

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE BIOLOGIA MARINHA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DINÂMICA DOS OCEANOS E DA TERRA**

**AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA LIMPEZA DE UMA PRAIA
ARENOSA DO ATLÂNTICO SUL DA REGIÃO OCEÂNICA DE
NITERÓI, RIO DE JANEIRO, BRASIL.**

ANDREA MALTCHIK ZAMORA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra do Departamento de Biologia Marinha, Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Ecologia Marinha.

Orientador: Prof. Dr. Abílio SoaresGomes
Co-orientador: Prof. Dr. Bernardo Antonio Perez da Gama

**Niterói
Setembro de 2021**

ANDREA MALTCHIK ZAMORA

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA LIMPEZA DE UMA PRAIA ARENOSA DO ATLÂNTICO SUL DA REGIÃO OCEÂNICA DE NITERÓI, RIO DE JANEIRO, BRASIL.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Dinâmica dos Oceanos e Terra, da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre
Área de Concentração: Ecologia Marinha

Aprovada em 25 de outubro de 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Abílio SoaresGomes, Dr. (Orientador)
Universidade Federal Fluminense

Prof. Jose Antonio Baptista Neto, Dr.
Universidade Federal Fluminense

Prof. Ana Luzia de Figueiredo Lacerda, Dra.
Sorbonne Université

Prof. Ryan Carlos de Andrades, Dr.
Universidade Federal do Espírito Santo

Ficha catalográfica automática - SDC/BIG
Gerada com informações fornecidas pelo autor

Z25a Zamora, Andrea Maltchik
Avaliação da Eficiência da Limpeza de uma Praia Arenosa do Atlântico Sul da Região Oceânica de Niterói, Rio de Janeiro, Brasil / Andrea Maltchik Zamora ; Abílio SoaresGomes, orientador ; Bernardo Antonio Perez da Gama, coorientador. Niterói, 2021.
45 f. : il.

Dissertação (mestrado)-Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PPGDOT.2021.m.03378240024>

1. Poluição marinha. 2. Limpeza de praia. 3. Eficiência da limpeza de praia. 4. Resíduos sólidos. 5. Produção intelectual. I. SoaresGomes, Abílio, orientador. II. Perez da Gama, Bernardo Antonio, coorientador. III. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Geociências. IV. Título.

CDD -

Bibliotecário responsável: Debora do Nascimento - CRB7/6368

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus. Sem Ele nada disso teria sido possível. É Ele quem me fortalece todos os dias para caminhar em direção aos meus sonhos e objetivos. Com Ele sigo com fé e esperança para continuar na busca da minha jornada pessoal e profissional, e agradeço intensamente à cidade de Niterói por ter me permitido conhecer ainda mais esse Deus de amor.

Gostaria de agradecer aos meus pais que compartilharam todas as minhas aventuras até agora e nunca deixaram de me apoiar e me aconselhar para as melhores decisões. Obrigada Maria Sussuni Martins Zamora e Leonardo Maltchik Garcia pela vida que me deram. Sou muito feliz em poder viver e desfrutar dela com vocês. Obrigada às minhas duas irmãs maravilhosas que tive a sorte de ter nessa vida. Agradeço também à minha querida boadrasta que tanto me apoia e me inspira. Obrigada aos meus avós, minhas tias, e toda a minha família! Sem vocês, também não seria nada!

Agradeço a todos os meus amigos que me acompanharam até aqui e todos aqueles que me acolheram de braços abertos na cidade de Niterói! Um especial agradecimento à Raphaela Motta, Jade del Nero de Oliveira, Mariana Lebre, Natália Dória e Paola Albuquerque. A fidelidade e o amor de vocês me fizeram conseguir chegar até aqui sorrindo, sendo forte e corajosa! Cada uma de vocês me ensinou muito sobre viver o melhor da vida com fé, amor e coragem! Sou muito feliz e abençoada por desfrutar o melhor da vida com vocês!

Obrigada ao meu orientador Abílio que tanto me ensinou! Sinto que quando entrei no mestrado era muito imatura, insegura e indecisa com as minhas escolhas. Me inspirei em você em ser forte, corajosa e segura das minhas decisões! Tenho muito orgulho de ser sua orientanda. Obrigada por toda a paciência e carinho! Um agradecimento especial também ao meu co-orientador Bernardo e todo o pessoal do meu laboratório. Eu era muito feliz todos os dias que frequentava o laboratório com vocês!

Gostaria de agradecer especialmente a minha Vovó Maria. Sei que você talvez nunca leia essa dissertação de mestrado, mas você faz parte de toda a caminhada até aqui e dedico ela especialmente a você. Você é minha inspiração número um da vida! Obrigada por tudo o que você faz por mim, pela família e pelo planeta! Te amo :)

RESUMO

Avaliar a eficiência das limpezas de praias é extremamente necessário para fins de gerenciamento e mitigação dos resíduos antrópicos no litoral, entretanto, a prática não é comum nem requerida. Esta avaliação é crucial para a segurança dos banhistas, bem como para esforços de conservação que visem preservar os serviços ecossistêmicos e o desenvolvimento sustentável. O principal objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do método de limpeza adotado pela administração local da Praia de Camboinhas na região oceânica da cidade de Niterói e avaliar a riqueza, abundância e composição dos resíduos antrópicos em pontos da praia com e sem quiosques. As análises foram realizadas durante dois levantamentos amostrais em 2019 (inverno e primavera), cada um em dois dias consecutivos: antes da limpeza da praia (16h00) e no dia seguinte à operação de limpeza (06h00). Um total de 5.584 itens distribuídos em 22 categorias foram contabilizados. Os itens isopor e fragmentos de embalagens plásticas foram os mais abundantes, representando 26,7% e 25,9% do total de resíduos, respectivamente. Tanto a riqueza quanto a abundância dos resíduos foram maiores em áreas com quiosques em relação às áreas sem quiosques, e a composição dos resíduos também variou entre as áreas. Não foram verificadas diferenças significativas na riqueza e abundância dos detritos entre antes e depois da limpeza da praia. Nossos resultados destacam a ineficiência da operação da limpeza na praia de Camboinhas e evidenciam a influência dos quiosques na presença de resíduos. Nossos resultados apontam a necessidade de mudança na estratégia de coleta de resíduos para manter padrões de qualidade adequados aos banhistas e evitar a degradação ambiental costeira. Até onde sabemos, este estudo representa a primeira tentativa de avaliar a eficiência das operações de limpeza em uma praia brasileira, com o objetivo de desenvolver um serviço de limpeza funcional e produtivo, tanto para proteger nossos sistemas naturais e biodiversidade, quanto para ajudar na diminuição das lacunas de conhecimento e no fornecimento de dados para a sua aplicação na construção de políticas públicas. Como outras praias de Niterói adotam o mesmo procedimento de limpeza, a avaliação aqui apresentada pode ser uma linha de base para mudanças em outras estratégias de limpeza.

Palavras-chave: *Poluição marinha, limpeza de praia, eficiência da limpeza de praia, resíduos sólidos*

ABSTRACT

The evaluation of beach cleaning efficiency is extremely necessary for the management and mitigation of the anthropogenic debris pollution, however, the practice is not common or required. This assessment is critical to develop conservation efforts aimed at preserving ecosystem services and the oceans. The main objective of this work was to evaluate the efficiency of the cleaning method adopted by the local administration of Camboinhas beach in the oceanic region of the Niterói city, and to compare the richness, abundance and composition of the macrodebris in sites with and without kiosks along the beach. The sampling were carried out during two surveys in 2019 (winter and spring seasons), each on two consecutive days: before the beach cleaning (4:00 pm) and the day after the cleaning operation (6:00 am). A total of 5,584 marine debris items from 22 categories were accounted: Styrofoam, plastic waste (fragments of packaging, straws, bags, cups, bottles, lids and food packaging), napkins, paper packaging, cigarette butts, cotton swabs, packaging of salt, eppendorf, toothpicks, paper, coconut, metal lids, aluminum residues, wires, glass and others. “Styrofoam” and “plastic packaging fragments” were the most abundant items observed, representing 26.7% and 25.9% of total waste, respectively. Both debris richness and abundance were higher in areas with kiosks compared to areas without, and the composition of debris also varied between both areas. The richness and abundance of debris did not change after the beach was cleaned. Our results highlight the inefficiency of the cleaning operation on Camboinhas beach and show the influence of kiosks in the presence of waste. As far as we know, this study represents the first attempt to evaluate the efficiency of cleaning operations on a Brazilian beach, with the aim of developing a functional and productive cleaning service, to protect our natural systems and biodiversity. As the beach cleaning reported here is common in other Niterói beaches, the assessment presented here can be a baseline for changes in the beach cleaning strategy currently adopted.

Key words: *Marine pollution, beach cleaning, beach cleaning efficiency, solid waste*

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	7
2. EMBASAMENTO TEÓRICO.....	8
2.1 Praias e a problemática dos resíduos no mar.....	8
2.2 Praias limpas e seus impactos no turismo.....	10
2.3 Limpeza de praia, eficiência da limpeza e estratégias futuras.....	12
2.4 Considerações finais.....	19
2.5 Referências Bibliográficas.....	21
3. ARTIGO: EFICIÊNCIA DE LIMPEZA EM UMA PRAIA ARENOSA DO ATLÂNTICO SUDOESTE (Zamora, A. M., da Gama, B. A., de Oliveira, J. D. N., Soares-Gomes, A. 2021. Cleaning efficiency in a Southwestern Atlantic sandy beach. Reg. Stud. Mar. Sci. 101865)	26
3.1 Introduction.....	27
3.2 2. Material & Methods.....	30
3.2.1 Study area.....	30
3.2.2 Sampling design.....	30
3.2.3 Data analysis.....	31
3.3 Results.....	31
3.4 Discussion.....	35
3.5 Concluding remarks.....	39
3.6 References.....	39

1. APRESENTAÇÃO

Resíduos sólidos antropogênicos é um dos principais fatores responsável pela poluição e a degradação dos sistemas naturais, colocando em risco a vida humana e a biodiversidade mundial. A problemática da poluição pelos resíduos nos ambientes costeiros está entre as principais ameaças que afetam os ecossistemas marinhos, o que reflete em uma ampla variedade de impactos que atuam em diversos níveis e escalas e consequências inestimáveis ao longo do tempo e espaço. Soluções para conter a desenfreada produção e descarte inadequado de resíduos são urgentes e necessárias para existir saúde, qualidade e vida para o ser humano e os ecossistemas. A estrutura desta dissertação está dividida em duas partes. A primeira parte é o embasamento teórico abordando os principais tópicos que envolvem (i) as praias arenosas e a problemática dos resíduos no mar, (ii) praias limpas e seus impactos no turismo e (iii) limpeza de praia, eficiência da limpeza e estratégias futuras. Esse marco conceitual foi feito realizando uma revisão bibliográfica a respeito destes principais temas contendo dados atualizados e referências atuais importantes para o desenvolvimento das hipóteses de nosso trabalho. A revisão bibliográfica foi feita utilizando as principais plataformas de dados científicos: ResearchGate, Google Scholar, Scielo (Scientific Electronic Library Online) e o Portal de Periódico da CAPES, através das seguintes palavras-chave: *marine debris, beach cleaning, efficiency of a cleaning beach, marine pollution*. A segunda parte da dissertação são nossos resultados apresentados em forma de artigo científico, publicado na revista *Regional Studies of Marine Science*. O principal objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do método de limpeza adotado pela administração local da Praia de Cambinhas na região oceânica da cidade de Niterói (Rio de Janeiro), bem como avaliar a riqueza, abundância e composição dos resíduos antrópicos em pontos da praia com e sem quiosques. Levando em consideração que, segundo Perez et al. (2019), os quiosques locais não estariam diretamente relacionados ao aumento de lixo na praia estudada, nossa hipótese de estudo é que a metodologia de limpeza aplicada à praia diminuiria tanto a riqueza quanto a abundância de resíduos macroscópicos ao longo desta praia, independente da presença de quiosques. Nosso principal objetivo de estudo foi alcançado, pois conseguimos avaliar a eficiência da operação de limpeza na Praia de Cambinhas, que foi considerada ineficiente pela nossa pesquisa. Além disso, foi evidenciada a influência dos quiosques na presença de lixo na praia. Nossos resultados apontam a necessidade de mudança na estratégia de coleta de resíduos para manter padrões de qualidade adequados aos banhistas e evitar a degradação ambiental costeira. Tendo-se em vista a publicação dos resultados deste estudo, o maior alcance destes resultados e estudos semelhantes podem influenciar positivamente o comportamento dos banhistas e ajudar na redução da quantidade de lixo nas praias.

2. EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 Praias e a problemática dos resíduos no mar

O Brasil possui uma das maiores linhas de costa do mundo, com mais de 8 mil quilômetros de extensão e aproximadamente 58% da população concentrada nos primeiros 200 km da costa (IBGE, 2018). Com um forte potencial turístico, essa é a região que mais cresce no país em termos populacionais, com estimativas ainda mais altas para os próximos anos (World Ocean Review, 2017). Ao longo de toda esta grande faixa litorânea é possível identificar uma grande diversidade de ecossistemas marinhos como, por exemplo, dunas, ilhas, recifes de corais, costões rochosos, baías, estuários e praias arenosas.

As praias arenosas são ambientes costeiros de substratos inconsolidados formados principalmente por depósitos de areia, acumulados por agentes de transporte que retrabalham o sedimento através da ação das ondas e dos ventos (Muehe, 2001). Situadas em zonas de transição entre os continentes e os oceanos e presentes na maioria das zonas tropicais e temperadas, aproximadamente quatro mil praias arenosas dominam a costa brasileira, compreendendo 2% de todos os ecossistemas costeiros (Klein e Short, 2016). Definidas como recursos socioecológicos, as praias proporcionam diversas funções e serviços para o bem-estar humano, devido à sua grande importância ecológica e socioeconômica (Botero et al., 2018). O turismo e a pesca artesanal, entre outras atividades de esporte e lazer, são exemplos de serviços valiosos desfrutados pela nossa sociedade diariamente e providos pelas praias.

As ameaças às praias surgem de uma ampla variedade de estressores que atuam em diversos níveis e escalas, afetando a saúde e qualidade do ambiente. Esses impactos se manifestam em consequências inestimáveis ao longo do tempo e espaço, de modo que hoje, quase todas as praias de todas as costas estão ameaçadas pelas atividades humanas (Defeo et al., 2009). Fenômenos como o crescimento das atividades socioeconômicas associado ao ambiente costeiro e marinho, o desordenado e intenso avanço da população sobre a zona costeira e o uso massivo dos recursos naturais, impactam fortemente a paisagem, qualidade das águas e a biodiversidade das praias (Williams et al., 2016a). Assim, impactos e pressões antrópicas na região costeira ameaçam a manutenção dos serviços ecossistêmicos, além de representarem um grande desafio para que a sociedade reconheça, valorize e seja protagonista na sua conservação.

