas.

À Mary Pow, por toda força e apoio em todos os momentos e por ser a melhor motorista Floripa/Pontal.

Agradeço ao Caio Lowpes pelo auxílio no texto, companheirismo, apoio e calma tão necessários durante essa fase.

Agradeço à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa durante todo o período da realização desse mestrado.

À Universidade Federal do Paraná (UFPR), Centro de Estudos do Mar (CEM) e ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos (PGSISCO) por me amparar e apoiar como aluna nesse período.

E finalmente, mas não menos importante, agradeço ao Universo por toda perfeição e complexidade de cada desafio e obstáculo da minha vida que me trouxeram até aqui.

**Influência de eventos meteorológicos e oceanográficos em pequena escala temporal da deposição de resíduos sólidos em praias de gradiente estuarino**

**The influence of meteorological and oceanographic events on the small-scale temporal variation of solid waste deposition on gradient estuarine shorelines**

**Revista pretendida:** Marine Pollution Bulletin ISSN (0025-326X), Fator de Impacto (I.F. 3.099). Qualis CAPES= Estrato A2.

**Marina Bettim<sup>1\*</sup>, Allan Paul Krelling<sup>2</sup>, Alexander Turra<sup>3</sup>**

1 Programa de pós-graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Centro de Estudos do Mar (CEM).  
Universidade Federal do Paraná, Av Beira Mar, s/n, 83255-976. Pontal do Paraná, Paraná, Brasil

2 Instituto Federal do Paraná. Campus Paranaguá. Eixo de Recursos Naturais. Antonio Carlos Rodrigues,  
453. 83215-750. Paranaguá, Paraná – Brasil

3 Universidade de São Paulo (USP), Departamento de Oceanografia Biológica, Instituto Oceanográfico  
(IOUSP). Praça Oceanográfica, 191. 05508-120. São Paulo, Brasil

\*Autores para correspondência:

bettim.marina@gmail.com (M. Bettim); allan.krelling@ifpr.edu.br (A.P. Krelling); turra@usp.br (A. Turra)

## RESUMO

O presente estudo tem como objetivo estabelecer relações entre deposição de detritos marinhos e eventos meteorológicos e oceanográficos em pequena escala (precipitação, vento, maré e fluxo de rio). As amostras foram coletadas durante 60 dias consecutivos em duas praias brasileiras em Pontal do Paraná. O primeiro local (Assenodi) está em uma área mais externa do estuário, exposto à ação das ondas e ventos sul, sudeste e leste. O segundo ponto (Canto das Pedras) é protegido da ação direta de ondas e está localizado em uma desembocadura estuarina. O Assenodi representou 29% do total de detritos coletados, enquanto o Canto das Pedras representou 71%. A maior influência de detritos plásticos domésticos foi observada em ambos os locais, sugerindo a influência dos resíduos provenientes dos municípios internos do estuário para toda a região. As menores taxas de deposição de itens são precedidas por maiores eventos de precipitação para ambos os pontos. A deposição de detritos também variou entre as praias de acordo com as condições do vento. A varredura de detritos aumentou após eventos de ventos intensos (velocidades de vento de 2 a 4 m / s), variando espacialmente: após um período de ação de 2 dias no Assenodi e um período de 3 dias no Canto das Pedras. As marés também influenciaram a deposição em ambos os locais e o modelo explicativo indicou uma relação linear de chegada de lixo no Assenodi e um comportamento unimodal no Canto das Pedras. O fluxo do rio influenciou positivamente o acúmulo de detritos no Canto das Pedras. Sendo assim, a dinâmica diária de eventos meteorológicos e oceanográficos expressa variações na chegada de lixo marinho em escalas temporais e espaciais.

Palavras-chave: Resíduos sólidos, Fatores ambientais, Lixo marinho, Complexo estuarino.

## ABSTRACT

The present study aims at establishing relationships between debris deposition and small-scale meteorological and oceanographic events (precipitation, wind, tide, and river flow). The samples were collected during 60 consecutive days in two Brazilian beaches in Pontal do Paraná. The first site (Assenodi) is at the outermost area of an estuary, which is exposed to the action of waves and to southern, southeastern, and easterly winds. The second site (Canto das Pedras) is sheltered from direct wave action and is located at an estuarine outlet. Assenodi accounted for 29% of the total debris collected, while Canto das Pedras accounted for 71%. The higher influence of domestic plastic debris was observed in both sites, suggesting the influence of waste coming from the estuary's inner municipalities for the whole region. The lower depositional rates of items are preceded by higher precipitation events for both sites. The strand of debris also varied among beaches according to wind conditions. Stranding of debris increased after events of intense winds (wind speeds of 2 to 4 m/s), varying spatially: after a 2-day action period in Assenodi and a 3-day period in Canto das Pedras. Tides also influenced deposition in both sites and the explanatory model indicated a linear relation in Assenodi and a unimodal behavior in Canto das Pedras. The river flow influenced positively debris accumulation in Canto das Pedras. Thus, the daily dynamics of meteorological and oceanographic events express variations in the arrival of marine litter in temporal and spatial scales.

Key words: Marine Debris, Environmental factors, Marine litter, Estuarine complex.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Figura 1. - Estado do Paraná no Brasil. I- Rio Cachoeira; II- Rio Nhundiaquara. Pontos – Assenodi e Canto das Pedras.....7
- Figura 2. Deposição de lixo nos dias por pontos amostrais (Canto das Pedras e Assenodi). Com média móvel de dois períodos. Erro padrão.....13
- Figura 3. Variação temporal do número de itens nas praias do Canto das Pedras e Assenodi (soma dos 3 transectos amostrados, Pontal do Paraná, PR, Brasil), média da precipitação diária (mm), média diária de vento (m/s). amplitude máxima de maré (m) e vazão diária adicionada dos rios Nhundiaquara e Cachoeira (m<sup>3</sup>/s) ao longo do período de coleta (dias).....14
- Figura 4. Curvas de suavização (S) mostrando a relação (linha sólida) entre a quantidade de itens encontrados nos dias (A) e as variáveis ambientais (B, C, D e E). As áreas sombreadas indicam o erro padrão das curvas de suavização. As parcelas “concentradas” no eixo x indicam o intervalo das variáveis sobre as quais foram medidas.....18
- Figura 5. Indicação dos eventos de deposição de lixo em ambos os pontos de coleta utilizados na comparação da composição dos resíduos entre localidades. Eventos de deposição de lixo em ambos os pontos 1- (4° ao 9° dia). 2- (13° ao 19° dia). 3- (23° ao 29° dia). 4- (43° ao 49° dia). 5- (51° ao 56° dia).....19
- Figura 6. Porcentagem dos tipos de itens coletados e prováveis origens por ponto e por evento. “ID” = Índice da média de dissimilaridade extraído por evento entre os pontos da análise SIMPER. “OD” = Origem Desconhecida.....20

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Número total de itens de cada composição, por praia e possíveis fontes.....12

Tabela 2: Seleção de modelos de quantidade de itens para o Assenodi, ajustados e ordenados pelo valor de AICc. Valor da Importância Relativa (RI) variável selecionada dada em uma escala de 0 a 1. Variáveis com delta menor que 5. O símbolo “+” representa as variáveis que foram incluídas no modelo.....15

Tabela 3: Seleção de modelos de quantidade de itens para o Canto das Pedras, ajustados e ordenados pelo valor de AICc. Valor da Importância Relativa (RI) variável selecionada dada em uma escala de 0 a 1. Variáveis com delta menor que 5. O símbolo “+” representa as variáveis que foram incluídas no modelo.....15

## Sumário

1.	<b>Introdução</b> .....	1
2.	<b>Material e Métodos</b> .....	5
	2.1 <i>Área de Estudo</i> .....	5
	2.2 <i>Coleta e análise de Lixo Marinho</i> .....	6
	2.3 <i>Análises Estatísticas</i> .....	9
3.	<b>Resultados</b> .....	11
	3.1 <i>Caracterização Geral de Itens Encontrados</i> .....	11
	3.2 <i>Variação Espacial e Temporal</i> .....	12
	3.3 <i>Variáveis Ambientais</i> .....	13
	3.4 <i>Composição e possíveis fontes dos resíduos</i> .....	19
4.	<b>Discussão</b> .....	21
5.	<b>Conclusão</b> .....	26
6.	<b>Referências Bibliográficas</b> .....	28

## 1. Introdução

Durante séculos a humanidade persistiu com a ideia ilusória da capacidade ilimitada da assimilação de resíduos pelo oceano. Por muito tempo os mares foram vistos como depósitos de resíduos das produções humanas. Entretanto, particularmente a partir dos anos 90, os limites dos sistemas oceânicos começaram a se mostrar mais evidentes, sendo possível detectar um alcance máximo da absorção dos danos antrópicos e, conseqüentemente, levando a um melhor entendimento da atual situação da poluição marinha e da necessidade da gestão dos resíduos (Coe e Rogers, 1997). Por sua vez, o ambiente costeiro possui características complexas, apresentando ecossistemas e pressões antrópicas variados. Regiões costeiras, tais como manguezais, estuários e praias arenosas, sujeitas ao efeito da urbanização, do turismo e da ação portuária, revelam a complexidade da gestão de resíduos sólidos (Oliveira e Turra, 2015). Embora muitos governos ao redor do mundo hoje apliquem esforços consideráveis no sentido de solucionar os problemas da produção e gestão de resíduos associados aos oceanos e regiões costeiras, muitas lacunas importantes ainda precisam ser estudadas (UNEP, 2009).

O reconhecimento da responsabilidade antrópica na poluição marinha é evidente (Widmer e Hennemann, 2010). No entanto, pesquisas indicam que esta poluição não pode ser atribuída apenas para atividades realizadas diretamente no oceano ou praias (Coe e Rogers, 1997; UNEP 2005; Reisser *et al.*, 2013). Fontes continentais de resíduos urbanos e industriais relacionados ao transporte fluvial próximo ao estuário são citadas em estudos de lixo marinho, sendo a categoria dos plásticos a mais abundante em todo o mundo (Ivar do Sul e Costa, 2007; Rech *et al.*, 2014). Nesse contexto, lixo marinho é definido como qualquer resíduo antropogênico, sólido ou processado que entra no ambiente oceânico, independentemente de sua fonte geradora (Coe e Rogers, 1997). Estes resíduos podem resultar do descarte proposital, do manejo ou da eliminação imprudente de seus usuários (Araújo e Costa, 2003).

O plástico possui duas grandes características que viabilizam sua utilização em grande escala, leveza e durabilidade, transformando-se em um potencial risco ao meio ambiente quando descartados de forma inapropriada e desafio constante para a gestão de resíduos (Ryan *et al.*, 2014). Características como a densidade do plástico, garantem a flutuabilidade que contribui para a dispersão do resíduo para o mundo todo (Eriksen *et*

*al.*, 2014). Ainda, o modelo de Eriksen *et al.* (2014), pressupõem que as entradas de resíduos plásticos dependem, de maneira geral, de três variáveis de correlação positiva, tais são as bacias hidrográficas, densidade populacional e a atividade marítima. Visto isto, a poluição plástica tem efeitos diretos no ambiente marinho, e são eles biológicos, químicos, físicos e em comunidades costeiras (Carson *et al.*, 2013).

