



Amazônia Oriental



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

KAYURY SERRÃO DA SILVA RODRIGUES

**FATORES RELACIONADOS À DEPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
EM UMA PRAIA FLÚVIO-ESTUARINA AMAZÔNICA**

**BELÉM-PA
2023**

KAYURY SERRÃO DA SILVA RODRIGUES

**FATORES RELACIONADOS À DEPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
EM UMA PRAIA FLÚVIO-ESTUARINA AMAZÔNICA**

Dissertação apresentada para o Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Curso de Mestrado, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências para a obtenção de grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e dinâmica socioambiental na Amazônia.

Linha de pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho

**BELÉM-PA
2023**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBDSistema
de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)**

R696f Rodrigues, Kayury Serrão da Silva.
Fatores relacionados à deposição de resíduos sólidos em uma
praia flúvio-estuarina amazônica / Kayury Serrão da Silva
Rodrigues. — 2023.
60 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. José Eduardo Martinelli Filho
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais, Belém, 2023.

1. Plástico. 2. Lixo marinho. 3. Manejo costeiro. 4.
Amazônia. 5. praia de Beja. I. Título.

CDD 363.739098115

KAYURY SERRÃO DA SILVA RODRIGUES

**FATORES RELACIONADOS À DEPOSIÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS
EM UMA PRAIA FLÚVIO-ESTUARINA AMAZÔNICA**

Dissertação apresentada para o Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Curso de Mestrado, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências para a obtenção de grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Clima e dinâmica socioambiental na Amazônia.

Linha de pesquisa: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais

Data da Defesa: 26 / 10 / 2023

Banca Examinadora:

José E. Martinelli Filho

Prof. José Eduardo Martinelli Filho - Orientador
Doutor em Oceanografia
Universidade Federal do Pará

Cláudio moisés Santos e Silva

Prof. Cláudio Moisés Santos da Silva- Membro externo
Doutor em Meteorologia
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

José Francisco Berrêdo Reis da Silva

Prof. José Francisco Berrêdo Reis da Silva-Membro interno
Doutor Geologia e Geoquímica
Universidade Federal do Pará

Daiane E. Aviz Silva

Prof^a. Daiane Evangelista Aviz da Silva - Membro externo
Doutora em Ecologia Aquática e Pesca
Museu Paraense Emílio Goeldi

AGRADECIMENTOS

A Deus por me abençoar, proteger e guiar o meu caminho e nos momentos mais difíceis ter me dado força para seguir em frente.

A meus pais Celeste Melo Serrão e José Antônio Marques da Silva, por sempre estarem ao meu lado, pelo apoio indispensável em todos os momentos e por terem feito de tudo para me proporcionar um ensino de qualidade.

Ao meu esposo Tiago de Sarges Rodrigues, por me ajudar durante as coletas e análises do material. Pelo apoio nesse momento importante, pelo companheirismo e paciência.

Agradeço a Universidade Federal do Pará (UFPA) e ao Programa de Pós Graduação em Ciências ambientais (PPGCA) pela formação e pela oportunidade de estar vivendo este momento tão importante na minha carreira.

A todos os professores e funcionários do PPGCA pela dedicação e empenho em repassar os seus saberes e pela estrutura oferecida durante o curso.

Ao meu orientador, Professor Dr. José Eduardo Martinelli Filho, por todo conhecimento repassado, por se fazer presente em todas as etapas da elaboração deste trabalho e por compreender e entender minhas dificuldades.

Aos professores da banca, Dr. Cláudio Moisés Santos da Silva, Dr. José Francisco Berrêdo R. da Silva e Dra. Daiane Evangelista Aviz, pela disponibilidade e pelas contribuições para a realização deste trabalho.

A todos aqueles que fizeram parte da minha trajetória, a todos que contribuíram de forma direta ou indiretamente para que este trabalho fosse concluído.

RESUMO

O Brasil possui uma zona costeira de 8.698 km de extensão, a qual abriga cerca de 400 municípios e uma elevada densidade populacional, pois é fonte de múltiplas atividades geradoras de renda. Contudo, a falta de infraestrutura e o descarte inadequado de resíduos fazem com que a zona costeira se torne área de descarte de resíduos. Como consequência da falta de programas adequados de descarte, são gerados uma grande quantidade de resíduos, que em sua maioria são descartados de forma incorreta e acarretam danos sociais, ambientais e econômicos. Apesar da importância ambiental e social, estudos são escassos sobre estimativas de quantidade de resíduos e sua distribuição em ambientes costeiros da Amazônia. O objetivo desse trabalho foi identificar, quantificar e qualificar a ocorrência de resíduos sólidos encontrados em uma praia flúvio-estuarina (praia de Beja, Abaetetuba-PA) e possíveis padrões espaciais e temporais de deposição. A praia foi dividida em duas áreas: nordeste e sudoeste com amostragem em dois níveis (intermarés na altura da linha de deixa e intermarés inferior); 12 campanhas de amostragens foram realizadas, seis no período chuvoso (março a maio de 2022) e seis no menos chuvoso (outubro a novembro de 2022), em dois regimes de marés (sizígia e quadratura). Durante o período chuvoso foram coletados um total de 902 itens, com uma massa total de 70,38 kg (média de 1,87 itens/m² e 0,141 kg/m²) e durante o período menos chuvoso foram coletados um total de 536 itens, com uma massa de 12,99 kg (média de 1,07 itens/m² e 0,026 kg/m²). Observou-se que os itens mais coletados durante as campanhas foram os itens plásticos de uso único. Observou-se maior quantidade de itens, tanto no período chuvoso quanto no período menos chuvoso, na intermaré superior, no setor SW e durante as marés de quadratura ($p < 0,01$). Em relação a massa, observou-se diferença significativa para a sazonalidade e zonação. Constatou-se diferenças significativas na relação entre fatores como a zonas dos intermarés, para ambos os períodos sazonais e níveis da maré. Em estudos realizados em outras regiões do território brasileiro observaram também que os resíduos sólidos mais encontrados foram os provenientes do plástico, principalmente os de uso único. Um dos fatores que pode justificar essa ocorrência é o fato de que o mercado investe de maneira crescente em embalagens e plásticos de uso único e o consumo dos mesmos por banhistas frequentadores da praia em questão. O descarte inapropriado faz com que esses materiais sejam descartados incorretamente no meio ambiente. Os resultados

aqui descritos fornecem aos gestores subsídios para que possam traçar estratégias mais eficazes para gestão, manejo e limpeza de praias da região.

Palavras-chave: plástico; lixo marinho; manejo costeiro; Amazônia; praia de Beja.

ABSTRACT

Brazil has a coastline that stretches for 8,698 kilometers, housing over 400 municipalities and a high population density, as it serves as a source of multiple income-generating activities. However, the lack of infrastructure and improper waste disposal lead to the dumping and accumulation of trash at the coastal zone. As a result of high consumption, a significant amount of waste is generated, most of which is discarded incorrectly and leads to social, environmental, and economic damage. Despite its environmental and social significance, studies are scarce on estimates of the quantity of waste and its distribution in coastal environments of the Amazon. The objective of this study was to identify the occurrence, abundance, distribution, and types of waste found on a fluvial-estuarine beach (Beja Beach, Abaetetuba-PA) and possible spatial and temporal deposition patterns. The beach was divided into two areas: northeast and southwest, with sampling at two levels (intertidal at the low tide line and lower intertidal); collections took place during the rainy season (March to May 2022) and the less rainy season (October and November 2022). In each seasonal period, six samplings were conducted, with three during spring tides and three during neap tides. During the rainy season, a total of 902 items were collected, with a total mass of 70.38 kg (an average of 1.87 items/m² and 0.141 kg/m²), and during the less rainy season, a total of 536 items were collected, with a mass of 12.99 kg (an average of 1.07 items/m² and 0.026 kg/m²). It was observed that the most collected items during the 12 campaigns were single-use plastics. There was a higher quantity of items, both in the rainy and less rainy seasons, in the upper intertidal zone, in the SW sector, and during spring tides ($p < 0.01$). Regarding mass, significant differences were observed for seasonality and zonation. Significant differences were found in the relationship between factors such as intertidal zones for both seasonal periods and tidal levels. Studies conducted in other regions of Brazilian territory also observed that the most found solid waste was plastic, especially single-use plastics. One of the factors that can explain this occurrence is the fact that the market increasingly invests in packaging and single-use plastics and the use of such products by beachgoers in the referred beach. Improper disposal leads to the incorrect disposal of these materials in the environment. The results described here provide managers with information to develop

more effective strategies for the management, handling, and cleaning of beaches in the region.

Keywords: plastic; marine litter; coastal management; Amazon; Beja beach.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Setor central da praia de Beja, município de Abaetetuba-PA, durante a maré cheia.....	21
Figura 2- Praia de Beja, município de Abaetetuba-PA, durante a maré seca.....	22
Figura 3- Delineamento amostral adotado para obtenção de dados sobre deposição de resíduos sólidos na praia de Beja, Abaetetuba (PA)	23
Figura 4- Localização da Praia de Beja, município de Abaetetuba, indicando os pontos de coleta. Adaptado de Google Earth. A: América do Sul com destaque para a zona costeira amazônica. B: complexo estuarino associado ao delta amazônico. C: praia de Beja.....	24
Figura 5- Setor Nordeste, quadrante nº 05, intermaré superior. Mostra deposição de resíduos naturais e antrópicos sobre a linha de deixa junto à formação de vegetação densa.....	25
Figura 6- Área com vegetação rasteira.....	25
Figura 7- Amostra de material coletado. A - Embalagem plástica. B- Fragmento de copo descartável sendo pesado em balança analítica..	27
Quadro 01- Classificação dos resíduos sólidos de acordo com os tipos de uso	28
Figura 8- Abundância relativa de resíduos sólidos entre os tratamentos durante o período chuvoso na praia de Beja, Abaetetuba, PA.....	33
Figura 9- Gráfico aluvial, demonstrando as proporções de resíduos sólidos coletados entre os tratamentos: zonação (intermaré superior e inferior), setor (nordeste e sudeste), estação (chuvoso e menos chuvoso) e maré (sizígia e quadratura) para a praia de Beja, Abaetetuba, PA.	34
Figura 10- Resíduos sólidos coletados durante o período chuvoso (março a abril de 2022) na praia de Beja, Abaetetuba (PA). Q: quadratura; S: sizígia.....	35
Figura 11- Total de material coletado (unidades) durante o período menos chuvoso (outubro e novembro de 2022), na praia de Beja, Abaetetuba (PA) quanto ao tipo. Q: quadratura; S: sizígia.....	36
Figura 12- Itens plásticos coletados durante o período chuvoso e menos chuvoso (março a abril, outubro e novembro de 2022) na praia de Beja, Abaetetuba, PA..	36

Figura 13- Classificação dos resíduos sólidos de acordo com os tipos de uso.	37
Figura 14- Análise Canônica das principais coordenadas (ACP), demonstrando a variabilidade dos dados coletados entre os tratamentos (sazonalidade, zonação e maré)	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 01- Datas de realização das amostragens para os períodos chuvoso e menos chuvoso na praia de Beja, Abaetetuba, PA..	26
Tabela 02- Tábuas de Marés com a amplitude em metros, para os portos de Vila do Conde no ano de 2022 e para as datas as quais foram realizadas as coletas. Em negrito: maré no horário mais próximo à realização da coleta. Q: quadratura; S: sizígia.	26
Tabela 03- Classificação dos resíduos sólidos quanto a composição.	28
Tabela 04- Total em quantidade (U) e massa (kg) dos materiais coletados entre os tratamentos na praia de Beja, Abaetetuba, PA. U: unidade; P: massa (kg) ..	31
Tabela 05- Total em quantidade (U) e massa (kg) dos materiais por m ² coletados entre os tratamentos na praia de Beja, Abaetetuba, PA.	32
Tabela 06- Resultados dos testes de Mann-Whitney para os tratamentos testados, utilizando a quantidade de resíduos totais em unidade como variável. Em negrito: valores significativos.	38
Tabela 07- Resultados dos testes de Mann-Whitney para os tratamentos testados, utilizando a massa total de resíduos em cada quadrante como variável. Em negrito: valores significativos.	39
Tabela 08- Resultados do teste PERMANOVA three-way, para os dados de quantidade de resíduos entre os tratamentos e suas interações.	39
Tabela 09- Resultados do teste PERMANOVA three-way, para os dados de massa de resíduos entre os tratamentos e suas interações.	40
Tabela 10- Resultados do teste PERMANOVA three-way, para os dados de quantidade, massa e tamanho de resíduos entre os tratamentos e suas interações	40
Tabela 11- Resultados dos testes para par das interações geradas pela PERMANOVA three-way, para os dados de quantidade, massa e tamanho de resíduos.	41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA	16
3	HIPÓTESE	18
4	OBJETIVOS	19
4.1	Objetivo geral	19
4.2	Objetivos específicos	19
5	ÁREA DE ESTUDO	20
6	MATERIAIS E MÉTODOS	23
6.1	Desenho amostral	23
6.2	Análises laboratoriais	27
6.3	Análise de dados	29
6.3.1	Análises multivariadas	30
7	RESULTADOS	31
7.1	Análise quantitativa dos resíduos sólidos	31
7.2	Classificação dos materiais segundo a composição	34
7.3	Classificação dos materiais de acordo com os tipos de uso	37
7.4	Análises estatísticas	38
8	DISCUSSÃO	44
9	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS	48
	FONTES DE FINANCIAMENTO	53
	APÊNDICE A – Quantidade de itens coletados durante o período chuvoso (abril e maio de 2022) na praia de Beja, classificados segundo seu material de composição.....	54
	APÊNDICE B – Quantidade de itens coletados durante o período menos chuvoso (outubro e novembro de 2022) na praia de Beja, classificados segundo seu material de composição	56
	APÊNDICE C – Quantidade de itens coletados durante o período chuvoso (abril e maio de 2020) na praia de Beja, classificados de acordo com o seu tipo de uso	58

1 INTRODUÇÃO

A zona costeira Brasileira abrange aproximadamente 400 municípios em 17 estados e possui uma extensão de 8.500 km (Ministério do Meio Ambiente, 2023). Observa-se também uma tendência de crescimento populacional nessas áreas por diversos motivos, dentre eles o uso recreacional, uma vez que oferecem de forma gratuita espaços para realização de atividades de recreação e turismo, tornando-se importante fonte de renda para população local (Araújo; Costa, 2016).