A poluição por resíduos antropogênicos em praias está entre as principais ameaças que afetam os ecossistemas marinhos, sendo o plástico um dos principais poluentes (Jambeck et al., 2015). Os resíduos no mar podem ser definidos como todo material sólido de origem antropogênica, persistente ou processado, que foi descartado ou abandonado ao longo da região costeira e oceânica (Tudor e Williams, 2018). A revolução industrial é considerada o primeiro marco na história com o início do desenvolvimento tecnológico associado à geração de resíduos sólidos e o aumento da poluição ambiental. Esse fenômeno está relacionado com a substituição dos materiais reutilizáveis pelos descartáveis em larga escala e sua maior praticidade.

O impacto dos resíduos abrange escalas locais, regionais, nacionais e globais, incluindo principalmente graves consequências à saúde humana, com um potencial de riscos gerados pela concentração e deterioração destes resíduos na costa (Campbell., et al 2016), além dos efeitos prejudiciais devido às interações biológicas entre os organismos (Gracia et al., 2018). Cada vez mais, a ciência impressiona com os dados publicados relacionados aos resíduos plásticos e os locais onde são encontrados. O plástico é um problema global e emergente que se encontra em todos os ambientes (ecossistemas terrestres e marinhos e na atmosfera), com dados já divulgados sobre a sua presença dentro do corpo humano, como foi reportado recentemente em pulmões e placentas (Simon et al., 2021). Além disso, o atual aumento dos equipamentos de proteção individual incluindo embalagens médicas, máscaras, luvas, recipientes, entre outros utensílios à luz dos efeitos da pandemia do COVID-19, influenciarão o problema do lixo plástico no futuro imediato (Korley et al., 2021).

Representantes do governo, grandes indústrias e os diversos pesquisadores, durante a 5^o Conferência Internacional sobre o Lixo Marinho em 2011, desenvolveram a Estratégia de Honolulu, uma estrutura internacional voltada para resolver o problema generalizado do lixo nos mares e oceanos (UNEP e NOAA, 2012). Essa estrutura marca uma abordagem transversal e transetorial para ajudar a solucionar sua ocorrência, e ajudar a mitigar os efeitos que esses resíduos provocam nos ambientes marinhos, na economia global, na biodiversidade e na saúde do ser humano. No Brasil, o Plano Nacional de Combate ao Lixo no Mar (PNCLM), lançado dia 22 de março de 2019, representa uma estratégia nacional para enfrentar essa problemática, que depende tanto da atuação dos governos federal, estaduais e municipais, quanto do setor produtivo e da sociedade civil. Mais recentemente, em fevereiro de 2021, em meio à crise global de poluição por plástico, na quinta reunião da Assembleia das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEA), muitos governos mencionaram a criação de um acordo internacional para combater a poluição por plásticos. No entanto, para que esforços como esse contenham a natureza transfronteiriça do plástico, é necessário visar o ciclo de vida completo dos plásticos, desde a extração da matéria prima até sua poluição distribuída ao longo da sua cadeia (Simon et al., 2021). Dentro deste contexto, apoiado por 79 países, foi declarado em 1^o de junho de 2021 o Dia da Poluição por Plásticos nos Oceanos.

Para criar medidas de prevenção e mitigação no combate à poluição marinha na zona costeira é necessário compreender as quantidades e as principais fontes deste tipo de poluição. Aproximadamente, 80% do lixo presente em ambientes marinhos têm origem terrestre (Lechthaler et al, 2020). Segundo o relatório da Associação Internacional de Resíduos Sólidos (ISWA), 95% da poluição dos oceanos provém principalmente de dez rios. As atividades recreativas nas praias, a gestão ineficiente dos resíduos sólidos urbanos e o despejo acidental ou intencional na costa e nos rios são responsáveis pela entrada desses resíduos nos sistemas costeiros (Lebreton et al, 2017). Fenômenos como a dinâmica costeira, bem como padrões meteorológicos e oceanográficos transportam o lixo de volta para o mar e para outros locais ao longo da linha de costa (Galgani et al., 2013). Dunas e vegetações costeiras representam locais para o acúmulo de lixo, uma vez que atuam como barreiras físicas para itens leves facilmente transportados pelo vento (Battisti et al., 2020a). Estes dados indicam a importância de um

olhar sistêmico e amplo cada vez maior para o processo de geração e destinação dos resíduos sólidos. O problema do lixo marinho atribui responsabilidade social e ambiental para diversos atores e setores envolvidos, e a sociedade tem papel fundamental em detectar os principais problemas e evidenciar as necessidades de gestão, de formulação e implementação de políticas públicas direcionadas à sustentabilidade socioeconômica e ambiental.

Löhr et al., (2017) identificaram a importância do envolvimento da sociedade para a eficácia na solução da problemática dos resíduos nas praias, sendo essencial entender como a população compreende esse problema, para efeitos de mudanças de hábitos e comportamentos. Bom et al., (2021) identificaram que os usuários de algumas praias da cidade de Vitória (ES) possuem percepção seletiva a respeito dos resíduos na zona costeira, seu descarte adequado e quais os danos que estes podem representar para o ambiente e sociedade em geral, entretanto, sem identificar soluções para o problema. Rayon-Viña et al., (2018) sugeriram que uma maior percepção a respeito do problema dos resíduos sólidos nas praias pode ser resolvida através de limpezas de praias incentivadas pela população local.

No Brasil, muitos estudos têm sido realizados ao longo da zona costeira avaliando a distribuição qualitativa e quantitativa do lixo marinho (Ribeiro et al., 2021; Andrades et al., 2020; Santos et al., 2020; Marin et al., 2019; Araújo et al., 2018; Corraini et al., 2018; da Silva et al., 2018; Stelmack et al., 2018; Krelling et al., 2017). Entretanto, apesar do número crescente de trabalhos científicos sobre o assunto, muitas lacunas ainda precisam ser preenchidas para encontrar soluções e mitigar o problema (da Silva Videla e de Araújo, 2021). Prevenir a geração de lixo direto na fonte é uma estratégia utilizada mundialmente, entretanto, a remoção dos resíduos na zona costeira é também uma medida adicional efetuada no combate à poluição marinha (UNEP, 2011)

2.2 Praias limpas e seus impactos no turismo

O extenso litoral brasileiro, aliado ao clima tropical do país, oferece paisagens que incentivam diferentes atividades para o turismo, como a prática de esportes, mergulho ou lazer. Entretanto, a maioria dos municípios que recebe esses turistas não possuem sistemas adequados de gestão, resultando no aumento de resíduos ao longo da costa (da Silva Videla & de Araújo, 2021). A integração entre os estudos socioeconômicos e ambientais é essencial para compreender a origem do problema e combatê-lo direto da fonte (Santos et al., 2005).

De forma geral, a relação existente entre o problema dos resíduos na zona costeira e o turismo é extremamente complexa, uma vez que o lixo é composto por diferentes tipos de materiais que se originam em locais distantes da sua ocorrência (Krelling et al., 2017). A presença dos resíduos nas praias impacta fortemente o comércio, a economia e o turismo local (GESAMP, 2015). Diante desse contexto, a principal motivação para remover os resíduos são os potenciais impactos socioeconômicos de sua presença na cadeia produtiva (Mouat, 2010). Praias urbanas e limpas são resultados do funcionamento eficaz das ações de limpeza e do comprometimento com as condições estéticas e higiênicas locais (Corraini et al., 2018). Ações como essas influenciam fortemente na segurança, no conforto, no bem-

estar social e se tornam um fator essencial na escolha das praias por parte dos usuários e turistas (Corraini et al., 2018).

O turismo costeiro no Brasil movimentou uma grande cadeia produtiva. Para o ano de 2015, as atividades socioeconômicas diretas e indiretas representaram cerca de 19% do total do Produto Interno Bruto (Carvalho, 2018). De acordo com a Fundação de Economia e Estatística, nos períodos de alta temporada, a população flutuante tende a aumentar em 500% e, conseqüentemente, espera-se um aumento do acúmulo de lixo na zona costeira. Baptista Neto e Fonseca (2011) encontraram uma concentração três vezes maior de resíduos no verão em relação ao inverno durante um estudo de dez anos nas praias da costa leste da Baía de Guanabara. Este fato também se relaciona com o aumento das chuvas com a chegada do verão e a descarga fluvial provinda dos rios adjacentes. Da mesma forma, em um estudo realizado na Espanha, a maior ocorrência de resíduos foi registrada na alta temporada (Cruz et al., 2020). Santos et al., 2005 descobriram fortes correlações entre o aumento de usuários nas praias e a presença de resíduos, evidenciando que o turismo é a principal fonte de lixo e sua concentração depende principalmente do aumento do número de visitantes. Grillo e Mello et al. (2021) cita que o turismo e a sua infraestrutura representam um papel importantíssimo no acúmulo de resíduos no Arquipélago de Fernando de Noronha, um dos locais mais requeridos para turismo no Brasil, e que a maioria destes resíduos é originada pelos usuários de praias.

De forma contraditória, as atividades turísticas que dependem de um ambiente limpo e higiênico para sobreviver contribuem com o aumento de resíduos nas praias. No sul do país, um estudo estimou que o aumento da concentração de lixo nas praias pode levar a uma perda anual de \$880 mil a 8,5 milhões de dólares para o município (Kreelling et al., 2017). Ballance et al. (2000) trabalhando em praias sul-africanas descobriram que a diminuição dos padrões das condições estéticas e higiênicas das praias reduziu a receita do turismo em até 50%. A redução em 75% dos resíduos em seis praias populares em Orange County (Califórnia) gerou mais de US \$40 milhões de benefícios adicionais para os moradores locais em apenas 3 meses (Leggett et al., 2014). A poluição por lixo plástico além de apresentar custos sociais, principalmente para as comunidades mais vulneráveis, apresenta custos econômicos substanciais que afetam especialmente as regiões que dependem do turismo (Beaumont et al., 2019). Para enfrentar esses desafios, é necessária uma abordagem transformadora que facilite medidas para reduzir a produção de materiais plásticos e incluir medidas equitativas e seguras em direção a um modelo de economia circular (Simon et al., 2021).

Garantir a segurança e a limpeza do local contribui, portanto, não só para o bem-estar e a saúde da população, mas também para a economia local e nacional. Além disso, a alta procura por ambientes saudáveis e sustentáveis fortalecem boas práticas ambientais no setor econômico. Entretanto, medir os impactos econômicos para o turismo devido a presença dos resíduos nas praias não é uma tarefa simples. Para tal, são diversos e variáveis setores envolvidos dentro de um alcance ilimitado para mensurar economicamente todo o impacto do lixo nas praias, além de outros fatores como a perda de equipamentos de pesca, diminuição das receitas do turismo e os custos sociais e ambientais relacionados principalmente com a saúde e qualidade de vida do ser humano (Williams & Rangel-Buitrago, 2019).

Na tentativa de restringir o contágio do Sars-Cov-2 no Brasil, muitas cidades adotaram o lockdown com o objetivo de minimizar a aglomeração de pessoas. Embora tal estratégia seja reconhecida necessária ao controle da pandemia do COVID-19, praias urbanas que adotaram essa medida como resposta trouxeram um grande impacto socioeconômico e ambiental às cidades costeiras, prejudicando a subsistência de milhões de pessoas (Zielinski et al., 2020). Muitos trabalhos já estão sendo realizados para mensurar além do impacto econômico, o impacto ambiental ocasionado nas praias. Um estudo realizado em vinte e nove praias turísticas em sete países da América do Sul, América Central e Caribe, registrou a diminuição drástica da presença de resíduos sólidos nas praias (Soto et al., 2021). A paralisação completa do turismo costeiro devido a diminuição do fluxo de pessoas e a sua relevância na economia nacional traz diversos questionamentos sobre a importância do turismo de praia.

Segurança, facilidade de acesso, qualidade das águas, paisagem natural e ausência de lixo são os cinco principais fatores exigidos pelos turistas na hora de decidir qual praia frequentar (Williams & Micallef, 2009, Zielinski et al. (2019), além de indicadores para prêmios de qualidade. Limpezas de praias são fundamentais para garantir praias livres de resíduos (Williams et al., 2016). Percepções como essas são importantes para considerar a limpeza de praia como um método importante para indicadores socioeconômicos e ambientais.

2.3 Limpeza de praia, eficiência da limpeza e estratégias futuras

Esforços globais têm gerado grandes movimentos com o objetivo de reduzir, prevenir e mitigar os impactos do lixo em ambientes marinhos. A Agenda 2030 das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável e seu conjunto de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) interligados, oferecem uma oportunidade para avançar na saúde e sustentabilidade dos ecossistemas marinhos (Unger et al., 2017). Uma das medidas da ODS 14 sobre conservação e uso sustentável dos oceanos, mares e recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável (ODS 14.1) recomenda: “Até 2025, prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, especialmente a advinda de atividades terrestres, incluindo detritos marinhos e a poluição por nutrientes” (ONU, 2018). Compromissos e metas globais como essas fortalecem medidas de atuação em todo o mundo, principalmente se os esforços forem traduzidos para níveis regionais e nacionais (Löhr et al., 2017).

Williams & Rangel-Buitrago (2019) especificam que a colaboração é a chave para solucionar a problemática cada vez maior dos resíduos depositados na costa e no mar, tendo como principais medidas de mitigação: a redução do lixo plástico direto da fonte, limpezas de praias, economia circular, educação socioambiental e a redução das embalagens. Dentro deste contexto, limpezas de praias são desenvolvidas com o intuito de remover os resíduos já presentes no ambiente marinho. Estas ações podem ser feitas através de métodos manuais ou mecanizados (Gheskiere et al., 2006). A escolha depende da eficácia em coletar os diferentes tamanhos de resíduos encontrados nas praias e da análise qualitativa desejada (Zielinski et al., 2019).

Práticas voluntárias de limpezas de praias são organizadas em locais de fácil acesso à população e são exemplos de métodos manuais de coleta (Critchell et al., 2015). Uma das maiores campanhas globais de limpezas de praias conduzidas inteiramente por voluntários é a “International Coastal Cleanup” (ICC), coordenada pela Ocean Conservancy realizada em setembro de todos os anos. A edição de 2017 do ICC envolveu mais de 500.000 voluntários, reunindo quase 14 milhões de itens dentro de uma faixa total de 24 km de costa feita em 112 países (Ocean Conservancy 2017). Essas grandes campanhas de limpeza têm dois objetivos principais: (i) limpar as praias e (ii) mudar o comportamento das pessoas, incentivando responsabilidade social individual, para que no futuro eventos como esses não sejam necessários (Williams & Rangel-Buitrago, 2019).

