



Revista de Gestão Costeira Integrada -
Journal of Integrated Coastal Zone
Management

E-ISSN: 1646-8872

rgci.editor@gmail.com

Associação Portuguesa dos Recursos
Hídricos

de Lima Oliveira, Andréa; Gonzalez Tessler, Moysés; Turra, Alexander
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,
vol. 11, núm. 1, 2011, pp. 75-84
Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos
Lisboa, Portugal

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=388340132009>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Distribuição de lixo ao longo de praias arenosas – Estudo de caso na Praia de Massaguaçu, Caraguatatuba, SP *

Longshore distribution of litter in sandy beaches – Case study in Massaguaçu Beach, Caraguatatuba, SP

Andréa de Lima Oliveira ^{@, 1}, Moysés Gonzalez Tessler ² & Alexander Turra ¹

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivos avaliar a relação entre a distribuição do lixo ao longo da Praia de Massaguaçu, Caraguatatuba SP, e os aspectos físicos da praia, considerando-se duas feições do perfil praiar (face praiar e pós-praia) em dois períodos distintos do ano (Março e Setembro). A metodologia baseou-se na coleta, quantificação e identificação de resíduos ao longo da praia, fazendo uma comparação entre a porção que sofre erosão e os outros segmentos do arco praiar, entre a face praiar e a pós-praia, assim como entre os dois períodos de coleta. Os resultados não indicaram uma correlação direta entre os processos erosivos e o padrão de distribuição de lixo ao longo da praia nas duas feições estudadas. O uso da praia e das áreas adjacentes juntamente com a presença de desembocaduras de drenagens pluviais em alguns trechos explicam parcialmente o padrão observado. A pluviosidade, a incidência de frentes frias e o fluxo turístico também influenciaram a quantidade de resíduos na praia. A coleta de Março, período mais chuvoso e após a alta temporada turística, apresentou a maior quantidade de resíduos, diferentemente da coleta realizada em Setembro, período mais seco, de baixa temporada e com maior frequência de entrada de frentes frias. Apesar dessas influências, a pós-praia manteve quantidades relativamente estáveis de resíduos enquanto a face praiar variou muito mais entre os períodos coletados indicando ser mais suscetível às variáveis ambientais. Tais resultados sugerem que o padrão de distribuição dos resíduos ao longo da Praia de Massaguaçu é causado pela interação de fatores (pluviosidade, ventos, intensidade das ondas, número de pessoas utilizando a área adjacente, pontos de entrada de resíduos, entre outros) que agem de forma difusa e diferenciada entre a face praiar e a pós-praia influenciando a área disponível para deposição e tempo de permanência do lixo na área.

Palavras-chave: Resíduos sólidos, lixo praiar, monitoramento da praia.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the relationship between the longshore distribution of marine litter on Massaguaçu Beach, located at Caraguatatuba in the state of São Paulo, and its physical features, considering two parts of the beach profile (beach face and backshore), and two different periods (March and September). The beach has in its central eroding section. The methodology was based on collection, quantification and identification of marine litter along the beach, making a comparison between the section of erosion and other segments of the beach, between beach face and backshore areas and between periods. The results did not indicate a direct correlation between the erosion area and longshore distribution pattern of marine litter in two beach parts studied. The types of activities developed on the beach and adjacent areas together with

@ - Autor correspondente: andrea.lima.oliveira@usp.br

1 - Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, Departamento de Oceanografia Biológica, Laboratório de Manejo, Ecologia e Conservação Marinha, Praça do Oceanográfico, 191 - 05508-120, São Paulo, SP, Brasil

2 - Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, Departamento de Oceanografia Física, Química e Geológica, Praça do Oceanográfico, 191 - 05508-120, São Paulo, SP, Brasil

presence of stormwater drain (spillways) in some places partly explain the observed pattern, because of the distribution of the litter sources (input). The tourist season, rainfall and incidence of cold fronts also influenced the amount of marine litter on the beach. The campaign in March, the rainy season and after the high tourist season, was the one with the greatest amount of marine litter, unlike the campaign held in September, the dry and low tourist season and with higher frequency of cold fronts. Despite these influences, the backshore had relatively stable amounts of litter while in beach face it varied much more between periods suggesting that this area is more susceptible to environmental variables. These results suggest that the longshore distribution pattern of marine litter is caused by the interaction of a set of factors (rainfall, winds, wave intensity, number of people using the adjacent area, input points of litter, among others) acting in a diffuse and differentiated way between the beach face and backshore affecting the area available for deposition and time of permanence of marine litter in this area.

Keywords: Solid waste, beach litter, beach survey.

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos produzidos pelos seres humanos representam, quando não devidamente equacionado, um grave problema ambiental, tanto pela falta de sistemas adequados de coleta e disposição, que possibilitam sua entrada no ambiente marinho, quanto pelo tempo necessário para se decomporem no ambiente (Araújo & Costa, 2006). Os resíduos sólidos chegam ao ambiente marinho por diversas fontes classificadas como de origem marinha (*ocean based* ou *marine based*) ou terrestre (*land based*) (Pruter, 1987; Whiting, 1998; NOAA, 2008; Cheshire *et al.*, 2009). A primeira é composta por atividades realizadas no mar, de transporte, plataformas de extração de petróleo e gás, embarcações de pesca e lazer (Cheshire *et al.*, 2009) e a segunda por atividades realizadas em terra, tendo como meios de entrada rios, drenagens pluviais e ventos (Cheshire *et al.*, 2009). O “lixo marinho”, denominação que os resíduos sólidos manufaturados ou processados recebem quando entram no ambiente marinho, não importando a fonte (Coe & Rogers, 1997), causa danos à biota marinha, tais como emaranhamento, sufocamento e problemas decorrentes de sua ingestão (Laist, 1987; Carr, 1987; Ryan, 1988; Bjorndal *et al.*, 1994; Secchi & Zarzur, 1999; Barreiros & Barcelos, 2001; Henderson, 2001; Bugoni *et al.*, 2001; Cadée, 2002; Sazima *et al.*, 2002; Mascarenhas *et al.*, 2004; Page *et al.*, 2004; Colabundo *et al.*, 2009; Barbieri, 2009), além do transporte de espécies invasoras (Barnes & Milner, 2005), prejuízo às atividades econômicas locais, como turismo e pesca, e ameaça à saúde pública (Nash, 1992; McLachlan & Brown, 2006).