A lenta degradação dos resíduos descartados, concomitante à alta produtividade da indústria, somada à má gestão de resíduos resulta em um incremento gradual e dramático da quantidade de resíduos nos oceanos e regiões costeiras do mundo (Cheshire *et al.*, 2009). O acúmulo e a propagação do lixo marinho são prejudiciais em diversos aspectos, por exemplo: social, reduzindo o valor estético, de segurança pública e/ou sanitária; econômico, como no custo de limpeza das praias para o turismo; e ambiental, tendo efeitos na biota, de mortalidade, danos físicos e ingestão pelos organismos, carregamento de substâncias químicas para as espécies, captura fantasma por resíduos de pesca (Galgani *et al.*, 2013; GESAMP, 2015; GESAMP, 2016; UNEP, 2016). Nesse contexto, para o aspecto socioeconômico o dano social inclui a redução dos valores recreativos, estéticos ou educativos de uma região que apresenta riscos para a saúde pública e o dano econômico inclui os gastos diretos e o direcionamento da renda para a limpeza e manutenção da limpeza de áreas marinhas afetadas pelo lixo. Em aspectos ambientais, resíduos plásticos já foram ingeridos por diversos níveis tróficos da cadeia alimentar marinha. Esses resíduos compreendem a capacidade de incorporar substâncias químicas com efeitos potencialmente tóxicos para o indivíduo, com consequências negativas para a sobrevivência e/ou reprodução. Ainda, as redes de pesca têm um real efeito no emaranhamento e mortalidade de diversas espécies do ambiente marinho. No mediterrâneo as tartarugas marinhas estão seriamente ameaçadas de extinção não só por causas de perda de habitat e captura acidental da pesca, mas também através do emaranhamento e ingestão do lixo marinho (Galgani *et al.*, 2013).

As nações mais desenvolvidas, quando comparadas às nações em desenvolvimento, produzem resíduos em maior escala (Slavin *et al.*, 2012). Em contrapartida, com maiores investimentos, as nações desenvolvidas também possuem sistemas de gestão de resíduos sólidos mais eficazes e efetivos, geralmente apresentando abordagens que atuam gradualmente do nível local até o nacional. O lixo por muitas vezes revela as condições econômicas locais, sendo o despejo descontrolado do lixo geralmente

associado a comunidades periféricas e locais de populações mais carentes (Coe e Rogers, 1997; Slavin *et al.*, 2012).

Existem variadas fontes atribuídas para o lixo marinho, como as atividades pesqueiras, turismo, resíduos relacionados ao esgoto e lixo doméstico de áreas adjacentes de corpos d'água (Earll *et al.*, 1999). A proximidade de rios e corpos d'água afeta diretamente a quantidade de resíduos encontrados nas praias (Araújo e Costa, 2007; Carson *et al.*, 2013; Rech *et al.*, 2014). Assim, o grande acúmulo de lixo fora de temporada turística torna questionável a responsabilidade dos usuários da praia, sendo possível seu efetivo transporte e deposição de resíduos provenientes das bacias hidrográficas ou trazidas por correntes que incidem na região vindas do oceano aberto. Não obstante, a literatura ainda carece da efetiva relação entre fatores ambientais e a deposição de resíduos em sistemas praias (Ivar do Sul e Costa, 2007; Moreira *et al.*, 2015, Krelling *et al.*, 2017).

A possível origem, a deriva e o destino do lixo são relevantes para a avaliação da sua distribuição e abundância e, conseqüentemente, necessários para sua gestão. Fatores como chuvas, rios, correntes, ventos e características geomorfológicas são imprescindíveis para a compreensão dos padrões de disposição do lixo no ambiente (Galgani *et al.*, 2013). De certa forma, os estudos sobre lixo marinho carecem de longas séries temporais, as quais normalmente realizam coletas trimestralmente (UNEP, 2009). Embora condições ambientais sejam indicadas como fatores que influenciam diretamente a deposição de lixo marinho, a maioria dos estudos analisa as variações temporais comparando a ocorrência de resíduos entre longos períodos de tempo (Possatto *et al.*, 2015, Rosevelt *et al.*, 2013; UNEP, 2016). A periodicidade dessas coletas não permite a compreensão da dinâmica do movimento do lixo marinho em escalas espaciais e temporais menores, como variações diárias de fatores determinantes (UNEP, 2016), como o vento. Alguns desses estudos sugerem que o foco nos sistemas meteorológicos e oceanográficos, em vez de estações, podem ser mais eficazes para determinar a deposição de itens (Kataoka *et al.*, 2013). Neste sentido, Vermeiren *et al.* (2016) afirmou que as variações temporais em pequena escala podem distorcer padrões sazonais e que essas variações, especialmente em ambientes estuarinos, podem ser observadas dentro de um dia. É nesse contexto que o monitoramento em alta frequência do lixo em praias arenosas corresponde à informação essencial para a compreensão desse fenômeno e, mais do que isso, para a compreensão de como a quantidade e a qualidade dos resíduos sólidos encontrados nas praias estão associadas a eventos

meteorológicos e oceanográficos (Ryan *et al.*, 2014). Por exemplo, Moreira *et al.* (2015) observaram que há grande variação no acúmulo de micro-plástico (pellets) de acordo com os ciclos de maré subsequentes. Essa observação só foi possível utilizando-se duas coletas diárias por 6 dias consecutivos, tendo como recomendação a integração da variabilidade temporal em pequena escala nas estimativas para uma dada localidade em um dado período.

Krelling (2017) utilizou uma abordagem baseada em eventos discretos de menor escala, como ocorrência de sistemas frontais e altas de vazão de rios que deságuam no estuário para avaliar o efeito de condições meteorológicas e oceanográficas na deposição do lixo em praias. Embora avançando nesse conhecimento, Krelling (2017) destacou a necessidade do acompanhamento de uma série temporal refinada para avaliar de maneira mais eficaz o efeito dos diferentes fatores ambientais que influenciam a dinâmica de deposição de resíduos.

Deste modo, a realização de pesquisas em menores escalas temporais são essenciais para a compreensão holística de um sistema de dinâmica constante. Ambientes estuarinos são áreas de transição entre bacias hidrográficas e áreas oceânicas, que respondem à variáveis de precipitação, vento, chuva e fluxo de rios. As regiões próximas a desembocaduras e áreas estuarinas se apresentam como áreas importantes para o entendimento do efeito dos eventos meteorológicos e oceanográficos sobre a chegada e deposição de lixo marinho em ambientes praias. Além disso, estudos realizados nessas regiões têm o potencial de contribuir com a gestão compartilhada dos resíduos sólidos de maneira integrada, considerando uma abordagem transfronteiriça do lixo marinho (Krelling, 2017). Nos contextos transfronteiriços, a sinergia entre os detritos marinhos e o gerenciamento do lixo é especialmente complexa, pois os itens podem ser originários de regiões diferentes dos lugares onde os resíduos estão encalhados. Uma vez no mar, os detritos marinhos podem se tornar um problema transfronteiriço, atravessando limites políticos (municipais, estaduais ou nacionais) que exigem novos arranjos de gestão (Mouat *et al.*, 2010).

O presente estudo procura estabelecer as relações entre a deposição de lixo e eventos meteorológicos e oceanográficos em pequena escala temporal (precipitação, vento, maré e vazão de rios) no Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), Sul do Brasil. A região de clima subtropical, sem períodos de seca ao longo do ano (Haurelhuk e Valente, 2016) conta também, com o maior centro urbano do Paraná em seu gradiente (potencial fonte

de resíduos). O foco foi dado em dois pontos distintos, sendo o primeiro situado na porção mais externa do CEP, dominado por ondas e exposto a ações diretas dos ventos Sul, Sudeste e Leste (Assenodi), e o segundo mais abrigado da energia das ondas, localizado na desembocadura Sul do CEP, foz do estuário (Canto das Pedras).

As hipóteses testadas consideram que se fatores ambientais influenciam a quantidade do lixo marinho ao longo do tempo nos diferentes locais, então espera-se encontrar diferenças na quantidade dos resíduos encontrado nos diferentes dias e em diferentes pontos de coleta ao longo do gradiente estuarino associados à diferentes fatores meteorológicos e oceanográficos (hipótese I). Espera-se também verificar diferenças qualitativas entre essas localidades, com o ponto mais externo da baía apresentando maior frequência de material exposto à maiores influências de mar aberto, como resíduos de embarcações ou desconhecidos, e o ponto mais interno, próximo ao estuário, apresentando maior quantidade de resíduos de origem terrestre (doméstica), associados a ação dos rios que deságuam no estuário (hipótese II).

## **2. Material e Métodos**

### *2.1 Área de Estudo*

O presente estudo foi realizado no litoral estado do Paraná que se caracteriza pela presença de baías e praias ininterruptas em sua pequena extensão de aproximadamente 98km. A Baía de Paranaguá se estende pelo setor interno do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP); (Figura 1); (Lamour *et al.*, 2003). Esse setor comporta o município mais populoso da costa paranaense (aproximadamente 140.000 habitantes – IBGE, 2014), Paranaguá, um dos mais importantes municípios para a economia do estado pois abriga o segundo maior porto do Brasil (IPARDES, 2013). Segundo Krelling (2017), existe um fluxo de resíduos marinhos do interior do CEP para as praias adjacentes do complexo, sugerindo que a dinâmica de dispersão do resíduo sólido neste sistema estuarino depende da ação de fatores ambientais. Estudos anteriores também indicam a existência de um gradiente de detritos orgânicos ao longo da desembocadura do CEP, especialmente na região no balneário de Pontal do Sul (Ruiz-Delgado *et al.*, 2014).

Pontal do Sul localiza-se no setor sul da desembocadura do CEP, no município de Pontal do Paraná, potencial sumidouro de detritos marinhos advindos de partes internas (Krelling, 2017). Insere-se em uma área com clima subtropical, tendo uma estação mais

chuvosa (verão) e outra menos chuvosa (inverno) não havendo períodos de seca (Haurelhuk e Valente, 2016). O balneário está em um tipo de costa influenciada por desembocadura de rios, mas dominado por ondas, deriva litorânea e também por correntes de maré (Angulo e Araujo, 1996). A dinâmica das ondas (predomínio de ondas de sul e sudeste), marés (micromarés - < 2m – predominantemente semidiurnas) (Angulo e Araujo, 1996) e de vazão de rios (valor médio  $200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  para o eixo E-W, estimativa Marone *et al.*, 2005), relacionados a eventos meteorológicos, como chuva podem intensificar a entrada de lixo marinho na praia de Pontal do Sul. Os ventos podem afetar o padrão de dispersão de resíduos flutuantes em toda a costa (Krelling, 2017). A região de Pontal do Paraná é dominada pela ação de sistemas frontais (principalmente no inverno) (Quadros *et al.*, 2007) que associados a outros eventos, influenciam a deposição de resíduos nos pontos de coleta (Krelling, 2017). Considerando essas características a região da desembocadura do CEP mostra-se ideal para testar a influência de diferentes fatores ambientais, como precipitação, vento, maré e vazão, sobre a qualidade e a quantidade de lixo marinho em praias.