Limpezas de praias mecanizadas são muito comuns em praias mais urbanizadas e populares para a recreação, podendo ocorrer durante o ano inteiro ou com maior frequência em períodos de alta temporada (Ex: verão e feriados) (Kelly, 2014). Entretanto, este tipo de método pode ser considerado pouco eficiente devido à sua dificuldade de coletar pequenos resíduos, acumulando lixo em diversos locais das praias (Ariza et al., 2008). A limpeza mecânica é pouco eficaz em retirar bitucas de cigarro em relação a outros pequenos resíduos, podendo também capturar uma parcela significativa de areia (Ariza et al., 2008). Além disso, pequenos resíduos são encontrados em maiores quantidades devido à fragmentação constante de itens grandes em pedaços menores, e da dificuldade de remover fragmentos pequenos através de métodos convencionais de limpeza (Andrades et al., 2020). Por isso, é essencial assegurar-se que os métodos de análise e remoção de lixo levem em consideração pequenos resíduos, pois são avaliados como uma parcela altamente significativa de itens. Dentro deste contexto, a limpeza manual tende a ser mais seletiva em relação às coletas mecânicas, dependendo da malha da peneira utilizada pela máquina.

Por outro lado, a limpeza mecânica também pode envolver a remoção de nutrientes valiosos para os ecossistemas. A retirada de macroalgas, detritos orgânicos e filmes bacterianos afeta grande parte da dinâmica dos sistemas costeiros e das praias arenosas, além da perda da biodiversidade e da abundância das espécies (Del Vecchio et al., 2017, McLachlan e Brown 2006). Estes impactos são mais visíveis e evidentes em praias com limpezas frequentes (diariamente ou mais de uma vez durante o dia) ou em praias que apresentam seu ecossistema totalmente dependente destas fontes naturais (Morton et al., 2015). Considerando uma frequência de limpeza em até duas vezes por semana, é provável que os nutrientes sejam redistribuídos ao longo da praia, uma vez que as macroalgas ou demais detritos orgânicos também sejam realocados para outras regiões da mesma praia, não afetando a biodiversidade do ecossistema (Morton et al., 2015). Equipamentos pesados como os veículos utilizados nessas operações também podem esmagar a fauna em diversas profundidades, sejam nas camadas mais superficiais ou nas mais profundas, podendo também afetar toda a cadeia produtiva (Schlacher *et al.*, 2007). No entanto, ainda existem grandes lacunas em vários aspectos referente aos métodos de limpezas das praias e seus impactos nos ecossistemas (Zielinski et al., 2019). São necessárias mais pesquisas para compreender se o impacto da limpeza mecânica nos sistemas costeiros e na perda da abundância das

espécies é ou não um fator atribuído apenas à limpeza, ou se existem outros fatores que contribuem para esse acontecimento (Zielinski et al., 2019).

As parcerias intersetoriais são cada vez mais vistas como uma solução para os problemas sociais emergentes enfrentados (Andrews & Tom Entwistle, 2010). As organizações públicas, privadas e sem fins lucrativos possuem vantagens distintas que, integradas, podem aumentar a eficácia, eficiência e a equidade dos esforços dos serviços públicos para intervir na resolução de problemas sociais (Andrews & Tom Entwistle, 2010). Isso também está associado à ODS 17 “Parcerias para os objetivos”, criando conexões entre políticas públicas, indústrias, empresas e sociedade. Para alcançar o ODS 14, são necessárias ações coletivas e coordenadas nos níveis local, regional e global, promovendo integração dos diferentes setores e das partes interessadas (Kandziora et al., 2019). Avaliar a eficiência no setor do trabalho, é também garantir e melhorar a qualidade dos serviços públicos prestados, com o objetivo de cumprir com os acordos propostos. Avaliar a eficiência da limpeza de praia tem como objetivo intervir para melhorar o ecossistema e a qualidade do serviço público, comparando o serviço atual com o serviço esperado (Rueda, 2011). Além disso, garantir a qualidade do serviço prestado pode ser economicamente mais vantajoso para ambos os setores interessados.

A eficiência da limpeza de praias e seus impactos ambientais têm sido estudados em todo o mundo (Cruz et al., 2020; Zielinski et al., 2019; Williams et al., 2016b). No Brasil, questões sobre a eficiência da limpeza ainda são pouco estudadas ou raramente avaliadas. Na tabela 1 podemos identificar os principais estudos relacionados aos diferentes métodos de limpeza de praia e seus principais impactos ecológicos. Um total de 16 referências bibliográficas foram encontradas a respeito deste tema em diversos países ao longo da costa de diferentes continentes (Brasil, Espanha, Escócia, Suécia, Austrália, Estados Unidos, Bélgica, Itália, País de Gales), no qual a Europa obteve o maior número de estudos já publicados. A maioria das publicações relatam os principais impactos biológicos na comunidade dos organismos (densidade, abundância e riqueza das espécies; impacto na retirada de detritos orgânicos) pela limpeza da praia. Dos 16 artigos mencionados, apenas dois avaliam os impactos da limpeza manual em comparação com a limpeza mecânica do local estudado. Apenas três estudos tratam sobre a eficiência da limpeza da praia, sendo que apenas um avalia categoricamente a eficiência desta operação (Cruz et al., 2020). Este estudo, entretanto, apresenta apenas a avaliação da limpeza manual da praia, sem nenhum estudo anterior publicado avaliando categoricamente a eficiência da operação da limpeza mecânica da praia. É extremamente relevante mencionar a gigante lacuna científica existente referente a avaliação das operações das limpezas das praias. Concomitantemente, podemos observar que o estudo mais antigo avaliando os impactos da limpeza da praia foi feito em 1996, representando um tempo simbólico para que estudos referentes à eficiência das limpezas de praias já pudessem ter sido realizados. Esse entendimento é crucial para a segurança dos banhistas e a manutenção dos serviços ecológicos das praias Cruz et al., 2020). Simultaneamente, isso também pode desempenhar um papel ativo no comprometimento em atingir a ODS 14: “Vida abaixo da água”. Ariza et al. (2008) observaram que o maior acúmulo de lixo nas praias durante a alta temporada deve-se principalmente à baixa eficiência do procedimento de limpeza mecânica diária para coletar pequenos

resíduos, principalmente bitucas de cigarro. Devido à ineficiência dos métodos de limpeza, a dificuldade de coletar pequenos fragmentos (< 5cm) é muito maior comparado à fragmentos maiores (Andrades et al., 2020). Cruz et al. (2020) mostraram que as diferenças na composição do lixo das praias de Cádiz (Espanha) estão relacionadas aos descartes inadequados dos banhistas, à ineficiência da limpeza mecânica, ao estado morfodinâmico da praia, proximidade de rios e o nível de exposição marinha. Nesse sentido, atividades complementares como limpezas manuais devem ser adotadas para aprimorar medidas a favor da despoluição das praias.

A instalação de cinzeiros públicos e a distribuição de cinzeiros portáteis nas praias pode ser uma estratégia para ajudar a diminuir o número de bitucas de cigarro espalhadas em áreas inadequadas e aumentar a conscientização dos fumantes com relação ao descarte inadequado (Araújo & Costa, 2019). Simon et al., (2021) –evidenciam que, para combater de forma eficaz a poluição por lixo plástico no ambiente marinho, com foco na sustentabilidade, é necessário visar três grandes objetivos principais: (i) minimizar a produção e o consumo de plásticos, (ii) facilitar a economia circular e (iii) eliminar a poluição de lixo plástico no meio ambiente. A recuperação de plásticos através da reciclagem química e o desenvolvimento de alternativas com base na biotecnologia também têm ganhado atenção através de um sistema integrado de gestão de resíduos plásticos enraizado na economia circular para vencer a problemática do lixo plástico no ambiente marinho (Kakadellis et al., 2021).

Não importa quais ações existam para remover os resíduos das praias, para que se obtenha um ambiente marinho verdadeiramente limpo, é necessário que haja uma mudança comportamental profunda no ser humano, no sentido de consumir menos e descartar corretamente os seus resíduos (Williams & Rangel-Buitrago, 2019). Visto que a maioria dos resíduos encontrados nas praias são originados pelos usuários locais, é necessário que haja uma forte campanha educacional nos municípios costeiros por parte dos representantes e administradores locais (prefeituras e entre outros órgãos), para que o resultado de mitigar a poluição das praias seja intenso e eficiente. Vários autores citam que campanhas educacionais que incentivam os cidadãos a reduzir o consumo e a poluição como um ponto estratégico para gerenciar e prevenir o lixo marinho (Thiel et al., 2003; da Silva et al., 2018; Timbó et al., 2019).

Até onde sabemos, o estudo aqui apresentado representa a primeira tentativa de avaliar a eficiência das operações de limpeza em uma praia brasileira, com o objetivo de desenvolver um serviço de limpeza funcional e produtivo, tanto para proteger nossos sistemas naturais e biodiversidade, quanto para ajudar a diminuir as lacunas de conhecimento e relatar oportunidades de pesquisa. O objetivo principal deste trabalho é avaliar a eficiência do método de limpeza adotado pela administração local da região oceânica da cidade de Niterói. Levando em consideração que, segundo Perez et al. (2019), os quiosques locais não estão diretamente relacionados ao aumento de lixo na praia estudada, nossa hipótese de estudo é que a metodologia de limpeza aplicada à praia diminuiria tanto a riqueza quanto a abundância de resíduos macroscópicos ao longo deste litoral, independente da presença de quiosques. Como outras praias de Niterói adotam o mesmo procedimento de limpeza, a avaliação aqui apresentada pode ser uma linha de base para mudanças em outras estratégias de limpeza na cidade, ou em outras

regiões do país. Esta avaliação é crucial para a segurança dos banhistas e esforços de conservação com o objetivo de preservar os serviços ecossistêmicos e o desenvolvimento sustentável dos oceanos. O maior alcance destes resultados e estudos semelhantes podem influenciar positivamente o comportamento dos banhistas e ajudar na redução da quantidade de lixo nas praias.

Publicação	Método de limpeza	Local	Objetivo Principal	Conclusões mais relevantes
Cruz et al. (2020)	Limpeza manual	Espanha	Medir e comparar a eficiência e a produtividade dos trabalhadores de empresas privadas e públicas em nove municípios do Ministério do Meio Ambiente.	Ao avaliar a eficiência dos trabalhadores por temporada, os tomadores de decisão são mais capazes de gerenciar as tarefas de limpeza de forma adequada.
Zielinski et al. (2019)	Limpeza manual e mecânica	Diversos países	Fornecer uma visão geral dos estudos empíricos sobre limpezas de praias.	Poucos estudos analisam o custo e a eficácia da limpeza mecânica e manual, com uma lacuna significativa nas pesquisas em vários aspectos das limpezas de praias.
Griffin et al. (2018)	Limpeza mecânica	Escócia e Suécia	Comparar a riqueza de macroinvertebrados em 104 praias no norte da Europa.	A limpeza teve um efeito marcante nos macroinvertebrados da linha de costa. A diversidade é determinada pela profundidade da destruição. A recuperação depende da amplitude das marés.
Stelling-Wood et al. (2016)	Limpeza mecânica	Austrália	Avaliar as pressões da urbanização em 38 praias arenosas na cidade de Sydney Harbour, em relação às	As densidades mais altas dos organismos ocorreram em praias limpas em até três vezes por semana. As

			distribuições de caranguejos fantasmas.	densidades mais baixas foram em praias intensamente limpas (5-7 vezes por semana) e em praias não limpas.
Vieira et al. (2016)	Limpeza mecânica	Brasil e Espanha	Avaliar o efeito da remoção de detritos orgânicos nas comunidades de artrópodes em 4 praias.	A remoção de detritos orgânicos diminuiu a densidade de artrópodes.
Williams et al. (2016b)	Limpeza manual e Mecânica	Espanha	Avaliar a composição dos resíduos de acordo com os frequentadores da praia, operações de limpeza e o estado morfodinâmico.	As operações de limpeza da praia são ineficientes na remoção de fragmentos de vidro e bitucas cigarro.
Morton et al. (2015)	Limpeza mecânica	Austrália	Investigar os impactos ecológicos da limpeza de praia em cinco praias que recebem baixos insumos de macroalgas.	Não houve diferença no nitrogênio total, nitratos, bactérias, meiofauna, macrofauna e caranguejos ocipodídeos entre os locais limpos, parcialmente limpos e não limpos.
Gilburn (2012)	Limpeza mecânica	Escócia	Avaliar o impacto ecológico da limpeza na diversidade de macroinvertebrados em 60 praias.	A remoção de detritos orgânicos por meio da limpeza teve efeitos importantes na diversidade dos organismos.
Dugan & Hubbard (2010)	Limpeza mecânica	Estados Unidos	Investigar o impacto da limpeza na perda da biodiversidade em 24 praias.	A abundância e riqueza de algumas espécies de plantas foi menor em praias limpas.
Gheskiere et al.	Limpeza	Bélgica	Investigar os	A densidade total

(2006)	mecânica		impactos da limpeza mecânica para a meiofauna.	e específica da meiofauna foram todas influenciadas pela limpeza. A taxa de recuperação ocorreu imediatamente após a maré alta.
Fanini et al. (2005)	Limpeza Mecânica	Itália	Analisar o impacto das atividades humanas, como pisoteio e a limpeza mecânica em duas praias.	As espécies analisadas foram sensíveis a perda dos detritos orgânicos causada pela sua remoção na limpeza. O fator de atropelamento não foi significativo.
Malm et al. (2004)	Limpeza mecânica	Suécia	Investigar o impacto da limpeza na claridade da água, nos detritos orgânicos e na diversidade das espécies em três praias.	A menor quantidade de detritos orgânicos foi encontrada nas praias limpas. A abundância dos organismos foi menor em praias intensamente limpas em comparação com as praias não limpas, sem nenhum efeito nas praias moderadamente limpas. Nenhuma evidência sugere que a macrofauna foi afetada pela limpeza.
Willmott & Smith (2003)	Limpeza mecânica	Inglaterra	Analisar os efeitos da paralisação da limpeza de praia nas espécies de organismos.	Dois anos após a paralisação da limpeza mecânica houve um aumento na população de organismos.
Dugan et al. (2003)	Limpeza Mecânica	Estados Unidos	Avaliar o impacto da limpeza mecânica em 15 praias (riqueza e	Praias limpas tiveram menor riqueza de espécies,

			abundância de espécies).	abundância e biomassa de organismos associados aos detritos orgânicos.
Lavery et al. (1999)	Limpeza Mecânica	Austrália	Avaliar os efeitos de curto e longo prazo na retirada de macroalgas em três praias da Austrália Ocidental.	Ocorreu uma diminuição na quantidade de macrófitas e na densidade de peixes. A recuperação ocorreu após dois meses. Praias limpas regularmente apresentaram uma fauna semelhante a praias não limpas sem algas.
Llewellyn & Shackley (1996)	Limpeza Mecânica	País de Gales	Avaliar os efeitos da crescente prática de limpeza de detritos orgânicos pela gestão local em três praias turísticas.	A remoção de detritos orgânicos que ocorre naturalmente é prejudicial para as populações de invertebrados.

Tabela 1. Estudos sobre limpeza de praias obtidos através de revisão bibliográfica, indicando os métodos de limpeza nas praias estudadas, a localidade das praias e os principais objetivos e conclusões obtidos.