A prática de atividades econômicas como pesca, atividades portuárias, exploração de recursos minerais (óleo e gás), somados a épocas de grande visitação turística, onde são produzidos uma maior quantidade de lixo nas praias, ocasionam efeitos ambientais e socioeconômicos negativos. Destacam-se impactos como estrangulamento de animais por pesca fantasma, transporte de espécies exóticas, comprometimento estético, diminuição do turismo e danos diretos e indiretos a saúde humana (Silva *et al.*, 2018).

Para que possam ser gerenciados adequadamente os resíduos sólidos no Brasil são classificados levando em consideração seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública. Segundo a Lei Federal nº 12.305/2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), dispõe sobre os princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Em seu art. 03º define resíduos sólidos como: “material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.” (Brasil, 2010).

Já segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 10004/1987, os resíduos sólidos são classificados como “resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição”, podendo ainda ser classificados em: resíduos classe I - Perigosos; resíduos classe II – Não perigosos; resíduos classe II A – Não inertes; resíduos classe II B – Inertes. (ABNT, 1987).

Todavia, um dos resíduos de origem antrópica mais encontrados no meio ambiente são os plásticos, devido ao volume e descarte inadequado e ao longo período de decomposição no meio ambiente. Esse material é utilizado em vários produtos e diferentes setores industriais e a sua produção vem aumentando significativamente nas últimas décadas. A procura por produtos plásticos se dá principalmente pelo seu baixo custo, alta durabilidade, sua resistência à radiação, corrosão, pressão e maleabilidade (Geyer *et al.*, 2017).

A utilização dos plásticos em substituição aos materiais tradicionais como o vidro, metais e madeiras tem sido cada vez mais frequente, uma vez que os plásticos são diversos, versáteis e práticos, tornando-se indispensáveis em todos os aspectos da vida moderna (Monteiro; Sul; Costa, 2018). Entretanto, o consumo excessivo adotado atualmente pela sociedade, tem sido motivo de crescente preocupação ambiental devido à quantidade de resíduos que são gerados e não possuem um destino adequado.

O Brasil é o quarto maior produtor de plástico no mundo, porém estima-se que aproximadamente apenas 1% do material plástico pós-consumo é destinado à reciclagem (Olivatto *et al.*, 2018; Kaza *et al.*, 2018). Deste modo, uma grande porcentagem do plástico produzido é descartada inadequadamente, acarretando em danos sociais, ambientais e econômicos. A carência em políticas públicas, manejo e gerenciamento de resíduos fazem com que as áreas costeiras se tornem focos de poluição, pois são áreas de adensamento populacional e são receptores de resíduos transportados por vias fluviais e pluviais.

A interação dos animais aquáticos com o lixo descartado de forma incorreta ocasiona problemas como: dificuldade de locomoção, obstrução do trato digestivo, dificuldade de se alimentar, emaranhamento, lesões, asfixia ou estrangulamento (Araújo; Silva-Cavalcanti, 2016), falsa sensação de satisfação, diminuindo assim a quantidade de alimento ingerido (Gall; Thompson, 2015). Um exemplo para a região amazônica é o registro da morte de um exemplar de peixe-boi amazônico por ingestão de lixo plástico, que ocorreu na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá - RDSM (Silva; Marmontel, 2009).

Para a região amazônica, a falta de planejamento e expansão territorial das cidades têm gerado uma série de problemas socioambientais (Souza, 2021). Até meados do século XX as cidades litorâneas da costa amazônica brasileira se

caracterizavam como pequenas vilas de pescadores artesanais. Contudo, devido a expansão rodoviária, urbanização e o desenvolvimento do turismo, essas áreas passaram a sofrer modificações em sua composição (Souza, 2021).

O descarte inadequado e sem tratamento de resíduos sólidos em ambientes aquáticos é uma realidade no Brasil e no litoral da costa amazônica (Giarrizzo *et al.*, 2019). Apesar dos impactos ambientais e da onipresença do lixo na zona costeira e ambientes aquáticos da Amazônia, a literatura científica sobre a presença e distribuição de resíduos sólidos ainda é bastante restrita em praias e com foco principalmente em microplásticos (e.g. Martinelli Filho; Monteiro, 2019).

Segundo a lei estadual do governo do Pará n° 9.064 de 25 de maio de 2020, a zona costeira do estado é dividida em cinco setores. Os municípios de Abaetetuba, juntamente com Ananindeua, Barcarena, Belém, Benevides, Marituba, Santa Bárbara do Pará, Santa Isabel do Pará, Inhangapi e Castanhal representam o setor III, denominado de continental estuarino. A região metropolitana de Belém é composta por sete municípios que estão presentes no setor III: Belém, Ananindeua, Benevides, Castanhal, Marituba, Santa Bárbara do Pará e Santa Isabel do Pará, que juntos representam 24,08% da população do estado, sendo a segunda regiões metropolitanas mais populosas da Amazônia (IBGE, 2022).

O município de Abaetetuba, localizado no estado do Pará, é considerado uma cidade de médio porte (entre 150 a 750 mil habitantes), com uma população de 158.188 habitantes. É a sétima cidade mais populosa no estado do Pará e possui uma área territorial de 1.610,654 km² (IBGE, 2022). O distrito de Beja, localizado no município de Abaetetuba possui aproximadamente 8 mil habitantes (Rodrigues *et al.*, 2021). A praia de Beja atrai muitos visitantes, principalmente no mês de julho e desempenha um importante papel em atividades de lazer, recreação e turismo para os visitantes e a população local.

Essa praia é rica em recursos naturais e possui uma paisagem com vegetação natural preservada (Barbosa, 2010). Contudo observa-se que o descarte incorreto de resíduos sólidos, tanto na praia quanto em seu entorno, fazendo com que os resíduos se acumulem ao longo da praia podendo causar danos a fauna, flora e economia local.

Portanto, este estudo visa quantificar e qualificar os resíduos sólidos depositados em uma praia flúvio-estuarina da Amazônia brasileira, analisando sua origem e a distribuição espacial e temporal ao longo da zona de entremarés.

2 PROBLEMÁTICA E JUSTIFICATIVA

Em 2016 a produção de plásticos alcançou a marca de 396 milhões de toneladas métricas, aproximadamente 75% de todo plástico produzido já foi descartado e se toda sua capacidade de produção for utilizada, a fabricação deste material poderá aumentar em 40% até 2030 (WWF, 2019). Como consequência da grande utilização desses produtos, é gerada grande quantidade de resíduos, os quais são parcialmente descartados de forma direta ou indireta no ambiente.

Os resíduos sólidos descartados de modo incorreto são consequências de uma economia de recursos ineficientes e más práticas de gestão de resíduos, além de gerar impactos negativos de ordem ambiental e econômica. A presença de resíduos no meio ambiente pode impactar a economia local, à saúde e a segurança humana, pois a disposição de objetos pontiagudos (considerados Classe I – Perigosos, de acordo com a ABNT NBR 10004/1987), associados a substâncias tóxicas, ou ainda carregando patógenos, podem ferir e contaminar a população exposta (Santos *et al.*, 2004; Ferreira; Anjos, 2001).

Nas áreas costeiras, o descarte inadequado de resíduos sólidos também pode afetar a economia, pois a poluição da praia reduz seu potencial estético e turístico, além de gerar gastos com limpeza e contaminação da areia por agentes patogênicos (Filho *et al.*, 2011). Esses detritos podem chegar as praias tanto por transporte por meio aquático, como por resíduos sólidos deixados pelos banhistas.

Ao longo do tempo esse material depositado se fragmenta, devido a exposição a fatores físicos, químicos e biológicos e posteriormente são redistribuídos ao longo da praia pela ação dos ventos e das marés (Andrady *et al.*, 2022). Vale ressaltar que devido os plásticos possuírem uma difícil degradação e fácil dispersão, a contaminação por esses resíduos não ocorre apenas em áreas que sofrem mais com as ações antrópicas, podendo ocorrer também em praias de limitado acesso (Martinelli Filho; Monteiro, 2019).

Um dos principais resíduos sólidos produzidos pela atual sociedade são os plásticos. Em 2016 a produção de plásticos alcançou a marca de 396 milhões de toneladas métricas, aproximadamente 75% de todo plástico produzido já foi descartado e se toda sua capacidade de produção for utilizada, a fabricação deste material poderá aumentar em 40% até 2030 (WWF, 2019). Como consequência da

grande utilização desses produtos, é gerada grande quantidade de resíduos, os quais são parcialmente descartados de forma direta ou indireta no ambiente.

Os plásticos são constituídos por inúmeros polímeros diferentes e, dependendo de sua composição, densidade e forma, podem ser flutuantes, ter flutuabilidade neutra ou afundar (Cole *et al.*, 2011). Uma outra característica desse material é a sua durabilidade e difícil decomposição, tornando-o um dos mais importantes poluentes atualmente. Salienta-se também que esse material possui índice de decomposição variável, dependendo da interação com elementos ambientais como luz e radiação, umidade, abrasão, calor, microrganismos colonizadores e outras interações com a biota. Eles também possuem a capacidade de adsorver poluentes orgânicos que são tóxicos, que possuem a capacidade de bioacumulação e biomagnificação, alguns considerados neurotóxicos e cancerígenos (O'Donovan *et al.*, 2018; Prata *et al.*, 2020).

A identificação das principais fontes de resíduos de uma determinada área, especialmente ambientes dinâmicos como a zona costeira, é de suma importância para que se tenha subsídios para futuras ações governamentais, que possuam o intuito de buscar o equilíbrio entre a conservação ambiental e o desenvolvimento econômico (Dias Filho *et al.*, 2011). Fatores locais que influenciam a poluição por resíduos em praias também é de grande valia para gestores e sociedade, para que tenham informações baseadas na ciência para desempenhar ações de implementação de campanhas de conscientização, bem como fornece diretrizes adequadas para o monitoramento e mitigação efetivos sobre a potencial perda de bens econômicos e serviços ecossistêmicos (Brabo *et al.*, 2022).

Ao mesmo tempo, análises de áreas estuarinas e flúvio estuarinas no que concerne à distribuição de resíduos levando em consideração as variabilidades como a sazonalidade, o efeito da maré e o efeito da vegetação para distribuição de resíduos sólidos demandam um grande esforço científico. Deste modo, é recomendável realizar estudos com o intuito de quantificar os tipos de resíduos sólidos, sua possível origem e conhecer seus padrões de distribuição. Análises como essa são de suma importância para se compreender as causas e as consequências da presença desses resíduos, e com isso fornecer subsídios para propor estratégias que viabilizem a redução dos resíduos de origem antropogênica na praia em questão.

3 HIPÓTESE

Variações temporais como sazonalidade e altura das marés e espaciais como a linha de deixa, setor da praia e presença de vegetação, são responsáveis por padrões de deposição de resíduos sólidos em uma praia flúvio-estuarina na Amazônia.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Identificar a ocorrência, abundância, distribuição e os tipos de resíduos sólidos encontrados na praia de Beja, Abaetetuba-PA e investigar as relações entre fatores ambientais (espaciais e temporais) e a deposição de tais materiais.

4.2 Objetivos específicos

- Efetuar um levantamento quantitativo dos resíduos sólidos encontrados na praia de Beja;
- Identificar os resíduos sólidos quanto a composição e tipos de uso;
- Analisar a distribuição dos resíduos espacialmente ao longo da praia em duas posições em relação à zonação (intermaré inferior e superior);
- Analisar a distribuição de resíduos em relação à vegetação existente na praia;
- Analisar diferenças na quantidade e tipos de resíduos depositados entre a estação chuvosa e a menos chuvosa e entre as marés de sizígia e quadratura;

5 ÁREA DE ESTUDO

O Pará é o segundo maior estado do Brasil, possui uma área de aproximadamente 1.247.689,5 km², ocupando cerca de 26% de toda Amazônia Legal. Dentre os seus 144 municípios, o município de Abaetetuba apresenta uma área geográfica modesta, ocupando cerca de 0,13% do espaço territorial paraense (Barbosa, 2010). O mesmo pertence a mesorregião do Nordeste Paraense e a microrregião de Cametá, sendo a cidade-pólo da região do Baixo Tocantins (IBGE, 2022).

Abaetetuba está localizada no setor três da zona costeira do estado, denominado de Continental Estuarino (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade, SEMAS, LEI N° 9.064, de 25 de maio de 2020). A região é dominada por águas continentais, porém o regime de marés e intrusões de águas salinas dos estuários adjacentes pode ser detectada, principalmente nos meses do período menos chuvoso, de julho a novembro.

A praia onde foi realizada a pesquisa pertence ao distrito de Beja, a praia fica situada na zona fisiográfica Guajarina, à margem direita do rio Pará, afluente do Tocantins (Rodrigues *et al.*, 2021). A praia está localizada na porção mais interna do complexo estuarino do rio Pará, o qual é fortemente influenciado por um regime de meso- a macromarés (Gregório e Mendes, 2009). A amplitude da maré na região pode variar entre mínima de 0,2m e máxima de 3,2m de altura, apresentando um nível média de 1,71m (Brasil, 2023).

