



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE ESTUDOS COSTEIROS
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

INGRID NIEMES DE SOUZA

**RESÍDUO ALÓCTONE NA COSTA AMAZÔNICA BRASILEIRA:
UMA ANÁLISE COMPARATIVA DA PRAIA DE CHAVASCAL E FAROL
VELHO, BRAGANÇA - PARÁ**

BRAGANÇA - PA
2026

INGRID NIEMES DE SOUZA

**RESÍDUO ALÓCTONE NA COSTA AMAZÔNICA BRASILEIRA: UMA
ANÁLISE COMPARATIVA DA PRAIA DE CHAVASCAL E FAROL VELHO,
BRAGANÇA - PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado
como requisito parcial para obtenção de grau de
Licenciatura em Ciências Biológicas, pela
Universidade Federal do Pará.
Orientadora: Prof^ª Dr^a Luci Cajueiro Carneiro
Pereira

BRAGANÇA - PA
2026

INGRID NIEMES DE SOUZA

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para obtenção de grau de Licenciatura em Ciências Biológicas, Faculdade de Ciências Biológicas, Instituto de Estudos Costeiros, Universidade Federal do Pará.

Orientadora: Prof^ª Dr^a Luci Cajueiro Carneiro Pereira

Data de aprovação:

Banca Examinadora

Professora Doutora Luci Cajueiro Carneiro Pereira

Orientadora – UFPA

Mestre Brenda Ribeiro Padilha da Silva

Examinadora Externa – SEMMA

Doutora Ingrid Padilha de Souza

Examinadora Externa - SEDUC

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, força e sustentação invisível que renovou minhas energias nos momentos de maior cansaço, guiando meus passos quando a jornada parecia intransponível.

Agradeço ao CNPq e à FAPESPA pela concessão da bolsa PIBIC e pelo apoio fundamental para a realização deste trabalho. Esse apoio financeiro institucional foi o pilar que viabilizou minha dedicação exclusiva, transformando esta pesquisa em realidade.

À minha mãe Marlene, meu maior exemplo de vida, obrigado pelo amor incondicional e por ser meu porto seguro. Ao meu pai, que mesmo contornando a distância física, se fez presente em cada palavra de incentivo ao longo dessa caminhada.

Ao meu marido, companheiro de vida, pelo suporte diário e paciência infinita. Obrigado por compreender minhas ausências e caminhar ao meu lado, transformando este sonho em uma conquista nossa.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Luci Cajueiro, pela paciência, generosidade e excelente condução deste trabalho. Seu rigor acadêmico e ensinamentos foram fundamentais para o meu amadurecimento pessoal e profissional.

À Universidade, instituição que me acolheu e transformou minha rotina. Seus corredores, salas e bibliotecas tornaram-se minha segunda casa, um espaço de profundo crescimento e descobertas que levarei para sempre.

Aos meus queridos companheiros de laboratório Brenda, Gleice, Ingrid, Jenny, Gina, Franci e Remo, e aos demais colegas, agradeço a parceria diária nos experimentos.

Por fim, dedico um agradecimento carinhoso à minha fiel escudeira, minha cachorra Sol. Sua companhia silenciosa nas madrugadas de escrita e seu afeto genuíno foram o acalento necessário para enfrentar esta exaustiva jornada.

A todos que, de perto ou de longe, contribuíram com uma palavra de apoio ou um gesto de carinho, o meu muito obrigado.

“Quando o ser humano entender que faz parte do mundo, muitas transformações ocorrerão, ele não jogará mais lixo nos lagos, rios e mares porque saberá que são estas mesmas águas que correm em seu corpo. (T. P. Zylberberg).”