2.4. Considerações finais

O papel estratégico das cidades é extremamente importante na construção de políticas públicas que fortaleçam a proteção costeira e diminuam os impactos ocasionados pelo avanço urbano crescente e desordenado ao longo da costa. Visto a complexidade do problema abordado sobre os resíduos no ambiente costeiro, há uma expectativa que as cidades utilizem a sua capacidade de liderança e influência política para a implementação de ações que favoreçam a destinação correta dos resíduos sólidos e a limpeza eficiente dos ambientes costeiros e praias.

De acordo com o livro: “Lixo nos Mares: do entendimento à solução”, o papel dos setores público e privado são imprescindíveis e urgentes no combate à poluição pelos resíduos no mar, através do desenvolvimento de políticas públicas eficazes nos municípios costeiros e nas comunidades localizadas às margens dos rios, que contribuem fortemente para a

deposição desses resíduos no litoral. A inexistência de uma gestão correta e eficiente dos resíduos, seja pela falta de coleta ou disposição final adequada, colabora para o transporte destes até ambiente costeiro e marinho. Além disso, a precariedade de políticas públicas relacionadas ao gerenciamento costeiro, com deficiências no planejamento urbano através de ocupações inadequadas sem o devido acesso aos serviços básicos de saúde pública, como saneamento, dificultam ainda mais o combate à poluição costeira.

A implementação de ações concretas e eficientes devem ser elaboradas de forma integrada com participação ativa da população. Um planejamento específico de gestão de resíduos e limpeza dos ambientes costeiros para cada município aumenta as chances de limpeza e higienização das praias, contribuindo com a conscientização ambiental dos moradores e frequentadores locais e responsabilização individual pelo descarte do próprio resíduo. A mudança comportamental oferece além de boas práticas ambientais, saúde, conforto e bem-estar social.

Além da mudança comportamental individual, é necessária responsabilidade compartilhada entre os setores da sociedade civil como parte da solução. O conhecimento da origem dos resíduos no ambiente costeiro e marinho é essencial na elaboração de estratégias no combate à poluição e a implementação de soluções efetivas de mitigação. Apesar de muitos avanços já terem sido realizados nos últimos anos através da criação de políticas e leis que diminuam a chegada dos resíduos nos ambientes costeiros, muitas lacunas ainda devem ser trabalhadas como a fiscalização eficiente das medidas de proteção.

Com mais de 8.698 km de extensão composta por diversos ambientes sensíveis às atividades humanas e mais de 60 % da população habitando cidades costeiras no Brasil (PBMC, 2016), é imprescindível que medidas locais eficazes sejam implementadas para a preservação dos nossos ecossistemas naturais. Iniciativas públicas e privadas colaboram com a elucidação do problema dos resíduos na zona costeira, e integram os setores da sociedade civil como parte e solução do problema.

2.5 Referências Bibliográficas

Andrades, R., Martins, A.S., Fardim, L.M., Ferreira, J.S., Santos, R.G. 2016. Origin of marine debris is related to disposable packs of ultra-processed food. *Mar. Pollut. Bull.* 109, 192-195. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.05.083>.

Andrews R., Entwistle T. 2010. Does Cross-Sectoral Partnership Deliver? An Empirical Exploration of Public Service Effectiveness, Efficiency, and Equity. *J. Public Adm. Res. Theory.* 20, 679–701. <https://doi.org/10.1093/jopart/mup045>.

Araújo, M.C.B., Costa, M.F. 2019. A critical review of the issue of cigarette butt pollution in coastal environments. *Environ. Res.* 172, 137-149.

Araújo, M.C.B., Silva-Cavalcanti, J.S., Costa, M.F. 2018. Anthropogenic litter on beaches with different levels of development and use: a snapshot of a coast in Pernambuco (Brazil). *Front. Mar. Sci.* 5, 233. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00233>.

Ariza, E., Jiménez, J. A., Sardá, R. 2008. Seasonal evolution of beach waste and litter during the bathing season on the Catalan coast. *Waste manag.* 28, 2604-2613. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.11.012>.

Ballance, A., Ryan, P.G., Turpie, J. 2000. How much is a clean beach worth? The impact of litter on beach users in the Cape Peninsula, South Africa. *S. Afr. J. Sci.* 96, 210-213.

Baptista Neto, J.A., Fonseca, E.M. 2011. Seasonal, spatial and compositional variation of debris along the beaches of the eastern shore of Guanabara Bay (Rio de Janeiro) in the period 1999–2008. *J. Integr. Coast. Zone Manag.* 11, 31–39.

Battisti, C., Fanelli, G., Filpa, A., Cerfolli, F. 2020. Giant Reed (*Arundo donax*) wrack as sink for plastic beach litter: First evidence and implication. *Mar. Pol. Bull.* 155, 111179.

Bom, F.C., Neves, R.C., Fraga, N.S., Fernandes, J.M., Zappes, C.A., Sá, F. 2020. Percepção de usuários de praias em relação ao lixo marinho como uma ferramenta para ações efetivas contra essa problemática. *Braz. J. Aquat. Sci. Tech.* 24, 18-27.

Botero, C.M., Cervantes, O., Finkl, C.W. (Eds.), 2018. *Beach Management Tools: Concepts, Methodologies and Case Studies*. Coastal Research Library. 24 Springer International Publishing, Dordrecht.

Campbell, M.L., Slavin, C., Grage, A., Kinslow, A. 2016. Human health impacts from litter on beaches and associated perceptions: a case study of ‘clean’ Tasmanian beaches. *Ocean. Coast. Manage.* 126, 22-30.

Carvalho, S.C.D. 2018. Despesa com pessoal no setor público: análise das variáveis PIB, RCL e receitas tributárias em todos os estados brasileiros entre 2008 e 2016. Dissertação, Repositório Institucional UFC. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/40269>.

- Critchell, K., Grech, A., Schlaefel, J., Andutta, F.P., Lambrechts, J., Wolanski, E., Hamann, M., 2015. Modelling the fate of marine debris along a complex shoreline: lessons from the great barrier reef. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 167, 414–426. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2015.10.018>.
- Cruz, C.J., Muñoz-Perez, J.J., Carrasco-Braganza, M.I., Lopez-Garcia, P., Contreras, A., Silva, R., 2020. Beach cleaning costs. *Ocean. Coast. Manage.* 188, 105118. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105118>.
- Corraini, N.R., de Lima, A.D.S., Bonetti, J., Rangel-Buitrago, N. 2018. Troubles in the paradise: Litter and its scenic impact on the North Santa Catarina island beaches, Brazil. *Mar. Poll. Bull.* 131, 572-579.
- da Silva, M.L., Castro, R.O., Sales, A.S., de Araújo, F.V. 2018. Marine debris on beaches of Arraial do Cabo, RJ, Brazil: An important coastal tourist destination. *Mar. Poll. Bull.* 130, 153-158.
- da Silva Videla, E., de Araújo, F.V. 2021. Marine debris on the Brazilian coast: Which advances in the last decade? A literature review. *Ocean. Coast. Manag.* 199, 105400.
- Del Vecchio, S., Jucker, T., Carboni, M., Acosta, A.T.R., 2017. Linking plant communities on land and at sea: the effects of *Posidonia oceanica* wrack on the structure of dune vegetation. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 184, 30–36. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.10.041>.
- Dugan, J.E., Hubbard, D.M. 2010. Loss of coastal strand habitat in southern California: the role of beach grooming. *Estuaries Coast.* 33, 67-77.
- Dugan, J.E., Hubbard, D.M., McCrary, M.D., Pierson, M.O. 2003. The response of macrofauna communities and shorebirds to macrophyte wrack subsidies on exposed sandy beaches of southern California. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 58, 25-40.
- Defeo, O., McLachlan, A., Schoeman, D.S., Schlacher, T.A., Dugan, J., Jones, A., Lastra, M., Scapini, F. 2009. Threats to sandy beach ecosystems: a review. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 81, 1-12.
- Fanini, L., Cantarino, C.M., Scapini, F. 2005. Relationships between the dynamics of two *Talitrus saltator* populations and the impacts of activities linked to tourism. *Oceanologia.* 47,1.
- Galgani, F., Hanke, G., Werner, S.D.V.L., De Vrees, L. 2013. Marine litter within the European marine strategy framework directive. *ICES Mar. Sci. Symp.* 70, 1055-1064.
- GESAMP, 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. In: Kershaw, P.J. (Ed.), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). Rep. Stud. GESAMP, 90, p. 96.
- Gracia, A., Rangel-Buitrago, N., Flórez, P. 2018. Beach litter and woody-debris colonizers on the Atlántico department Caribbean coastline, Colombia. *Mar. Poll. Bull.* 128, 185-196.
- Gilburn, A.S. 2012. Mechanical grooming and beach award status are associated with low strandline biodiversity in Scotland. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 107, 81-88.
- Gheskiere, T., Vincx, M., Greet, P., Degraer, S., 2006. Are strandline meiofaunal assemblages affected

by a once-only mechanical beach cleaning? Experimental findings. *Mar. Environ. Res.* 61, 245-264. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2005.10.003>.

Griffin, C., Day, N., Rosenquist, H., Wellenreuther, M., Bunnefeld, N., Gilburn, A.S. 2018. Tidal range and recovery from the impacts of mechanical beach grooming. *Ocean. Coast. Manag.* 154, 66-71.

Grillo, A.C., Mello, T.J. 2021. Marine debris in the Fernando de Noronha Archipelago, a remote oceanic marine protected area in tropical SW Atlantic. *Mar. Poll. Bull.* 164, 112021.

IBGE, 2018. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. On: <http://www.ibge.gov.br/>.

Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science.* 347, 768–771. DOI: 10.1126/science.1260352.

Kandziora, J. H., Van Toulon, N., Sobral, P., Taylor, H. L., Ribbink, A. J., Jambeck, J. R., Werner, S. 2019. The important role of marine debris networks to prevent and reduce ocean plastic pollution. *Mar. Pollut. Bull.* 141, 657-662. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.034>.

Kakadellis, S., Rosetto, G. 2021. Achieving a circular bioeconomy for plastics. *Science.* 373, 49-50.

Kelly, J.F. 2014. Effects of human activities (raking, scraping, off-road vehicles) and natural resource protections on the spatial distribution of beach vegetation and related shoreline features in New Jersey. *J. Coast. Conserv.* 18, 383–398.

Klein, A.H.F., Short, A.D. 2016. Brazilian beach systems: Introduction. In: Short, A.D. Klein, A.H.F. (Eds.). *Coastal Research Library*, Springer, Cham. 17, 1-35. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30394-9_1.

Korley, L. T., Epps, T. H., Helms, B. A., Ryan, A. J. 2021. Toward polymer upcycling — adding value and tackling circularity. *Science.* 373, 66-69.

Krelling, A.P., Williams, A.T., Turra, A. 2017. Differences in perception and reaction of tourist groups to beach marine debris that can influence a loss of tourism revenue in coastal areas. *Mar. Policy*, 85, 87-99.

Lavery, P., Bootle, S., Vanderklift, M. 1999. Ecological effects of macroalgal harvesting on beaches in the Peel-Harvey estuary, Western Australia. *Estuar. Coast. Shelf. Sci.* 49, 295-309.

Lebreton, L.C., Van Der Zwet, J., Damsteeg, J.W., Slat, B., Andrady, A., Reisser, J. 2017. River plastic emissions to the world's oceans. *Nat. Commun.* 8, 15611. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>.

Lechthaler, S., Waldschläger, K., Stauch, G., Schüttrumpf, H. 2020. The way of macroplastic through the environment. *Environ.* 7, 73.

Leggett, C.G., Scherer, N., Curry, M.S., Bailey, R., Haab, T. C. 2014. Assessing the economic benefits of reductions in marine debris: a pilot study of beach recreation in Orange County, California. *Industrial Economics, Incorporated*.

Llewellyn, P.J., Shackley, S.E. 1996. The effects of mechanical beach-cleaning on invertebrate populations. *Br. Wildl.* 7, 147-155.

- Löhr, A., Savelli, H., Beunen, R., Kalz, M., Ragas, A., Van Belleghem, F. 2017. Solutions for global marine litter pollution. *Curr. Opin. Env. Sust.* 28, 90-99. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.08.009>.
- Muehe, D. (2001). Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. *Rev. Bras. Geomorf.* 2, 1.
- Malm, T., Råberg, S., Fell, S., Carlsson, P. 2004. Effects of beach cast cleaning on beach quality, microbial food web, and littoral macrofaunal biodiversity. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 60, 339-347.
- Marin, C.B., Niero, H., Zinnke, I., Pellizzetti, M.A., Santos, P.H., Rudolf, A.C., Beltrão, M., de Souza Waltrick, D., Polette, M. 2019. Marine debris and pollution indexes on the beaches of Santa Catarina State, Brazil. *Reg. Stud. Mar. Sci.* 31, 100771.
- McLachlan, A., Brown, A.C. 2006. *The Ecology of Sandy Shores*. Elsevier, Amsterdam.
- Micallef, A., Williams, A. 2009. *Beach management: Principles and practice*. Routledge.
- Morton, J.K., Ward, E.J., de Berg, K.C., 2015. Potential small- and large-scale effects of mechanical beach cleaning on biological assemblages of exposed sandy beaches receiving low inputs of beach-cast macroalgae. *Estuar. Coasts.* 38, 2083–2100. <https://doi.org/10.1007/s12237-015-9963-1>.
- Mouat, J., Lozano, R.L., Bateson, H. 2010. Economic impacts of marine litter. *Kommunenenes Internasjonale Miljøorganisasjon (KIMO)*. 367-394.
- Muehe, D. 2001. Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento. *Rev. Bras. Geomorf.* 2, 1.
- Ocean Conservancy, 2017. *Together for Our Ocean: International Coastal Cleanup 2017 Report*. Ocean Conservancy, Washington, DC.
- Painel Brasileiro Mudanças Climáticas, 2016: Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas: Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas [Marengo, J.A., Scarano, F.R. (Eds.)]. PBMC, COPPE - UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 184 p. ISBN: 978-85-285-0345-6.
- Perez, L., Soares-Gomes, A., Bernardes, M.C., 2019. A case study on the influence of beach kiosks on marine litter accumulating in Camboinhas beach, Southeast Brazil. *J. Coast. Conserv.* 22, 1085-1092. <https://doi.org/10.1007/s11852-018-0615-z>.
- Rayon-Viña, F., Miralles, L., Gómez-Agenjo, M., Dopico, E., Garcia-Vazquez, E. 2018. Marine litter in south Bay of Biscay: Local differences in beach littering are associated with citizen perception and awareness. *Mar. Poll. Bull.* 131, 727-735.
- Ribeiro, V. V., Pinto, M. A., Mesquita, R. K., Moreira, L. B., Costa, M. F., Castro, Í. B. 2021. Marine litter on a highly urbanized beach at Southeast Brazil: A contribution to the development of litter monitoring programs. *Mar. Poll. Bull.* 163, 111978.
- Rueda, N., 2011. La eficiencia y su importancia en el sector público. *eXtoikos.* 1, 38-47.
- Santos, I.R., Friedrich, A.C., Wallner-Kersanach, M., Fillmann, G. 2005. Influence of socio-economic characteristics of beach users on litter generation. *Ocean. Coast. Manag.* 48, 742-752.