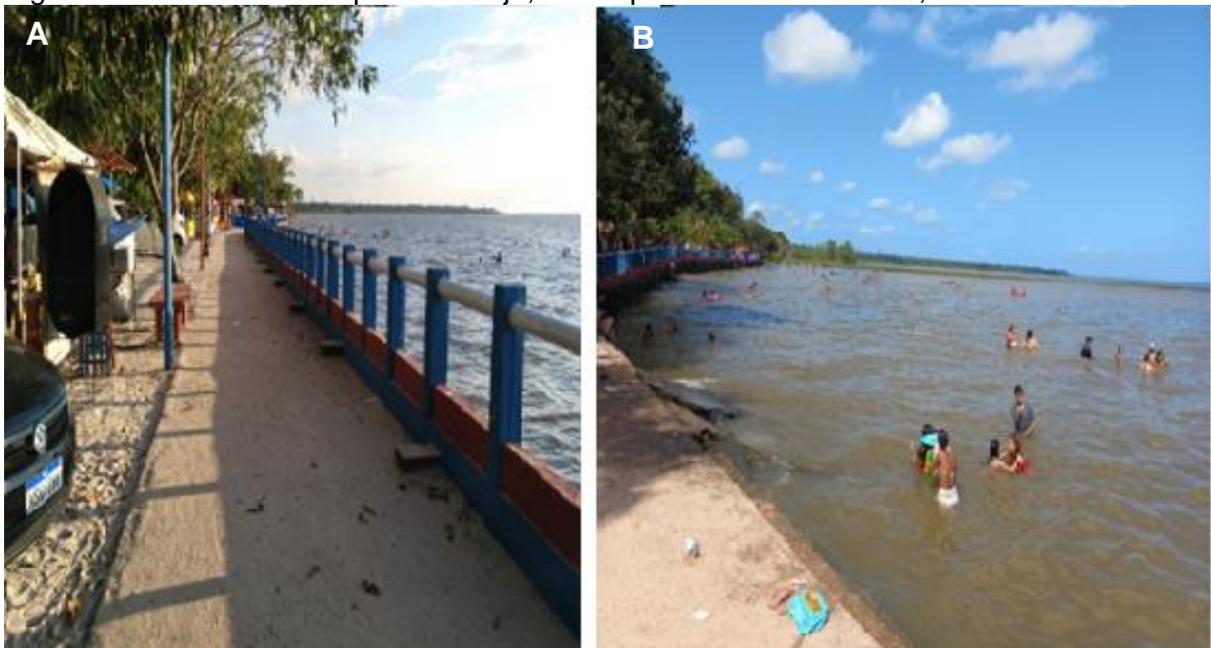
A praia de Beja apresenta um traçado aproximadamente convexo, orientado segundo a direção nordeste - sudoeste (NE-SW), este segmento praiial possui mais de 2.500 m de extensão e sua largura média desde a base da orla até a linha de maré baixa varia entre 150 e 360 m, tendo uma média de 255 m (Sousa, 2017). A região central da praia possui uma orla e muro de contenção. Nesse trecho, a água frequentemente alcança o muro e cobre toda a faixa de areia durante a maré alta.

A composição e estrutura vegetal da vila de Beja é formada por bosques de grande porte, possui espécies típicas de várzea estuarina. Na extremidade norte da praia, encontra-se a foz do igarapé Maria Coroa, pertencente a baía de Capim, possuindo uma razoável mata ciliar. O outro extremo do mesmo igarapé deságua na

mesma baía, possuindo denominação de igarapé de Beja, com a característica de vegetação de manguezal, localizado próximo a foz do rio Arapiranga (Barbosa, 2010).

A praia é espaço de lazer, tanto da população da vila, como da população da cidade de Abaetetuba e seu entorno, chegando a receber no mês de julho, aproximadamente 25 mil pessoas por final de semana (Figura 1 e 2). A praia possui uma unidade de conservação, a Área de Relevante Interesse Ecológico – ARIE “Bosque Ambiental da Vila de Beja”, criada em 23 de novembro de 2016 pelo decreto municipal nº 310/2016, com uma área de treze hectares (13 ha) e objetivo básico manter os ecossistemas naturais de importância regional e local (Abaetetuba, 2016).

Figura 1– Setor central da praia de Beja, município de Abaetetuba-PA, durante a maré cheia.



As atividades econômicas na vila de Beja são desenvolvidas em função de recursos naturais, sendo as principais a agricultura, o extrativismo, a caça e a pesca. Destaca-se a pesca do camarão e do peixe, que são usados para consumo familiar e vendidos pelos barraqueiros aos visitantes, movimentando assim a economia local (Rodrigues *et al.*, 2021).

Figura 2– Praia de Beja, município de Abaetetuba-PA, durante a maré seca.



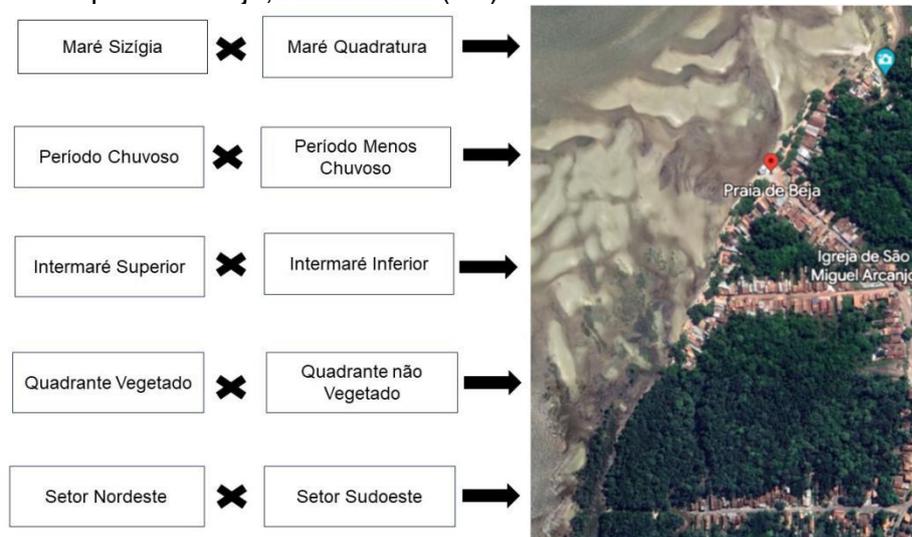
Na região é predominante o clima tropical chuvoso e está enquadrada no tipo climático Af, da classificação de Köppen, definido por um clima tropical chuvoso e sempre úmido, com uma média de precipitação anual de 2250- 3000 mm (Andrade *et al.*, 2017). A variação sazonal da precipitação no estado do Pará (Região R1) tem como característica uma estação chuvosa, que compreende o trimestre de fevereiro, março e abril, sendo o mês de março o mais chuvoso e o trimestre mais seco compreende os meses de setembro, outubro e novembro, sendo outubro é o mês que apresentou as menores precipitações (Menezes *et al.*, 2015)

6 MATERIAIS E MÉTODOS

6.1 Desenho amostral

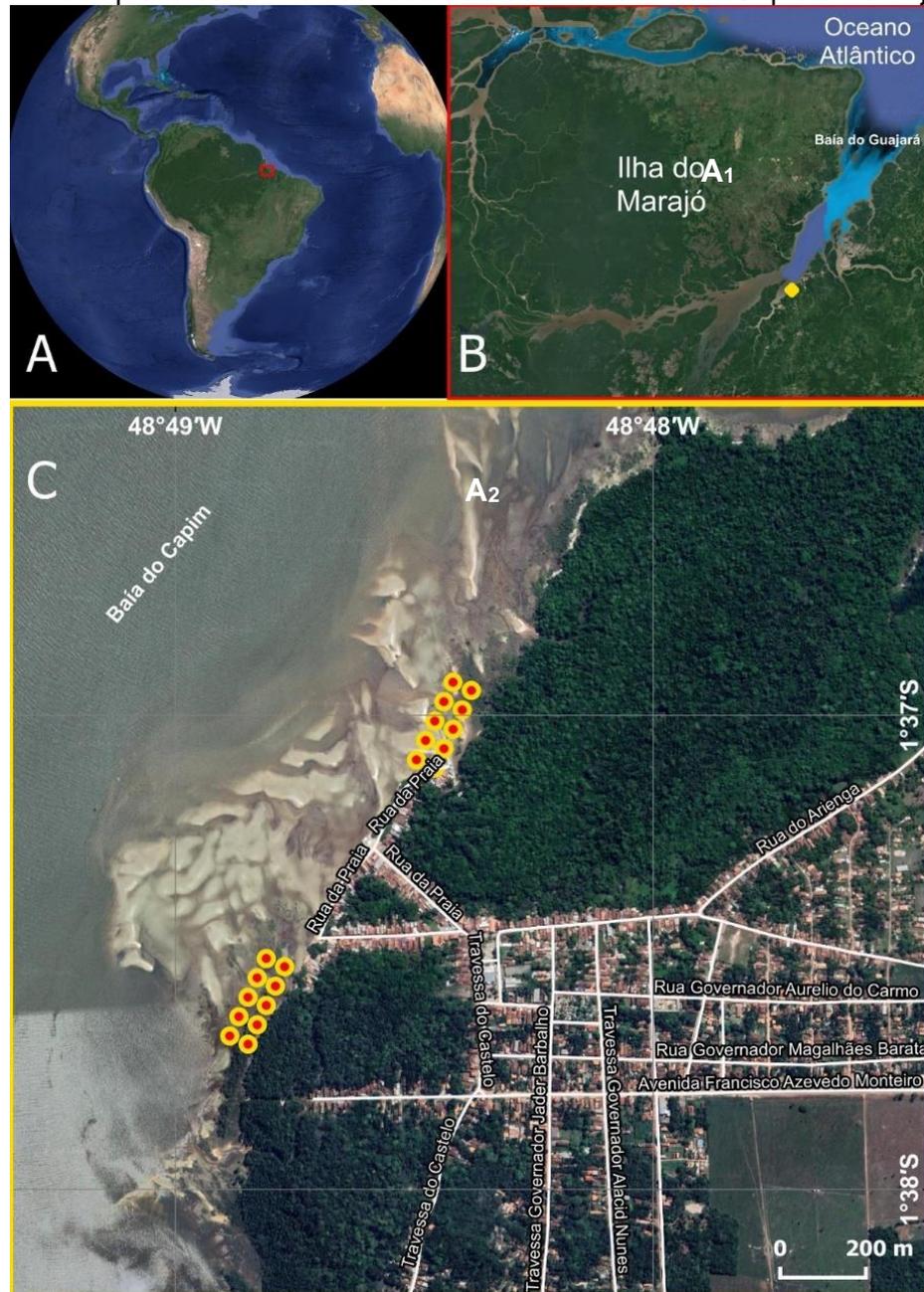
Foi utilizado um delineamento amostral com cinco fatores ambientais para realização das coletas de dados, com o intuito de observar possíveis variações de deposição dos resíduos ao longo do espaço amostral. Foram consideradas a variação temporal, sazonal e espacial (Figura 3).

Figura 3– Delineamento amostral adotado para obtenção de dados sobre deposição de resíduos sólidos na praia de Beja, Abaetetuba (PA).



Para a coleta de dados a praia de Beja foi dividida em dois setores: o primeiro na porção nordeste, menos visitadas por banhistas (A_1) e o segundo ao sudoeste, mais visitada por banhistas e que possui uma unidade de conservação em sua margem (A_2). Os setores selecionados possuem uma região de supralitoral, que permanece exposta durante a máre alta, enquanto a região central da praia é totalmente alagada durante a maré alta e foi excluída do desenho amostral. Foram analisados cinco quadrados na região de intermaré superior (próximo a limite superior, linha de deixa) e cinco quadrantes no limite inferior, próximo a margem do rio na maré baixa (intermaré inferior). Deste modo, a área total amostrada foi de 500 m² em cada campanha de amostragem (Figura 4).

Figura 4– Localização da Praia de Beja, município de Abaetetuba, indicando os pontos de coleta. Adaptado de Google Earth. A: América do Sul com destaque para a zona costeira amazônica. B: complexo estuarino associado ao delta amazônico. C: praia de Beja.



Em cada setor foram delimitados dez pontos amostrais, sendo formados por quadrados de 5x5 m (25 m²) (Figura 05), dispostos em dois níveis (zonação) e possuindo uma distância de aproximadamente 50m entre si.

Figura 5– Setor Nordeste, quadrante nº 05, intermaré superior. Mostra deposição de resíduos naturais e antrópicos sobre a linha de deixa junto à formação de vegetação densa.



As áreas selecionadas apresentam um ambiente pós-praia com vegetação, sem ocupação humana, com áreas de vegetação rasteira (Figura 6). A coleta do material foi realizada por meio de varredura visual de forma manual, onde foram coletados os resíduos presentes na superfície. Os materiais coletados foram condicionados em sacos plásticos e etiquetados.

Figura 6– Área com vegetação rasteira.



As coletas ocorreram durante o período chuvoso, nos meses de março, abril e maio de 2022. Para o período menos chuvoso ocorreram entre os meses de outubro e novembro de 2022. Em cada período sazonal foram realizadas seis coletas: três durante maré de sizígia e três em maré de quadratura, totalizando de 12 campanhas amostrais (Tabela 01).

Tabela 1– Datas de realização das amostragens para os períodos chuvoso e menos chuvoso na praia de Beja, Abaetetuba, PA.

Período	27/03/22	10/04/22	24/04/22	27/04/22	28/04/22	14/05/22
Chuvoso	Quadratura	Quadratura	Quadratura	Sizígia	Sizígia	Sizígia
Período menos	05/10/22	06/10/22	12/10/22	19/10/22	30/10/22	03/11/22
Chuvoso	Quadratura	Sizígia	Sizígia	Quadratura	Sizígia	Quadratura

Para verificar a altura de maré (m) em cada coleta foram utilizados dados do porto de Vila do Conde (DNN, Brasil) na cidade de Barcarena no ano de 2022 (Tabela 2). Esses dados tiveram por finalidade identificar as marés de sizígia e de quadratura.

Tabela 2– Tábuas de Marés com a amplitude em metros, para os portos de Vila do Conde (Barcarena – PA) no ano de 2022 e para as datas as quais foram realizadas as coletas. Em negrito: maré no horário mais próximo à realização da coleta. Q: quadratura; S: sizígia.