## 2.2 Coleta e análise de Lixo Marinho

Para o teste de hipóteses que consideram que fatores ambientais influenciam na deposição de lixo de maneira distinta nos diferentes locais, os pontos de coleta (Figura 1) foram adaptados do proposto por Ruiz-Delgado *et al.* (2014) e Krelling *et al.* (2017), sendo o primeiro situado na porção mais externa do CEP, dominado por ondas e exposto a ações diretas dos ventos Sul, Sudeste e Leste (Assenodi), e o segundo mais abrigado da energia das ondas, localizado na desembocadura Sul do CEP, foz do estuário (Canto das Pedras).

Existe uma carência de dados dos rios na adjacência do canal do estuário, porém, os dados dos rios estudados nesse trabalho, Rio Cachoeira e Rio Nhundiaquara, juntos contemplam o sub-estuário de Antonina e são considerados aqueles com maiores volumes de drenagem no canal do CEP (Noernberg *et al.*, 2007).

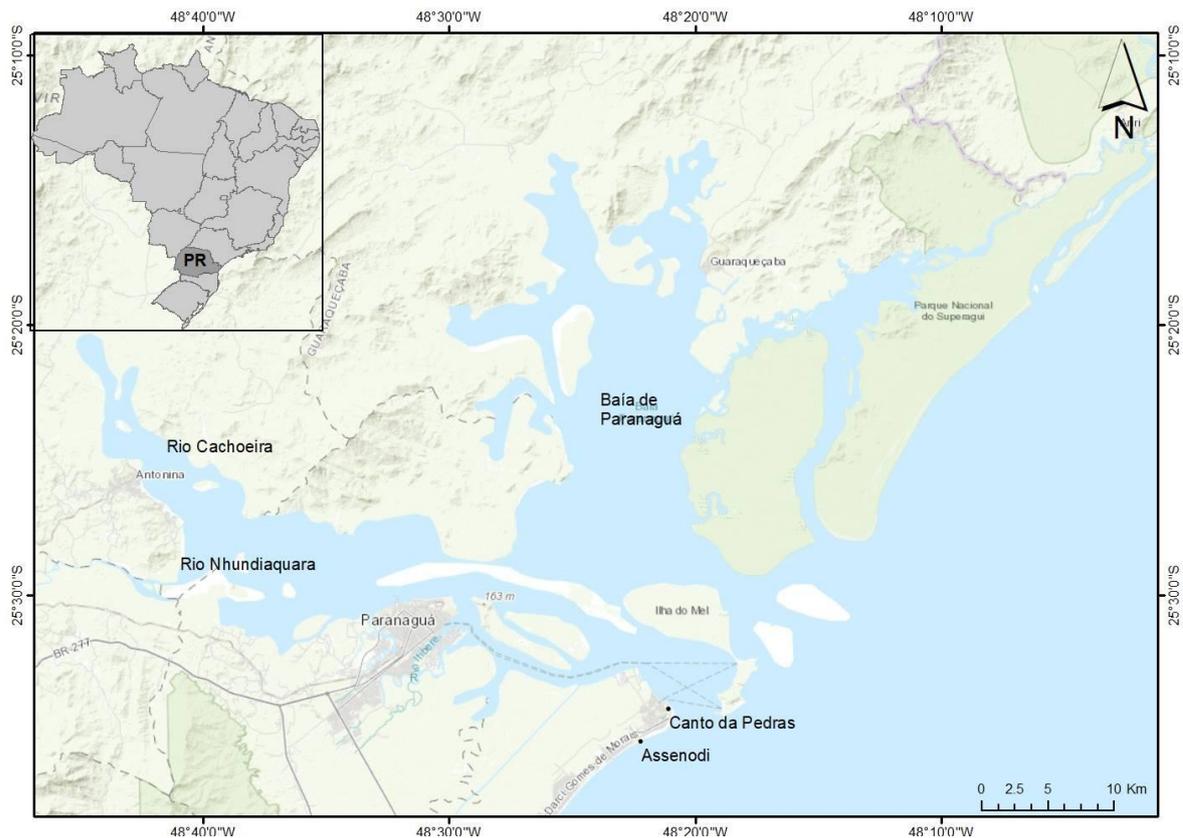


Figura 1. - Estado do Paraná no Brasil. I- Rio Cachoeira; II- Rio Nhundiaquara. Pontos – Assenodi e Canto das Pedras.

Para a realização da pesquisa em uma escala temporal refinada a fim de captar as variações diárias dos fatores ambientais avaliados, as coletas foram realizadas ao longo de 60 dias consecutivos, durante maré baixa diurna. As atividades de campo ocorreram entre o outono e o inverno de 2015 (entre os dias 2 de maio e 30 de junho). A coleta “0”, no dia 1 de maio, foi a retirada total de todo o lixo encalhado em ambos os pontos. Selecionou-se um período entre as estações de outono e inverno para: (i) minimizar a interferência dos usuários de praia, (ii) garantir a amostragem em período com ausência de limpeza de praias e (iii) aumentar a possibilidade de ocorrência dos primeiros sistemas frontais de inverno. Visando garantir que ocorresse, o máximo possível, apenas as interferências de fatores ambientais sobre o material coletado em campo.

Dentre os variados métodos para amostragem de resíduos sólidos em praias arenosas (Valander e Mocogni, 1999), optou-se por transectos dispostos perpendicularmente à praia, como feito por Whiting (1998) na Austrália e adaptado por Santos (2006), Ferrari (2009) e Krelling *et al.* (2017) nas praias do Paraná. Esse estudo teve como objetivo amostrar resíduos recém-chegados e encalhados nos últimos dois ciclos de maré, com

dimensão superior a 2,5cm (UNEP, 2009). Para isto os transectos compreenderam a área que se estende desde a última linha de deixa mais alta (para terra; linha de acúmulo de resíduos) até a linha de água (Moreira *et al.*, 2016). Utilizou-se em cada local de coleta uma faixa de praia com 50m de extensão (Lippiatt *et al.*, 2013) na qual três transectos perpendiculares à linha da água com 10m de largura cada (Santos, 2006) foram aleatorizados para a primeira amostragem. Para os dias seguintes, com objetivo de garantir a mesma área de amostragem e a coleta dos resíduos novos que chegavam à praia, estes foram fixos (Araújo, 2003).

A triagem do material abrangeu as escalas quantitativa (contagem dos itens) e qualitativa (composição). Esta última seguiu uma adaptação da classificação por categorias: plástico, madeira, vidro e cerâmica, isopor, metal, vestuário, papel, borracha, espuma e "outros" (Cheshire *et al.*, 2009). O material coletado também foi classificado com relação às possíveis fontes, informação importante para futuras ações de gestão: doméstico, embarcações, usuários de praia e origem desconhecida (Earll *et al.*, 1999; Galgani *et al.*, 2013). O lixo coletado foi analisado no Laboratório de Praias Arenosas do Centro de Estudos do Mar, da UFPR.

O ponto de coleta do Canto das Pedras situa-se próximo à zona de mistura do CEP (Noernberg *et al.*, 2007) e o Assenodi localiza-se fora do CEP.

Os dados utilizados para caracterização dos eventos meteorológicos e oceanográficos e sua correlação com os resíduos registrados nos dois pontos amostrais foram obtidos em diferentes fontes. Os dados de vazão disponíveis corresponderam aos Rios Nhundiaquara e Cachoeira, localizados na adjacência do CEP. A vazão desses rios ( $m^3/s$ ) foi obtida no site do Instituto das Águas do Paraná (2015).

Os dados meteorológicos (precipitação, em mm, e velocidade do vento, em m/s) foram fornecidos pelo Grupo de Física Marinha do Centro de Estudos do Mar da UFPR (Estação Inmet, Ilha do Mel). Os dados de altura de maré (m) foram obtidos na Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). Dados de corrente não estavam disponíveis nas datas das coletas para os locais estudados. Os dados de precipitação, velocidade do vento e vazão dos rios foram processados de forma a gerar valores médios diários. Para os valores de maré a amplitude foi obtida com o cálculo da diferença entre o maior e menor valor diário.

### 2.3 Análises Estatísticas

Para testar a hipótese I que prevê que fatores ambientais influenciam a quantidade do lixo marinho ao longo do tempo nos diferentes locais ao longo do gradiente estuarino associados à diferentes fatores meteorológicos e oceanográficos utilizou-se das análises Modelos Lineares Generalizados (GLM) e Modelos Lineares Aditivos (GAM). Para testar a hipótese II que prevê diferenças qualitativas entre localidades, utilizou-se das análises de PEMANOVA, SIMPER e teste de proporções de composições de resíduos em cada ponto.

Com um desenho amostral sistemático de campo, os dados coletados dos itens nos pontos e nos dias não apresentaram distribuição normal. O teste das médias entre os pontos e avaliação da influência dos dias na distribuição das coletas, realizou-se com GLM. A quantidade de itens é uma variável discreta resultante de contagem, por isso foi utilizado a distribuição de probabilidade de Poisson. A hipótese I poderá ser refutada caso não sejam detectadas diferenças significativas entre os pontos no GLM ao nível de significância 5% ( $p > 0,05$ ).

A relação entre a distribuição espaço/temporal do lixo com as variáveis meteorológicas e oceanográficas foi avaliada através de GAM. A quantidade de itens foi utilizada como variável resposta utilizando-se da soma dos itens coletados nos 3 transectos de cada ponto. O espaço foi caracterizado pelos locais (pontos), Assenodi e Canto das Pedras. Foram utilizadas 4 variáveis preditoras (precipitação, vento, amplitude de maré e vazão dos rios) com os dados referentes aos dias das coletas. E ainda, para analisar se alguma das variáveis responderia significativamente em períodos maiores que em relação aos dias efetivos das coletas, a precipitação, vento, e vazão dos rios foram calculadas com seus acumulados de 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 dias antes.

Devido a grande diferença de médias entre os locais, as variáveis meteorológicas e oceanográficas foram analisadas separadamente por ponto. Foram gerados 70 modelos com combinações entre as variáveis, classificados e comparados pelos valores com base no Critério de Informação de Akaike, valor de AIC, AICc (Akaike corrigido) e delta ( $\Delta AICc$ ), calculado para todos os modelos candidatos (Burnham e Anderson 2002), utilizando a função Model Selection Table (model.sel). Modelos com escores AICc (valor AICc do melhor modelo - valor AICc de um modelo candidato)  $> 4$  foram excluídos (Zuur *et al.*, 2009). As relações entre variáveis de resposta e preditoras foram analisadas através da saída gráfica dos GAMs. No GAM, a hipótese I pode ser refutada

se apresentar modelos e variações que não podem ser explicados pelas variáveis ambientais para cada ponto com base nos valores de significância  $AiCc$  (Zuur *et al.*, 2009).