- Santos, A.A., de Melo Nobre, F.S., Ribeiro, F., Nilin, J. 2020. Initial beach litter survey in a conservation unit (Santa Isabel Biological Reserve, Sergipe) from northeast Brazil. *Mar. Poll. Bull.* 153, 111015.
- Schlacher, T.A., Thompson, L., Price, S. 2007. Vehicles versus conservation of invertebrates on sandy beaches: mortalities inflicted by off-road vehicles on ghost crabs. *Mar. Ecol.* 28, 354-367.
- Simon, N., Raubenheimer, K., Urho, N., Unger, S., Azoulay, D., Farrelly, T., Sousa, J., Van Asselt, H., Carlini, G., Sekomo, C., Schulte, M. L., Busch, P., Wienrich, N., Weiland, L. 2021. A binding global agreement to address the life cycle of plastics. *Science.* 373, 43-47.
- Stelling-Wood, T.P., Clark, G.F., Poore, A.G. 2016. Responses of ghost crabs to habitat modification of urban sandy beaches. *Mar. Environ. Res.* 116, 32-40.
- Stelmack, Ê. O., Vieira, C.V., Cremer, M.J., Kroll, C., 2018. Lixo marinho em ambientes costeiros: o caso da Praia Grande na Ilha de São Francisco do Sul/SC, Brasil. *Geo. Sul.* 33, 11-28. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2018v33n66p11>
- Soto, E.H., Botero, C.M., Milanés, C.B., Rodríguez-Santiago, A., Palacios-Moreno, M., Díaz-Ferguson, E., Velázquez Y.R., Abbehusen, A., Guerra-Castro, E., Simões, N., Muciño-Reyes, M., Souza Filho, J.R. 2021. How does the beach ecosystem change without tourists during COVID-19 lockdown? *Biol. Conserv.* 255, 108972.
- Timbó, M., da Silva, M.L., de Oliveira Castro, R., de Araújo, F.V. 2019. Diagnóstico da percepção ambiental dos usuários das praias de Itaipu e Itacoatiara quanto à presença de resíduos sólidos. *Rev. Gest. Cost. Integr. J. Integr. Coast Zone Manag*, 19, 157-166.
- Thiel, M., Hinojosa, I., Vásquez, N., Macaya, E. 2003. Floating marine debris in coastal waters of the SE-Pacific (Chile). *Mar. Poll. Bull.* 46, 224-231.
- Tudor, D.T., Williams, A.T., 2018. Marine debris-onshore, offshore, and seafloor litter. In: Finkl, C. and Makowski, C.W. (Eds.), *Encyclopedia of Coastal Science*. Amsterdam: Springer International Publishing.
- Turra, A., Santana, M.F.M., de Lima Oliveira, A., Barbosa, L., Camargo, R.M., Moreira, F.T, Denadai, M.R. 2020. *Lixo nos Mares: do entendimento à solução*, São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 113p.
- UNEP, N. 2011. *The Honolulu strategy: a global framework for prevention and management of marine debris*. NOAA, UNEP.
- UNEP and NOAA (United Nations Environment Program and National Oceanic and Atmospheric Administration), 2012. *The Honolulu Strategy: A Global Framework for Prevention and Management of Marine Debris*. Retrieved from: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/10670/Honolulu%20strategy.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. (Accessed 10.05.21).
- Unger, S., Müller, A., Rochette, J., Schmidt, S., Shackeroff, J., Wright, G., 2017. Achieving the sustainable development goal for the oceans. *IASS Policy Brief.* 1, 1-12.

Vieira, J.V., Ruiz-Delgado, M.C., Reyes-Martínez, M.J., Borzone, C.A., Asenjo, A., Sánchez-Moyano, J.E., García-García, F.J 2016. Assessment the short-term effects of wrack removal on supralittoral arthropods using the M-BACI design on Atlantic sandy beaches of Brazil and Spain. *Mar. Environ. Res.* 119, 222-237.

Williams, A.T., Rangel-Buitrago, N.G., Anfuso, G., Cervantes, O., Botero, C.M., 2016a. Litter impacts on scenery and tourism on the Colombian north Caribbean coast. *Tour. Manag.* 55, 209–224. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2016.02.008>.

Williams, A.T., Randerson, P., Di Giacomo, C., Anfuso, G., Macias, A., Perales, J.A., 2016b. Distribution of beach litter along the coastline of Cadiz, Spain. *Mar. Pollut. Bull.* 107, 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.015>.

Williams, A.T., Rangel-Buitrago, N. 2019. Marine litter: Solutions for a major environmental problem. *J. Coast. Res.* 35, 648-663.

Willmott, H.A.Z.E.L., Smith, T.O.N.Y. 2003. Effects of Mechanical Cleaning, and its cessation, on the Strandline Fauna at Sand Bay. *Somerset Archaeology and Natural History: Ecology in Somerset*, 147, 263-273.

World Ocean Review, 2017. Coasts - A Vital Habitat Under Pressure (WOR 5). Accessed in <https://worldoceanreview.com/en/wor-5/>.

Zielinski, S., Botero, C.M., Yanes, A., 2019. To clean or not to clean? A critical review of beach cleaning methods and impacts. *Mar. Pollut. Bull.* 139, 390–401. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.12.027>.

3. ARTIGO:

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101865>

Publicação: junho 2021

Volume: 45

Revista: *Regional Studies in Marine Science*

Referência: Zamora, A. M., da Gama, B.A., de Oliveira, J.D.N., Soares-Gomes, A. 2021. Cleaning efficiency in a Southwestern Atlantic sandy beach. *Reg. Stud. Mar. Sci.* 101865.

CLEANING EFFICIENCY IN A SOUTHWESTERN ATLANTIC SANDY BEACH

Andrea Maltchik Zamora¹
Bernardo A. P. da Gama^{1,2,3}
Jade Del Nero de Oliveira³
Abílio Soares-Gomes^{1,2}

1. Programa de Pós-graduação em Dinâmica dos Oceanos e da Terra, Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, Brazil
2. Departamento de Biologia Marinha, Instituto de Biologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, Brazil, 24210-200
3. Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Marinha, Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira/Universidade Federal Fluminense, Arraial do Cabo, Rio de Janeiro, Brazil

Corresponding author: Abílio Soares-Gomes
abiliosg@id.uff.br

Abstract

Although the assessment of beach cleaning efficiency evaluation would be desirable for management purposes, the practice is not common. This evaluation is crucial for the safety of beachgoers, conservation efforts aiming to preserve ecological services, and the sustainable development of the oceans. The main goal of this work was to assess the efficiency of the beach cleaning method adopted in a Southwestern Atlantic beach, and assess the richness, abundance, and composition of anthropogenic debris in areas of the beach with kiosks or without them. 5,584 debris items distributed in 22 garbage categories were found. Both richness and abundance of debris were higher in the kiosks areas compared to areas with no kiosks, and debris types differed in areas with and with no kiosks. The richness and abundance of debris did not change before and after beach cleaning. Our results highlight the inefficiency of the cleaning operation in the studied beach and point towards an urgent need of change in the cleaning strategy at Camboinhas beach and similarly cleaned beaches to achieve proper beach cleaning.

Keywords: Marine debris, Marine pollution, Brazil, Beach garbage

3.1 Introduction

Sandy beaches are “socio-ecological” ecosystems widely distributed in most tropical and temperate zones (Rosa Filho et al., 2015) decreasing beyond the 50° parallel (Luijendijk et al. (2018). They provide a wide range of ecosystem services that directly influence biodiversity and the human coastal populations (Botero et al., 2018). Sandy beaches are ecosystems that attract tourists worldwide, interested in activities related to the sun, sea, and sand (Yanes et al., 2018). This attraction is significant in tropical countries where the coast is bordered by the Atlantic Ocean, the weather is warm throughout the year, and sea temperatures remain mild in most coastal areas (Klein and Short, 2016).

Brazil has one of the most extensive coastlines in the world (ca. 8,500 km) with a variety of beaches (Rosa Filho et al., 2015.). Four thousand sandy beaches dominate the shore, occupying much of the coast and comprising 2% of the coastal ecosystems (Muehe, 2003; Klein and Short, 2016), and attracting many tourists from around the world (UNWTO, 2017). With approximately 58% of the total population concentrated in a 200 km stretch of the coast (IBGE, 2018), rapid and intense population growth promotes the overcrowding of beaches, causing strong negative effects on the landscape, water quality, and biodiversity (Williams et al., 2016a). Despite these threats, knowledge about Brazilian beaches is still insufficient, and more effort is necessary to better understand and manage this ecosystem (Amaral et al., 2016).

Marine pollution is a global issue, demanding creative solutions that must involve multiple approaches, considering that the environmental health is essential for our survival on the planet (Giovacchini et al., 2018). According to Jambeck et al. (2015), more than 8 million tons of plastic are disposed in the oceans every year, having devastating effects on marine life, the economy, and human health. Recently, the first large-scale assessment of litter pollution on the Brazilian coast reported plastic as the main item found at the beaches, especially those used in food packaging (Andrades et al., 2020). Originating mainly from land-based sources (GESAMP, 2015), its input to the oceans could be attributed to the lack of inadequate solid waste management, insufficient wastewater treatment, inadequate social responsibility, littering, illegal dumping, and natural disasters (Jambeck et al., 2015). Since marine debris is a worldwide phenomenon, only national practices will not be able to control the problem. Therefore, international cooperation is essential to protect the oceans from dumping and contamination (Lima et al., 2020).

Several global efforts are aiming to reduce and prevent marine litter and mitigate its impacts. The United Nations 2030 Agenda for Sustainable Development and its comprehensive set of 17 interlinked Sustainable Development Goals (SDGs) offer an opportunity to advance ocean sustainability (Unger et al., 2017). One of the measures of SDG 14 on conservation and sustainable use of oceans, seas, and marine resources for sustainable development indicates that (SDG 14.1): “By 2025, marine pollution of all kinds, in particular from land-based activities, including marine debris and nutrient pollution, shall have been prevented and significantly reduced” (UN, 2018). Global commitment and

goals, such as the SDGs, provide a good basis for measures around the world if global agreements are translated to regional and national levels (Löhr et al., 2017).

Williams and Rangel-Buitrago (2019) specify that collaboration is the key to solving the growing problem of marine waste deposited at beaches, and, as main mitigation measures: the reduction of the plastic waste directly from the source, cleaning beaches, circular economy, education, and packaging reduction. One-way coastal communities respond to this challenge is through the environmental stewardship practice of volunteer beach cleanups (Jorgensen et al., 2021). Actions such as beach cleaning are carried out to remove the residues already present in the marine environment. Beach cleaning can be performed manually by handpicking or raking or by using mechanical machinery to rake and sieve the upper layer of the sand (Gheskiere et al., 2006). The choice for a cleaning method depends on the effectiveness of each method according to the different marine debris found at the beach and what is desired to collect (Zielinski et al., 2019). Voluntary beach cleaning practices are organized in places with easy access to the population and examples of this first method (Critchell et al., 2015). One of the largest global beach cleaning campaigns conducted entirely by volunteers is the “International Coastal Cleanup” (ICC), coordinated by Ocean Conservancy and held in September every year. The 2017 edition of the ICC involved more than 500,000 volunteers, gathering nearly 14 million items, within a total of 24 km of coastline in 112 countries (Ocean Conservancy, 2017). These major cleaning campaigns and activities have two main objectives: Cleaning the beach and changing people's behavior by boosting social responsibility, so that in the future these cleanings become unnecessary (Williams and Rangel-Buitrago, 2019).

Cleaning using mechanical machinery is very common on urbanized and popular recreation beaches, occurring throughout the year or more frequently during high season and holidays (Kelly, 2014). However, mechanical cleaning is inefficient due to its difficulty in collecting small residues, generating garbage accumulation in several locations on the beaches (Ariza et al., 2008). Manual cleaning tends to be more selective than mechanical collections, depending on the mesh of the sieve coupled to the machinery. Mechanical cleaning is less effective for removing cigarette butts compared to other small residues, and can also capture a significant portion of sand (Ariza et al., 2008). The highest amount of debris of the smallest size class at the beaches may be due to the constant fragmentation of larger pieces, as well as the difficulty related to their removal by conventional beach cleaning methods (Andrades et al., 2020). It is important to ensure that waste assessment and removal methods take small waste into account, as they are also assessed as a highly significant portion of items. On the other hand, mechanical cleaning is not able to distinguish anthropogenic litter and natural marine debris (Davenport and Davenport, 2006). The removal of natural debris could affect the sandy beaches dynamics (Del Vecchio et al., 2017). These impacts are more visible at beaches with more frequent cleaning (daily or even more times during the day) or on beaches that present their ecosystem dependent on these natural sources (Morton et al., 2015). Considering the cleaning frequency of only twice a week, it is likely that nutrients will be redistributed along the beach since macroalgae or other organic debris will be relocated to other regions of the same beach (Morton et al., 2015). However, there is still a significant research

gap in several aspects regarding beach cleaning methods and their impacts on ecosystems (Zielinski et al., 2019). Further research is still needed to understand whether the impact of mechanical cleaning on coastal systems and the loss of species abundance is a factor attributed only to cleaning, or whether other factors contribute to this event (Zielinski et al., 2019).

Beach cleaning efficiency and its environmental impacts has been studied around the world (Cruz et al., 2020; Zielinski et al., 2019; Williams et al., 2016b). In Brazil, questions on cleaning efficiency are still poorly studied and understood. This understanding is crucial for the safety of beachgoers and the maintenance of beach ecological services (Cruz et al., 2020). Simultaneously, this can also play an active role in achieving SDG 14, “Life below water”. Public, private, and non-profit organizations have distinct advantages that, when integrated, can increase the effectiveness, efficiency, and equity of public service efforts to address social issues (Andrews and Tom Entwistle, 2010). This can also be associated with SDG 17 “Partnerships for the goals”, creating connections between public politics, industry, and society. To reach SDG 14, collective and coordinated actions on local, regional, and global levels are required, fostering greater integration of the different sectors and stakeholders (Kandziora et al., 2019). Evaluating the efficiency in the labor sector is guaranteeing and improving the quality of the public services provided, to comply with the proposed agreements. Beach cleaning efficiency evaluation measures the potential reach of an objective proposed as an intervention, to make the ecosystem and the public service quality better (Rueda, 2011).