Devido aos impactos que gera, a poluição causada pelo “lixo marinho” tem recebido muita atenção da comunidade científica, de órgãos governamentais e da comunidade internacional. Pesquisas tem tentado entender a dinâmica de seu transporte nos corpos d’água, seja em rios e estuários (Williams & Simmons 1997; Acha *et al.*, 2003; Wilson & Randall, 2005; Araújo & Costa, 2007), ou no oceano (Kubota, 1994; Santos *et al.*, 2005; Yoon *et al.*, 2009). Apesar desses esforços, ainda são poucos os trabalhos que tentam relacionar a distribuição dos resíduos com a dinâmica de praias arenosas.

Shimizu *et al.* (2008) estudaram a variação sazonal dos resíduos em praias da Ilha Awaji, no Japão, e observaram que a quantidade, os tipos e as taxas de entrada variavam de acordo com condições meteorológicas, oceanográficas, características geográficas e atividades sociais e econômicas desenvolvidas na região. Debrot *et al.* (1999) observaram, na região do Caribe, que praias que estavam a barlavento (vento entra) tinham as maiores concentrações de resíduos, enquanto as praias que estavam a sotavento (vento sai) além de terem menos resíduos ainda apresentaram diferentes tipos

de tamanho, sugerindo que os processos costeiros poderiam desempenhar um papel importante na sua distribuição. Yoon *et al.* (2009) elaboraram um modelo numérico acoplando as características de flutuabilidade típica de itens plásticos (e.g. isqueiros e garrafas plásticas), os locais de entrada desses resíduos e cálculos das correntes para a região do mar do Japão. Os resultados do modelo sugerem que a flutuabilidade dos resíduos tem forte influência em seu tempo de permanência no mar, sendo que itens com maiores flutuabilidades se depositavam em praias ou saíam do mar do Japão para o oceano aberto em um tempo menor (cerca de 1 ano). Williams & Tudor (2001) focaram seus esforços na compreensão da relação dos processos sedimentares em uma praia com sedimentos de dimensões de calhaus (64-256mm) e verificaram que as condições de vento e a consequente força das ondas produziam diferenças na quantidade de itens que se acumulavam no sistema, sendo capazes tanto de trazer novos itens, quanto de desenterrar itens já presentes. Estes autores também verificaram que em estudos de quantificação de resíduos, a estação do ano estudada deve ser considerada devido a variações sazonais. Cunningham & Wilson (2003) estudaram a densidade de itens em praias da Austrália com diferentes níveis de urbanização, ao longo do tempo, em diferentes estratos da praia (alto, médio e baixo, que corresponderiam à pós-praia, à área intermediária e à face praial). Thornton & Jackson (1998) estudaram a variação sazonal e espacial em uma ambiente estuarino nos Estados Unidos distinguindo a face praial e o pós-praia, assim como Ivar do Sul (2008), que também estudou essa distribuição com as variáveis ambientais em um ambiente estuarino no nordeste do Brasil.

Nesse contexto, este estudo de caso foi planejado de forma a contribuir para a compreensão das relações citadas anteriormente, analisando a correspondência entre os aspectos físicos (feição praial e processos erosivos) e a distribuição dos resíduos sólidos ao longo da praia arenosa de Massaguacú, no Litoral Norte do Estado de São Paulo. Considerando que resíduos coletados na face praial representam a deposição recente, ou seja, resíduos que acabaram de chegar, enquanto os coletados na pós-praia indicam o volume acumulado (Velandier & Mocogni, 1999), pode-se esperar que o padrão de distribuição de resíduos seja influenciado pela variabilidade das feições da praia. Tendo em vista essa diferença, optou-se por coletar distintamente ambas as áreas e analisar as eventuais diferenças entre elas. Por fim, a influência sazonal, tanto pelas características meteorológicas, quanto pelas diferenças de uso da área também foi considerada, tendo como referências dois períodos, um de chuvas mais intensas e frequentes e de maior fluxo de turistas (Março), e outro com menor pluviosidade, menor fluxo de turistas e com maior ocorrência de eventos de frentes frias (Setembro). Dessa forma, em síntese, o presente estudo de caso pretendeu

contribuir para a compreensão da distribuição do lixo em praias, considerando tanto os aspectos físicos (feição praial e processos erosivos), quanto os relacionados ao uso da praia e áreas adjacentes (turística e residencial).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A Praia de Massaguaçu está localizada no município de Caraguatatuba, no Litoral Norte de São Paulo. Situa-se a norte da Baía de Caraguatatuba em uma pequena planície costeira, tem cerca de 7,5 km de extensão (Figuras 1A e 1B). Os pontos de coleta (sete no total) foram fixos, marcados em intervalos de 600m, com o auxílio de GPS (Figura 1B).

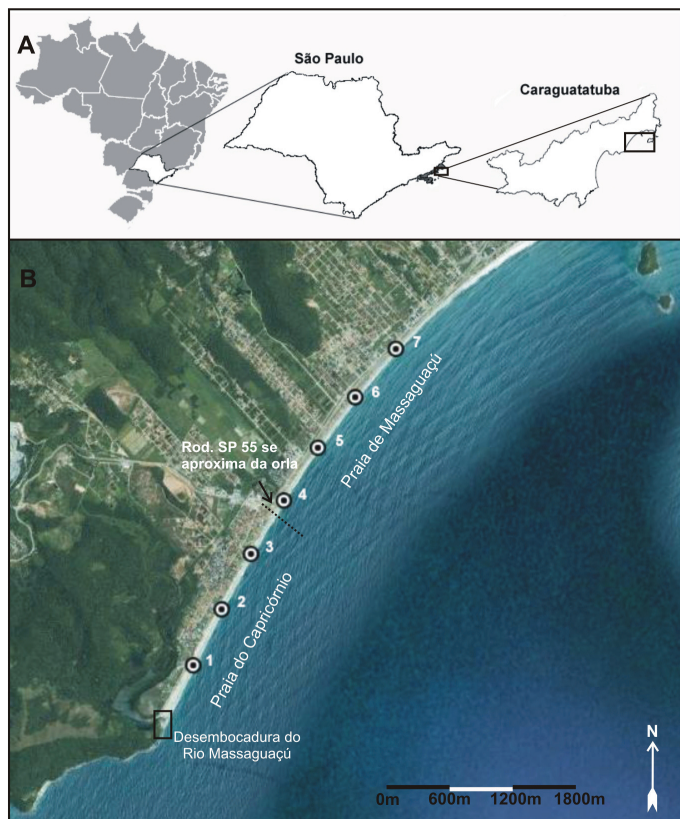


Figura 1. A – Mapas da localização da área de estudo. B – Imagem da Praia de Massaguaçu. Os números indicam os pontos de coleta. (Imagem do Google Earth adquirida em 5 de dezembro de 2009).