Utilizou-se a Análise de Permutação Multivariada (PERMANOVA) para avaliar se a estrutura do lixo (composição e possíveis fontes) varia espacialmente. Com base em uma análise visual do gráfico de deposição de lixo dos dois pontos de coleta, foram destacados e escolhidos cinco períodos de eventos para análise comparativa. Esses períodos foram selecionados em pontos de deposição de resíduos em que ambos os pontos tiveram uma alta deposicional. Tais períodos de eventos serão demonstrados de maneira visual na sessão de “Resultados”. Na PERMANOVA utilizou-se como descritora do lixo a matriz de itens por abundância desses cinco períodos de eventos. Foram executadas 2 PERMANOVAS com modelo de similaridade de Bray Curtis com 9999 permutações. As variáveis preditoras foram períodos e pontos (Assenodi e Cantos das Pedras). A análise de composição considerou os níveis: plástico, madeira, vidro e cerâmica, isopor, metal, vestuário, papel, borracha, espuma e "outros"; e possíveis fontes: doméstico, embarcações, usuários da praia e origem desconhecida. A primeira foi feita nos pontos de coleta e nos períodos separadamente, e a segunda entre pontos de coleta e períodos. Quando a PERMANOVA indicou diferenças significativas, foram realizados testes *post hoc* em pares (pair-wise tests), que indicaram as diferenças em comparações dos pontos por evento. Para interpretar o nível de desigualdade de composição do lixo entre os locais e possíveis fontes, foi utilizado a análise Similarity Percentages (SIMPER) (Clarke e Gorley, 2006). Dada a significativa diferença de médias de abundância entre os pontos, utilizou-se a função Test of Equal or Given Proportions (`prop.test`) na plataforma R para testar as proporções de composição e possíveis fontes de resíduos em cada ponto que apresentaram dissimilaridade na análise SIMPER. A hipótese II poderá ser refutada caso não sejam detectadas diferenças significativas entre os pontos no SIMPER nos eventos dos pontos e no teste de proporções de composição ao nível de significância 5% ( $p > 0,05$ ).

Os dados de GLM, GAM e teste de proporção foram processados e analisados usando como plataforma o programa R (R Development Core Team, 2015) com os pacotes MuMIn (Barton and Barton, 2015) e mgcv (Wood, 2012). Para PERMANOVA o software de aplicação de estatística multivariada PRIMER 6.

### **3. Resultados**

#### *3.1 Caracterização Geral de Itens Encontrados*

Foram coletados 2680 itens, sendo 29% do total de resíduos no Assenodi (760 itens), e 71% no Canto das Pedras (1920, Tabela 1). Com relação à classificação dos resíduos encontrados, o plástico obteve 89% do total de itens no Assenodi e 82% no Cantos das Pedras. O isopor foi a segunda categoria mais abundante em ambos os pontos, com aproximadamente 4% no Assenodi e 11% no Canto das Pedras.

Com relação às possíveis fontes, 54% dos itens coletados no Assenodi foram considerados domésticos, sendo 99% plástico. Já no Canto das Pedras, 57% dos itens foram de mesma origem, dos quais aproximadamente 96% desses resíduos eram compostos plásticos. A segunda classificação de maior porcentagem é a de pedaços de plástico sem origem determinada, com 30% no Assenodi e 22% no Canto das Pedras. No Assenodi, resíduos considerados provenientes de embarcações ou advindos da pesca totalizaram aproximadamente 4%, sendo 45% plástico e 24% tecidos. Quase 5% do total de lixo do Canto das Pedras foram de mesma origem, sendo 49% plástico e 38% isopor.

Tabela 1: Número total de itens de cada composição, por praia e possíveis fontes.

Possíveis Fontes	Material	Assenodi	Canto Pedras	Total Material	Total Fontes		
Doméstico	Vidro	0	9	9	1508		
	Isopor	2	3	5			
	Madeira	0	5	5			
	Borracha	1	28	29			
	Plástico	402	1055	1457			
	Tecido	0	0	0			
	Papelão	0	3	3			
Embarcação	Vidro	1	0	1	123		
	Isopor	4	34	38			
	Madeira	5	3	8			
	Tecido	8	9	17			
	Plástico	15	44	59			
Usuário	Pesca				103		
	Madeira	1	0	1			
	Papel pedaço	3	3	6			
	Bituca	31	64	95			
	Plástico	1	0	1			
Desconhecido	Material de Construção	9	3	12	944		
	Isopor pedaço	26	177	203			
	Madeira pedaço	2	15	17			
	Borracha pedaço	7	4	11			
	Espuma	5	11	16			
	Metal	1	22	23			
	Plástico pedaço	234	422	656			
	Tecido pedaço	1	5	6			
	Outros	Plástico	1	1		2	2
	Hospitalar						
	Total	760	1920	2680	2680		

### 3.2 Variação Espacial e Temporal

O GLM mostrou que a quantidade de itens variou entre os pontos de coletas e dias amostrados com o valor de z significativo (21,18) e  $p < 0,001$ . Vê-se a grande diferença dos pontos através da média do total de itens no Assenodi de 13 itens (desvio padrão= 13,287) e 32 itens no Canto das pedras (desvio padrão= 15,566). A variação de

abundância de resíduos depende do dia e do local (Figura 2). Sendo o Canto das Pedras o ponto que possui a maior quantidade de acúmulos de resíduos e variação deposicional ao longo dos dias coletados, em relação ao Assenodi.

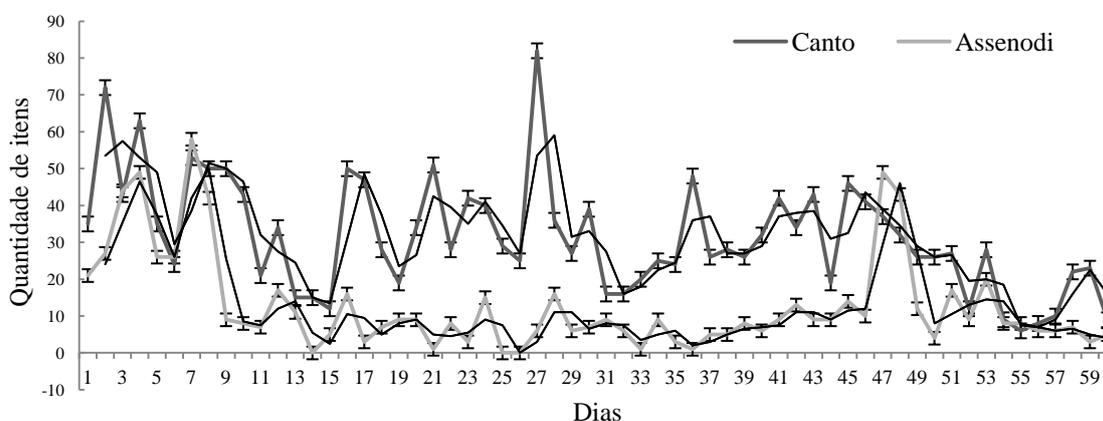


Figura 2. Deposição de lixo nos dias por pontos amostrais (Canto das Pedras e Assenodi). Com média móvel de dois períodos (—). Erro padrão.

### 3.3 Variáveis Ambientais

Os resultados de 70 modelos testados com GAM para o Assenodi e para o Canto das Pedras mostraram algumas diferenças nas variáveis ambientais que mais influenciam na dinâmica de deposição de resíduos em cada praia (Figura 3). Pode-se constatar que o modelo que melhor explica a deposição de lixo no Assenodi (M46) leva em consideração a distribuição de resíduos na variação dos dias das coletas, precipitação acumulada de 4 dias anteriores da coleta, vento de 2 dias anteriores da coleta e a amplitude de maré (Tabela 3). Mostrando no seu segundo modelo mais explicativo (M67) a inclusão da vazão do rio Nhundiaquara de 6 dias antes da coleta. Já no Canto das Pedras, o modelo mais significativo (M51) tem como variáveis a distribuição de resíduos na variação dos dias das coletas, precipitação acumulada de 4 dias anteriores da coleta, vento de 3 dias anteriores da coleta, amplitude de maré e a vazão do mesmo dia do rio Nhundiaquara (Tabela 4). Mostrando em seu segundo modelo mais explicativo (M48) a exclusão da variável de vazão do rio Nhundiaquara.

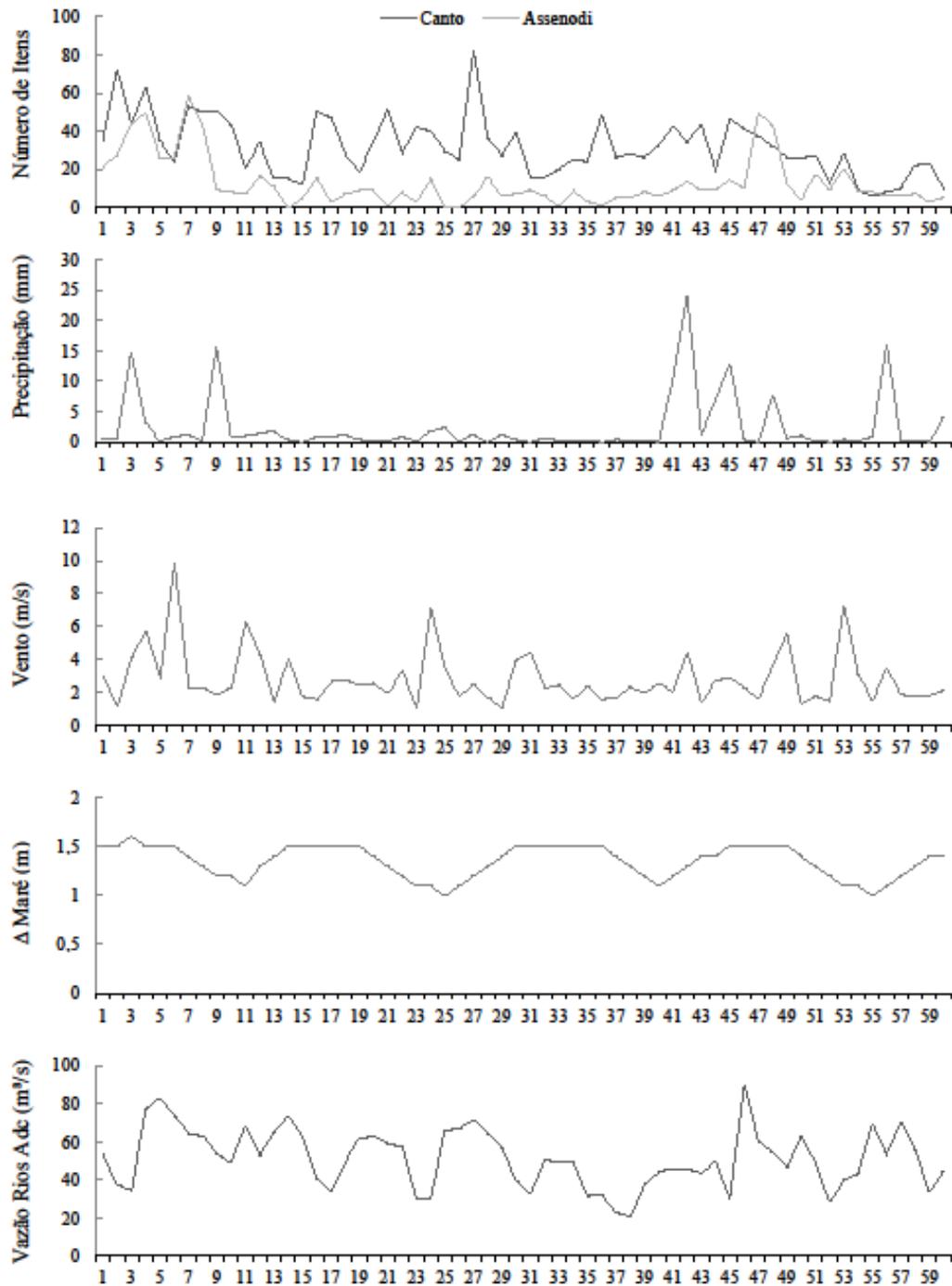


Figura 3. Variação temporal do número de itens nas praias do Canto das Pedras e Assenodi (soma dos 3 transectos amostrados, Pontal do Paraná, PR, Brasil), média da precipitação diária (mm), média diária de vento (m/s), amplitude máxima de maré (m) e vazão diária adicionada dos rios Nhundiaquara e Cachoeira ( $m^3/s$ ) ao longo do período de coleta (dias).