Beach cleanliness is the most relevant factor for beachgoers to choose a beach (Zielinski et al., 2019). The positive relationship between the nearby regional population and the amount of coastal debris indicates that a large fraction of them originated locally (Hardesty et al., 2017). According to Willis et al., (2017), the locally disposed of marine debris may be the answer to where all the missing plastic is in the ocean. Simultaneously, this suggests that intervention actions at municipal scales can help reduce the amount of coastal waste and be more effective in reducing land-based inputs into the ocean (Hardesty et al., 2017). The presence of kiosks along the coastline strongly could affect the occurrence of marine debris on beaches (Hardesty et al., 2017). In Brazil, kiosks are sites where beachgoers go to consume food and beverages. In 2001, Brazil’s government created the ORLA Plan - “Integrative Coastline Management Project” aiming to reorganize coastal uses, and the presence of kiosks in the beaches became an environmental issue (Steiner and Trespeuch, 2016). Most kiosks do not have sufficient waste bins to efficiently store the trash they produce, although their owners are responsible for the production of local waste and should keep the surroundings clean to prevent the emergence of disease vectors, which are favored by inappropriate sanitary conditions (Farias, 2014).

The main goal of this work was to analyze the efficiency of the cleaning method adopted by a local administration in a southwestern Atlantic beach. Taking into account that, according to Perez et al. (2019), the local kiosks are not directly related to the increase in litter in the beach studied, our hypothesis is that cleaning applied to the beach would decrease both the richness and the abundance of macroscopic debris along this sandy shore, independent of the presence of kiosks.

3.2 Material & Methods

3.2.1 Study area

Camboinhas beach is located in the coastal open water region of Niterói municipality, in the southeastern region of Brazil, Rio de Janeiro state (Figure 1). The region harbors diverse ecosystems, from lagoons to rocky shores, sandbanks, mangroves, sandy beaches, and coastal vegetation forestry (Eccard et al., 2017). The beaches in this region have been suffering intense modification due to urbanization, a process that has increased quickly since the 1970s after the establishment of the Rio-Niteroi Bridge.

The beach presents moderate dynamics compared to nearby beaches, with storming profiles predominating in the winter due to a higher frequency of storm waves (Eccard et al., 2017). Camboinhas is included in the environmental zone of the Urban Plan of the Oceanic Region (Niterói, 2002) and in the Orla Plan of the Niterói Township. With an extension of ca. 2,448 m, there are 17 kiosks installed along the beach, all having direct access to the beach (14 at the extreme east and 3 at the extreme west), and a 700 m section of the beach where the kiosks are not allowed.



Figure 1. Location of the study area within the Brazilian coast (Southwestern Atlantic).

3.2.2. Sampling design

Six sampling stations were set along the beach, grouped into two categories: 3 stations in sites with kiosks (K1, K2, K3) and 3 in sites with no kiosks, named “control” (C1, C2, C3). Before sampling, forecasting weather conditions were checked at the Brazilian Center for Meteorological Forecasting and Climate Research (CPTEC) website to ensure good conditions for sampling. In each station, beach trash was sampled in 5 transects. Each 30 m long and 2 m wide (60 m²) transect was placed randomly from each other. The superior limit of each transect was defined according to the maximum limit from the waterline and 2 m from the beach vegetation.

Two sampling surveys were performed in 2019 (austral winter and spring), each one on two consecutive days: before the beach cleaning (4:00 pm) and the day after the cleaning operation (6:00 am).

3.2.3. Data analysis

Some debris items were grouped into a single category due to the low number of items observed, such as plates (plastic plate + paper plates), sticks (popsicle sticks + sticks), threads (nylon thread + variety of threads) and others (sandals, plastic cutlery, sticker, wood, toys, plastic plates, nylon thread, al cans, popsicle, cigarette packet, medicine, paper plates, fabric, bread wire, pens, band-aid, condom, sponge, lighter, tetra pack packing, E.V.A). The category "others" is composed of debris that had less than 20 units per item. We evaluated the richness and abundance of debris. The richness of debris by transect corresponded to the number of different debris types observed. The abundance of debris corresponded to the amount of debris items observed in each transect. The effects of the area (kiosk and control), time (before and after cleaning), and survey (survey 1 and 2) on the richness and abundance of debris were tested by factorial ANOVA using SYSTAT 13 software.

The abundance data were square root-transformed to meet the assumptions of normal distribution and variance homogeneity. The effects of the area (kiosk vs. control), time (before vs. after cleaning), and survey (survey 1 vs. survey 2) on the composition of the marine debris were explored by NMDS (Non-metric Multidimensional Scaling) followed by PERMANOVA (Multivariate Analysis of Variance by Permutation). Analyses of indicator species were employed to verify type of debris was more frequent and abundant in different factors (area, time period, and survey). The Bray-Curtis distance was the index adopted in NMDS and PERMANOVA analyses. The analyses were run in the R environment (R studio), version 1.1.456 (R Studio, 2009).

3.3 Results

A total of 5,584 marine debris items distributed in 22 categories were counted: styrofoam, plastic package others, plastic straw, plastic tops, napkin, plastic package food, plastic cups, paper package, cigarette butts, cotton buds, plastic bags, salt package, eppendorf, sticks, paper, plastic bottles, coconut, metal tops, alfoil (aluminum), threads, glass and others. The “Styrofoam” and “Plastic packaging – others” were the most abundant items observed (Figure 2), representing 26.7% and 25.9%

of the total debris, respectively. The categories “plastic drink straw” (9.1%), “plastic tops” (6.1%), “plastic packaging – food” (5.2%), and “paper napkins” (5.8%) were also present in our samplings.

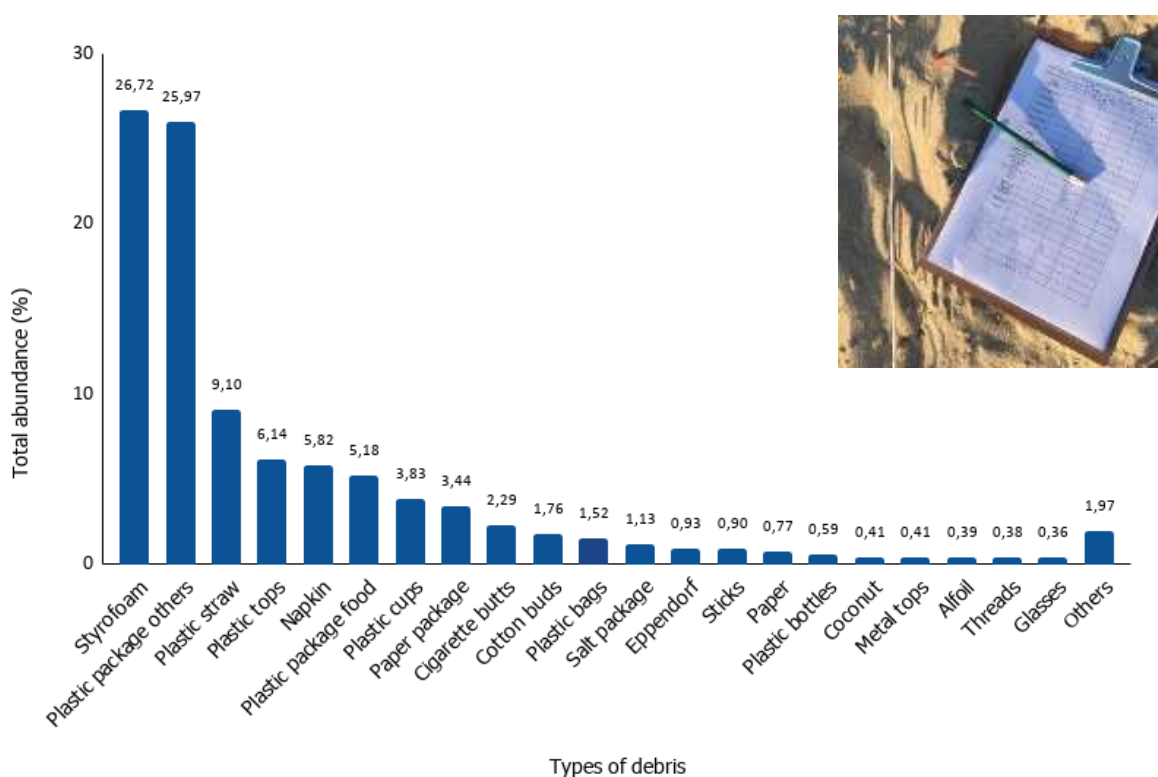


Figure 2. Total abundance of different types of marine debris sampled at Camboinhas beach, Niterói, Southeastern Brazil.

The debris richness differed between kiosks and control areas ($F_{1,117} = 20.189$; $P < 0.001$) and between surveys ($F_{1,117} = 16.330$; $P < 0.001$); however, there was no interaction between areas and surveys ($P > 0.05$). The average richness of residues was higher in areas with kiosks than in control areas in both analyzed surveys, and was higher in survey 1 than in survey 2 (Figures 3 and 4). The debris richness did not differ before and after beach cleaning ($P > 0.05$, Figure 5). The debris abundance was higher in the kiosk than in the control areas ($F_{1,118} = 32.409$; $P < 0.001$) (Figure 6) in both surveys. However, the abundance was similar between surveys and times (before and after cleaning) ($P > 0.05$) (Figures 7 and 8).

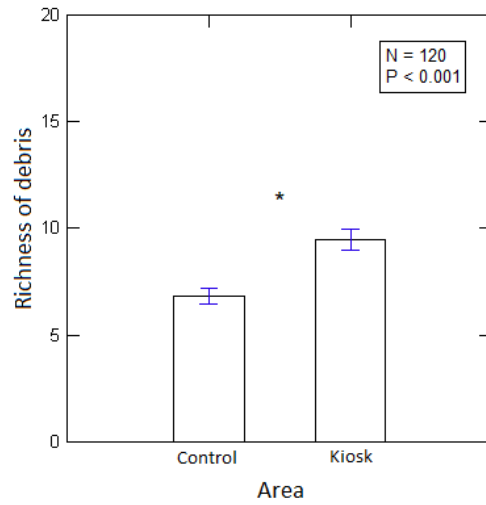


Figure 3. Richness of debris (Mean \pm SE) in the control and kiosk areas ($P < 0.001$) at Camboinhas beach, Niterói, Southeastern Brazil.

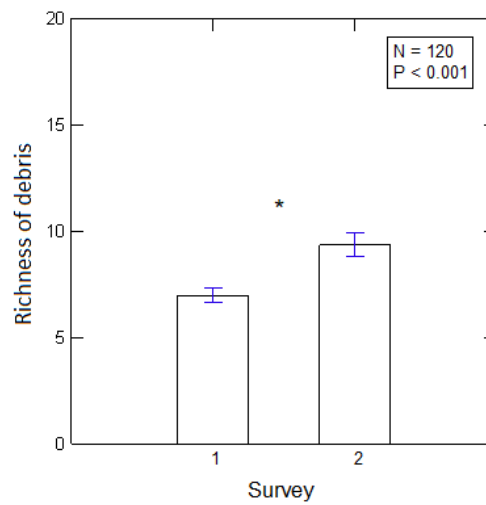


Figure 4. Richness of debris (Mean \pm SE) in survey 1 and 2 ($P < 0.001$) at Camboinhas beach, Niterói, Southeastern Brazil.

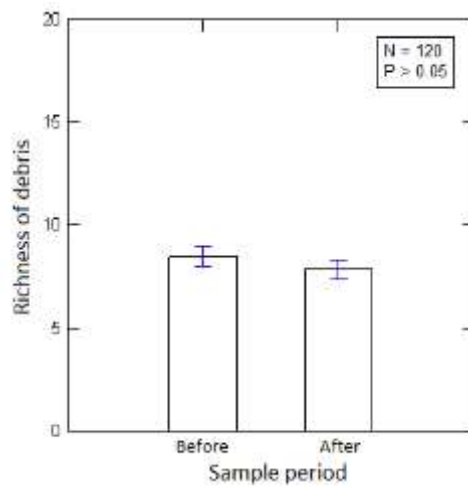


Figure 5. Richness of debris (Mean \pm SE) before and after cleaning ($P > 0.05$) at Camboinhas beach, Niterói, Southeastern Brazil.

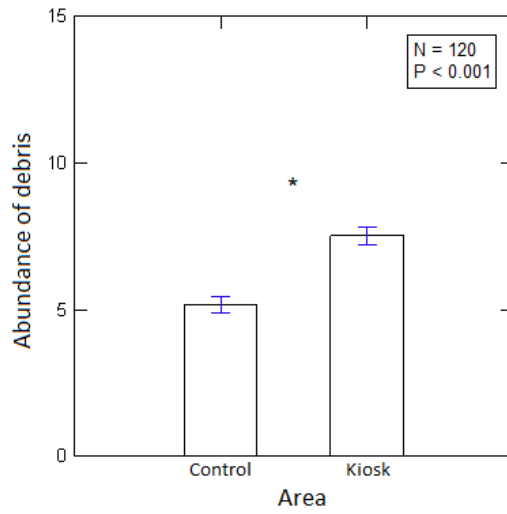


Figure 6. Abundance of debris (Mean \pm SE) in control and kiosk areas ($P < 0.001$) at Camboinhas beach, Niterói, Southeastern Brazil.

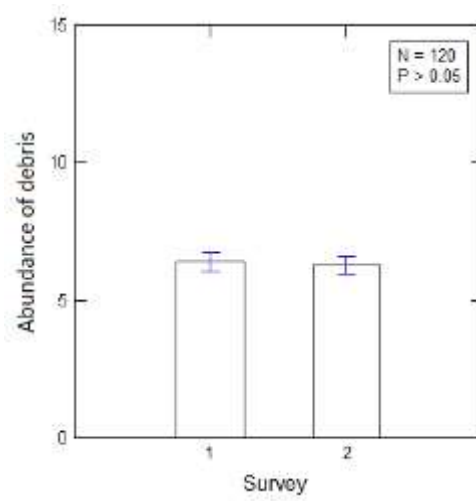


Figure 7. Abundance of debris (Mean \pm SE) in survey 1 and 2 ($P > 0.05$) at Camboinhas beach, Niterói, Southeastern Brazil.

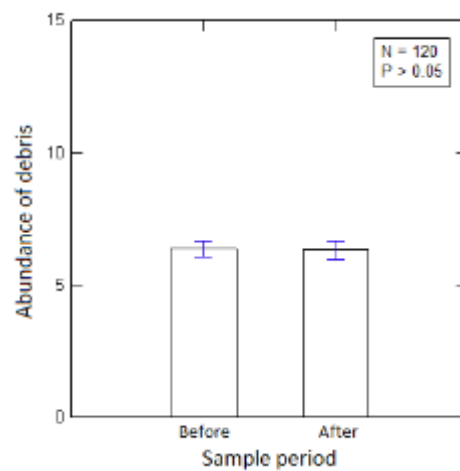


Figure 8. Abundance of debris (Mean \pm SE) before and after beach cleaning ($P > 0.05$) at Camboinhas beach, Niterói, Southeastern Brazil.

The litter composition varied significantly between the kiosks and no kiosks areas (NMDS stress = 0.106; PERMANOVA $F_{1,117} = 9.260$; $P < 0.001$), and some categories were more frequent and abundant in kiosk areas, such as straws, plastic packaging, plastic cups and tops, napkins, paper packaging and cigarette butts (Indicator Value = 0.30 and $P < 0.05$). The debris composition before and after beach cleaning was similar (PERMANOVA, $F_{1,117} = 1.214$; $P = 0.272$) but differed between spring and winter (PERMANOVA, $F_{1,117} = 13.489$; $P < 0.001$).