RESUMO

A poluição por lixo marinho transfronteiriço representa um desafio crescente para a conservação de ambientes costeiros, especialmente em áreas protegidas e de difícil monitoramento. Este estudo teve como objetivo identificar e caracterizar o macrolixo marinho alóctone ($> 2,5$ cm) nas praias de Chavascal (difícil acesso) e Farol Velho (área de veraneio), ambas localizadas na Reserva Extrativista Marinha Caeté-Taperaçu, Bragança, Pará. Foram realizadas campanhas mensais entre outubro de 2023 e setembro de 2024, com coleta, triagem e identificação dos resíduos quanto ao tipo de material, produto, volume, marca, país de origem e idade estimada. Também foram analisadas condições climatológicas e hidrodinâmicas, além de simulações com o modelo PlasticAdrift para avaliar a viabilidade física do transporte oceânico de longa distância. Em Chavascal, foram coletados 936 resíduos, com predominância de garrafas PET (88,34%), 179 marcas de origem associada principalmente à África e à Ásia. Em Farol Velho, foram registrados 831 resíduos, com destaque para tampas plásticas (56,31%) e garrafas plásticas, sendo identificadas 134 marcas e 39 países. Mauritânia e China foram os principais países associados aos resíduos identificados. As simulações indicaram que garrafas plásticas liberadas na costa da África Ocidental podem alcançar a costa amazônica em escalas de tempo entre 0,7 e 2,8 anos. Há indícios de que os resíduos da África Ocidental cheguem por meio de correntes marinhas, ao passo que o lixo proveniente dos demais países tenha como origem provável o descarte ilegal por embarcações na região. Os resultados indicam que as praias estudadas funcionam como áreas receptoras de lixo marinho alóctone, resultante da interação entre transporte oceânico, dinâmica costeira e possíveis contribuições de atividades marítimas. Esses achados reforçam a necessidade de monitoramento contínuo, cooperação internacional, fiscalização marítima e estratégias integradas de gestão costeira para reduzir os impactos da poluição plástica na costa amazônica.

Palavras-chave: lixo marinho; resíduos plásticos; transporte transfronteiriço; praias amazônicas; RESEX Caeté-Taperaçu; gestão costeira.

ABSTRACT

Transboundary marine litter pollution represents a growing challenge for the conservation of coastal environments, especially in protected and difficult-to-monitor areas. This study aimed to identify and characterize allochthonous marine macrolitter (>2.5 cm) on Chavascal Beach (difficult access) and Farol Velho Beach (a recreational area), both located within the Caeté-Taperaçu Marine Extractive Reserve, Bragança, Pará, Brazil. Monthly surveys were conducted between October 2023 and September 2024, involving the collection, sorting, and identification of debris according to material type, product category, volume, brand, country of origin, and estimated age. Climatological and hydrodynamic conditions were also analyzed, along with PlasticAdrift model simulations to assess the physical feasibility of long-distance oceanic transport. At Chavascal Beach, 936 debris items were collected, with a predominance of PET bottles (88.34%) and 179 brands, mainly associated with African and Asian origins. At Farol Velho Beach, 831 debris items were recorded, with plastic caps (56.31%) and plastic bottles being the most representative categories, and 134 brands from 39 countries were identified. Mauritania and China were the main countries associated with the identified debris. The simulations indicated that plastic bottles released along the West African coast could reach the Amazonian coast within time scales ranging from 0.7 to 2.8 years. There is evidence that debris from West Africa may reach the region through ocean currents, whereas litter originating from other countries may be associated with potential illegal disposal by vessels operating in the region. The results indicate that the studied beaches function as receiving areas for allochthonous marine litter, resulting from the interaction between oceanic transport, coastal dynamics, and possible contributions from maritime activities. These findings reinforce the need for continuous monitoring, international cooperation, maritime enforcement, and integrated coastal management strategies to reduce the impacts of plastic pollution along the Amazonian coast.

Keywords: marine litter; plastic debris; transboundary transport; Amazonian beaches; Caeté-Taperaçu Marine Extractive Reserve; coastal management.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. ÁREA DE ESTUDO	12
3. METODOLOGIA.....	14
3.1 Campanhas de Campo	14
3.2 Processamentos das amostras	15
3.3 Dados climatológicos e hidrodinâmica	16
3.4 Análise estatística.....	17
3.5 Catálogo.....	18
4. RESULTADOS.....	19
4.1 Praia de Chavascal.....	19
4.2 Praia de Farol Velho	21
4.3 Hidrodinâmica e climatologia	24
4.4 Medidas de temperaturas.....	27
4.5 Tampas e organismos epibiontes.....	28
4.6 Plastic Adrift	29
5. DISCUSSÃO.....	30
5.1 Predominância de resíduos plásticos e persistência no ambiente costeiro	30
5.2 Origem geográfica dos resíduos: evidências de transporte transfronteiriço	31
5.3 Diferenças entre Chavascal e Farol Velho	32
5.4 Tipologia dos resíduos e padrões de consumo	33
5.5 Idade das embalagens e hipóteses sobre tempo de deriva.....	34
5.6 Influência de processos oceanográficos e hidrodinâmicos.....	34
5.7 Evidências e limites da hipótese de descarte por embarcações	36
5.8 Implicações ambientais e para a gestão da RESEX Caeté-Taperaçu.....	36
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
Declaração sobre o uso de IA generativa e tecnologias assistidas por IA no processo de redação.....	38
REFERÊNCIAS.....	38
APÊNDICE.....	44