Tabela 2: Seleção de modelos de quantidade de itens para o Assenodi, ajustados e ordenados pelo valor de AICc. Valor da Importância Relativa (RI) variável selecionada dada em uma escala de 0 a 1. Variáveis com delta menor que 5. O símbolo “+” representa as variáveis que foram incluídas no modelo.

Tabela	Modelo	Seleção			
	Dias	Precipitação acumulada de 4 dias	Vento acumulado de 2 dias	$\Delta$ Maré	Vazão acumulada Nhundi 6 dias
M46	+	+	+	+	
M67	+	+	+	+	+
RI	1	1			
	Graus de liberdade	AICc	Delta	Peso	
M46	26	447,0	0	0,499	
M67	28	448,0	1,86	0,197	

Tabela 3: Seleção de modelos de quantidade de itens para o Canto das Pedras, ajustados e ordenados pelo valor de AICc. Valor da Importância Relativa (RI) variável selecionada dada em uma escala de 0 a 1. Variáveis com delta menor que 5. O símbolo “+” representa as variáveis que foram incluídas no modelo.

Tabela	Modelo	Seleção			
	Dias	Precipitação acumulada 4 dias	Vento acumulado de 3 dias	$\Delta$ Maré	Vazão Nhundiaquara
M51	+	+	+	+	+
M48	+	+	+	+	
RI	1		1		
	Graus de liberdade	AICc	Delta	Peso	
M51	25	512,9	0	0,363	
M48	28	514,2	1,27	0,193	

Os plots dos modelos GAM mais representativos para cada praia e variável preditora foram apresentados com o eixo x representando os dias e fatores ambientais e o eixo y (s) uma suavização dos dados que abrange uma escala relativa e sua magnitude reflete a importância de cada variável (Zuur *et al.*, 2009).

A variação deposicional de lixo ao decorrer dos dias comporta-se diferentemente nos pontos distintos. Há uma queda na chegada de lixo no Assenodi próximo 18° ao 40° dias, ocorrendo um pico no 50° dia. E no Canto das Pedras um comportamento trimodal com uma grande queda deposicional no 50° dia (Figura 4 A).

A deposição de lixo nos pontos aparece como dependente da precipitação, ocorrendo diminuição na quantidade de resíduos nos distintos pontos após os picos de chuva. Pode-se observar a diferente interação dos pontos com a precipitação quando visualizada a precipitação de quatro dias antes da coleta para cada ponto (Figuras 4 B).

Com a precipitação acumulada de 4 dias relacionada a deposição de itens por ponto de coleta, existe um comportamento de grande acúmulo de lixo após precipitação de aproximadamente 20 a 25mm e depois o declínio em mais de 30mm de chuva (Figura 4 B). No Canto das Pedras a variação segue com a maior variação de deposição e redução na quantidade de itens e ocorre a deposição de resíduos com precipitação de até 10mm e baixa deposicional quando está em 10mm de precipitação e entre 17 a 20mm .

O gráfico de velocidade do vento com a deposição de lixo mostra que os maiores valores de vento seguem de uma deposição nos pontos de coleta com um atraso de até 5 dias. A resposta do lixo ao vento (dois dias Assenodi e três dias Canto das Pedras) é mais rápida que da precipitação (quatro dias). E apesar dos pontos diferenciarem-se entre si e entre variáveis, o acréscimo deposicional ocorre com a velocidade do vento de aproximadamente 2 a 4m/s em ambos os pontos. No Assenodi há declínio deposicional com a velocidade do vento em 5m/s e apesar de apenas um evento ter sido registrado em que a média de velocidade do vento chegou próxima a 10 m/s, após isto, há um acúmulo de resíduos no ponto. Ambos os pontos apresentaram queda na deposição de resíduos em 7m/s.

A influência da amplitude da maré por ciclos de variação aparece atrelada à deposição de lixo marinho nos pontos de coleta. Quando usada a amplitude de maré para ambos os pontos em relação à deposição de lixo, a resposta segue em um modelo explicativo que conta com a relação linear no ponto Assenodi e comportamento unimodal no Canto das

Pedras (Figura 4 D). No Canto das Pedras quanto a amplitude de maré chega a 1m, ocorre o ótimo deposicional.

A vazão do dia rio Nhundiaquara aparece com significância para a deposição de lixo no Canto das Pedras. Quando a vazão está em aproximadamente 10, 15 e 22 m<sup>3</sup>/s ocorre o acúmulo de lixo no ponto de coleta. A chegada da vazão de 25 a 30 m<sup>3</sup>/s ocasiona a diminuição drástica dessa deposição de resíduos nesse ponto. A vazão quando passa de 30 m<sup>3</sup>/s gera a volta do acúmulo para o ponto (Figura 4 E).

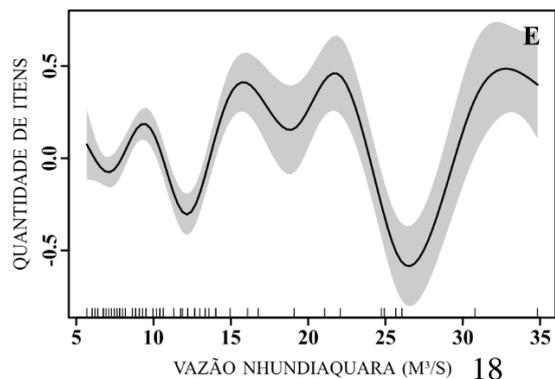
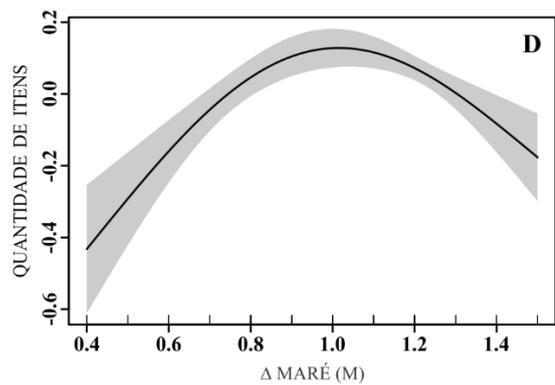
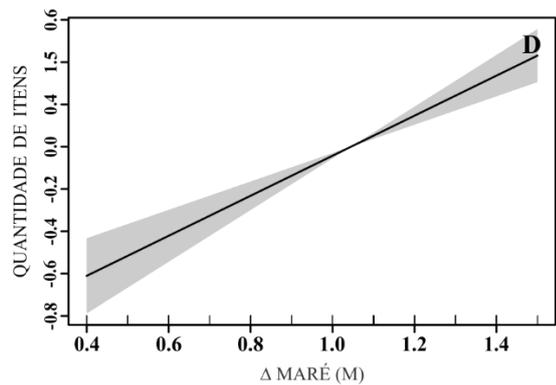
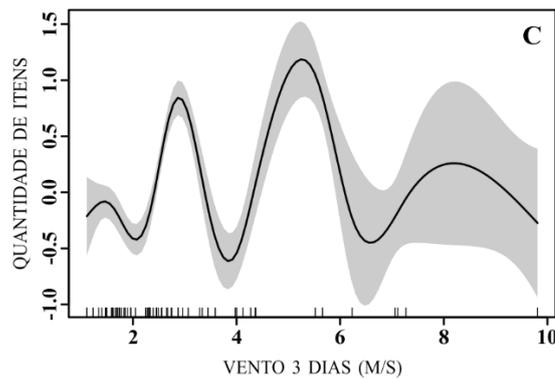
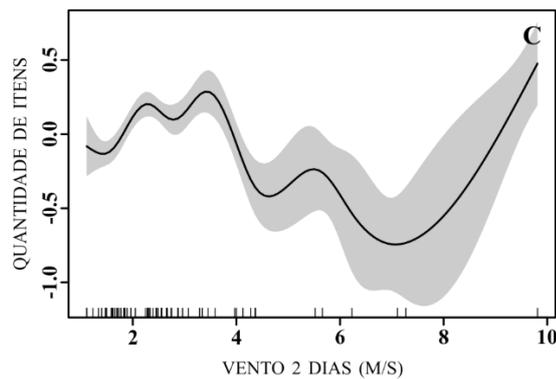
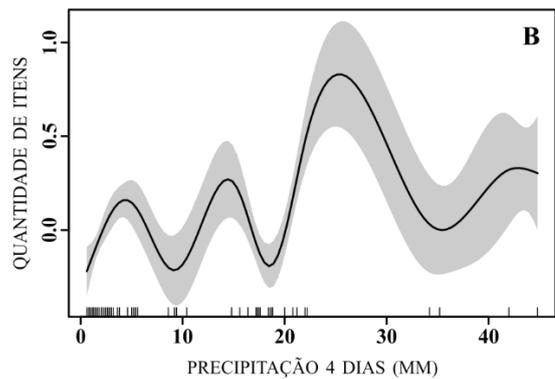
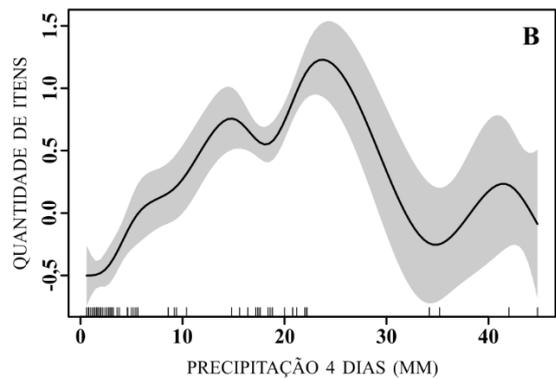
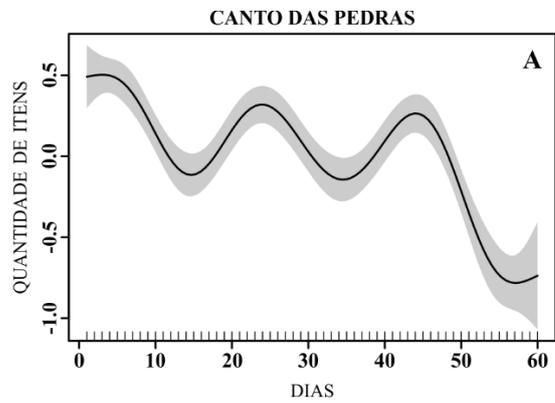
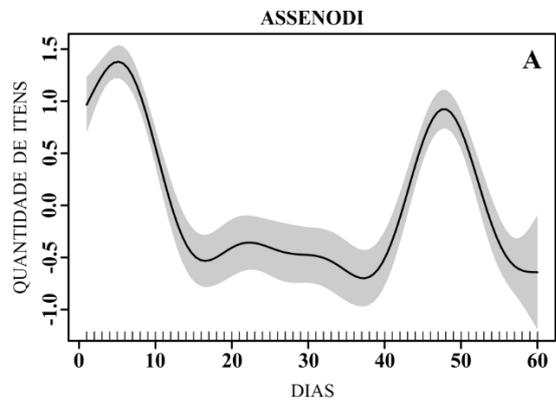


Figura 4. Curvas de suavização (S) mostrando a relação (linha sólida) entre a quantidade de itens encontrados nos dias (A) e as variáveis ambientais (B, C, D e E). As áreas sombreadas indicam o erro padrão das curvas de suavização. As parcelas “concentradas” no eixo x indicam o intervalo das variáveis sobre as quais foram medidas.