Comparison of debris composition between points taking into account all factors together (KBS, KAS, CBS, CAS, KBW, KAW, CBW, CAW; K – Kiosk, C – control, B – Before, A – after, S – spring, W – winter), showed significant differences between points (PERMANOVA, $F_{7,111} = 4.857$; $P < 0.001$) (Figure 9). Some residues were found more frequently and were more abundantly than others in specific transects, time periods and surveys, such as aluminum packaging in the control areas before cleaning in spring (IV = 0,18; $P = 0,008$). Paper and salt packaging, cups and plastic cutlery, cigarette butts, beverage cans and plates in the kiosk areas before cleaning in spring ($P < 0,05$); paper napkins, metal tops and fabric in the kiosk areas after cleaning in spring ($P < 0,05$); lids, packaging, and plastic straws in the kiosk areas after cleaning in winter ($P < 0,05$).

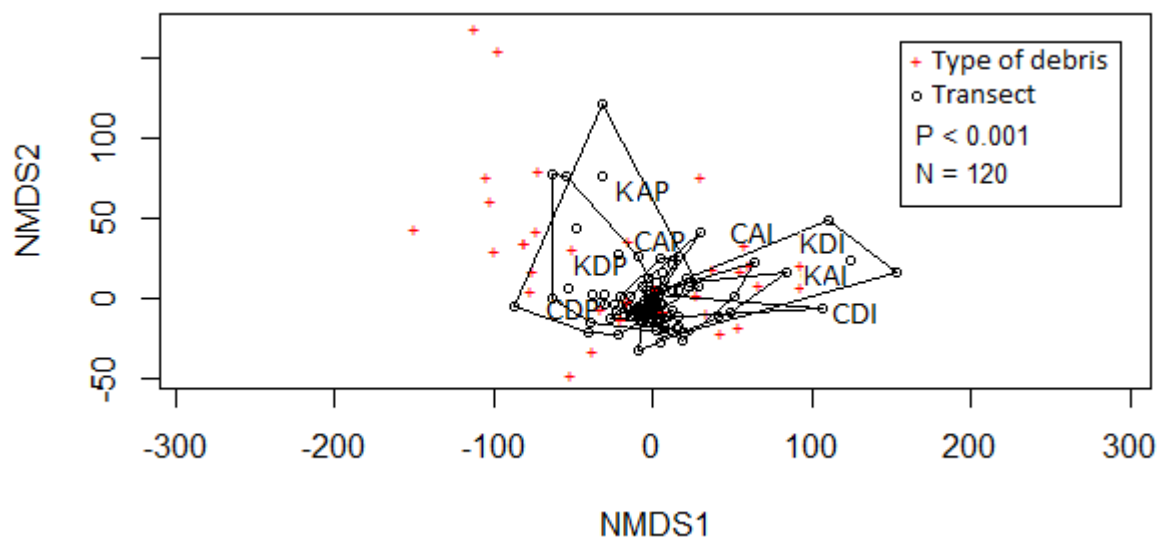


Figure 9. NMDS plot showing the variation of the composition of different categories of debris found in different sampling stations in kiosk (K) and control (C) areas, before (B) and after (A) mechanical beach cleaning, during spring (S) and winter (W) seasons ($P < 0.001$) at Camboinhas beach, Niterói, Southeastern Brazil. Axis numbers = distance between transects.

3.4 Discussion

Styrofoam fragments and other plastics were the most abundant macroscopic debris observed in the present work. The presence of plastics in great proportions agrees with previous studies performed on Camboinhas (Perez et al., 2019, Silva et al., 2016) and nearby beaches (Silva et al., 2015, Silva et al., 2016, Silva et al., 2018). Our results are similar to other studies on marine debris (Willis et al., 2017, Araújo et al., 2018, Hidalgo-Ruz et al. 2018, Stelmack et al., 2018, Andrades et al., 2020), highlighting the relevance of beachgoers for beach pollution. The primary reasons for this are probably the high

population density, high consumption of plastic products, great coastal urbanization, coastal infrastructure, and a great percentage of mismanaged plastic waste in coastal cities (Van Rensburg et al., 2020). The key problem is that plastics are long-lived materials widely used for short-term purposes such as packaging (Kosior and Crescenzi, 2020). The coast of Rio de Janeiro state is highly frequented by beachgoers throughout the year. This fact, associated with inadequate management of solid residues, is the cause of a great number of marine debris, particularly during high season and holidays, when the frequency and density of beachgoers increase (Silva et al., 2016).

Plastic has a high dispersion potential and is an extremely resistant and long-lived material, being abundant in different sites (Plastics Europe, 2011). The presence of large amounts of styrofoam in our work may be explained by the widespread use of isothermic boxes by beachgoers (bathers and anglers) and kiosk owners for keeping food, beverages, and captured fish. This highlights the influence of beachgoers on beach pollution. If for any reason the isotherm boxes are broken, they are left on the beach instead of being properly disposed of, as we could observe during our fieldwork. Styrofoam pieces could also be transported to the beach from other sites or fishing boats since it is highly breakable and disperses easily due to its low density. Plastics accounted for the principal sampled items, followed by Styrofoam in a study performed along ~150 km of beaches in northeast Brazil, where small fragments were ubiquitous throughout that extension (Santos et al., 2009).

The richness and abundance of litter were higher in areas with kiosks, so, we rejected the hypothesis that kiosks do not influence the type and amount of debris present on the beach. The presence of a high variation in richness and abundance of debris in the survey 1, during the spring season, may be related to the increase in the frequency of beachgoers because of warmer temperatures that exacerbate the inadequate management of solid residues (Silva et al., 2016). The increase of solid debris amount could also be related to rainfall. In the study area, during summer and latter spring the rainfall rises and the input of litter from rivers and streams increases. Baptista Neto and Fonseca (2011) found a three times higher concentration of marine debris in the summer than in the winter in a 10-year study at nearby beaches. In addition, garbage from the Guanabara Bay discharges could reach the Niterói oceanic beaches and contribute to this increase of floating debris that is deposited in the beaches. Similarly, in a study in Spain, the highest litter occurrence was observed during the high season (Cruz et al., 2020).

Pollution from food packaging is ubiquitous on Brazilian beaches and seems to be independent of the degree of urbanization (Andrades et al., 2016). The highest quantity of items found in the present study was associated mainly with plastic packaging of industrialized food (cups, bottles, plates, bags, plastic straws, lids, and plastic cutlery). Silva et al. (2018) also correlated plastic food packaging in a nearby beach to the presence of beachgoers and the consumption of food and beverages. Additionally, small pieces (<5 cm) were dominant among litter size classes, and food-related use was associated with most litter recorded types in Brazilian beaches (Andrades et al., 2020). Marine plastic debris has a clear transboundary nature, emphasizing that the problem of marine debris is connecting national impacts at a global scale (Chen, 2015). It is also important to improve and standardize beach debris studies in

future research, adopting a common reporting framework to promote a consensus within the scientific community (Serra-Gonçalves et al., 2019).

The kiosks in Camboinhas directly influence the volume and composition of marine litter found on the beach because it is not properly disposed of by beachgoers. Cruz et al., (2020) showed that the differences in the composition on beaches of Cádiz (Spain) are related to inappropriate discards by beachgoers as well as inefficient mechanical cleaning, the morphodynamic state of the beach, proximity to rivers, and the level of marine exposure. Some authors argued that the marine debris composition differs depending on the portion of the beach studied. Items found on the beach face are considered more recent, as they are more prone to transport because of their direct relation with tide range and waves. Items present near the dunes, most of the time trapped in local vegetation, are older, maintaining a constant concentration of garbage (Oliveira et al., 2011). Hengstmann et al. (2016) observed that the type of substrate, as well as the presence of vegetation, are both important influencing factors for macro litter distribution.

The beach cleaning in the oceanic region beaches of Niterói is managed by the "Niterói Urban Cleaning Company" (CLIN). The cleaning is performed daily by pick handling, starting at approximately 8 p.m., including weekends and holidays. During cleaning, the handpicked litter is put in an agricultural tractor bucket that follows the three employees during the cleaning operation. Until now, there has been no reliable information about the efficiency of this cleaning method to ensure safety, sanitation, and well-being for beachgoers. Our results showed that both the debris richness and abundance were similar before and after cleaning the beach. This result demonstrates that the current beach cleaning is inefficient in the studied beach. The time the garbage collection occurs is an important issue in this case. The collection is at night, and since the lampposts present in the sidewalk do not properly illuminate the beach, it is difficult to adequately detect litter with the aid of tractor lights alone, as well as to perceive if the cleaning is retrieving the garbage efficiently. Moreover, as few employees perform the work, the efficiency of cleaning could be compromised. It would be important to capacitate employees through a training system to improve efficiency. Ahmed et al. (2010) and Siliceo (2004) considered that employee training is essential to boost production efficiency.

According to Cruz et al. (2020), it is necessary to study all the cleaning process to improve efficiency, taking into account if the workers clean the entire beach or if the amount of garbage reported is only that collected by hand and the number of employees needed in low and high seasons. Beach cleaning inspection should also be included as part of an operational method to occur correctly all along the extension of the beach and not only in specific stretches. Moreover, manual collection is more efficient for macroscopic debris, greatly overlooking smaller, less visible debris. Taking the cigarette butts as an example, manual cleaning is not able to collect them once its tray is composed of a 2 cm² screen mesh size (Williams et al., 2016b). Ariza et al., (2008) also recorded the low efficiency of mechanical cleaning operations, as they were less effective for withdrawing cigarette butts than for general small-sized litter. The collection of small residues on the beaches (< 5 cm) is more demanding than larger fragments due to the inefficiency of cleaning methods (Andrades et al., 2020). At the same

time, the number of trash bins on the beaches can contribute to the reduction of beach waste, especially for larger items (> 6 cm) (Andrades et al., 2020). An additional problem is the high quantity of sand daily collected from the beach which is retained by the tractor when withdrawing small pieces of litter (Nachite et al., 2018).

Complementary activities such as manual and mechanized operations must be adopted to improve beach cleaning. The supply of the right protection and work outfits are extremely necessary for the correct execution of these operations, the right environmental awareness campaigns and sustainable development. These cleaning activities must be done more frequent during summer on Brazilian beaches when the frequency of beachgoers increases tremendously. However, according to Asensio-Montesinos et al. (2019), trash items increase during the summer season despite the increasing frequency of cleaning operations and were primarily related to beach user's activities. Regardless of the season and tourist demand on most beaches in the province of Cadiz, the municipalities carry out cleaning throughout the entire year, with different frequencies depending on the season (Williams et al., 2016b). Most parts of the marine debris found on Brazilian beaches can be associated with ineffective waste disposal and management programs in most municipalities in the country (Barletta et al., 2019). To fill this gap, it is necessary to create integrated management of the different sectors of society, mainly related to public and private services, and the implementation of effective public policies. Connect groups who share the same values and interests, call for action, influence the positions and opinions of key stakeholders, provide input, and identify measures and ways to support the implementation of the SDG 14 (Kandziora et al., 2019).

There are no effective tools available to collect and clean up the accumulation of marine debris once it has reached the oceans. According to Lebreton et al. (2017), between 1.15 to 2.41 million tonnes of plastic waste enter the ocean every year from rivers, with over 74% of emissions occurring between May and October, a pattern that may be reversed in the Southern Hemisphere. To combat the problem at the source is a key action required to deal with plastic pollution and its associated impacts (Kosior and Crescenzi, 2020). Studies using citizen science should be a useful alternative to increase the available information about marine debris sources, distribution, and ecological impacts (Honorato-Zimmer et al., 2019). In Brazil, these efforts are still poorly developed.

Societal change is necessary to prevent and reduce the growth of the amount of solid waste entering the sea. Educating new generations and raising awareness is fundamental and necessary for achieving positive changes in behaviors, attitudes, and proactivity towards environmental melioration (Giovacchini et al., 2018). The creation of marine debris networks is a strategy to achieve societal change by providing platforms that can engage at a global, national or regional scale (Kandziora et al., 2019). Collaboration is the key. The sustainable use of oceans and marine resources for sustainable development is essential to integrate and facilitate actions at all levels and with all actors, including government, civil society, the private sector, and the academic community, to strengthen the capacity of the state to achieve the desired outcomes.

3.5 Concluding remarks

Our results show the inefficiency of the cleaning operation on Camboinhas beach. The influence of the kiosks on the occurrence of beach litter was evidenced. Our results appoint to a need for change to the strategy of collecting debris on the beach to maintain the beach in adequate quality standards necessary for beachgoers and to refrain coastal environmental degradation.

To the best of our knowledge, this study represents the first attempt to evaluate the efficiency of cleaning operations in a Brazilian beach, aiming to develop a functional and productive cleaning service, to protect our beach systems and thus helping to narrow knowledge gaps and research opportunities. Since other Niterói beaches adopted the same cleaning procedure, the evaluation here presented could be the baseline for changing strategies of cleaning. Training and supervising the employees who work in beach cleaning would be a necessary way of obtaining desirable efficiency.

The majority of the debris found seems to originate almost entirely from local beachgoers, such as food products and packaging. Therefore, the outreach of our results and similar studies may positively influence beachgoer behavior, thus reducing the amount of litter on beaches.

Acknowledgements

ASG thanks the Brazilian National Research Council (CNPq) for his Research Productivity fellowship. AMZ and JDNO thank the Brazilian Education Ministry (MEC) for their scholarships.

3.6 References

- Ahmed, I., Nawaz, M.M., Iqbal, N., Ali, I., Shaukat, Z., Usman, A. 2010. Effect of motivational factors on employee's job satisfaction a case study of University of the Punjab, Pakistan. *Int. J. Bus. Manag.* 5, 70–80. <https://doi.org/10.5539/ijbm.v5n3p70>.
- Amaral, A.C.Z., Corte, G.N., Denadai, M.R., Colling, L.A., Borzone, C., Veloso, V., Omena, R.P., Zalmon, I.R., Rocha-Barreira, C.A., Souza, J.R.B., Rosa, L.C.D., Almeida, T.C.M. 2016. Brazilian sandy beaches: characteristics, ecosystem services, impacts, knowledge and priorities. *Braz. J. Oceanogr.* 64, 5-16.
- Andrades, R., Martins, A.S., Fardim, L.M., Ferreira, J.S., Santos, R.G. 2016. Origin of marine debris is related to disposable packs of ultra-processed food. *Mar. Pollut. Bull.* 109, 192-195. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.05.083>.
- Andrades, R., Pegado, T., Godoy, B. S., Reis-Filho, J. A., Nunes, J. L. S., Grillo, A. C., Machado, R. C., Santos, R. G., Dalcin, R. H., Freitas, M. O., Kuhnen, V. V., Barbosa, N. D., Adelar-Alves, J., Albuquerque, T., Bentes, B., Giarrizzo, T. 2020. Anthropogenic litter on Brazilian beaches: Baseline, trends and recommendations for future approaches. *Mar. Pollut. Bull.* 151, 110842. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110842>.
- Andrews R., Entwistle T. 2010. Does Cross-Sectoral Partnership Deliver? An Empirical Exploration of Public Service Effectiveness, Efficiency, and Equity. *J. Public Adm. Res. Theory.* 20, 679–701. <https://doi.org/10.1093/jopart/mup045>.