Período Chuvoso											
27/03 Q		10/04 Q		24/04 Q		27/04 S		28/04 S		14/05 S	
02:51	0,6	00:27	1,1	01:12	0,6	04:31	0,4	05:16	0,3	05:10	0,5
08:08	2,5	06:21	2,3	06:27	2,5	09:47	2,9	10:32	3,1	10:08	3,2
14:53	1	11:31	1,3	13:14	1	16:47	0,4	17:36	0,2	17:46	0,3
20:16	2,8	18:44	2,4	18:40	2,7	22:02	3,1	22:51	3,2	22:36	3,1
Período menos chuvoso											
05/10 S		06/10 S		12/10 S		19/10 Q		30/10 Q		03/11 Q	
01:55	1,0	03:10	0,8	00:40	3,1	06:21	2,4	02:29	3	01:47	0,9
07:42	2,7	08:55	2,9	08:14	0,2	13:38	1	10:25	0,5	07:25	2,8
15:06	0,5	16:12	0,3	13:08	3,1	19:19	2,3	15:16	2,6	14:49	0,5
20:55	2,6	21:53	2,9	20:17	0,4			22:04	0,8	20:25	2,7

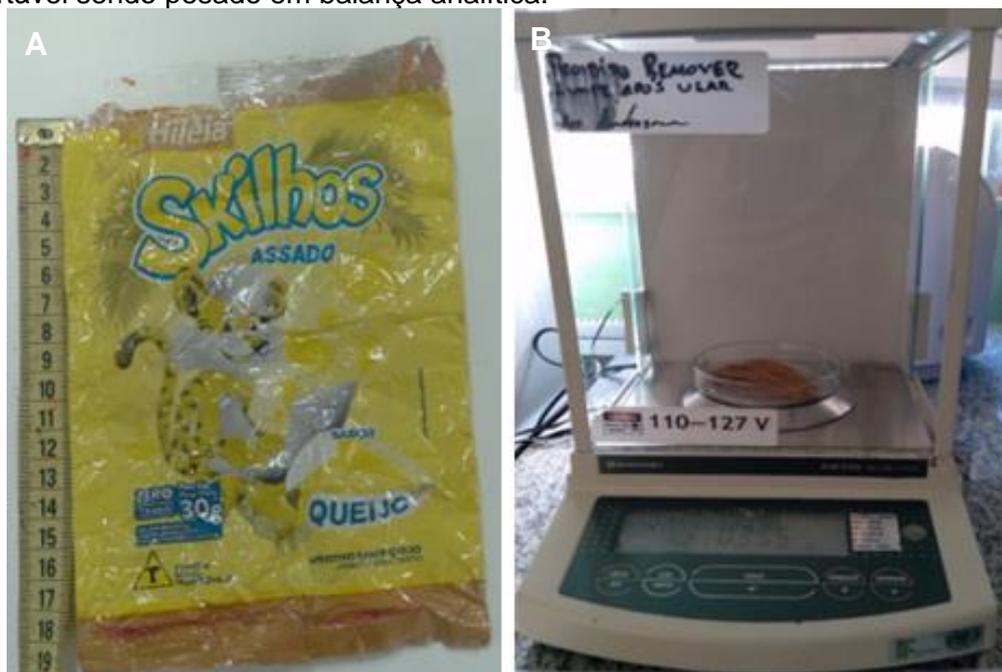
6.2 Análises laboratoriais

Em laboratório, os materiais foram retirados dos sacos plástico e em seguida foram limpos, para retirar o excesso de sedimento que pudessem influenciar em medidas como a massa. Posteriormente foi removido o excesso de água dos materiais após a lavagem. Em seguida os materiais passaram por uma triagem onde foram classificados segundo seu material de composição (Gesamp, 2019). Materiais orgânicos (resíduo natural), como resto de alimentos e de animais, bem como madeira não trabalhada, folhas e demais detritos vegetais foram considerados como resíduos de origem natural.

Após essa etapa, as amostras foram pesadas com o auxílio de uma balança digital e foram aferidas suas dimensões (comprimento e largura media) com o auxílio de uma fita métrica. As categorias de tamanho (macro- e megaplástico) foram definidas de acordo com Gesamp (2019).

Os materiais de dimensões entre 2,5 e 10 centímetros ou leves (isopores, sacolas, fragmentos de copos descartáveis) foram levados para um laboratório do Instituto Federal do Pará (IFPA, campus Abaetetuba) para serem processados (Figura 7). Vale ressaltar que alguns materiais foram processados no seu local de coleta devido a estrutura logística disponível.

Figura 7– Amostra de material coletado. **A** - Embalagem plástica. **B**- Fragmento de copo descartável sendo pesado em balança analítica.



Os dados obtidos em campo e em laboratório foram organizados e classificados em uma tabela, em relação à composição, tais como: plástico, vidro, metal, papel, madeira, tecido, misto e cerâmica (Tabela 03).

Tabela 03– Classificação dos resíduos sólidos quanto a composição.

Plásticos	garrafas; frasco, tampas, baldes, pratos, copos, canudos, potes, sacola, embalagens, brinquedos, pentes, fios, corda, redes, isopor, PVC, cano, pente, outros.
Vidro	Garrafa e fragmento.
Metal	Lata e embalagem
Papel	Embalagem
Madeira	madeira trabalhada, casco de embarcação, outros
Tecido	Fragmento de pano
Misto	Calçados, carteira, geladeira, matapi, bolsa.
Cerâmica	Lajota, tenha, tijolo

Fonte: modificado de Gesamp (2019); Araujo (2003); Lago *et al.* (2018).

Para analisar os materiais coletados considerando suas possíveis fontes, de acordo com o tipo de uso, eles foram classificados em: material de pesca, produção doméstica, lixo hospitalar, esgoto/ higiene pessoal/ cosméticos, limpeza doméstica, uso domésticos, usuário da praia, construção civil e outros (Quadro 01).

Quadro 01- Classificação dos resíduos sólidos de acordo com os tipos de uso.

CATEGORIAS	ITENSMAISCOMUNS
Material de Pesca	Cabos de nylon, fio de nylon, redes, lona, bóias, isopor, recipientes de óleo, casco de embarcação de pequeno porte.
Plásticos de uso único e embalagens	Embalagens de: alumínio, iorgute, biscoitos, salgadinhos, feijão, açúcar, café, macarrão, picolé, bombons; garrafas, tampas, potes, canudos, colher, copos, pratos descartáveis, sacolas.

Lixo hospitalar	Seringas, bolsas de soro fisiológico, frascos de medicamentos, embalagens de produtos químicos, aplicadores ginecológicos.
Esgoto/ higiene pessoal/ cosméticos.	Cotonetes, creme dental, absorventes, preservativos, recipientes de shampoo, creme de cabelo, desodorante, acetona, esmalte, pentes.
Limpeza doméstica	Embalagens de água sanitária, sabão, detergentes de uso geral, ceras, escovinhas.
Uso domésticos	Utensílios de cozinha, brinquedos, canetas, lapis, baldes, bacias, cadeira, prendedores de roupa, partes de eletrodomésticos.
Resíduos derivados do turismo	Recipientes de óleo bronzeador, protetor solar, água oxigenada, bolsa de praia, sandálias, embalagem de bebidas e óculos de sol.
Construção Civil	Lajota, tenha, tijolo, cano, madeira e PVC.
Outros	Itens cuja identificação não foi possível.

Fonte: Modificado de Gesamp (2019), Araujo (2003) e Brandão (2022).

6.3 Análise de dados

Os resultados foram fornecidos através de média de itens por m² e erro padrão. Os testes estatísticos foram selecionados segundo o tipo de dado e classificação das variáveis quanto sua normalidade e homocedasticidade, testadas respectivamente pelos testes de Shapiro-Wilk e Levene (ZAR, 1999). Dada a natureza não paramétrica da distribuição dos dados, foi utilizado inicialmente o teste Mann-Whitney para comparar as variáveis dependentes (quantidade, tamanho e massa dos resíduos) entre tratamentos (setores; zonas; marés; período sazonal).

Os seguintes testes univariados foram realizados, utilizando os dados de quantidade (unidade) e massa (g) de resíduos sólidos dos quadrantes:

- Variação temporal em relação à altura da maré: sizígia x quadratura;
- Variação sazonal: período chuvoso x menos chuvoso;

- Variação espacial: intermaré superior x intermaré inferior;
- Variação espacial: quadrantes vegetados x não vegetados;
- Variação espacial: setor Nordeste x setor Sudoeste.

6.3.1 Análises multivariadas

Para analisar efeitos e interações entre os fatores, a análise de variância multivariada permutacional (PERMANOVA) foi utilizada para testar cada variável entre os tratamentos, obtendo a interação entre estes, com valores de p obtidos por permutação, evitando assim a suposição de normalidade necessária pela análise de variância ANOVA (Anderson, 2001). As matrizes de similaridade foram baseadas no índice Bray-Curtis, indicada para dados de contagem e quantitativos, com transformação por raiz quarta (Legendre; Legendre, 2012).

Análises multivariadas foram também utilizadas para explorar possíveis padrões espaciais e temporais dos processos de deposição dos resíduos sólidos, por meio da análise de componentes principais (Principal Component Analysis - PCA) e Análise Canônica das principais coordenadas (CAP). Os dados de quantidade, massa e tamanho médio dos resíduos passaram por padronização (normalização) e transformação por $\log(x+1)$. A PERMANOVA e CAP foram baseadas na dissimilaridade de distância euclidiana (Legendre, P.; Legendre, L., 2012).

Todos os testes estatísticos utilizaram um nível de significância de 5% (ZAR, 1999). Para a análise de PERMANOVA, o grau de liberdade escolhido foi de 0,05 (Anderson, 2001).

7 RESULTADOS

7.1 Análise quantitativa dos resíduos sólidos

Observou-se que durante as 12 campanhas foram coletados uma proporção maior de resíduos no intermaré superior, além de uma maior proporção de resíduos no setor sudoeste. Em relação a sazonalidade, durante a estação mais chuvosa foram coletados uma maior proporção de resíduos durante a maré de quadratura (Figura 10).

Foram coletados durante o período chuvoso 888 unidades de resíduos classificados como macrolixo, possuindo uma massa de 37,28 kg e 14 unidade de resíduos classificados como megalixo com uma massa de 33,1 kg. A soma das categorias totalizou 902 itens coletados com massa total de 70,38 kg para a estação chuvosa. No período menos chuvoso, foram coletados 532 resíduos classificados como macrolixo possuindo uma massa de 5,65 kg e quatro unidades de megalixo possuindo uma massa de 7,34 kg. O total foi de 536 unidades de resíduos com massa total de 12,99 kg para a estação menos chuvosa. Considerando ambas as estações, foram coletados 1.438 itens com massa total dos resíduos de 83,37 kg (Tabela 04).

Tabela 04– Total em quantidade (U) e massa (kg) dos materiais coletados entre os tratamentos na praia de Beja, Abaetetuba, PA. U: unidade; P: massa (kg)

Categoria	CHUVOSO		MENOS CHUVOSO		TOTAL	
	U	M	U	M	U	M
Macrolixo	888	37,28	532	5,65	1.357	41,72
Megalixo	14	33,1	4	7,34	18	40,44
Soma	902	70,38	536	12,99	1.438	83,37

Durante o período chuvoso foram coletados $1,87 \pm 1,2$ itens/ m^2 com massa de $0,141 \text{ kg}/m^2$. Para o período menos chuvoso foram coletados $1,07 \pm 0,6$ itens/ m^2 com massa de $0,026 \text{ kg}/m^2$. Em relação à zona da praia, observou-se que no intermaré superior foram encontrados $2,5 \pm 1,2$ itens/ m^2 com massa de $0,121 \text{ kg}/m^2$ e no intermaré inferior um total de $0,434 \pm 0,3$ itens/ m^2 com massa de $0,046 \text{ kg}/m^2$.

Em relação a variação espacial, o setor nordeste apresentou 0,71 itens/m² com massa de 0,066 kg/ m², enquanto o setor sudoeste apresentou 2,23 itens/m² com massa de 0,1 kg/ m². Em relação a maré de sizígia, a mesma apresentou 1,08 itens/m² com massa de 0,105 kg/ m², enquanto a maré de quadratura apresentou 1,85 itens/m² com massa de 0,061 kg/ m². Em relação as áreas vegetadas, observou-se em quadrantes vegetados um total de 1,13 itens/m² com massa de 0,027 kg/ m², enquanto nas áreas não vegetadas foram encontrados 1,09 itens/m² com massa de 0,726 kg/ m² (Tabela 5).

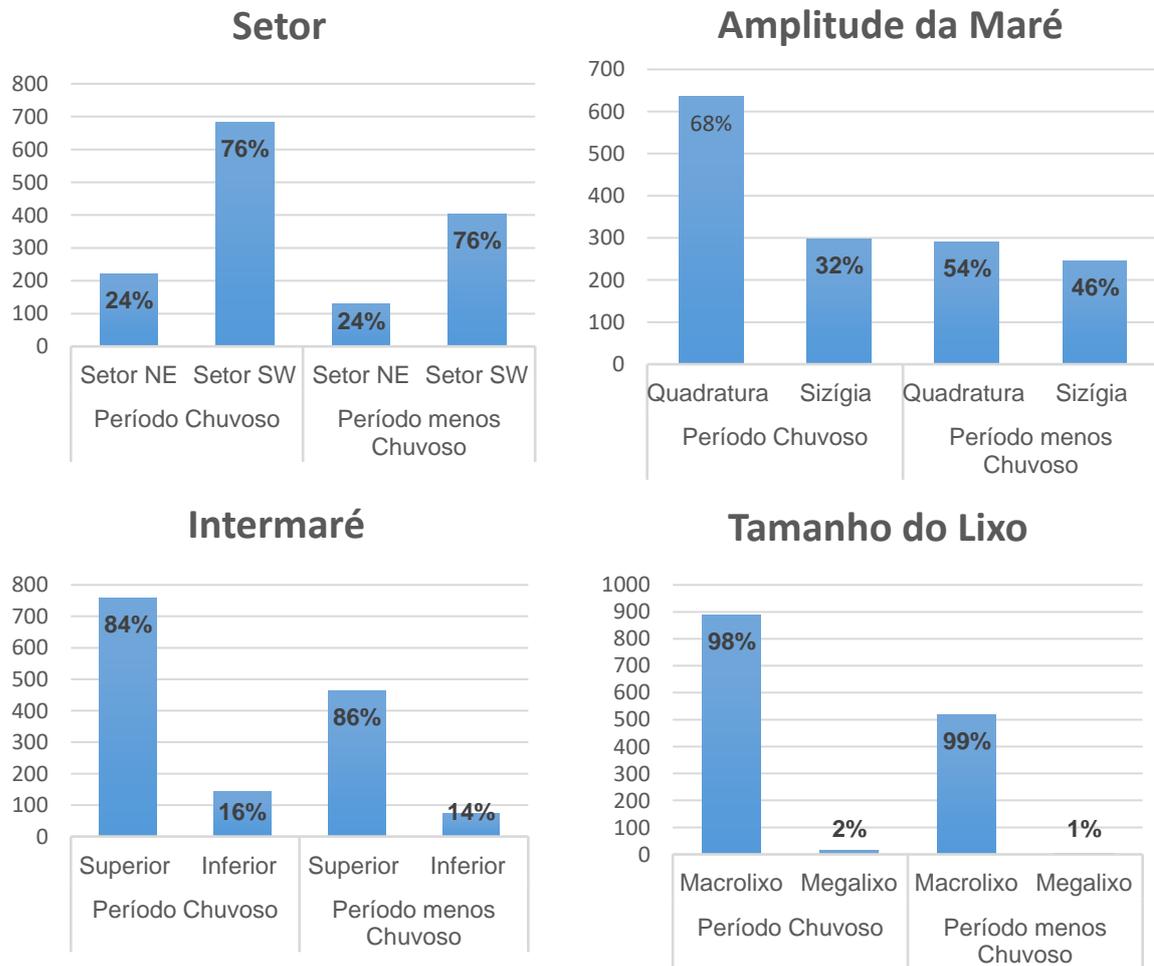
Tabela 5– Total em quantidade (U) e massa (kg) dos materiais por m² coletados entre os tratamentos na praia de Beja, Abaetetuba, PA.