Figure 1. A – Map of the studied area location. B – Image of Massaguaçu beach. The numbers indicate sampling sites (Google Earth image, acquired on December 5th 2009).

O trecho estudado abrange o segmento localizado a Sul, conhecido como Praia de Capricórnio, e a área denominada propriamente de Praia de Massaguaçu. Neste trabalho, essas duas partes serão denominadas como Praia de Massaguaçu. O trecho a norte, depois da desembocadura do Rio Bracuí, conhecido como Praia da Cocanha, não foi incluído no estudo. A Praia de Massaguaçu apresenta diferentes tipos de uso ao longo de todo seu arco praial. Na região mais ao sul predomina a ocupação residencial, com presença de casas de primeira e segunda moradia (veraneio). Seguindo em direção norte do arco praial, a Rio-Santos (Rodovia SP-55) aproxima-se da linha de costa e surgem à beira mar estabelecimentos

comerciais (bares). Nessa região as desembocaduras de drenagens pluviais tornam-se mais frequentes.

A praia forma uma faixa de areia contínua entre seus extremos. O trecho a sul apresenta um segmento fluvial (Rio Massaguaçu) que tem sua foz normalmente fechada por sedimentos arenosos, depositados na desembocadura pela intensa ação das ondas (Tessler *et al.*, 2006). Essa barreira arenosa é continuamente atacada por sistemas de ondas de grande nível de energia, que refratam na área marinha próxima e depois incidem diretamente na barreira arenosa (Tessler *et al.*, 2006). Esta área da praia apresenta larga pós-praia (Figura 2A). A região central da praia vem sofrendo acentuados processos erosivos e já perdeu ao longo dos últimos anos cerca de 30m de faixa arenosa (Tessler *et al.*, 2006), chegando, em alguns pontos, a atingir as bases do aterro e o acostamento da rodovia Rio-Santos que a margeia (Figura 2B).

A costa paulista é regida por um regime de micro-marés, com amplitudes menores que 2m, do tipo semi-diurno, que exerce pequena influência como processo físico nas praias e na modificação das correntes (Souza, 1997). Os processos físicos dominantes na região, portanto, são as ondas e as correntes geradas por ondas, que desempenham papel fundamental nas modificações morfológicas e sedimentológicas das praias (Souza, 1997).

A área de estudo possui características morfodinâmicas de praias intermediárias a refletivas, sendo designada, de maneira geral, como praia de tombo, com elevada declividade da face praial, que apresenta sedimentos constituídos de areias média (0,50-0,250mm) a grossa (1,0-0,50mm) (Tessler *et al.*, 2006). Souza (1990) e Nuber (2008) verificaram um ligeiro decréscimo no tamanho dos grãos de sul para norte do arco praial, sendo que a classe modal predominante passa de areia grossa no sul, para areia média ao norte, aumentando também, gradativamente, as porcentagens das classes areia fina e areia muito fina nesse mesmo sentido.

Os processos costeiros que controlam a sedimentação na Praia de Massaguaçu são complexos e variam, principalmente, de acordo com as condições das ondas. Nuber (2008) notou que a direção da corrente de deriva litorânea (*longshore current*) varia ao longo da praia, podendo inclusive apresentar direções diferentes com diferentes condições de energia das ondas. De acordo com Nuber (2008), em condições de baixa energia de onda, a corrente tem direção norte (no correspondente ao ponto 1, ver figura 1) e norte e sul dos pontos 2 a 7, respectivamente. Em condições de energia de onda moderada, a corrente tem direção norte e sul dos pontos 1 a 3, respectivamente, e direção norte dos pontos 4 a 7. Em condições de alta energia de onda, tem direção sul nos pontos 1 e 2, direção norte nos pontos 3 e 4, direção norte e sul no ponto 5 e direção sul nos pontos 6 e 7. Apesar dessas variações, a corrente longitudinal à linha de costa flui predominantemente para sul, ou seja, do ponto 7 (a norte) para o ponto 1 (extremo sul), fato que levou à elaboração da hipótese de que haveria acúmulo de resíduos no trecho sul da praia (ponto 1) se a distribuição estiver sendo influenciada pelas correntes de deriva.

Foram consideradas duas áreas distintas no perfil praial, a pós-praia e a face praial, que foram amostradas em dois períodos, um em Março e outro em Setembro de 2008. Na face praial, uma faixa de 300m ao longo da praia, centralizada em cada ponto de coleta, foi dividida em 10 transectos de 30m, dentre os quais três eram escolhidos aleatoriamente para amostragem dos resíduos (Figura 2C). Assim, cada coleta compreendeu 21 transectos de 30m de



Figura 2. A – Área com pós-praia. Praia de Capricórnio, próximo ao ponto 1. B – Zona de erosão, pós-praia ausente, próximo ao ponto 7. C – Perfil praial esquemático, indicando as dimensões dos transectos na pós-praia e na face praial. Os quadrados cinzas são apenas para ilustração dos 3 transectos selecionados aleatoriamente para coleta, de forma independente para a pós-praia e para a face praial. Fotos: Andréa Oliveira.