- Araújo, M.C.B., Silva-Cavalcanti, J.S., Costa, M.F. 2018. Anthropogenic litter on beaches with different levels of development and use: a snapshot of a coast in Pernambuco (Brazil). *Front. Mar. Sci.* 5, 233. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00233>.
- Ariza, E., Jiménez, J. A., Sardá, R. 2008. Seasonal evolution of beach waste and litter during the bathing season on the Catalan coast. *Waste manag.* 28, 2604-2613. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.11.012>.
- Asensio-Montesinos, F., Anfuso, G., Randerson, P., Williams, A.T. 2019. Seasonal comparison of beach litter on Mediterranean coastal sites (Alicante, SE Spain). *Ocean. Coast. Manage.* 181, 104914. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104914>.
- Baptista Neto, J.A., Fonseca, E.M. 2011. Seasonal, spatial and compositional variation of debris along the beaches of the eastern shore of Guanabara Bay (Rio de Janeiro) in the period 1999–2008. *J. Integr. Coast. Zone Manag.* 11, 31–39.
- Barletta, M., Lima, A.R., Costa, M.F. 2019. Distribution, sources and consequences of nutrients, persistent organic pollutants, metals and microplastics in South American estuaries. *Sci. Total Environ.* 651, 1199-1218. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.276>.
- Botero, C.M., Cervantes, O., Finkl, C.W. (Eds.), 2018. *Beach Management Tools: Concepts, Methodologies and Case Studies*. Coastal Research Library. 24 Springer International Publishing, Dordrecht.
- Chen, C.L. 2015. Regulation and management of marine litter. In: *Marine anthropogenic litter*. Springer, Cham. 395-428. DOI: 10.1007/978-3-319-16510-3_15.
- Critchell, K., Grech, A., Schlaefel, J., Andutta, F.P., Lambrechts, J., Wolanski, E., Hamann, M., 2015. Modelling the fate of marine debris along a complex shoreline: lessons from the great barrier reef. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 167, 414–426. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2015.10.018>.
- Cruz, C.J., Muñoz-Perez, J.J., Carrasco-Braganza, M.I., Lopez-Garcia, P., Contreras, A., Silva, R., 2020. Beach cleaning costs. *Ocean. Coast. Manage.* 188, 105118. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105118>.
- Davenport, J., Davenport, J., 2006. The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: A review. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 67, 280-292. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2005.11.026>.
- Del Vecchio, S., Jucker, T., Carboni, M., Acosta, A.T.R., 2017. Linking plant communities on land and at sea: the effects of *Posidonia oceanica* wrack on the structure of dune vegetation. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 184, 30–36. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2016.10.041>.
- Eccard, L.R., Silva, A.L.C., Silvestre, C.P., 2017. Variações morfológicas nas praias oceânicas de Niterói (RJ, Brasil) em resposta a incidência de ondas de tempestades. *Rev. Bras. Geog. Fís.* 10, 206-218. <https://doi.org/10.5935/1984-2295.20170011>.
- Farias, S.C.G., 2014. Accumulation of waste disposal in coastal environments: the ocean beach Piratininga - Niterói/RJ. *Geo. Uerj.* 2, 276-296. <http://dx.doi.org/10.12957/geouerj.2014.9884>.
- GESAMP, 2015. Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: a global assessment. In: Kershaw, P.J. (Ed.), (IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection). *Rep. Stud. GESAMP*, 90, p. 96.
- Gheskiere, T., Vincx, M., Greet, P., Degraer, S., 2006. Are strandline meiofaunal assemblages affected by a once-only mechanical beach cleaning? Experimental findings. *Mar. Environ. Res.* 61, 245-264. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2005.10.003>.
- Giovacchini, A., Merlino, S., Locritani, M., Stroobant, M., 2018. Spatial distribution of marine litter along Italian coastal areas in the Pelagos sanctuary (Ligurian Sea - NW Mediterranean Sea): a focus on natural and urban beaches. *Mar. Pollut. Bull.* 130, 140–152. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.02.042>.

- Hardesty, B.D., Lawson, T.J., Van der Velde, T., Lansdell, M., Wilcox, C., 2017. Estimating quantities and sources of marine debris at a continental scale. *Front. Ecol. Environ.* 15, 18–25. <https://doi.org/10.1002/fee.1447>.
- Hengstmann, E., Gräwe, D., Tamminga, M., Fischer, E.K. 2017. Marine litter abundance and distribution on beaches on the Isle of Rügen considering the influence of exposition, morphology and recreational activities. *Mar. Poll. Bull.* 115, 297-306. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.12.026>.
- Hidalgo-Ruz, V., Honorato-Zimmer, D., Gatta-Rosemary, M., Nunez, P., Hinojosa, I.A., Thiel, M., 2018. Spatio-temporal variation of anthropogenic marine debris on Chilean beaches. *Mar. Pollut. Bull.* 126, 516–524. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.014>.
- Honorato-Zimmer, D., Kruse, K., Knickmeier, K., Weinmann, A., Hinojosa, I.A., Thiel, M. 2019. Inter-hemispherical shoreline surveys of anthropogenic marine debris - A binational citizen science project with schoolchildren. *Mar. Poll. Bull.* 138, 464-473. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.048>.
- IBGE, 2018. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. On: <http://www.ibge.gov.br/>.
- Jambeck, J.R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T.R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science.* 347, 768–771. DOI: 10.1126/science.1260352.
- Jorgensen, B., Krasny, M., Baztan, J. 2021. Volunteer beach cleanups: civic environmental stewardship combating global plastic pollution. *Sustain. Sci.* 16, 153-167.
- Kandziora, J. H., Van Toulon, N., Sobral, P., Taylor, H. L., Ribbink, A. J., Jambeck, J. R., Werner, S. 2019. The important role of marine debris networks to prevent and reduce ocean plastic pollution. *Mar. Pollut. Bull.* 141, 657-662. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.034>.
- Kelly, J.F. 2014. Effects of human activities (raking, scraping, off-road vehicles) and natural resource protections on the spatial distribution of beach vegetation and related shoreline features in New Jersey. *J. Coast. Conserv.* 18, 383–398.
- Klein, A.H.F., Short, A.D. 2016. Brazilian beach systems: Introduction. In: Short, A.D. Klein, A.H.F. (Eds.). *Coastal Research Library*, Springer, Cham. 17, 1-35. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30394-9_1.
- Kosior, E., Crescenzi, I. 2020. Solutions to the plastic waste problem on land and in the oceans. In *Plastic Waste and Recycling*. Acad. Press. 415-446. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817880-5.00016-5>.
- Lebreton, L. C., Van Der Zwet, J., Damsteeg, J. W., Slat, B., Andrady, A., Reisser, J. 2017. River plastic emissions to the world's oceans. *Nat. Commun.* 8, 15611. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>.
- Lima, A. R., Silva, M. D., Possatto, F. E., Ferreira, G. V., Krelling, A.P. 2020. Plastic Contamination in Brazilian Freshwater and Coastal Environments: A Source-to-Sea Transboundary Approach. In: *The Handbook of Environmental Chemistry*. (Eds), Springer, Berlin, Heidelberg. 1-34. https://doi.org/10.1007/698_2020_514.
- Löhr, A., Savelli, H., Beunen, R., Kalz, M., Ragas, A., Van Belleghem, F. 2017. Solutions for global marine litter pollution. *Curr. Opin. Env. Sust.* 28, 90-99. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.08.009>.
- Luijendijk, A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G., Aarninkhof, S. 2018. The state of the world's beaches. *Sci. Rep.* 8, 1-11.
- Morton, J.K., Ward, E.J., de Berg, K.C., 2015. Potential small- and large-scale effects of mechanical beach cleaning on biological assemblages of exposed sandy beaches receiving low inputs of beach-cast macroalgae. *Estuar. Coasts.* 38, 2083–2100. <https://doi.org/10.1007/s12237-015-9963-1>.
- Muehe, D., 2003. Beach morphodynamics research in Brazil: evolution and applicability. *J. Coast. Res.* 35, 32–42. www.jstor.org/stable/40928746.
- Nachite, D., Maziane, F., Anfuso, G., Macias, A., 2018. Beach litter characteristics along the Moroccan Mediterranean coast: Implications for coastal zone management. In: Botero, C., Cervantes, O., Finkl, C. (Eds), *Beach Management Tools - Concepts, Methodologies and Case Studies*. Coastal

Research Library. Springer, Cham. 24, 795-819. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58304-4_40.

- Niterói, 2002. Prefeitura Municipal. Lei nº 1.968, de 04 de abril de 2002. Institui o Plano Urbanístico da Região Oceânica, dispendo sobre diretrizes gerais, políticas setoriais, zoneamento ambiental, ordenação do uso e da ocupação do solo e aplicação de instrumentos de política urbana na região. Niterói: Procuradoria Geral do Município. <http://urbanismo.niteroi.rj.gov.br>.
- Ocean Conservancy, 2017. Together for Our Ocean: International Coastal Cleanup 2017 Report. Ocean Conservancy, Washington, DC.
- Oliveira, A.L., Tessler, M.G., Turra, A., 2011. Distribuição de lixo ao longo de praias arenosas: estudo de caso na praia de Massaguaçu, Caraguatatuba, SP. *J. Integr. Coast. Zone Manag.* 11, 75-84.
- Perez, L., Soares-Gomes, A., Bernardes, M.C., 2019. A case study on the influence of beach kiosks on marine litter accumulating in Camboinhas beach, Southeast Brazil. *J. Coast. Conserv.* 22, 1085-1092. <https://doi.org/10.1007/s11852-018-0615-z>.
- Plastics Europe, 2011. *Plastics - The Facts 2011: An Analysis of European Plastic Production, Demand and Recovery for 2010*. European Association of Plastics Manufacturers, Brussels. 1-32.
- Rosa Filho, J.S., Corte, N.C., Maria, T.F., Colling, L.A., Denadai, M.R., da Rosa L.C., Borzone, C.A., Almeida, T.C.M., Zalmon, I.R., Omena, E., Veloso, V.G., Amaral, A.C.Z. 2015. Monitoramento de longo prazo da macrofauna bentônica entremarés de praias arenosas. In: Turra, A., Denadai, M.R. (Eds), *Protocolos para o Monitoramento de Habitats Bentônicos Costeiros - Rede de Monitoramento de Habitat Bentônicos Costeiros - ReBentos*. São Paulo, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 94-208. <https://doi.org/10.7476/9788598729251.0015>.
- Rueda, N., 2011. La eficiencia y su importancia en el sector público. *eXtoikos*. 1, 38-47.
- Santos, I. R., Friedrich, A. C., Do Sul, J.A.I. 2009. Marine debris contamination along undeveloped tropical beaches from northeast Brazil. *Environ. Monit. Assess.* 148, 455-462. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0175-z>.
- Serra-Gonçalves, C., Lavers, J.L., Bond, A.L. 2019. Global review of beach debris monitoring and future recommendations. *Environ. Sci. Technol.* 53, 12158-12167. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01424>.
- Siliceo, A., 2004. *Capacitación y desarrollo de personal*. México: Limusa. 978, 968-1863.
- Silva, M.L., Araújo, F.V., Castro, R.O., Sales, A.S., 2015. Spatial-temporal analysis of marine debris on beaches of Niterói, RJ, Brazil: Itaipu and Itacoatiara. *Mar. Pollut. Bull.* 92, 233-236. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.12.036>.
- Silva, M. L., Sales, A. S., Martins, S., de Oliveira Castro, R., Araújo, F. V. 2016. The influence of the intensity of use, rainfall and location in the amount of marine debris in four beaches in Niteroi, Brazil: Sossego, Camboinhas, Charitas and Flechas. *Mar. Pollut. Bull.* 113, 36-39. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.10.061>.
- Silva, M. L., Castro, R. O., Sales, A. S., Araújo, F. V. 2018. Marine debris on beaches of Arraial do Cabo, RJ, Brazil: An important coastal tourist destination. *Mar. Pollut. Bull.* 130, 153-158. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.03.026>.
- Steiner, P., Trespeuch, M., 2016. Marchés contestés: contestations morales et populations vulnérables. *Rev. Antrop.* 41, 46-77. <https://doi.org/10.22409/antropolitica2016.0i41.a488>
- Stelmack, Ê. O., Vieira, C.V., Cremer, M.J., Kroll, C., 2018. Lixo marinho em ambientes costeiros: o caso da Praia Grande na Ilha de São Francisco do Sul/SC, Brasil. *Geo. Sul.* 33, 11-28. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2018v33n66p11>
- United Nations, 2018. *About the sustainable development goals*. New York, New York, USA. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals>.
- Unger, S., Müller, A., Rochette, J., Schmidt, S., Shackeroff, J., Wright, G., 2017. Achieving the sustainable development goal for the oceans. *IASS Policy Brief*. 1, 1-12.
- UNWTO, 2017. *Tourism Highlights*. United Nations World Tourism Organization.

- Van Rensburg, M. L., S'phumelele, L. N., Dube, T. 2020. The 'plastic waste era'; social perceptions towards single-use plastic consumption and impacts on the marine environment in Durban, South Africa. *App. Geo.* 114, 102132. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.102132>.
- Williams, A. T., Rangel-Buitrago, N. 2019. Marine litter: Solutions for a major environmental problem. *J. Coast. Res.* 35, 648-663.
- Williams, A.T., Rangel-Buitrago, N.G., Anfuso, G., Cervantes, O., Botero, C.M., 2016a. Litter impacts on scenery and tourism on the Colombian north Caribbean coast. *Tour. Manag.* 55, 209–224. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2016.02.008>.
- Williams, A.T., Randerson, P., Di Giacomo, C., Anfuso, G., Macias, A., Perales, J.A., 2016b. Distribution of beach litter along the coastline of Cadiz, Spain. *Mar. Pollut. Bull.* 107, 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.015>.
- Willis, K., Denise Hardesty, B., Kriwoken, L., 2017. Differentiating littering, urban runoff and marine transport as sources of marine debris in coastal and estuarine environments. *Sci. Rep.* 7, 44479. <https://doi.org/10.1038/srep44479>.
- Yanes, A., Botero, C.M., Arrizabalaga, M., Guillermo Vásquez, J., 2018. Methodological proposal for ecological risk assessment of the coastal zone of Antioquia, Colombia. *Ecol. Eng.* 130, 241-242. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.12.010>.
- Zielinski, S., Botero, C.M., Yanes, A., 2019. To clean or not to clean? A critical review of beach cleaning methods and impacts. *Mar. Pollut. Bull.* 139, 390–401. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2018.12.027>.