### 3.4 Composição e possíveis fontes dos resíduos

Foram analisados 5 eventos em que ocorrem picos de deposição de lixo ambos os pontos (Figura 5). Os resultados corroboram a afirmação em que a interação entre pontos e eventos de acúmulo de lixo é positiva ( $p = 0,016$ ).

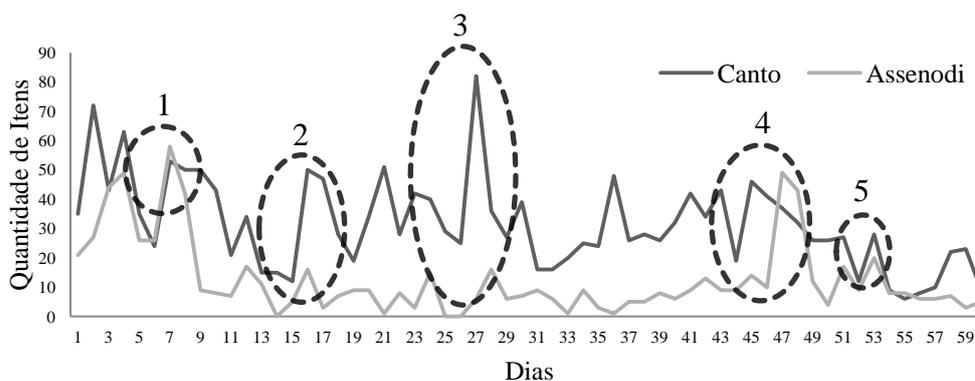


Figura 5. Indicação dos eventos de deposição de lixo em ambos os pontos de coleta utilizados na comparação da composição dos resíduos entre localidades. Eventos de deposição de lixo em ambos os pontos 1- (4° ao 9° dia). 2- (13° ao 19° dia). 3- (23° ao 29° dia). 4- (43° ao 49° dia). 5- (51° ao 56° dia).

O *post hoc* de testes em pares (pair-wise tests) detectaram as diferenças entre os pontos por evento. Nos eventos 1 e 5 não houve diferenças significativas na estrutura do lixo entre os pontos ( $p=0,070$  e  $p=0,393$ , respectivamente), sendo os eventos de menor índice da média de dissimilaridade (38,07 e 44,55). Nos eventos 2, 3 e 4 houve diferenças significativas na estrutura do lixo ( $p=0,004$ ,  $p=0,001$ ,  $p= 0,046$ , respectivamente), com índice da média de dissimilaridade de 64,59; 76,94 e 53,53.

A análise SIMPER obteve a contribuição para a diferença de similaridade das categorias encontradas nos eventos. Para o evento 2, deu-se 54,31% por plástico doméstico, 19,30% pedaços plásticos de origem desconhecida e 6,43% pedaços de isopor de origem desconhecida. No evento 3, 52,46% por plástico doméstico, 15,37% pedaços de isopor de origem desconhecida e 12,41% pedaços plásticos de origem desconhecida. No evento 4, 56,12% por plástico doméstico, 14,11% pedaços de isopor de origem desconhecida e 13,63% pedaços plásticos de origem desconhecida. Sendo o Canto das Pedras o ponto com maiores quantidades em todas as categorias de itens.

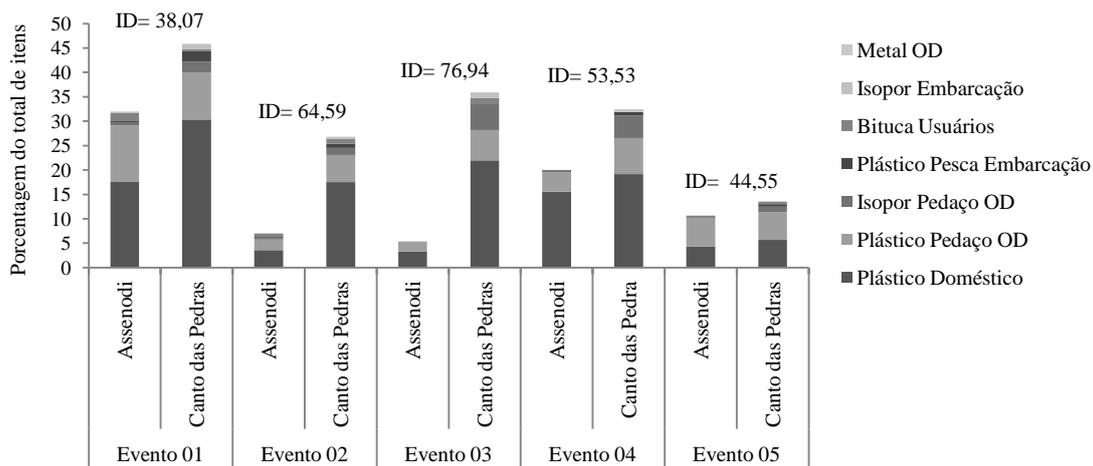


Figura 6. Porcentagem dos tipos de itens coletados e prováveis origens por ponto e por evento. “ID” = Índice da média de dissimilaridade extraído por evento entre os pontos da análise SIMPER. “OD” = Origem Desconhecida.

A análise SIMPER mostrou a diferença de similaridade em 64,53% entre os pontos. Sendo o Canto das Pedras o ponto com maiores quantidades em todas as categorias de itens. Os itens plásticos de origem doméstica explicou 48,21% da diferença de similaridade entre pontos. Já pedaços plásticos origem desconhecida 20,52%, pedaços de isopor origem desconhecida 10,81%, bituca usuário 5,10%, plástico embarcações 2,35%, metal origem desconhecida 2,21% e isopor de embarcações 1,86%.

No teste de proporção dos itens resultantes do SIMPER por pontos, o plástico doméstico não apresentou diferença significativa entre os pontos ( $p=0,358$ ). Já os pedaços plásticos de origem desconhecida e pedaços de isopor de origem desconhecida apresentaram diferenças significativas entre pontos ( $p<0,001$ ), sendo a primeira classificação mais encontrada no Assenodi e a segunda no Canto das Pedras. Bituca de usuário e plástico de embarcações também não apresentaram diferenças significativas entre os pontos ( $p= 0,409$ ,  $p=0,719$ ). Metal de origem desconhecida e isopor de embarcações apresentaram diferenças significativas entre pontos ( $p= 0,019$ ,  $p= 0,027$ ) sendo as duas categorias mais abundantes no Canto das Pedras.

#### 4. Discussão

O lixo marinho representa um desafio constante a ser gerido por cidades litorâneas e o monitoramento para a compreensão da dinâmica dos resíduos torna-se crucial para esforços de mitigação no intuito de minimizar a abundância e os impactos por ele causados (Oliveira e Turra, 2015; Ryan *et al.*, 2009). Segundo Coe e Rogers, (1997); UNEP (2005); Reisser *et al.*(2013), os municípios não são necessariamente responsáveis pela geração de resíduos de suas praias, considerando a possibilidade de interferências diretas de cidades próximas aos pontos de acúmulo de lixo concomitantemente à ação constante de variáveis ambientais como precipitação, ventos, maré e descarga de rios. Nesse estudo, foi pressuposto que ocorre a variação na quantidade de itens entre os pontos na ação dos diferentes fatores ambientais, onde essas variáveis são preditoras e podem influenciar na deposição de resíduos de maneira distinta em cada ponto de coleta. Considerando que as atividades industriais e o nível de urbanização representam influências relevantes na abundância de deposição de detritos marinhos em ambientes estuarinos (Tudor e Williams, 2001) e que as áreas internas do CEP já foram identificadas como potenciais fontes significativas de poluição para outros locais (Procopiak *et al.*, 2007), os resultados mostraram que há diferenciação significativa dos pontos estudados por abundância de itens. As informações produzidas sugerem que há maiores deposições de resíduos na área da desembocadura do CEP, no Canto das Pedras, em relação a área externa, no Assenodi. Segundo Krelling (2017), as praias à jusante do CEP correspondem a sumidouros de resíduos provenientes de municípios como Paranaguá e o ponto Canto das Pedras tem como característica uma grande abundância e variedade de itens. Os resultados desse trabalho corroboram essa característica regional, uma vez que o Canto das Pedras, localizado na boca do estuário, possivelmente sofre maior influência de resíduos advindos do interior do CEP que se instalam na porção mais interna da baía, percorrendo *a posteriori* (através da ação de variáveis ambientais) para o ponto mais externo da baía, Assenodi.

Quando observadas no decorrer de 60 dias, as baixas deposicionais são precedidas de altas de precipitação em ambos os pontos estudados. Possivelmente as praias de ambos locais são lavadas durante os dias de chuva. Entretanto, após um período de 4 dias e de 20 a 25mm de precipitação, observou-se o aumento da abundância de resíduos nos dois pontos. Para Krelling (2017), o tempo de residência dos resíduos no interior do CEP não ultrapassa 5 dias. Assim, esse resultado indica que provavelmente após o tempo

aproximado de residência dos resíduos na água no interior do CEP os resíduos chegam nos pontos pelo fluxo do ótimo de intensidade de precipitação. No Canto das Pedras, a deposição de resíduos sofre maiores variações ao longo do tempo, podendo ser explicada pela maior proximidade das áreas fonte.

A modelagem realizada por Krelling (2017) também no CEP sobre resíduos marinhos atrelados a hidrodinâmica no gradiente estuarino, sugere que o resíduo que sai do interior do CEP pode ficar temporariamente em oceano aberto, disponibilizando-se na sequência pelas praias de Pontal do Paraná pela ação do vento. Segundo Walker *et al.* (2006) o aparecimento de resíduos em uma praia é provavelmente ligado às condições de vento. O presente trabalho, indicou que esse processo pode ocorrer, especialmente com eventos em um período de ação de 2 dias no Assenodi e 3 dias no Canto das Pedras com velocidades do vento de 2 a 4 m/s. Os modelos indicaram que esse é o período de influência de ação do vento e pode ser explicada pela ação mais rápida dos ventos de 2 dias na localização de um ponto mais próximo e de frente ao oceano aberto e com o período de 3 dias para a porção mais interna do CEP. Porém, uma das limitações do trabalho que consiste na ausência da direção do vento como variável preditora, mostra-se evidente nesse caso onde informações mais completas sobre o vento poderiam agregar para uma análise mais robusta.