Figure 2. A – Area where the backshore is present. Capricornio beach, near the point 1. B – Erosion Zone, backshore is absent, near the point 7. C – Schematic beach profile, indicating transect dimensions on backshore and on beach face. The grey boxes are to illustrate the 3 random selected transects to be sampled, independently to the backshore and the beach face. by Andréa Oliveira.

comprimento (*ao longo da praia*), sendo três transectos para cada um dos sete pontos amostrados. A largura de cada transecto correspondeu ao espaço entre a linha d'água e a berma e o número de itens registrado foi calculado por metro amostrado. Entre os pontos 5 e 7 (Figura 1B) a área da pós-praia encontrava-se aterrada e/ou erodida, por isso, o degrau de terra formado pelas bases do aterro foi considerado como limite da face praial.

Na pós-praia, onde os resíduos se apresentam mais adensados que na face praial, uma faixa de 10m paralela a praia foi dividida em 10 transectos perpendiculares à linha de água de 1m, dos quais três eram aleatoriamente selecionados para coleta (Figura 2A). Como, devido à erosão, a pós-praia inexistia nos pontos 5 a 7, cada coleta compreendeu 12 transectos de 1m de comprimento, ou seja, três transectos para cada um dos quatro pontos que apresentaram pós-praia (pontos 1 a 4). Os transectos se estenderam do fim da berma até o limite superior da praia, correspondente à pós-praia, como sugerido por Velandier & Mogoni (1999). A largura da pós-praia foi variável ao longo do arco praial, por isso a largura desses transectos foi medida em cada amostragem para permitir uma relativização do número de itens por metro quadrado amostrado.

Classificação e quantificação dos resíduos

De acordo com Ribic *et al.* (1992), o lixo marinho normalmente é classificado por classes de tamanho, pelo material que o constitui, ou ainda, pela atividade a que está relacionado. As classes de tamanho e mesmo as categorias de material a serem consideradas podem variar de acordo com os critérios adotados pelos pesquisadores. Neste trabalho, foram considerados apenas resíduos maiores do que 1cm em pelo menos uma de suas dimensões, pois são facilmente observáveis. Os resíduos foram classificados e quantificados de acordo com a constituição do material indicada por Ribic *et al.* (1992), nas seguintes categorias: plástico e borracha: inclui todos os tipos de plástico, isopores, espumas e itens de borracha devido às semelhanças de durabilidade e de flutuabilidade; papel: todos os itens de papel e papelão; metal: todos os itens de metal inclusive papel alumínio; vidro: todos os tipos de vidro e fragmentos; outros materiais: itens como algodão, madeira, couro, filtros de cigarro, parafina e cortiça.

Análise de dados

O número de itens por m^2 (pós-praia) e por metro (face praial) de cada categoria de resíduo identificado foi comparado entre os pontos e períodos de coleta com análises de variância (ANOVA) de duas vias do tipo I (Underwood, 1997) para testar a hipótese de que a quantidade de resíduos não variou ao longo da praia (face praial: pontos 1 a 7; pós-praia: pontos 1 a 4) nem entre períodos do ano (Março e Setembro). Esse teste foi feito independentemente para a pós-praia e face praial devido à inexistência de pós-praia (devido à erosão) dos pontos 5 a 7. Diferenças par a par entre pontos foram analisadas com o teste SNK para comparação múltipla de médias *a posteriori*.

3. RESULTADOS

O número total de itens coletados em Março e Setembro foram, respectivamente, 3420 e 1399, sendo que a porcentagem de “Plásticos e Borrachas” foi superior a 80% do total de itens coletados para ambos os meses. As quantidades

totais coletadas na pós-praia foram, respectivamente, 276 e 264. E na face praial, 3144 e 1135, respectivamente, em Março e Setembro. Esses resultados indicam que a quantidade de itens na pós-praia não variou significativamente entre os dois períodos de coleta. Diferentemente das quantidades coletadas na face praial, que foram quase três vezes maiores em Março do que em Setembro.

Face Praial

Apenas as categorias “Todos os itens”, “Plásticos e Borrachas” e “Outros Materiais” apresentaram diferenças significativas entre os meses e pontos de coleta (Figura 3). O mês de Março apresentou quantidades de resíduos significativamente maiores do que o mês de Setembro em todas essas comparações. No mês de Março, o ponto 4 apresentou maiores valores para as três categorias de

resíduos. Os demais pontos apresentaram valores menores, porém relativamente semelhantes entre eles (Figura 3). Em Setembro, o teste SNK não revelou variação significativa da quantidade de itens ao longo da praia (Figura 3). O padrão de variação da abundância de “Todos os itens” e “Plásticos e Borrachas” entre os pontos amostrados diferiu entre períodos de coleta (ver interação mês x ponto, Figura 3). A categoria “Vidro” não apresentou diferenças significativas entre períodos de coleta, mas apresentou diferenças entre pontos uma vez que esse item não foi registrado nos pontos 3 e 5 em Março e no ponto 7 em Setembro (Figura 3). A categoria “Metal” apresentou diferenças entre meses sendo que Março apresentou maior quantidade do que Setembro, mas não entre pontos, enquanto a categoria “Papel” não variou ao longo da praia e nem entre períodos de coleta. Ver valores de ‘p’ para comparações entre meses, pontos e meses x pontos na Figura 3.