Tratamento	U/ m²	Kg/ m²	U/ m²	Kg/ m²
Chuvoso x Menos Chuvoso	1,87	0,141	1,07	0,026
Intermaré superior x Intermaré inferior	2,5	0,121	0,43	0,046
Nordeste x Sudoeste	0,71	0,066	2,23	0,1
Sizígia x Quadratura	1,08	0,105	1,85	0,061
Vegetado x Não Vegetado	1,13	0,027	1,1	0,726

Para o período chuvoso, observou-se que o setor sudoeste apresentou uma maior quantidade de materiais coletados, correspondendo a 76% dos itens com massa de 46,16 kg e que durante as marés de quadraturas foram coletados 68% dos resíduos, equivalente a uma massa de 42,75 kg. Foi possível observar que 84% dos materiais foi coletado no intermaré superior, o que corresponde a 55,7 kg e 98% dos materiais coletados durante o período chuvoso são classificados como macrolixo (37,28 kg).

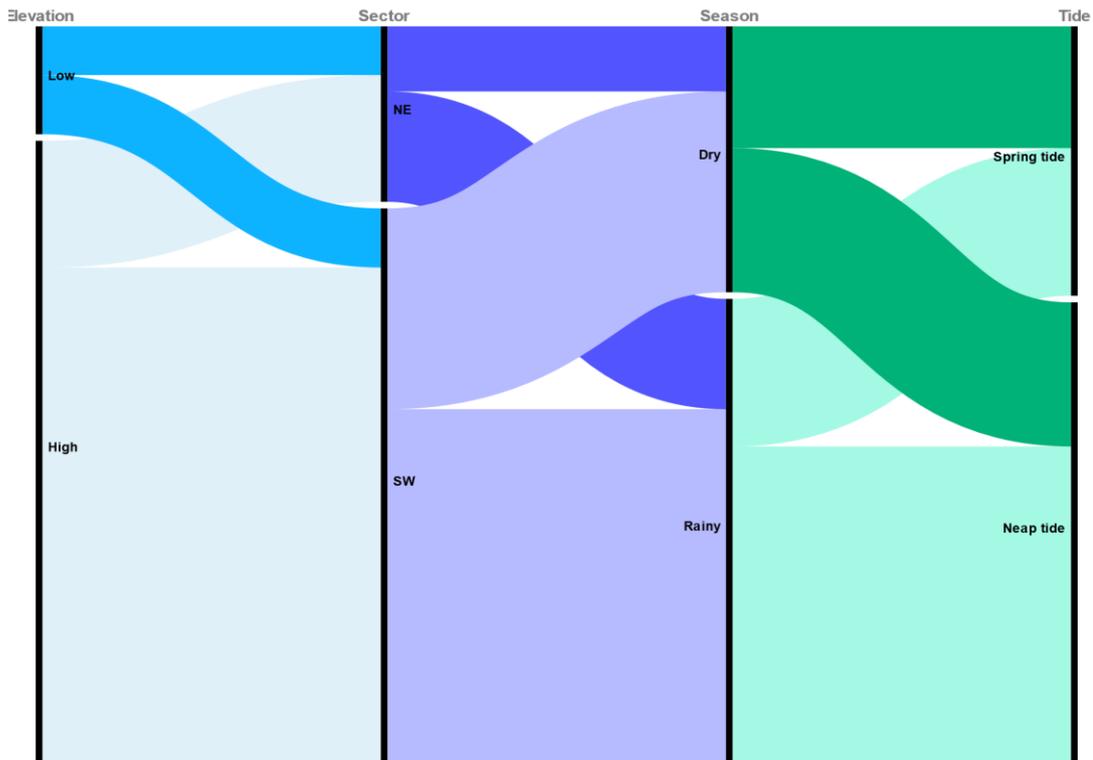
Em relação as coletas no período menos chuvoso, observou-se que durante as seis campanhas o setor sudoeste apresentou 76% do total de materiais coletados, correspondendo a uma massa de 4,2 kg e em relação as marés, 54% dos itens foram coletados durante a quadratura, equivalente a 2,98 kg. Uma grande proporção dos resíduos (86%), foram coletados no intermaré superior, o que corresponde a 4,8 kg e 99% dos materiais coletados durante o período menos chuvoso foram classificados como macrolixo, correspondendo a 5,65 kg (Figura 8).

Figura 8– Abundância relativa de resíduos sólidos entre os tratamentos durante o período chuvoso e menos chuvoso na praia de Beja, Abaetetuba, PA.



Observou-se que durante as 12 campanhas foram coletados uma proporção maior de resíduos no intermaré superior, além de uma maior proporção de resíduos no setor sudoeste. Em relação a sazonalidade, durante a estação mais chuvosa foram coletados uma maior proporção de resíduos durante a maré de quadratura (Figura 9).

Figura 9– Gráfico aluvial, demonstrando as proporções de resíduos sólidos coletados entre os tratamentos: zonação (intermaré superior e inferior), setor (nordeste e sudoeste), estação (chuvoso e menos chuvoso) e maré (sizígia e quadratura) para a praia de Beja, Abaetetuba, PA.

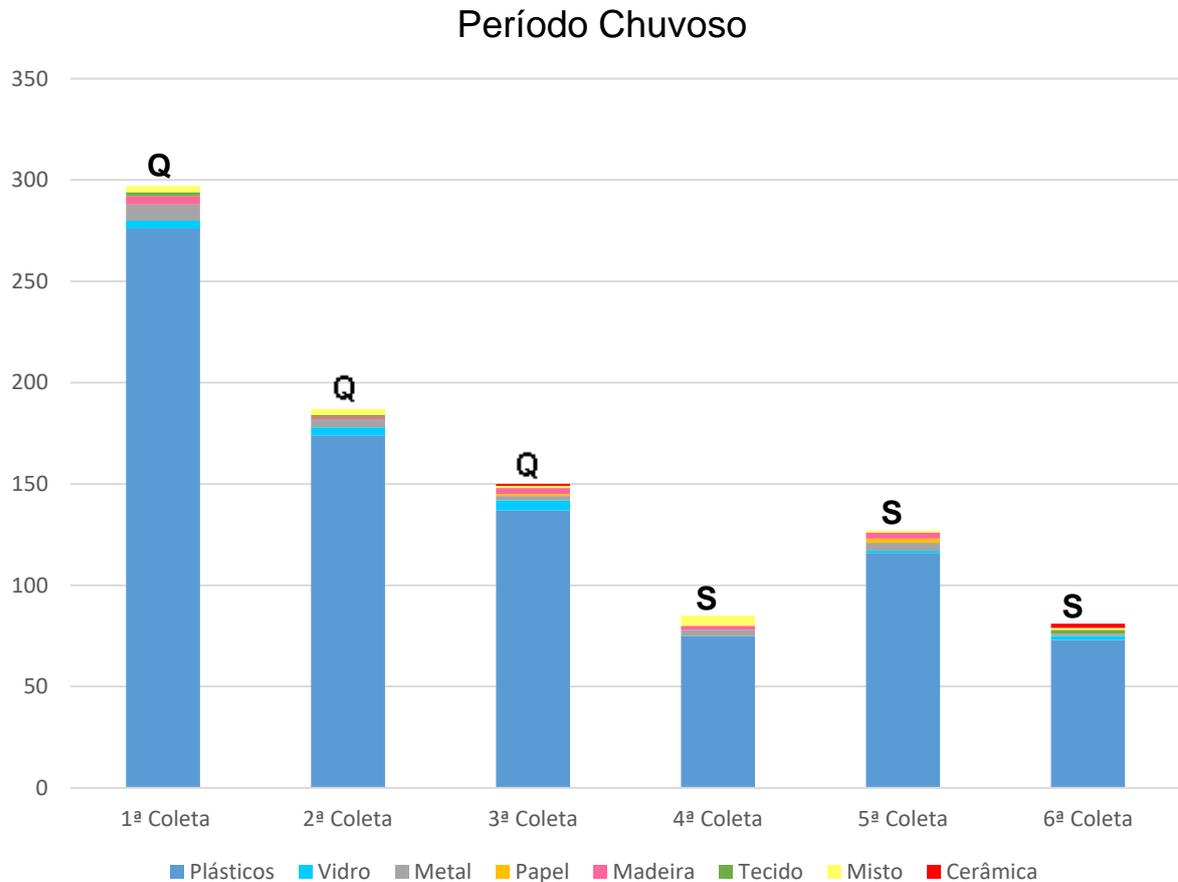


7.2 Classificação dos materiais segundo a composição

Dos 1.438 itens de resíduos sólidos obtidos durante as 12 campanhas, os plásticos corresponderam a 91,93%, seguido por metal (2,44%), vidro (2,08%), misto (1,25%), madeira (1,18%), cerâmica (0,56%), tecido (0,42%) e papel (0,14%).

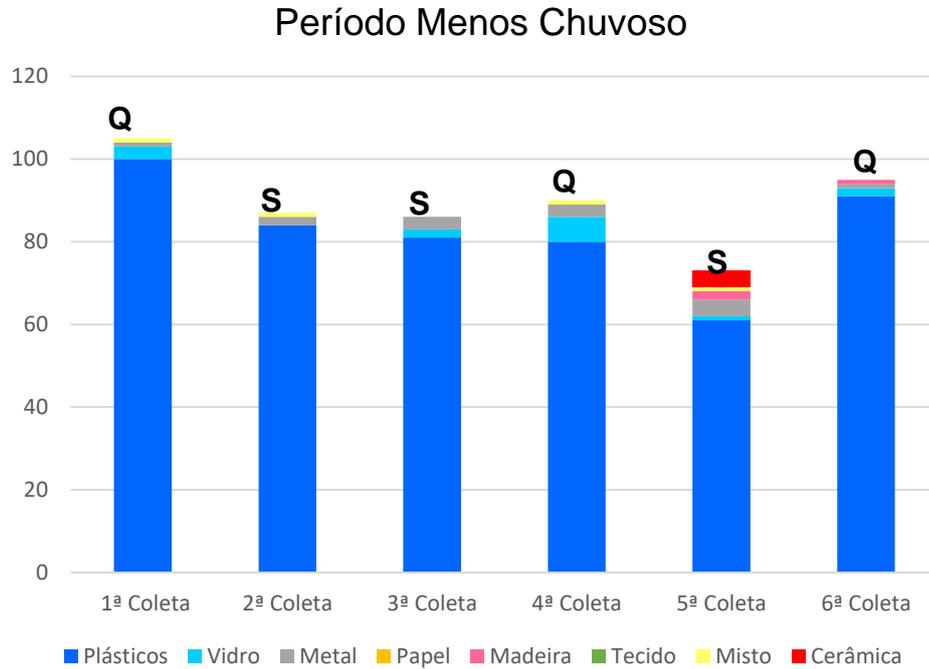
Observou-se que os materiais compostos por plásticos foram dominantes em todas as campanhas do período chuvoso e em ambos os setores (Figura 10). Os resíduos que têm como composição o vidro, metal, papel e madeira foram encontrados em maior quantidade no setor sudoeste. Já tecidos e materiais considerados como mistos foram encontrados em maior quantidade no setor nordeste. Os materiais compostos por cerâmica foram encontrados apenas no setor nordeste. Os resultados detalhados para cada item encontram-se no apêndice A.

Figura 10– Resíduos sólidos coletados durante o período chuvoso (março a abril de 2022) na praia de Beja, Abaetetuba (PA). Q: quadratura; S: sizígia.



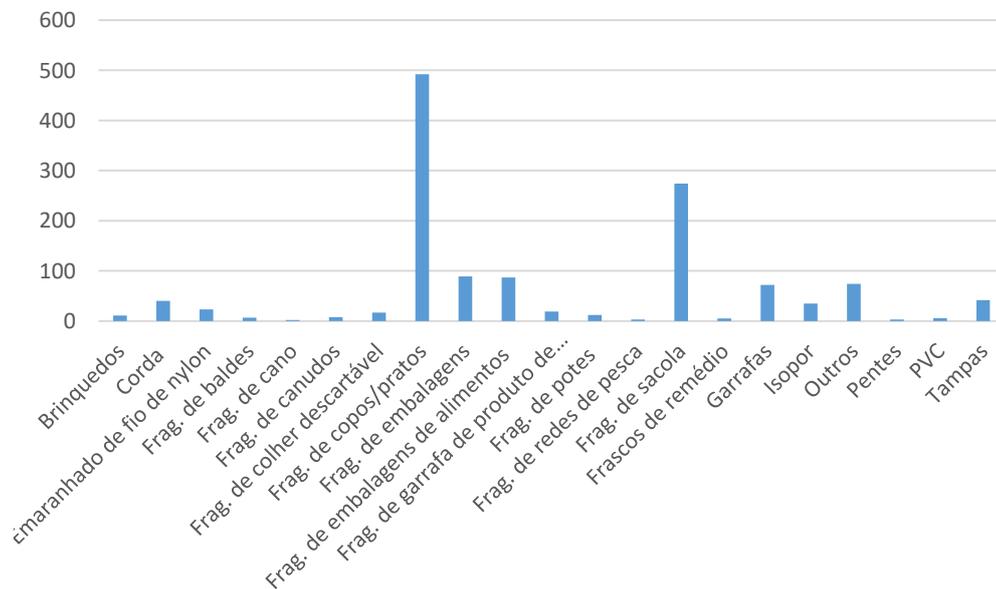
Durante o período menos chuvoso, observou-se que resíduos compostos por vidro e o metal corresponderam a 2,61%, misto e cerâmica representaram 0,75% e madeira 0,65%, não foram coletados resíduos compostos por papel e tecido (Figura 11). Os resíduos derivados do metal foram encontrados em maior quantidade no setor nordeste, já vidro e cerâmica foram encontrados em maior quantidade no setor sudoeste. Madeira foi encontrada apenas no setor sudoeste e não foram coletados materiais compostos de papel e tecido durante as campanhas do período menos chuvoso (Apêndice B).