Os resultados da análise da influência da maré sobre a deposição de lixo, para ambos os pontos estudados, produziu um modelo explicativo indicando uma relação linear no ponto Assenodi e um comportamento unimodal no Canto das Pedras. Conforme a amplitude de maré aumenta no Assenodi, o número de itens também aumenta. Ao passo que no Canto das Pedras o pico máximo da maré é observado entre 0,8 e 1,2 metros, apresentando um decréscimo no número de itens nos picos de maré maiores que 1,2 metros, provavelmente intensidade de vazão que transporta os resíduos para fora do CEP. Pode-se inferir que a influência da maré no Assenodi aumenta a deposição proporcionalmente com o aumento da intensidade da ação das marés. Espera-se que, nesse ambiente, a influência das ondas predomine, e que sua influência sobre o acúmulo aumente quando a maré está menos intensa e apenas torna possível o maior depósito de resíduos com o aumento da maré, predominando sua ação a das ondas. Já no Canto das Pedras, ponto dominado por correntes de maré (Ruiz-Delgado *et al.*, 2014), a deposição de lixo comporta-se com a subida da maré até certo nível em metros da variável, chegando na máxima com a maré de 1m e após isto, um decréscimo de deposição com a

força em potencial do fator agindo como se lavasse o local, impossibilitando os resíduos de se depositarem. Existem poucos estudos com foco em tais aspectos, especialmente em configurações de pequena escala (GESAMP, 2015; UNEP, 2016), segundo Moreira *et al.* (2015), a integração desses estudos é essencial para a compreensão de padrões de acúmulo de lixo nas praias.

A vazão do rio Nhundiaquara está associada ao acúmulo de lixo (do mesmo dia da coleta para o Canto das Pedras) no modelo mais significativo predito pelo o GAM. Tal resultado se assemelha a outros estudos que observaram a deposição de itens gerados na terra em ambientes mais internos do estuário, inseridos no sistema através da ação do sistema do fluxo dos rios (Kataoka *et al.*, 2013). Provavelmente essa dinâmica de dentro do estuário ligada a região do trajeto de descarga diária do rio Nhundiaquara, concomitante a proximidade de cidades urbanas possíveis áreas fonte (Leite *et al.*, 2014) que influenciam positivamente a deposição de resíduos no ponto de dentro do CEP.

A variação da localização entre praias representou diferenças espaciais da influência dos fatores ambientais nos pontos. Mesmo havendo similaridade entre eles, a hipótese I foi corroborada pela significativa diferença entre as médias de deposição de resíduos nos pontos e diferenciação no modo de ação de eventos meteorológicos e oceanográficos.

Com a análise dos dados resultantes dos testes de similaridade feitos para a composição e possíveis fontes do lixo coletado, pode-se constatar que a diferença de abundância de itens entre os pontos está forçando os resultados das análises, em relação à variação da estrutura dos itens, a índices significativos. Tornando o teste de proporções da estrutura do lixo crucial no estudo do reconhecimento e avaliação dos pontos.

Com relação à composição, o plástico é a categoria mais encontrada em diversos trabalhos sobre lixo marinho (Ivar do Sul e Costa, 2007; Moore *et al.*, 2011, Widmer e Hennemann, 2010, Rech *et al.*, 2014), o que revela a preocupante e deliberada utilização deste material sem maiores preocupações com a destinação adequada agregada a carência do efetivo gerenciamento de resíduos sólidos pelos municípios, acarretando em diversos impactos deletérios ao meio ambiente e economia local (Krelling *et al.*, 2017).

As diferenças de similaridade levantadas mostraram que o plástico doméstico explica a maior porcentagem encontrada entre os pontos, sem diferenças significativas de proporção entre eles. Este padrão sugere que os resíduos de dentro do CEP são carregados aos pontos em questão devido à ação dos fatores ambientais. Para Barnes *et al.* (2009), os itens de pedaços plásticos são uma ameaça mundial devido à dificuldade

em removê-los do ambiente. A maior parte dessa classificação de fonte desconhecida foi encontrada no Assenodi, o que segundo Slavin (2012) deve-se à degradação do plástico em fragmentos pelo trajeto percorrido até a deposição no ponto de coleta, já que o ponto mais externo da baía possivelmente está mais distante das prováveis áreas fonte. No Canto das Pedras houve ainda maior incidência de deposição de pedaços de isopor tanto de fonte desconhecida como de isopor de pesca, o que é uma lacuna que demanda maiores investigações para o estudo. As quantidades de bitucas de cigarro dos usuários e o plástico oriundo das embarcações não apresentaram diferenciação significativa entre os pontos estudados, o que sugere a similar tendência no comportamento dos usuários das praias em ambos os pontos no período da coleta, bem como uma similar influência das atividades das embarcações. O Canto das Pedras obteve maiores incidências de fragmentos de metal no período da coleta, o que também é uma lacuna que demanda maiores investigações.

O Assenodi foi o ponto que obteve a maior porcentagem de fragmentos desconhecidos de resíduos como o esperado pela hipótese II. Porém, a hipótese II, que defende que o ponto interno da baía representado pelo Canto das Pedras teria maior abundância da classificação de resíduos domésticos em relação ao Assenodi, ponto externo, é rejeitada pela similaridade de proporção de resíduos plásticos domésticos em ambos os pontos.

O presente trabalho conta com algumas limitações a serem aperfeiçoadas por possíveis estudos futuros, como a ausência dos vetores de direção do vento e indisponibilidade de dados de correntes para o período da coleta. Este estudo também não considera a diferença entre as estações do ano, mas pode ser reproduzido com outras escalas temporais para avaliar as diferenças de influências deposicionais.

O trabalho de campo de coleta de dados conseguiu atingir seus objetivos detectando as variações da influência dos fatores ambientais em ambientes estuarinos que compreendem poucas pesquisas na região (Possatto *et al.*, 2015). Para a análise de abundância de lixo marinho, a coleta sistemática de campo de 60 dias consecutivos não é comum na literatura de resíduos sólidos e contribuiu para a lacuna ainda não preenchida na dinâmica de transporte associada a eventos climáticos, com uma pesquisa de campo que permitiu analisar variações diárias das variáveis ambientais e como elas influenciam na deposição de lixo.

As conclusões obtidas a partir desses estudos podem servir de suporte para uma gestão de resíduos sólidos mais adequada e sistêmica, visando contribuir para o futuro desenvolvimento de políticas públicas de mitigação efetivas para uma dada região e, de

modo mais amplo, para outras regiões costeiras com características similares, que vivenciam a problemática da poluição por resíduos sólidos (Cheshire *et al.*, 2009).

Os atuais estudos e referências convergem para a ideia transfronteiriça de deposição de lixo nas praias de várias regiões costeiras do mundo, o que demanda uma gestão integrada e funcional dos ambientes marinhos (Krelling, 2017) concomitante à investimentos de melhorias no sistema de infraestrutura dos municípios (Walker *et al.*, 2006) com a incorporação conjunta da sociedade civil (Possatto *et al.*, 2015).

Os resultados reforçam a deficitária prática da gestão de resíduos sólidos na maior parte das regiões brasileiras, muitas vezes sendo tratada apenas em escala local, com métodos insuficientes que não ultrapassam a limpeza das praias e/ou coleta de lixo do próprio município. Essas medidas podem ser consideradas paliativas quando inseridas na complexa problemática de gestão de resíduos sólidos. A maior deposição de resíduos no ponto Canto das Pedras, situado no CEP e a presença maciça de plásticos urbanos, sugerem uma relação entre a presença de lixo marinho no CEP com a gestão municipal de resíduos sólidos nas áreas urbanas dos municípios limediros à Baía de Paranaguá.

A legislação brasileira prevê comitês que são responsáveis por debater e aconselhar instituições e municípios para atuarem em um nível transfronteiriço, considerando toda a bacia hidrográfica, a dinâmica de gerenciamento de recursos hídricos (Brasil, 1997). Mesmo assim, a maior parte dos temas abordados por esses comitês se concentram na qualidade da água dessas bacias, mantendo o lixo marinho como temática não articulada para a verdadeira resolução. As variáveis meteorológicas e oceanográficas consideradas significativas neste estudo, podem auxiliar na avaliação ainda mais pertinente das entradas de lixo marinho em regiões impactadas, e se tornar parte dos planos de ação do gerenciamento da bacia hidrográfica, uma abordagem que pode facilitar a tomada de decisão em relação à sua prevenção na fonte (Krelling *et al.*, 2017) Ainda, o estudo indica a relevância da implementação absoluta da Política Federal de Gerenciamento de Resíduos, na qual prediz a verdadeira integração dos municípios, através da organização de medidas de ação como implementação de aterros compartilhados e reciclagem (Brasil, 2010).

## 5. Conclusão

Para a análise de abundância de lixo marinho, a coleta sistemática de campo de 60 consecutivos não é comum na literatura de resíduos sólidos e contribuiu para a lacuna ainda não preenchida na dinâmica de transporte de lixo marinho associada a eventos oceanográficos e meteorológicos. Este trabalho indica que utilizando previsões meteorológicas e oceanográficas é possível melhorar a aplicação de recursos na limpeza ou ainda na prevenção de lixo marinho nas praias. A pesquisa de campo permitiu avaliar variações diárias das variáveis ambientais em relação a deposição de lixo em dois pontos distintos do CEP. As variáveis ambientais que influenciam significativamente na abundância de deposição de resíduos nos pontos de coleta foram, a precipitação de 4 dias anteriores ao dia da coleta para ambos os pontos, vento de 2 dias anteriores a coleta para o Assenodi e 3 dias para o Canto das Pedras, amplitude de maré para ambos os pontos e vazão do dia da coleta do rio Nhundiaquara para o Canto das Pedras.

Os pontos de coleta compreendem uma diferença significativa de abundância de resíduos entre eles. O Assenodi representou 29% do total de resíduos coletados com média de 13 itens, enquanto o Canto das Pedras obteve 71% de todo o lixo com uma média de 32 itens. A maior influência de resíduos plásticos domésticos foi observada tanto para o ponto mais abrigado na boca do estuário quanto para o ponto mais exposto a ação das ondas, sugerindo a influência de resíduos provenientes de municípios do interior do CEP em ambos os pontos. Os itens de pedaços plásticos foram a segunda categoria mais encontrada nos pontos. A maior parte dessa classificação de fonte desconhecida foi encontrada no Assenodi, o que pode ser relacionado à degradação do plástico em fragmentos pelo trajeto percorrido até a deposição no ponto de coleta, já que o ponto mais externo da baía possivelmente está mais distante das prováveis áreas fonte.

Este trabalho converge na ideia da prática transfronteiriça da gestão de resíduos sólidos. As variáveis meteorológicas e oceanográficas consideradas significativas neste estudo, podem auxiliar na avaliação das entradas de lixo marinho e essa abordagem pode facilitar a tomada de decisão em relação à sua prevenção na fonte. Assim, o estudo indica a relevância da implementação absoluta da Política Federal de Gerenciamento de Resíduos, na qual prediz a verdadeira integração dos municípios, através da organização de medidas de ação como implementação de aterros compartilhados e reciclagem,

concluindo a necessidade de uma gestão integrada e funcional para minimizar os impactos e consequências de deposição de lixo nas praias.

## 6. Referências Bibliográficas

Angulo, R. J. 1996. Problemas na terminologia de ambientes e subambientes litorâneos clásticos dominados por ondas. Boletim Paranaense de Geociências.