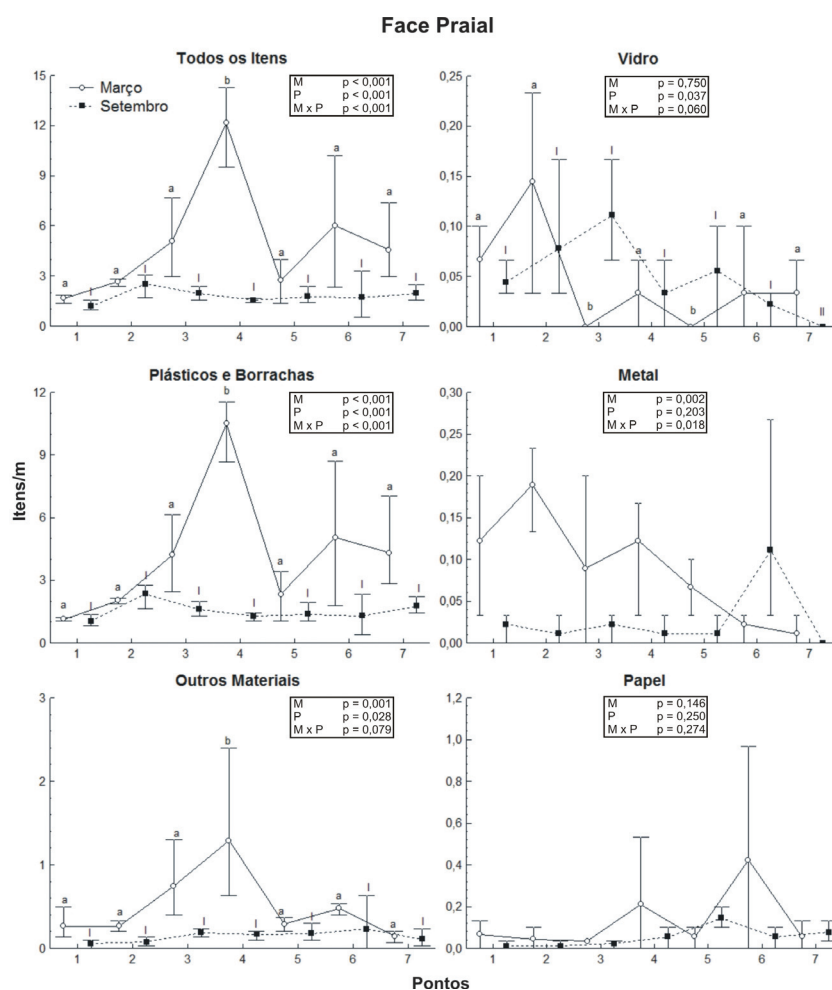


Figura 3. Quantidade (valores médios, máximos e mínimos) de resíduos sólidos (itens/m) nos diferentes pontos e períodos de coleta (Março e Setembro) na face praial. As letras sobrescritas representam o resultado do teste SNK para comparações de médias *a posteriori* realizadas para cada período de coleta independentemente. Os quadrados sobre os gráficos apresentam resultados da análise de variância (ANOVA), onde M é a comparação entre meses; P entre pontos; e M x P a interação entre pontos e meses.

Figure 3. Quantity (average, maximum and minimum) of marine litter (items/m) at different points and sampling periods (March and September) at beach face. The superscript letters represent the results of the SNK test for comparisons of means *a posteriori* performed for each campaign independently. The boxes over the graphs show ANOVA results, where M is the comparison between months; P between points; and M x P the interaction between points and months.

Pós-praia

As categorias “Todos os itens” e “Plásticos e Borrachas” apresentaram diferenças significativas entre os meses (ver comparações entre meses, Figura 4) sendo que Março apresentou quantidades maiores do que Setembro (Figura 4). A categoria “Plásticos e Borrachas” foi a única apresentou diferenças significativas entre pontos, sendo o ponto 4 maior do que o ponto 2, porém sem uma tendência clara entre todos os pontos na praia. As outras categorias não apresentaram diferenças significativas entre os períodos de coleta e ao longo da praia.

DISCUSSÃO

Na praia de Massaguaçu, foi observada a predominância de resíduos no mês de Março, que coincide com dois fatores

que contribuem para a produção de lixo e para o transporte desses para o mar, respectivamente, a maior frequência de turistas e a maior ocorrência de chuvas com precipitação total para o mês de Março entre 200 e 250mm, muito superior a do mês de Setembro entre 50 e 100mm (CPTEC/INPE, 2008a, b) que carregam os resíduos das vias públicas para a praia. A maior frequência de turistas em praias, normalmente no Verão, é um fator que tende a aumentar consideravelmente a quantidade de resíduos sólidos na praia, como indicado por diversos autores (Gabrielides *et al.*, 1991; Golik & Gertner, 1992; Madzena & Lasiak, 1997, Ivar do Sul, 2008), esse é um dos motivos para as campanhas de conscientização ocorrerem no Verão.

Deve-se observar, no entanto, que a predominância de resíduos no mês de Março ocorreu apenas na face praial. Indicando que os fatores geradores dessas diferenças tem

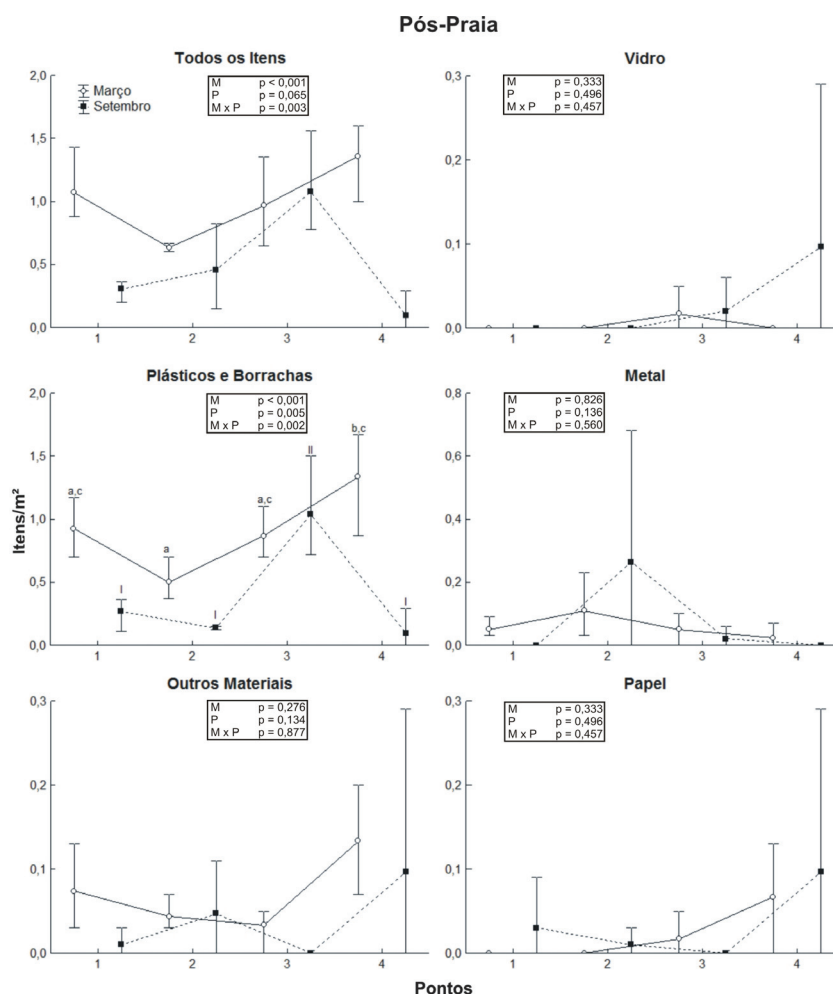


Figura 4. Quantidade (valores médios, máximos e mínimos) de resíduos sólidos (itens/m²) nos diferentes pontos e períodos de coleta (Março e Setembro) na pós-praia. As letras sobrescritas representam o resultado do teste SNK para comparações de médias *a posteriori* realizadas para cada período de coleta independentemente. Os quadrados sobre os gráficos apresentam resultados da análise de variância (ANOVA), onde M é a comparação entre meses; P entre pontos; e M x P a interação entre pontos e meses.