Figura 11– Total de material coletado (unidades) durante o período menos chuvoso (outubro e novembro de 2022), na praia de Beja, Abaetetuba (PA) quanto ao tipo. Q: quadratura; S: sizígia.



Entre os itens plásticos coletados os que apresentaram maior abundância foram os fragmentos de plásticos de uso único, como copos e pratos descartáveis (37,25%), fragmento de sacola (20,74%) e embalagens de alimentos (6,59%) (Figura 12).

Figura 12– Itens plásticos coletados durante o período chuvoso e menos chuvoso (março a abril, outubro e novembro de 2022) na praia de Beja, Abaetetuba, PA.

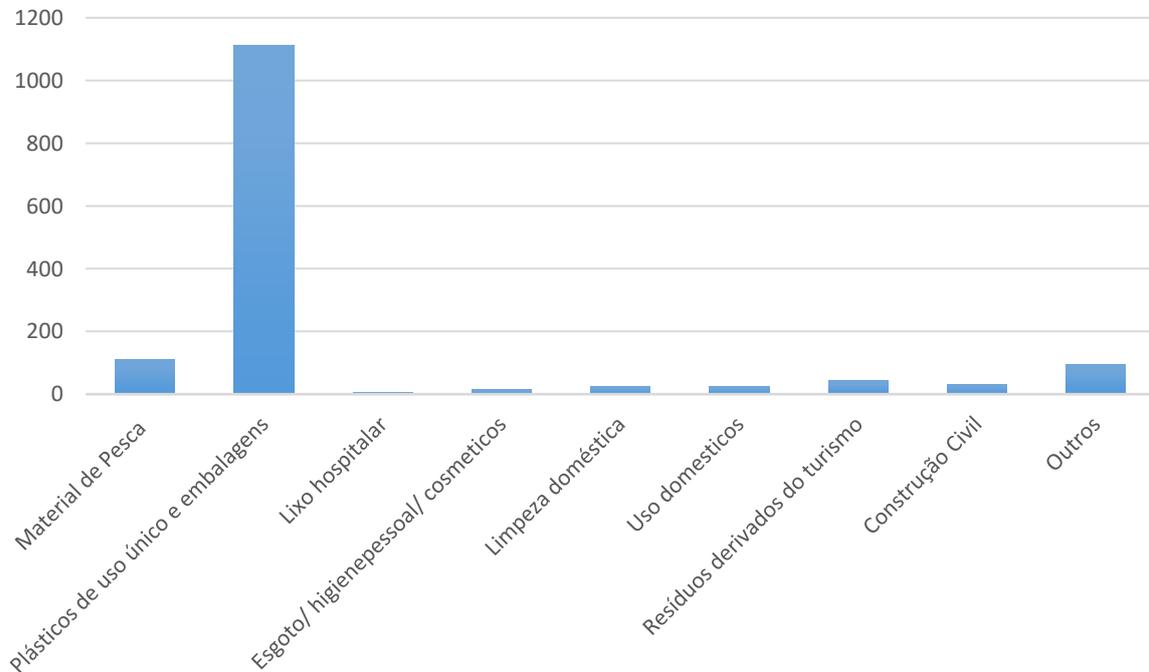


7.3 Classificação dos materiais de acordo com os tipos de uso

Ao analisar os materiais coletados levando em consideração o tipo de uso, os plásticos de uso único e embalagens (76%) foram os mais frequentes, seguidos por materiais de pesca (7,6%), outros (6,4) e materiais derivados do turismo (3%) (Figura 13). Observou-se que materiais classificados como lixo hospitalar foram coletados apenas no período chuvoso (Apêndice C)

Entre os itens classificados como plásticos de uso único e embalagem, os mais coletados foram os copos e pratos descartáveis (44%) e sacolas (24,5%). Dentre os materiais de pesca, os itens mais coletados foram isopor (31,5%), cordas (30,6%) e fios de nylon (27%). Em relação aos itens classificados como resíduos derivados do turismo, observou-se dominância de embalagens de bebidas (55,8%). Os dados de forma mais detalhada podem ser observados no Apêndice C.

Figura 13– Classificação dos resíduos sólidos de acordo com os tipos de uso.



7.4 Resultados das análises estatísticas

Em relação à sazonalidade, a quantidade de resíduos não apresentou diferença significativa entre os períodos chuvoso e menos chuvoso ($p = 0,071$), embora a quantidade seja superior durante o período mais chuvoso. Em relação à zonação, os quadrantes localizados no intermaré superior apresentaram uma quantidade significativamente maior de resíduos, do que aqueles localizados no intermaré inferior ($p < 0,001$).

A quantidade de resíduos no setor sudoeste foi significativamente maior em relação ao setor nordeste ($p = 0,008$). Em relação a maré, observou-se uma maior quantidade durante a maré de quadratura ($p = 0,037$). Quanto a vegetação, a quantidade de resíduos não apresentaram diferença significativa ($p = 0,072$), embora a quantidade seja superior em quadrantes com vegetação (Tabela 06).

Tabela 06– Resultados dos testes de Mann-Whitney para os tratamentos testados, utilizando a quantidade de resíduos totais em unidade como variável. Em negrito: valores significativos.

Tratamento			N	U	T	P
Chuvoso	x	menos	120	6239	15421	0,071
chuvoso						
Intermaré	superior	x	120	2921,5	18738,5	< 0,001
inferior						
Nordeste x sudoeste			120	5781,5	13041,5	0,008
Sizígia x quadratura			120	6092,5	13352,5	0,037

Em relação a massa de resíduos, observou-se diferença significativa entre os períodos chuvoso e menos chuvoso com quantidades maiores no período chuvoso ($p < 0,001$). Em relação as zonas, diferença significativa também foi observada, com maiores valores para o intermaré superior ($p < 0,001$). A diferença para a massa dos resíduos entre os setores nordeste e sudoeste não apresentaram uma diferença significativa ($p = 0,479$). Em relação a maré, observou-se que não houve diferença significativa entre sizígia e quadratura ($p = 0,234$). Quanto a vegetação, observou-se que a massa dos materiais coletados não apresentou diferença significativa entre as áreas vegetadas e não vegetadas ($p = 0,444$) (Tabela 07).

Tabela 07– Resultados dos testes de Mann-Whitney para os fatores testados, utilizando a massa total de resíduos em cada quadrante como variável. Em negrito: valores significativos.

Tratamento	N	U	T	P
Chuvoso x menos chuvoso	120	4620,5	17039,5	< 0,001
Intermáre superior x inferior	120	4112,5	17574,5	< 0,001
Nordeste x sudoeste	120	7029	14631	0,749
Sizígia x quadratura	120	6565	15095	0,234
Vegetado x não vegetado	100	5405	11144,5	0,444

Os resultados para a análise de PERMANOVA com os dados de quantidade demonstraram variação significativa entre as zonas dos intermarés, para ambos os períodos sazonais e níveis da maré (sizígia e quadratura). A quantidade de resíduos também foi afetada significativamente pela zona e período sazonal, com padrão similar para ambas as zonas, porém sem influência do nível maré. Por fim, a quantidade de resíduos não foi afetada pelo fator maré, ou seja, foi similar entre os períodos sazonais para ambos os regimes de maré (Tabela 08).

Tabela 08– Resultados do teste PERMANOVA three-way, para os dados de quantidade de resíduos entre os tratamentos e suas interações.

Origem	Df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zonação (1)	1	1693	16930	55,1	0,001
Maré (2)	1	1055,8	1055,8	34356	0,07
Período (3)	1	1886	1886	61371	0,014
Zonação x Maré	1	62969	62969	0,2	0,673
Zonação x Período	1	311,2	311,2	10128	0,316
Maré x Período	1	857,8	857,8	27912	0,084
1 x 2 x 3	1	748,9	748,9	24368	0,13
Resíduo	232	71295	307,3	-	-
Total	239	93147	-	-	-

A mesma análise foi executada com a variável massa, resultando em similaridade entre as zonas e marés, mas em dissimilaridade entre períodos sazonais (Tabela 09). A massa de resíduos foi significativamente superior durante o período chuvoso ($p < 0,001$).

Tabela 09– Resultados do teste PERMANOVA three-way, para os dados de massa de resíduos entre os tratamentos e suas interações.

Origem	Df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zonação (1)	1	2234	2234	28707	0,075
Maré (2)	1	904,7	904,7	11626	0,288
Período (3)	1	12731	12731	16,4	0,001
Zonação x Maré	1	283,4	283,4	0,4	0,622
Zonação x Período	1	141,3	141,3	0,2	0,792
Maré x Período	1	1201,3	1201,3	15437	0,2
1 x 2 x 3	1	2275,9	2275,9	29246	0,08
Resíduo	232	1,8	778,2	-	-
Total	239	2	-	-	-

A análise foi executada novamente, considerando as três variáveis independentes obtidas dos resíduos sólidos: quantidade, tamanho médio e massa. PERMANOVA resultou em diferença na estrutura entre, zonas, períodos sazonais e de maré, com interação significativa entre os dois últimos (Tabela 10).

Tabela 10– Resultados do teste PERMANOVA three-way, para os dados de quantidade, massa e tamanho de resíduos entre os tratamentos e suas interações.

Origem	Df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)
Zonação (1)	1	41,5	41,5	15,3	0,001
Maré (2)	1	10,8	10,8	39,9	0,008
Período (3)	1	19,5	19,5	72,1	0,001
Zonação x Maré	1	36	36	1,3	0,270
Zonação x Período	1	37,6	37,6	13,9	0,244
Maré x Período	1	88,4	88,4	3,3	0,027
1 x 2 x 3	1	13,8	13,8	0,5	0,702
Resíduo	232	627,7	27,1	-	-
Total	239	717	-	-	-

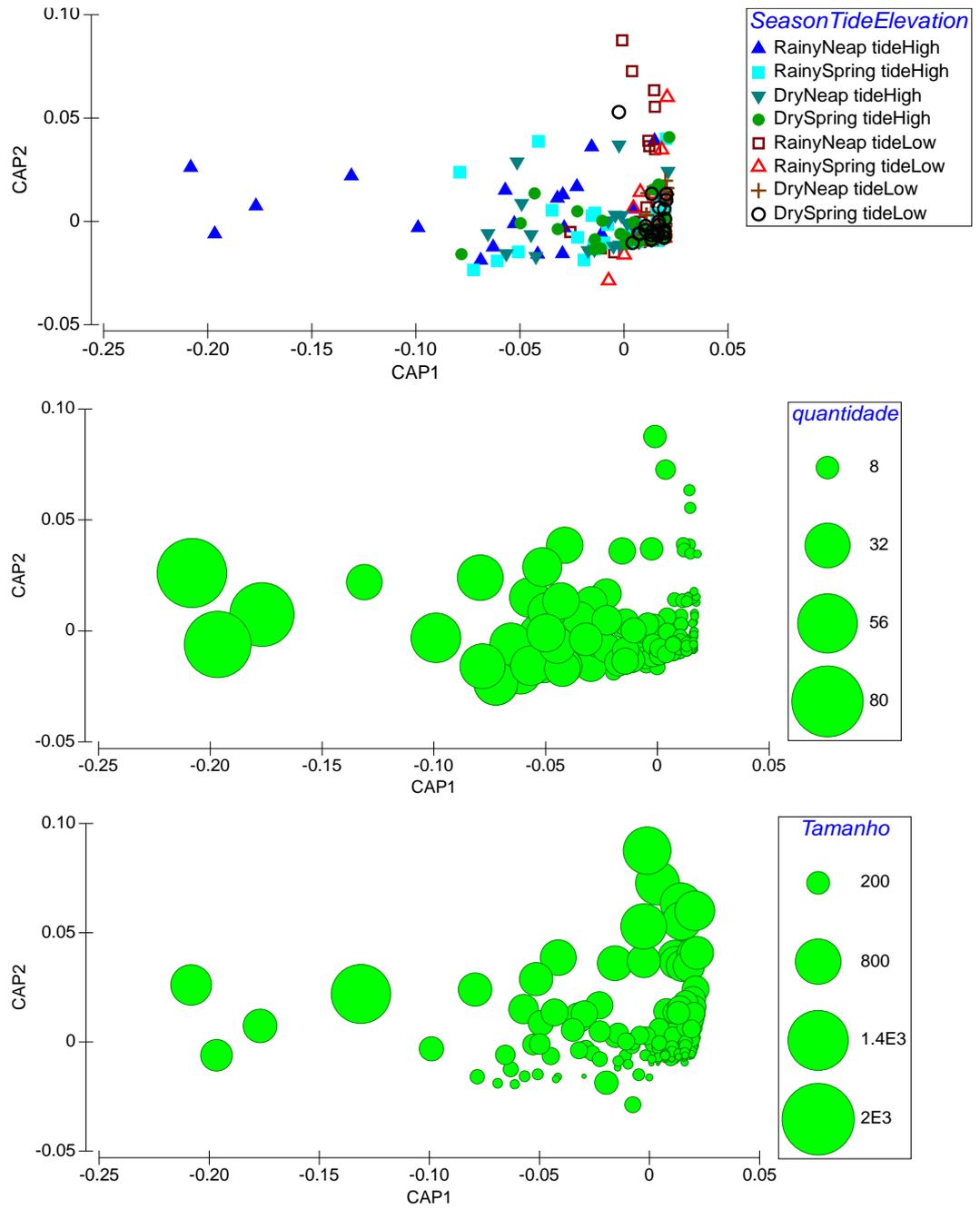
Os testes pareados para as interações demonstraram que as zonas possuíam estrutura de resíduos sólidos diferentes, independentemente do nível da maré e período sazonal. A estrutura dos resíduos só foi afetada pelas marés na zona do intermaré inferior. Modificações sazonais na estrutura dos resíduos foram significativas apenas considerando as marés de quadratura, para ambas as zonas do intermaré superior e inferior (Tabela 11).