1. INTRODUÇÃO

Os plásticos são polímeros amplamente distribuídos nos ecossistemas marinhos e costeiros, incluindo áreas oceânicas, regiões remotas e ambientes com baixo acesso humano direto. Desde meados do século XX, a produção e o descarte de materiais plásticos aumentaram de forma expressiva, resultando, entre 1950 e 2015, na geração de aproximadamente 6,3 bilhões de toneladas de resíduos plásticos (Tamara et al., 2025). Atualmente, os resíduos sólidos representam uma das principais formas de poluição marinha, correspondendo a cerca de 80% dos resíduos encontrados nesses ambientes, inclusive em áreas remotas (Fonseca et al., 2024; Shankar et al., 2024). Em razão de sua elevada persistência ambiental, ampla dispersão e baixa taxa de reciclagem, os plásticos têm se tornado uma preocupação global, com impactos negativos sobre os ecossistemas, a biodiversidade marinha e as populações humanas dependentes dos recursos costeiros (Jambeck et al., 2015; Lebreton et al., 2017; Benito-Kaesbach et al., 2024).

Além de questões paisagísticas e de saúde humana, a contaminação por resíduos plásticos pode afetar a fauna marinha de diferentes formas, incluindo emaranhamento, ingestão acidental e asfixia, resultando em ferimentos, alterações comportamentais, redução da capacidade alimentar e morte de organismos marinhos (Andriolo e Gonçalves, 2022; Krång et al., 2026). Além destes, a exposição prolongada dos plásticos à radiação solar, ao calor, à abrasão mecânica e à ação das ondas favorece sua fragmentação, originando microplásticos secundários no ambiente marinho (Andrady, 2011). Essas partículas podem ser transportadas por correntes oceânicas, incorporadas à cadeia trófica por meio da ingestão por organismos marinhos e, potencialmente, atingir os seres humanos pelo consumo de organismos como peixes, crustáceos, moluscos, etc. (Andrady, 2022; Krang et al., 2026). Nesse contexto, a poluição por resíduos plásticos representa uma ameaça direta à conservação dos oceanos e está relacionada aos princípios do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 14, que visa conservar e usar de forma sustentável os oceanos, mares e recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável (Ipea, 2026).

Grande parte dos resíduos plásticos que chegam ao ambiente marinho resulta do gerenciamento inadequado em áreas continentais, do transporte fluvial e de fontes costeiras e offshore. Estimativas indicam que a entrada de plásticos nos oceanos varia de acordo com fatores como densidade populacional, urbanização, industrialização, regimes

de precipitação e proximidade com a zona costeira, especialmente em áreas situadas até 50 km da costa (Lebreton et al., 2017). Além disso, países de renda média e em crescimento econômico estão entre os principais contribuintes para o descarte inadequado de resíduos plásticos, refletindo a relação entre desenvolvimento urbano, consumo e deficiência nos sistemas de gestão de resíduos (Jambeck et al., 2015). Uma vez no ambiente marinho, esses detritos podem ser encontrados em diferentes áreas de praia, superfície oceânica, fundo marinho e até mesmo no gelo marinho do Ártico (Jambeck et al., 2015; Edward et al., 2025).

Entre as formas mais preocupantes de poluição marinha está o lixo alóctone, composto por resíduos transportados por longas distâncias a partir de fontes externas à área onde são encontrados. Estima-se que, em 2010, entre 4 e 12 milhões de toneladas de resíduos plásticos tenham sido descartadas inadequadamente nos oceanos (Shankar et al., 2024). Uma parcela significativa desses resíduos pode ter origem offshore, incluindo materiais descartados por embarcações ou provenientes de outros continentes e transportados por correntes oceânicas (Ryan et al., 2019, 2021). Após o descarte irregular, fatores oceanográficos e meteorológicos, como direção e intensidade dos ventos, precipitação, marés e correntes, influenciam o transporte, a deposição e a acumulação desses resíduos em praias remotas ou recreativas (Lavers e Bond, 2017; Benedito-Kaesbach, 2024; Souza et al., 2025).