Figure 4. Quantity (average, maximum and minimum) of marine litter (items/m²) at different points and sampling periods (March and September) at backshore. The superscript letters represent the results of the SNK test for comparisons of means *a posteriori* performed for each campaign independently. The boxes over the graphs show ANOVA results, where M is the comparison between months; P between points; and M x P the interaction between points and months.

atuação primordial na área mais dinâmica da praia e que a pós-praia tende a ter quantidades menos variáveis de resíduos. Diferentemente dos resultados encontrados por Ivar do Sul (2008), em uma área estuarina, onde as quantidades na pós-praia foram muito mais variáveis do que na face praial.

O mês de Setembro não apresentou variações significativas ao longo da praia devido ao pequeno número de resíduos registrados em todos os pontos de coleta, o que pode ser devido à menor entrada de itens e/ou pela maior incidência de sistemas frontais ou frentes frias. No mês de Setembro, foram registrados três sistemas que atingiram a região, enquanto no mês de Março apenas um (CPTEC, 2008a, b), responsáveis por ventos fortes e ondas maiores que podem remobilizar ou mesmo enterrar os resíduos, como sugerido por Gabrielides *et al.* (1991) e Willians & Tudor (2001).

As variações de quantidade de resíduos nos períodos estudados não podem ser explicadas pelas amplitudes das marés, que não foram significativas para a região, visto que as amplitudes das marés, tanto em Março, quanto em Setembro, não passaram de 1,3m (DHN, 2008), embora a sinergia entre eventos de marés altas com a entrada de sistemas frontais possam potencializar o transporte e remobilização dos resíduos.

No mês de Março, o padrão de distribuição do lixo ao longo da praia foi diferente do esperado para o padrão dos processos sedimentares da área, caso os resíduos tivessem fontes homogeneamente distribuídas ao longo da praia. No entanto, o padrão encontrado sugere uma distribuição heterogênea das fontes em que a área que vem sendo erodida (pontos 5 a 7) apresenta mais lixo do que a área de transporte/deposição (pontos 1 a 3), que apresentaram poucos itens, e o ponto médio entre as áreas de transporte e erosão apresenta um pico de concentração de resíduos (ponto 4, Tabela 1).

Outro fator que poderia explicar a pequena quantidade de resíduos na extremidade sul da praia é o transporte destes para fora do sistema da Praia de Massaguaçu. Sendo a incidência de ondas intensa, os resíduos seriam carregados para praias mais ao sul, como sugerido por Souza (1997), se referindo aos processos sedimentares da área.

A distribuição das fontes ao longo da praia apresenta-se como um fator importante para o padrão de distribuição dos resíduos, na medida em que os itens, a partir do momento que entram na praia, podem ou não ser remobilizados, dependendo de fatores meteorológicos e oceanográficos e das características físicas e de fluabilidade desses itens. Shimizu *et al.* (2008) sugerem que tanto as atividades desenvolvidas nas proximidades das praias quanto as condições climáticas e de estado do mar podem determinar a natureza dos itens encontrados, interagindo de tal modo que os itens presentes em determinada área são significativamente dependentes das condições locais.

Considerando-se a importância da distribuição das fontes, a área estudada pode ser dividida em três setores, de acordo com suas características sedimentares, uso e concentração de resíduos (Tabela 1): (1) o primeiro trecho (pontos 1, 2 e 3), conhecido localmente como Praia de Capricórnio, apresenta quantidade pequena e pouco variável de resíduos ao longo da praia, com grande área de pós-praia onde os itens que chegam na face praial podem ficar retidos; é uma área residencial, sem presença de descargas pluviais e longe da rodovia; (2) o segundo trecho (ponto 4) apresenta quantidade elevada e variável de resíduos; ainda há pós-praia, embora seja mais curto; apresenta desembocaduras de drenagens pluviais e a praia se aproxima da rodovia, onde surgem os quiosques e onde é registrado um intenso uso por veranistas; (3) no terceiro trecho (pontos 5, 6 e 7) a quantidade de resíduos

Tabela 1. Quadro resumo dos aspectos físicos e de uso dos diferentes setores ao longo da praia, associada às quantidades de lixo marinho encontradas, na face praial e na pós-praia.

Table 1. Summary table of the physical aspects and the use of different sectors along the beach, combined with the amount of marine debris found, in beach face and backshore.

Localização	Características	Quantidade de lixo
Praia do Capricórnio - Sul (pontos 1, 2 e 3)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Área de transporte ✓ Areia grossa predomina ✓ Uso residencial ✓ Larga área de pós-praia ✓ Desembocadura do Rio Massaguaçu 	<p>Quantidade pequena e pouco variável de resíduos ao longo da praia</p> <p>Face praial de 1,2 a 5,0 itens/m Pós-praia de 0 a 0,08 itens/m²</p>
Ponto médio (ponto 4)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ainda há pós-praia, embora ele seja mais estreito ✓ Aproximação da Rodovia SP-55 à linha de costa ✓ Primeira presença de desembocadura da drenagem pluvial 	<p>Quantidade elevada e variável de resíduos</p> <p>Face praial de 1,5 a 12,2 itens/m Pós-praia de 0,1 a 0,13 itens/m²</p>
Praia de Massaguaçu - Norte (pontos 5, 6 e 7)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Areia média predomina ✓ Aproximação da rodovia BR-101 a linha de costa ✓ Presença de quiosques e desembocaduras de drenagens pluviais ✓ Ausência de pós-praia ✓ Presença de zonas de erosão acentuada 	<p>Quantidade variável de resíduos sólidos</p> <p>Face praial de 1,7 a 6,0 itens/m</p>

sólidos é variável, porém pequena; nele aumenta o número de desembocaduras de drenagens pluviais e, devido a acentuada erosão, caracteriza-se pela ausência de pós-praia (Tabela 1).