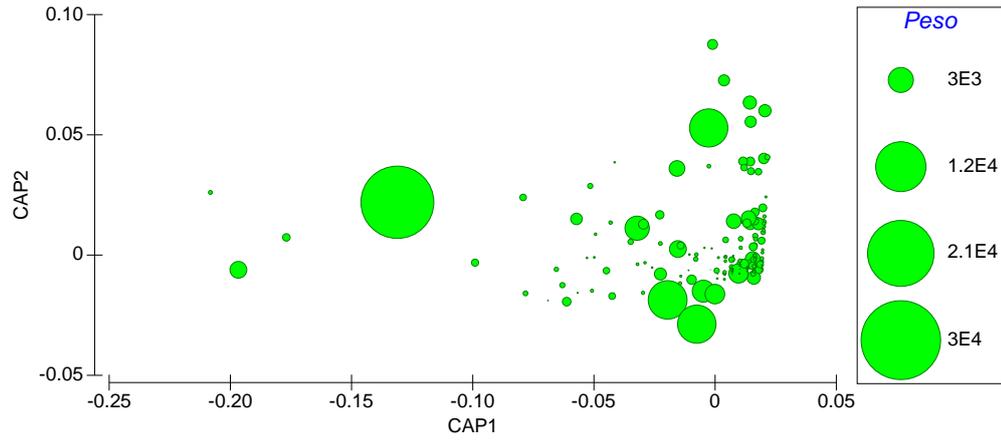
Tabela 11– Resultados dos testes para par das interações geradas pela PERMANOVA three-way, para os dados de quantidade, massa e tamanho de resíduos.

Diferenças entre zonas (superior x inferior)	T	P(perm)
Chuvoso		
<i>Quadratura</i>	19,8	0,005
<i>Sizígia</i>	23,2	0,002
Menos Chuvoso		
<i>Quadratura</i>	34,3	0,001
<i>Sizígia</i>	20,6	0,006
Diferenças entre marés (quadratura x sizígia)	T	P(perm)
Chuvoso		
<i>Superior</i>	15,6	0,051
<i>Inferior</i>	18,6	0,042
Menos Chuvoso		
<i>Superior</i>	0,7	0,621
<i>Inferior</i>	0,7	0,783
Diferenças entre períodos (menos chuvoso x chuvoso)	T	P(perm)
Zona superior		
<i>Quadratura</i>	18,3	0,01
<i>Sizígia</i>	10,2	0,352
Zona inferior		
<i>Quadratura</i>	25,9	0,007
<i>Sizígia</i>	0,5	0,812

Análise Canônica das principais coordenadas demonstrou a dispersão de pontos principalmente para quadrantes do período chuvoso e dispostos no intermaré superior. Tais quadrantes demonstraram maiores valores de quantidade e tamanho dos resíduos, mas não de massa (Figura 14). Os quadrantes durante o período menos chuvoso demonstraram menor variabilidade para o eixo 1 da análise, mas uma variabilidade maior para o segundo eixo, possivelmente devido à variação de tamanho.

Figura 14– Análise Canônica das principais coordenadas (ACP), demonstrando a variabilidade dos dados coletados entre os fatores (sazonalidade, zonação e maré).





8 DISCUSSÃO

Foram coletados uma maior quantidade de itens no setor Sudoeste, o qual apresentou um maior fluxo de turistas (observação pessoal). Em relação à zonação, foi coletada uma quantidade de itens mais expressiva no intermaré superior. Este cenário pode ser explicado pela deposição de resíduos de forma mais intensiva por duas fontes, sendo a maré e os frequentadores da praia, além da ação do vento, que pode arrastar os materiais mais leves para a margem superior da praia. Neste estudo, entretanto, não foram analisados dados de intensidade e direção de vento, não sendo possível verificar a importância de tais variáveis. A maior deposição na zona superior do intermaré deve-se, provavelmente, ao acúmulo na linha de deixa, frequentemente amostrada no intermaré superior (Baptista Neto; Fonseca, 2011).

Em relação a maré, foi coletado uma maior quantidade de resíduos durante a quadratura. Um dos fatores que pode justificar essa ocorrência é a hipótese de que durante a maré de sizígia a linha de deixa em alguns pontos da praia ultrapassaria a linha de vegetação ciliar, fazendo com que o material fosse depositado em uma área superior a faixa de areia da praia (Brabo *et al.*, 2022). Devido à dificuldade de acesso e densa vegetação, a amostragem foi realizada sempre nos limites da praia arenosa.

Em relação a composição dos resíduos sólidos, observou-se que os mais frequentes foram os de origem plástica (2,64 itens/m²), representando 91,35% no período chuvoso e 92,72% no período menos chuvoso. Fragmentos de copos, sacolas e embalagens foram os itens plásticos mais encontrados. A predominância de resíduos plásticos em ambientes costeiros e marinhos também foram encontrados em estudos realizados por Lima *et al.* (2022) em 21 praias arenosas de macromarés na região amazônica distribuídas ao longo da costa dos municípios da ilha do Maranhão (São Luís, São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa). No estudo, foram coletados 20.286 itens, com densidade média geral de 0,19 itens/m² e os itens plásticos apresentaram predominância de maior de 97%.

Já em estudos de Dias Filho *et al.* (2011) na praia de Boa Viagem/Pernambuco, foram coletados um total de 20.090 itens de resíduos sólidos, com uma média de 3.348 (\pm 538) itens por dia em uma área de 900 m², o que equivale a 3,7 itens/m², sendo coletados um total de 5.041 itens plásticos. Em estudos realizados por Brabo *et al.* (2022) na praia no Parque Nacional de Jericoacoara, foram coletados um

total de 7.549 itens (0,23 itens/m²), a maior densidade média foi para lixo plástico, incluindo plástico flexível (0,02 item/m²) e plástico duro (0,01 item/m²).

Esses dados provavelmente refletem o cenário de consumo presente em nossa sociedade, no qual os produtos plásticos vêm apresentando uma crescente utilização nas últimas décadas (WWF, 2019). Esses produtos não estão tendo um destino adequado no Brasil e na Amazônia, como a reciclagem (Kaza *et al.*, 2018) e acabam sendo depositados incorretamente no meio ambiente, acarretando em danos ambientais a curto e em longo prazo.

Em relação ao tipo de uso, os plásticos de uso único e embalagens foram a categoria que apresentou maior abundância. Dados similares também foram obtidos por Santana Neto *et al.* (2016), onde destacaram-se as embalagens de alimentos. Resultados similares também foram em estudo realizado ao longo das praias da margem oriental da baía de Guanabara (Rio de Janeiro) no período de 1999-2008, quando observou-se que os materiais mais coletados foram plásticos de uso único (Baptista Neto; Fonseca, 2011).

Os materiais de pesca e materiais derivados do turismo também foram categorias que apresentaram maiores abundâncias durante as coletas. Resultados similares foram obtidos por Rosa e Widmer (2019), ao realizarem um diagnóstico do lixo marinho na praia de Navegantes/SC, onde os itens coletados foram classificados como provenientes dos usuários da praia/ turismo como fonte mais provável. O mesmo ocorreu em praias da costa do Maranhão, onde os materiais predominantes foram os itens como garrafas, cordas e sacolas plásticas, tendo as atividades turísticas, recreação e pesca como as principais fontes dos resíduos coletados (Lima *et al.*, 2022).

Um dos fatores que pode justificar essa ocorrência é o fato de que o mercado de plástico investe cada vez mais em embalagens e plásticos de uso único, cujo crescimento foi acelerado por uma mudança global de recipientes reutilizáveis para recipientes de uso único (Geyer *et al.*, 2017). A carência em espaços adequados para destinação do lixo e a falta de campanhas de conscientização ambiental fazem com que esses materiais sejam destinados incorretamente, acarretando em acúmulo no meio ambiente por décadas.

Com as análises dos dados e aplicação dos testes estatísticos, foi possível concluir que os fatores como zonação e nível de maré se mostraram mais

significativos para análises de deposição de resíduos sólidos, uma vez que independentemente da estação do ano, chuvoso e menos chuvoso, foram encontrados uma maior quantidade de resíduos associados ao intermaré superior. Constatou-se também que a interrelação entre os fatores zonação, sazonalidade e altura da maré também se mostraram relevantes. Uma maior quantidade de resíduos coletados durante o período chuvoso, no intermaré superior e durante as marés de quadraturas foi o padrão mais evidente.

Os impactos ambientais gerados a partir da poluição pelo lixo em ambientes aquáticos vem recebendo muita atenção da comunidade científica, de órgãos governamentais e da comunidade internacional (Oliveira; Tessler; Turra, 2011), pois pode impactar a biota aquática de diversas maneiras. Vale ressaltar que o acúmulo de lixo torna o ambiente propício para a proliferação de microrganismos patogênicos, tais como: fungos, bactérias e vírus, podendo causar doenças como: micose, tétano e hepatite, além de abrigarem vetores de doenças como mosca, barata e ratos (Kirstein *et al.*, 2016).

Deste modo é primordial que políticas ambientais e estratégias educativas para que os frequentadores da praia passem a priorizar materiais biodegradáveis e itens que possam ser reaproveitados, como utensílios de metal e vidro (Lima *et al.*, 2022). Para isso se faz necessário que ocorra um planejamento adequado da gestão costeira e políticas públicas para o desenvolvimento do turismo, ações dessa natureza são essenciais para evitar ou mitigar os impactos causados por processos naturais e antropogênicos (Souza, 2021).

9 CONCLUSÃO

O presente estudo, teve como intuito a avaliar fatores ambientais responsáveis pela deposição do lixo em um dos principais pontos turísticos do município de Abaetetuba, a Praia de Beja, onde observou-se que há uma maior deposição de resíduos na intermaré superior, e no setor sudoeste, além de uma maior quantidade de resíduos durante a maré de quadratura. Fatores como sazonalidade e vegetação não se mostraram relevantes para a deposição de resíduos, enquanto a interação entre fatores como zona, maré e período sazonal se mostraram relevantes para explicar o padrão encontrado.

As temáticas referentes aos impactos ambientais causados por resíduos sólidos ao meio ambiente são uma das principais preocupações do século XXI. Contudo, ainda é possível observar poucos investimentos em materiais de consumo que causem menos impactos ambientais, como os materiais biodegradáveis, incentivo a prática de reciclagem e coleta seletiva.

Com os resultados aqui descritos, é possível fornecer importantes informações sobre os fatores mais relevantes para deposição do lixo na praia de Beja. É possível fornecer aos gestores e responsáveis pela limpeza e manutenção da praia, subsídios para que eles possam traçar estratégias mais eficazes para limpeza e preservação do local.

REFERÊNCIAS

- ABAETETUBA, Prefeitura Municipal. **Decreto nº 310/2016**. Cria área de relevante interesse ecológico, de uso sustentável “Bosque Ambiental da Vila de Beja”.
- ANDERSON, Marti J. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. **Austral Ecology**, v. 26, n. 1, p. 32-46, 2001.
- ANDRADE, V. M. S. de; CORDEIRO, I. M. C. C.; SCHWARTZ, G.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; OLIVEIRA, F. A. Considerações sobre clima e aspectos edafoclimáticos da mesorregião Nordeste paraense. *In*: CORDEIRO, I. M. C. C.; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T.; SCHWARTZ, G.; OLIVEIRA, F. de A. (org.). **Nordeste paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias**. Cap. II. Belém, PA: EDUFRA, 2017. p. 59-96.
- ANDRADY, A. L.; BARNES, P. W.; BORNMAN, J. F.; GOUIN, T.; MADRONICH, S.; WHITE, C. C.; ZEEP, R.G.; JANSEN, M. A. K. Oxidation and fragmentation of plastics in a changing environment; from UV-radiation to biological degradation. **Science of The Total Environment**, v. 851, Part 2, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158022>.
- ARAÚJO, M. C. B. de. **Resíduos sólidos em praias do litoral sul de Pernambuco: origens e consequências**. 2003. 104f. Monografia (Mestrado em Ciências, na Área de Oceanografia Abiótica) - Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.
- ARAÚJO, M. C. B.; COSTA, M. F. Praias urbanas: o que há de errado com elas? **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Curitiba – PR, [Versão on-line], v. 11, n. 5. p. 51-58, jun./dez., 2016. ISSN2319-2856.
- ARAÚJO, M. C. B.; SILVA-CAVALCANTE, J. S. Dieta indigesta: milhares de animais marinhos estão consumindo plásticos. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, Curitiba – PR, [Versão on-line], v. 10, n. 5, Jan/maio. 2016. ISSN2319-2856. DOI: <https://doi.org/10.22292/mas.v10i5.511>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004**. Resíduos Sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 1987.
- BAPTISTA NETO, J. A.; FONSECA, E. M. Variação sazonal, espacial e composicional de lixo ao longo das praias da margem oriental da Baía de Guanabara (Rio de Janeiro) no período de 1999-2008. **Revista de Gestão Costeira Integrada – Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 11, n. 1, p. 31-39, 2011
- BARBOSA, L. C. **Impactos socioambientais na praia de Beja e áreas adjacentes no município de Abaetetuba – PA**. 2010. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade de Taubaté, 2010.
- BRABO, L.; ANDRADES, R.; FRANCESCHINI, S.; SOARES, M. O.; RUSSO, T. e GIARRIZZO, T. Disentangling beach litter pollution patterns to provide better

guidelines for decision-making in coastal management. **Marine Pollution Bulletin**, v. 174, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113310>.

BRANDÃO, C. C. L. **Caracterização de resíduos sólidos em praias na Ilha Do Marajó – PA**. 2022. 46f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2022.

BRASIL. Centro de Hidrografia da Marinha. **Tábuas de maré**. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/chm/tabuas-de-mare>. Acesso em: 09 Out. 2023.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. IBGE. **Censo demográfico 2022**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/abaetetuba/panorama>. Acesso em: 6 Jul. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Características e limites da Zona Costeira e Espaço Marinho**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/zona-costeira-e-seus-m%C3%BAtiplosusos/caracteristicas-da-zona-costeira.html>. Acesso em: 04 out 2023.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos **Lei nº 12.305/2010**. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2010. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 23 nov. 2023.

COLE, M.; LINDEQUE, P.; HALSBAND, C.; GALLOWAY, T. S. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. **Marine Pollution Bulletin** v. 62, n. 12, p. 2588–2597, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0025326X11005133>. Acesso em: 02 set 2021.