Angulo, R. J., Araújo, A. D., 1996. Classificação da costa paranaense com base na sua dinâmica, como subsídio a ocupação da orla litorânea. Bol. Parana. Geociências.

Araújo, M. C. B., Costa, M. F. 2003. Lixo no Ambiente Marinho. Departamento de Oceanografia (Centro de Tecnologia e Geociências) da Universidade Federal de Pernambuco. Ciência Hoje.

Araújo, M. C. B. 2003. Resíduos Sólidos em Praias do Litoral Sul de Pernambuco: Origens e Consequências. Departamento de Oceanografia (Centro de Tecnologia e Geociências) da Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia.

Araújo, M. C. B.; Costa, M.F., 2007. An analysis of the riverine contribution to the solid wastes contamination of an isolated beach at the Brazilian Northeast. Management of Environmental Quality: An International Journal.

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. B-Biol. Sci. 364,

Barton, K., Barton, M.K., 2015. Package ‘MuMIn’.

Bolker, B.M., Brooks, M.E., Clark, C.J., Geange, S.W., Poulsen, J.R., Stevens, M.H.H. & White, J.-S.S. 2009. Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. Trends in Ecology and Evolution.

Brasil. LEI 9.433/1997. 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Brasil. 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências.

Burnham, K., and D. Anderson. 2002. Information and likelihood theory: a basis for model selection and 393 inference. Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach.

- Carson H. S., Lamson M. R., Nakashima D., Toloumu D., Hafner J., Maximenko N., McDermid K. J. 2013. Tracking the sources and sinks of local marine debris in Hawai'i. *Marine Environmental Research*.
- Cheshire, A., Adler, E., Barbière, J., Cohen, Y., Evans, S. 2009. UNEP/IOC Guidelines on survey and monitoring of marine litter.
- Coe, J.M., Rogers, D.B. 1997. *Marine debris: sources, impacts, and solutions*.
- Clarke, K.R., Gorley, R.N., 2006. *User Manual/Tutorial*. PRIMER-E Ltd.
- Delgado, C. R., Vieira, J. V., Veloso, V. G., Martínez, J. R., Sallorenzo, I. A., Borzone, C. A., Moyano, J. E. S., Garcia, F. J. G. 2014. The role of wrack deposits for supralittoral arthropods: An example using Atlantic sandy beaches of Brazil and Spain. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- Ferrari, J. B. 2009. *Variação espacial e temporal do lixo marinho depositado na Praia Deserta Parque Nacional do Superagüi / PR / Brasil*. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Centro de Estudos do Mar.
- Earll, R.C., Williams, A.T., Simmons, S. L., Tudor, D.T. 1999. Aquatic litter, management and prevention – the role of measurement. *Journal of Coastal Conservation*.
- Eriksen M., Lebreton L C.M. , Carson H. S., Thiel M., Moore C. J., Borerro J. C., Galgani F., Ryan P.G., Reisser J. 2014. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *Plos One*.
- GESAMP, 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: A global assessment. Reports Stud. GESAMP
- GESAMP, 2016. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: Part 2 of a global assessment. Reports Stud. GESAMP
- Galgani, F., Hanke, G., & Werner, S. 2013. Marine litter within the European Marine Strategy Framework Directive. *Journal Of Marine*.
- Haurelhuk, Samuel Sembalista; Valente, Amir Mattar. 2016. *Estudo de Capacidade do Canal da Galheta (Porto de Paranaguá)*. Anais do XVIII Simpósio de Pesquisa

Operacional & Logística da Marinha. Blucher Marine Engineering Proceedings, v.2, n.1.

IBGE, 2014. IBGE Cidades [WWWDocument]. Disponível em URL. <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>. Acesso em 20 jun 2016.

IPARDES, 2013. Indicadores de desenvolvimento sustentável por bacias hidrográficas do estado do Paraná. IPARDES, Curitiba.

Instituto das Águas do Paraná, 2015. Sistema de Informações Hidrológicas [WWW Document]. CELEPAR. URL [www.aguasparana.pr.gov.br](http://www.aguasparana.pr.gov.br) (acesso em 5.9.15).

Kataoka, T., Hinata, H., Nihei, Y., 2013. Numerical estimation of inflow flux of floating natural macro-debris into Tokyo Bay. *Estuarine Coastal Shelf Science*.

Krelling A. P., Souza M. M., Willians A. T., Turra A. 2017. Transboundary movement of marine litter in an estuarine gradient: Evaluating sources and sinks using hydrodynamic modelling and ground truthing estimates. *Marine Pollution Bulletin*.

Krelling, A. P. 2017. Abordagem Transfronteiriça Do Lixo Marinho: A Exportação de resíduos flutuantes ao longo de um gradiente estuarino e seus impactos socioeconômicos. UFPR. Universidade Federal do Paraná.

Lana P.C., Morone E., Lopes R.M., Machado E.C. 2001. The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil. In: Seeliger U. & Kjerfve B. (eds.) *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*. Berlin, Springer-Verlag.

Lamour, M. R. , Noernberg M. A. , Quadros C. J. L. , Odriski L. L. R. , Soares C. R. 2003. Erosão na desembocadura sul da baía de Paranaguá e sua relação com o assoreamento do canal da Galheta.

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. *Marine Pollution Bulletin*.

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

Marinha do Brasil, Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN). Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-previsao-mare/tabuas/>>. Acesso em: mai. 2015.

Marone, E., Machado, E.C., Lopes, R.M., Silva, E.T., 2005. Land-ocean fluxes in the Paranaguá bay estuarine system, southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*.

Moore, C.J., Lattin, G.L., Zellers, a. F. 2011. Quantity and type of plastic debris flowing from two urban rivers to coastal waters and beaches of Southern California. *Rev. Gestão Costeira Integrada*.

Moreira, F.T., Prantoni, A.L., Martini, B., de Abreu, M.A., Stoiev, S.B., Turra, A., 2015. 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*.

Mouat J, Lozano RL, Bateson H. 2010. Economic impacts of marine litter.

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 there?. *Science Direct. Marine Pollution Bulletin*.

Noernberg, M. Marone, E. Angulo, R. 2007. Coastal Currents and sediment transport in Paranagua. *Boletim Paranaense de Geociências*, n. 60-61.

Oliveira, A. L., 2013 *Análise de Política Pública sobre Lixo Marinho em Diferentes Níveis Governamentais. (Dissertação) Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo*.

Oliveira, A. L. Tessler, M. G. Turra, A. 2010. Distribuição do Lixo ao Longo de Praias Arenosas – Estudo de caso na Praia de Massaguaçu, Caraguatuba, SP. *Revista da Gestão Costeira Integrada*.

Oliveira, A. L. ; Turra, A. 2015. Solid waste management in coastal cities: where are the gaps? Case study of the North Coast of São Paulo, Brazil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*.

Peter G. Ryan, Charles J. Moore, Jan A. van Franeker, Coleen L. Moloney. 2009. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*.

Possatto, F.E., Spach, H.L., Cattani, A.P., Lamour, M.R., Santos, L.O., Cordeiro, N.M.A., Broadhurst, M.K., 2015. Marine debris in a world heritage listed Brazilian estuary. *Marine Pollution Bulletin*.

Procopiak, L.K., dos Reis, D.T., Schroeber Filho, G.P.S., Santana Filho, V., Robert, M.C., 2007. Uso e ocupação do solo na orla marítima no município de Antonina e poluição no Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP). *Dragagens Portuárias No Brasil. Licenciamento E Monitoramento Ambiental, Unibem*,

Quadros, C.J.L. de, Marone, E., Angulo, R.J., Martins, G.J., Netto, J.P.B., 2007. Dinâmica morfosedimentar associada à incidência de sistemas frontais em duas praias do litoral Paranaense. *Boletim Paranaense de Geociências*.

R, 2015 - R Development Core Team. 2013. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. <http://www.R-project.org>.

Rech, S., Macaya-Caquilpán V. Pantoja J.F, Rivadeneira M.M., Jofre Madariaga D., Thiel M. 2014. Rivers as a source of marine litter – A study from the SE Pacific. *Marine Pollution Bulletin*

Reisser J, Shaw J, Wilcox C, Hardesty B, Proietti M. 2013. Generation and accumulation of plastic pollution also occurs in closed bays, gulfs and seas surrounded by densely populated coastlines and watersheds. Marine plastic pollution in the waters around Australia: characteristics, concentrations and pathways. *PloS one*.

Rosevelt, C., Los Huertos, M., Garza, C., Nevins, H.M., 2013. Marine debris in central California: Quantifying type and abundance of beach litter in Monterey Bay, CA. *Marine Pollution Bulletin*.

Ruiz-Delgado, M. C., J. V. Vieira, V. G. Veloso, M. J. Reyes-Martinez, I. A. Sallorenzo, C. A. Borzone, J. E. Sanchez-Moyano, and F. J. G. Garcia. 2014. The role of wrack deposits for supralittoral arthropods: An example using Atlantic sandy beaches of Brazil and Spain. *Estuarine Coastal and Shelf Science*

Ryan, P.G., Lamprecht, A., Swanepoel, D., Moloney, C.L. 2014. The effect of fine-scale sampling frequency on estimates of beach litter accumulation. *Marine Pollution Bulletin*

Santos, L. P. 2006. Resíduos sólidos (lixo) na praia do balneário de pontal do sul, pontal do paraná-pr, e sua relação com a atividade turística. Monografia, oceanografia.

Slavin C., Grage A., Campbell M. L. 2012. Linking social drivers of marine debris with actual marine debris on beaches. *Marine Pollution Bulletin*.

Tudor, D.T., Williams, A.T., 2001. Investigation of Litter Problems in the Severn Estuary/ Bristol Channel Area.

UNEP, United Nations Environment Programme. 2005. Marine litter, an analytical overview. Plastic ingestion in the North Atlantic Fulmar. *Marine Pollution Bulletin*.

UNEP, United Nations Environment Programme 2009. Developing Integrated Solid Waste Management Plan-Training Manual Vol. 1: Waste Characterization and Quantification with Projections for Future.

UNEP, 2016. Marine plastic debris & microplastics: Global lessons and research to inspire action and guide policy change.

Velander, K., Mocogni, M., 1999. Beach litter sampling strategies: is there a “best” method? *Marine Pollution Bulletin*.

Vermeiren, P., Muñoz, C.C., Ikejima, K., 2016. Sources and sinks of plastic debris in estuaries: A conceptual model integrating biological, physical and chemical distribution mechanisms. *Marine Pollution Bulletin*.

Walker, T.R., Grant, J., Archambault, M.C., 2006. Accumulation of marine debris on an intertidal beach in an urban park (Halifax Harbour, Nova Scotia). *Water Quality Research Journal Canadá*.

Whiting, S. D. 1998. Types and sources of marine debris in Fog Bay, Northern Australia. *Marine Pollution Bulletin*.

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.*

Wood, S., 2012. mgcv: Mixed GAM Computation Vehicle with GCV/AIC/REML. Smoothness Estimation.

Zuur, A., Ieno, E., Walker, N., Saveliev, A., Smith, G., 2009. *Mixed Effects Models and Extensions in Ecology with R*. Springer, New York.