Diferentemente dos resultados encontrados na Praia de Massaguaçu, o Rio Goiania, presente na área estudada por Ivar do Sul (2008), exerce considerável influência tanto na dinâmica sedimentar da região quanto na entrada de resíduos sólidos. O Rio Massaguaçu, por outro lado, devido as suas pequenas dimensões e à maior importância que a incidência das ondas tem na dinâmica local, parece não ter influência significativa como fonte de resíduos sólidos para a praia, sendo que as desembocaduras das drenagens pluviais desempenharam papel mais importante. A importância das desembocaduras de drenagens pluviais como fontes de resíduos foi igualmente observada por Cunningham & Wilson (2003) em praias reflexivas na Austrália.

A comparação entre as concentrações de lixo marinho encontradas neste estudo e outros trabalhos é dificultada pelas diferenças nas metodologias adotadas. A metodologia aqui utilizada foi planejada para avaliar as correlações entre os aspectos físicos da praia e a distribuição dos resíduos e não apenas a quantificação de lixo na praia. A diferença mais marcante entre esta e outras metodologias é a distinção feita entre as duas feições praias (face praial e pós-praia), sendo que a maioria dos trabalhos não as distingue. Por isso, optou-se por comparar apenas os valores obtidos na pós-praia, que tiveram unidades semelhantes a outros estudos.

Os valores da pós-praia obtidos na Praia de Massaguaçu variaram de 0 a 0,13 itens/m², com média de 0,06 itens/m², inferiores aos valores encontrados na literatura. Sendo que os valores em uma área estuarina nos EUA variaram de 0,19 itens/m², em áreas sem vegetação, e 0,30 itens/m², em áreas com vegetação (Thornton & Jackson, 1998). Os resultados de um estudo conduzindo em praias refletivas de Sidney na Austrália tiveram médias de 0,23 itens/m² (Cunningham & Wilson, 2003). A média também foi inferior a encontrada em um trabalho realizado no Brasil, sendo os valores médios obtidos em área estuarina entre Sergipe e Alagoas, com média de 0,11 itens/m² (Ivar do Sul, 2008).

A categoria “Plásticos e Borrachas” foi predominante em todos os pontos estudados na face praial e na pós-praia, tanto em Março quanto em Setembro, e apresentou diferenças significativas na distribuição temporal e espacial (ver comparações entre meses e entre pontos, Figuras 3 e 4). Isto pode ser explicado pelas características físicas do plástico e da borracha, como durabilidade, por serem quase inertes à ação da água, e fluatibilidade, que permite seu transporte pela ação da água e do vento. Este aspecto do lixo marinho é tão marcante que Alkalay *et al.* (2007) sugerem o uso de itens plásticos como indicadores do índice de limpeza da costa (Clean Coast Index).

As outras categorias (“Outros Materiais”, “Vidros”, “Metais”, “Papéis”) apresentaram concentrações significativamente menores do que a categoria “Plásticos e Borrachas”, além de não apresentarem diferenças significativas na distribuição sazonal e temporal (Figuras 3 e 4). Esse padrão também pode ser explicado pelas características físicas desses itens (pesados) e, no caso do papel, facilmente degradável. Este fato foi verificado principalmente nas coletas na face praial, pois na pós-praia ainda são observadas algumas exceções, principalmente quando da presença de uma fonte específica no local. Esta afirmação pode ser observada na Figura 4, na pós-praia, onde o ponto 2 apresenta uma grande concentração de metais, que está diretamente associada a uma construção civil localizada próxima ao setor de coleta.

CONCLUSÃO

Os resultados não indicaram uma correlação direta entre os processos erosivos e o padrão de distribuição ao longo da praia nas duas feições estudadas. O lixo tem fontes de entrada distribuídas de forma heterogênea ao longo da praia, por isso, o seu padrão de distribuição espacial varia principalmente com relação à distância das fontes, assim como sua distribuição temporal varia com a taxa de entrada no sistema praial a partir de fontes diversas. Na praia de Massaguaçu, as principais fontes estão ligadas à presença de drenagens pluviais e a estabelecimentos comerciais nas proximidades, com origem predominantemente terrestre, que se intensificam nos períodos de maior fluxo de turistas e de chuvas. Por isso, as atividades de limpeza de praias e logradouros públicos e de sensibilização aos frequentadores e moradores da região devem se intensificar nesse período (Verão).

As correntes de deriva locais podem exercer o papel de remobilizar o lixo, mas apenas quando os resíduos são disponibilizados nas zonas de espraçamento e surfe, sendo direcionados no sentido predominante da corrente de deriva, que na área, em função do padrão de ondas incidentes, pode remobilizar os resíduos para os extremos do arco praial a partir das áreas mais centrais da praia. Caso os resíduos não sejam remobilizados tendem a ficar nas áreas próximas às fontes e a não seguir o padrão esperado de acúmulo *downstream* ou a jzante da corrente se fossem dispersos unicamente pelos processos de deriva litorânea, como observado na área do ponto 4.

As desembocaduras de drenagens pluviais devem receber maior atenção dos órgãos gestores, pois são importantes fontes de entrada de resíduos na praia e tendem a acumular resíduos que poderão ser dispersos em eventos de tempestade (frentes frias) sendo recomendável adotar medidas para reter esses resíduos, como redes e grades que seriam periodicamente limpos, além de aumentar a frequência de limpeza dos trechos de praia próximos.