DIAS FILHO, M. J. O.; ARAÚJO, M. C. B. de; SILVA-CAVALCANTI, J. S.; SILVA, A. C. M. da. Contaminação da Praia de Boa Viagem (Pernambuco-Brasil) por lixo marinho: Relação com o uso da praia. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v.44 n.1, p. 33 – 39, 2011. DOI: <https://doi.org/10.32360/acmar.v44i1.282>.

FERREIRA, J.A.; ANJOS, L.A. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Cadernos de Saúde Pública**, v.17, n. 3, p.689- 696, 2001.

FUNDO MUNDIAL PARA A NATUREZA (WWF). **Solucionar a poluição plástica: transparência e responsabilização**. Suíça: Dalberg Advisors. Mar. 2019. 50p. Relatório. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-geralixo-plastico>. Acesso em: 19 jun. 2022. ISBN: 978-2-940529-93-3.

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

GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**. v. 3. n. 7, 2017. DOI: 10.1126/sciadv.1700782.

GESAMP. Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter in the ocean. *In*: KERSHAW, P.; TURRA, A.; GALGANI, F. (ed.). **IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA Join Group of experts on the scientific aspects of marine environmental protection**. (Rep. Stud. GESAMP n. 99, p. 130), 2019.

GIARRIZZO, T.; ANDRADE, M.C.; SCHMID, K.; WINEMILLER, K.O.; FERREIRA, M.; PEGADO, T.; CHELAZZI, D.; CINCINELLI, A.; FEARNSIDE, P. Amazonia: the new frontier for plastic pollution. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 17, n. 6, p. 309-310, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1002/fee.2071>.

GREGÓRIO, A. M. S. da; MENDES, A. C. Characterization of sedimentary deposits at the confluence of two tributaries of the Pará River estuary (Guajará Bay, Amazon). **Continental Shelf Research**, v. 29, n. 3, p. 609-618, 2009.

KAZA, S.; YAO, L.; BHADA-TATA, P.; WOERDEN, F. V. What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. *In*: URBAN development series. Washington, DC: World Bank, 2018.

KIRSTEIN, I. V.; KIRMIZI, S.; WICHELS, A.; GARIN-FERNANDEZ, A.; ERLER, R.; LÖDER, M.; GERDTS, G. Dangerous hitchhikers? Evidence for potentially pathogenic *Vibrio* spp. on microplastic particles. **Marine Environmental Research**, v.120, p. 1-8, 2016.

LAGO, V. M.; OLIVEIRA, P. A.; FARIAS. L. N. A.; HORTÊNCIO, C. A. A. Análise quantitativa e qualitativa dos resíduos sólidos coletados por cinco anos no Dia Mundial de Limpeza de Praias realizado na região costeira de Barra de Caravelas, BA. **Revista Mosaicum**. n. 27, Jan./Jun. 2018. ISSN 1980-4180

LEGENDRE, Pierre; LEGENDRE, Louis. **Numerical ecology**. Elsevier, 2012.

LIMA, A. K. S.; SILVA, A. C.; PEREIRA, L. F.; BEZERRA, C. M.; SOARES, L. S.; CASTRO, A. C. L.; MARINHO, Y. F.; FUNO, I. C. S. A.; LOURENÇO, C. B. Anthropogenic litter on the macrotidal sandy beaches of the Amazon region. **Marine Pollution Bulletin**, v. 184, 2022, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114124>

MARTINELLI FILHO, J. E.; MONTEIRO, R. C. P. Widespread microplastics distribution at an Amazon macrotidal sandy beach. **Marine Pollution Bulletin**, v. 145, p. 219-223, 2019.

MENEZES, F. P.; FERNANDES, L. L.; ROCHA, E. J. P. O uso da estatística para regionalização da precipitação no Estado do Pará, Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 16, p. 64-71, jan./jul. 2015.

- MONTEIRO, R. C. P.; SUL, J. A. I. do; COSTA, M. F. Plastic pollution in islands of the Atlantic Ocean. **Environmental Pollution**. v. 238 p. 103-110, 2018
- MORAES, B. C.; COSTA, J. M. N.; COSTA, A. C. L.; COSTA, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 2, p. 207-214, 2005.
- NUNES, Y. B. S.; SILVA, L. R.; MENDES, E. S. M.; ARAÚJPO, N.; BEZERRA, M. Composição e abundância de resíduos sólidos em praias urbanas da região metropolitana da ilha de São Luís (MA), Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 11, n. 1, p. 1-12, 2018.
- O'DONOVAN, S.; MESTRE, N. C.; ABEL, S.; FONSECA, T. G.; CARTENY, C. C.; CORMIER, B.; KEITER, Steffen H.; BEBIANNO, M. J. Ecotoxicological effects of chemical contaminants adsorbed to microplastics in the clam *Scrobicularia plana*. **Frontiers in Marine Science**, v. 5, e 143, 2018.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00143>.
- OLIVATTO, G. P.; CARREIRA, R.; TORNISIELO, V. L.; MONTAGNER, C. C. MICROPLÁSTICOS: Contaminantes de preocupação global no antropoceno. **Revista Virtual de Química**, São Paulo, v. 10, n. 6, p. 1968-1989, 2018. DOI: 10.21577/1984-6835.20180125. Disponível em:
<http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v10n6a16.pdf>. Acesso em: 01 set 2021.
- OLIVEIRA, A. L.; TESSLER, M. G.; TURRA, A. Distribuição de lixo ao longo de praias arenosas—Estudo de caso na Praia de Massaguaçu, Caraguatatuba, SP. **Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 11, n. 1, p. 75-84, 2011.
- PRATA, J. C.; COSTA, J. P. da; LOPES, I.; DUARTE, A. C.; ROCHA-SANTOS, T. Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. **Science of the Total Environment**, v. 702, e 134455, 2020.
- RODRIGUES, C. M.; OLIVEIRA, M. E. D. de; RAMOS, G. L. A.; COELHO, M. S. C.; GONÇALVES, J. F. G.; ALBUQUERQUE, R. N. Agricultura familiar, produção local e desenvolvimento socioeconômico na comunidade de vila de Beja/Pará-Brasil. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v.7, n.5, p. 49237-49257, 2021. DOI:10.34117/bjdv7n5-362.
- ROSA, C.; WIDMER, W. M. Diagnóstico do lixo marinho e ação de educação Ambiental na praia de Navegantes/SC. **Metodologias e Aprendizado**. v. 2, 2019.
<https://doi.org/10.21166/metapre.v2i0.1307>.
- SANTANA NETO, S. P.; SILVA, I. R.; BITTENCOURT, A. C. S. P. Distribuição do lixo marinho e sua interação com a dinâmica de ondas e deriva litorânea no litoral norte do estado da Bahia, Brasil. **Geociências**, São Paulo, UNESP, v. 35, n. 2, p.231-246, 2016.

SANTOS, I. R. D.; FRIEDRICH, A. C.; FILLMANN, G.; WALLNER-KERSANACH, M.; SCHILLER, R. V.; COSTA, R. C. Geração de resíduos sólidos pelos usuários da praia do Cassino, RS, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, p. 12-14, 2004. URI: <http://repositorio.furg.br/handle/1/3474>

SILVA, A. B.; MARMONTEL, M. Ingestão de plástico por peixe-boi amazônico. **UAKARI**, v.5, n.1, p. 105-112, jun. 2009.

SILVA, M. L.; CASTROA, R. O.; SALES, A. S.; ARAÚJO, F. V. Marine debris on beaches of Arraial do Cabo, RJ, Brazil: an important coastal tourist destination. **Marine pollution bulletin**, v. 130, p. 153-158, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.03.026>

SOUZA, H. E. N. Desenvolvimento costeiro na Amazônia: problemas socioambientais do litoral Paraense, Brasil. **Natural Resources**, v.11, n.1, p.62-73, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2237-9290.2021.001.0009>

SOUSA, M. B. P. **Morfodinâmica de uma praia estuarina: o caso de Beja (Abaetetuba – Pará)**. 2017. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanografia, Belém, 2017.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Upper Saddle River, NJ.: Prentice-Hall, Inc. 1999. 663 p.

FONTES DE FINANCIAMENTO

Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) – auxílio PROAP – CAPES.

APÊNDICE A

Quantidade de itens coletados durante o período chuvoso (abril e maio de 2022) na praia de Beja, classificados segundo seu material de composição.

PLÁSTICO	Intermaré Superior		Intermaré Inferior	
	Massa Total	Total de Itens	Massa Total	Total de Itens
Brinquedos	551,79	6	52,20	2
Corda	27348,67	16	313,45	6
Emaranhado de fio de nylon	224,54	10	0,26	1
Frag. de baldes	332	5	0,47	1
Frag. de cano	50	1	140	1
Frag. de canudos	1,09	4	0,68	1
Frag. de colher descartável	39,83	13	0,12	1
Frag. de copos/pratos	142,30	266	61,31	29
Frag. de embalagens	648,27	48	234,80	12
Frag. de embalagens de alimentos	1019,96	24	608,76	27
Frag. de garrafa de produto de limpeza	21,65	9		
Frag. de potes	229,15	10	313,31	2
Frag. de redes de pesca	60	1	125	1
Frag. de sacola	1848,49	147	325,61	23
Frascos de remédio	65,12	5		
Garrafas	1226,18	29	290	7
Isopor	69,24	26	5,45	1
Outros	3387,33	45	759,60	14
Pentes	96,07	3		
PVC	3365	6		
Tampas	163,25	20	2,67	1
VIDRO				
Fragmento	241,22	14		
Garrafa	300	2		
METAL				
Frag. de embalagem	236,26	10	86,06	4
Lata	290	6	55	1
Outros fragmentos			0,90	1
PAPEL				
Embalagem	0,44	2		
MADEIRA				
Casco de embarcação		1		
Madeira trabalhada	4927,23	10	7900	2
Outros	2,75	1		
Palito de picolé				

PANO				
Bolsa				
Cinto			50	1
Tecido	430,66	5		
MISTO				
Calçados	1469	7	175	1
Carteira	0,14	1		
Frag. de geladeira	6400	2		
Matapi	0,93	1	265	1
Bolsa de praia			425	1
Colchão				
CERÂMICA				
Lajota	115	1		
Telha			380	1
Tijolo	250	1	2255	1

APÊNDICE B

Quantidade de itens coletados durante o período menos chuvoso (outubro e novembro de 2022) na praia de Beja, classificados segundo seu material de composição.

PLÁSTICO	Intermaré Superior		Intermaré Inferior	
	Massa Total	Total de Itens	Massa Total	Total de Itens
Brinquedos	100	3		
Corda	397,41	13	6992,08	5
Emaranhado de fio de nylon	7,13	5	1,41	7
Frag. de baldes	80	1		
Frag. de cano				
Frag. de canudos	0,94	2	1,17	1
Frag. de colher descartável	4,36	3		
Frag. de copos/pratos	190,66	187	11,05	10
Frag. de embalagens	193,19	21	50,99	8
Frag. de embalagens de alimentos	154,43	30	22,71	6
Frag. de garrafa de produto de limpeza	114,31	8	100,12	2
Frag. de potes				
Frag. de redes de pesca			37,74	1
Frag. de sacola	271,7	87	40,57	17
Frascos de remédio				
Garrafas	850,29	31	141,99	5
Isopor	12,24	8		
Outros	329,06	13	218,57	2
Pentes				
PVC				
Tampas	54,77	20	1,13	1
VIDRO				
Fragmento	186,88	12		
Garrafa	74,17	1	215	1
METAL				
Frag. de embalagem	13,31	2		
Lata	86,97	7	56,33	5
Outros fragmentos				
PAPEL				
Embalagem				
Outros				
Papelão				
MADEIRA				
Casco de embarcação				

Madeira trabalhada	995	3		
Outros				
Palito de picolé				
PANO				
Bolsa				
Cinto				
Tecido				
MISTO				
Calçados	510	3		
Carteira				
Frag. de geladeira				
Matapi			290	1
Bolsa de praia				
Colchão				
CERÂMICA				
Lajota	190,99	3		
Telha			0,13	1
Tijolo				

APÊNDICE C

Quantidade de itens coletados durante o período chuvoso (abril e maio de 2022) na praia de Beja, classificados de acordo com o seu tipo de uso.

	CHUVOSO	MENOS CHUVOSO
Material de Pesca		
Cabos de nylon	16	18
Fio de nylon	18	12
Redes	2	1
Lona	5	
Isopor/ boia	27	8
Recipientes de óleo	2	1
Casco de embarcação	1	
Plásticos de uso único e embalagens		
Embalagem	56	33
Embalagem de iogurte/ picolé	12	13
Embalagem de alumínio	14	2
Embalagem de biscoito	1	3
Salgadinhos	24	7
Feijão	2	
Açúcar	1	1
Café	6	
Macarrão	4	
Bombons	18	1
Garrafas do tipo PET	33	36
Tampas	23	21
Potes	12	
Canudos	5	3
Copos/ pratos descartáveis	296	197
Colher descartável	13	3
Sacolas	168	104
Lixo hospitalar		
Seringas		
Bolsas de soro fisiológico		
Frascos de medicamentos	6	
Embalagens de produtos químicos		
Aplicadores ginecológicos		
Esgoto/ higiene pessoal/ cosméticos		
Cotonetes/creme dental	1	
Absorventes		1
Preservativos		2
Recipientes de shampoo	2	
Creme de cabelo	2	

Desodorante	3	1
Acetona/ esmalte		1
Pentes	2	
Limpeza doméstica		
Embalagens de água sanitária	11	4
Sabão	2	5
Detergentes de uso geral	1	1
Ceras/escovinha	1	
Uso domésticos		
Utensílios de cozinha	2	2
Brinquedos	8	3
Canetas		
Bacias /baldes	6	1
Cadeiras	1	1
Prendedores de roupa		
Partes de eletrodomésticos	2	
Resíduos derivados do turismo		
Recipientes de óleo bronzeador		1
Protetor solar	1	
Água oxigenada	3	2
Bolsa de praia	1	
Sandálias	8	3
Embalagem de bebidas	10	14
Óculos de sol		
Construção Civil		
Cano	2	
Lajota	1	
Tenha	1	4
Tijolo	2	
PVC	6	
Madeira	12	3
Outros	72	23