Esse estudo revela ainda que amostragens em campo podem ser pouco adequadas para avaliar hipóteses relacionadas ao efeito das correntes de deriva na distribuição dos resíduos na praia em função da dificuldade de controle das fontes. Assim, futuros trabalhos devem, por exemplo, considerar outras estratégias, como instalação de redes de contenção nas descargas pluviais e ao longo da praia ou selecionando uma área que apresente a fonte dos resíduos associada a uma porção praial erosiva. Além disso, outras variáveis podem ainda ser consideradas, como diferentes regimes de ondas, dado seu potencial de remobilização dos resíduos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao CNPq pela bolsa de iniciação científica concedida, a todas as pessoas que colaboraram nas coletas, à equipe do Laboratório de Manejo, Ecologia e Conservação Marinha e aos *referees* pelas valiosas contribuições.

BIBLIOGRAFIA

- Acha, E.M.; Mianzan, H.W.; Iribarne, O.; Gagliardini, D.A.; Lasta, C.; Daleo, P. (2003) - The role of the Río de la Plata bottom salinity front in accumulating debris. *Marine Pollution Bulletin*, 46(2):197-202. DOI:10.1016/S0025-326X(02)00356-9.
- Alkalay, R.G.; Pasternak, G.; Zask, A. (2007) - Clean-cost index-a new approach for beach cleanliness assessment. *Ocean and Coastal Management*, 50:352-362. DOI:10.1016/j.ocecoaman.2006.10.002.

- 83 -

- Nuber, E. (2008) - Evolução morfológica e sedimentológica do Arco Praial de Massaguaçu, Litoral Norte do Estado de São Paulo. 129p. Dissertação de Mestrado. Instituto Oceanográfico, USP, São Paulo, SP, Brasil. (disponível em: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21133/tde-30062009-145019/publico/Diss_Eduardo_Nuber.pdf)
- Page, B.; McKenzie, J.; McIntosh, R.; Baylis, A.; Morrissey, A.; Calvert, N.; Haase, T.; Berris, M.; Dowie, D.; Shaughnessy, P.D.; Goldsworthy, S.D. (2004) - Entanglement of Australian sea lions and New Zealand fur seals in lost fishing gear and other marine debris before and after Government and industry attempts to reduce the problem. *Marine Pollution Bulletin*, 49(1-2):33-42. DOI:10.1016/j.marpolbul.2004.01.006.
- Pruter, A.T. (1987) - Sources, quantities and distribution of persistent plastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 18(6B):305-310. DOI:10.1016/S0025-326X(87)80016-4.
- Ryan, P. (1988) - Effects of ingested plastic on seabird feeding: Evidence from chickens. *Marine Pollution Bulletin*, 19(3):125-128. DOI:10.1016/0025-326X(88)90708-4
- Santos, I.R.; Friedrich, A.C.; Barretto, F.P. (2005) - Overseas garbage pollution on beaches of Northeast Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, 50(7):783-786. DOI:10.1016/j.marpolbul.2005.04.044.
- Sazima, I.; Gadig, O.; Namora, R.; Motta, F. (2002) - Plastic debris collars on juvenile carcharhinid sharks (*Rhizoprionodon lalandii*) in southwest Atlantic. *Marine Pollution Bulletin*, 44(10):1149-1151. DOI:10.1016/S0025-326X(02)00141-8.
- Secchi, E.R.; Zarzur, S. (1999) - Plastic debris ingested by a Blainville's beaked whale, *Mesoplodon densirostris*, washed ashore in Brazil. *Aquatic Mammals* (ISSN: 0167-5427), 25:21-24
- Shimizu, T.; Nakai, J.; Nakajima, K.; Kozai, N.; Takahashi, G.; Matsumoto, M.; Kikui, J. (2008) - Seasonal variations in coastal debris on Awaji Island, Japan. *Marine Pollution Bulletin*, 57(1-5):182-186. DOI:10.1016/j.marpolbul.2007.10.005.
- Souza, C.R.G. (1997) - As células de deriva litorânea e a erosão nas praias do Estado de São Paulo. Volume I, 184p. Dissertação de Doutorado, Instituto de Geociências, USP, São Paulo, SP, Brasil.
- Souza, C.R.G. (1990) - Considerações sobre os processos sedimentares quaternários e atuais na Região de Caraguatatuba, Litoral Norte do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, 334p., Instituto Oceanográfico USP, São Paulo, SP, Brasil.
- Tessler, M.; Goya, S.; Yoshikawa, P.; Hurtado, S. (2006) - São Paulo. In: Muehe, D. (org.) *Erosão e progradação no litoral brasileiro*, 346p., Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, Brasil. http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_sigercom/_publicacao/78_publicacao12122008091523.pdf
- Thornton, L.; Jackson, N.L. (1998) - Spatial and temporal variations in debris accumulation and composition on an estuarine shoreline, Cliffwood Beach, New Jersey USA. *Marine Pollution Bulletin*, 36(9):705-711. DOI:10.1016/S0025-326X(98)00041-1.
- Underwood, A.J. (1997) - Experiments in ecology. Their logical design and interpretation using analysis of variance. Institute of Marine Ecology. 524p., Cambridge University Press, Cambridge, UK. ISBN: 9780521553292.
- Velander, K.; Mocogni, M. (1999) - Beach Litter Sampling Strategies: is there a 'Best' Method? *Marine Pollution Bulletin*, 38(12):1134-1140. DOI:10.1016/S0025-326X(99)00143-5.
- Whiting, S.D. (1998) - Types and sources of marine debris in Fog Bay, northern Australia. *Marine Pollution Bulletin*, 36(11):904-910. DOI:10.1016/S0025-326X(98)00066-6.
- Williams, A.T.; Simmons, S.L. (1997) - Movement patterns of riverine litter. *Water, Air, & Soil Pollution*, 98(1-2):119-139. DOI:10.1007/BF02128653.
- Williams, A.; Tudor, D. (2001) - Litter burial and exhumation: spatial and temporal distribution on a cobble pocket beach. *Marine Pollution Bulletin*, 42(11):1031-1039. DOI:10.1016/S0025-326X(01)00058-3.
- Wilson, S.P.; Randall, S. (2005) - Patterns of Debris Movement: From an Urban Estuary to a Coastal Embayment. 12p., http://conference.plasticdebris.org/whitepapers/Scott_Wilson.doc
- Yoon, J.; Kawano, S.; Igawa, S. (2010) - Modeling of marine litter drift and beaching in the Japan Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 60(3): 448-463. DOI:10.1016/j.marpolbul.2009.09.033.