A presença de resíduos transfronteiriços representa um obstáculo global para a conservação ambiental, pois afeta ecossistemas costeiros sensíveis e áreas de elevada importância ecológica (Krelling et al., 2017). Em praias habitadas por tartarugas marinhas, por exemplo, o acúmulo de lixo pode comprometer habitats de nidificação e representar riscos adicionais para ovos, filhotes e indivíduos adultos (Panda et al., 2025). Estudos realizados em áreas remotas, como a Reserva Biológica do Atol das Rocas, identificaram resíduos de diferentes materiais, incluindo plástico, metal, vidro, papelão, nylon e itens diversos, muitos deles de origem estrangeira, mesmo em uma unidade reconhecida pela UNESCO como patrimônio natural e destinada principalmente à pesquisa científica (Soares et al., 2010). Esses achados indicam que a distância de centros urbanos ou a limitação do acesso humano não impedem a chegada de resíduos alóctones aos ambientes costeiros.

No Brasil, a extensa linha de costa abrange praias, manguezais, estuários, restingas e outros ecossistemas de grande relevância ecológica e socioeconômica (Andrades et al., 2020). Diversos estudos têm registrado a ocorrência de resíduos estrangeiros em praias brasileiras, incluindo áreas costeiras do Pará (Assis et al., 2023, 2025) e do Maranhão (Junior et al., 2022). Na Amazônia costeira, muitas praias estão inseridas em unidades de conservação, o que reforça a necessidade de estratégias de monitoramento, gestão costeira e educação ambiental voltadas à redução do descarte inadequado e à mitigação dos impactos do lixo marinho (Pessoa et al., 2019). Essas áreas protegidas incluem tanto unidades de proteção integral quanto unidades de uso sustentável, como as Reservas Extrativistas, conhecidas como RESEX, que buscam conciliar a conservação dos ecossistemas com o uso sustentável dos recursos naturais pelas comunidades locais (Pereira et al., 2024).

Nesse contexto, a Reserva Extrativista Marinha Caeté-Taperaçu, localizada no litoral amazônico do Pará, constitui uma área estratégica para a avaliação da ocorrência e origem de resíduos marinhos. RESEX é uma unidade de conservação que tem como objetivo assegurar a conservação do ecossistema e salvaguardar os modos de vida das comunidades tradicionais locais. A visitação pública é permitida neste tipo de unidade de conservação, desde que as atividades recreativas estejam alinhadas aos interesses locais e às disposições do plano de manejo, conforme previsto pela Lei Federal nº 9.985/2000 (Assis et al., 2023). Entretanto, mesmo em áreas de acesso limitado, estudos demonstram que resíduos de origem externa podem se acumular independentemente da intensidade de uso humano local (Lavers e Bond, 2017). Além disso, avaliações recentes indicam que uma parcela significativa das praias apresenta níveis elevados de detritos, reforçando a necessidade de diagnósticos comparativos entre áreas recreativas e áreas remotas (Assis et al., 2025; Souza et al., 2025).

Diante disso, neste estudo foi possível identificar e caracterizar o macrolixo marinho superior a 2,5 cm (Andrussiansi et al., 2024), a caracterização dessa fração do lixo é crucial para preencher a lacuna sobre o mapeamento de fontes geradoras e rotas de transporte, permitindo entender o processo de fragmentação que antecede a formação do microplasticismo crônico na área avaliada em duas praias localizadas na RESEX Caeté-Taperaçu: a praia de Chavascal, com difícil acesso, e a praia de Farol Velho, de uso

recreativo. A escolha dessas praias deve-se ao contraste entre seus diferentes níveis de influência antrópica e ao potencial de acumulação de resíduos marinhos alóctones.

A hipótese deste estudo é que uma fração relevante dos resíduos encontrados possui origem alóctone e pode estar associada ao descarte inadequado por embarcações, especialmente na praia de Chavascal. Assim, este trabalho busca analisar a origem, a composição e as possíveis ocorrência de lixo marinho entre uma área remota e uma área recreativa, contribuindo para o entendimento da poluição offshore na costa amazônica e para o fortalecimento de estratégias de gestão costeira em unidades de conservação.

2. ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi conduzido nas praias de Farol Velho (Latitude 0°49'15.31"S Longitude 46°36'41.45"O) e Chavascal (Latitude 0°48'44.70"S Longitude 46°37'22.35"O), localizadas no litoral amazônico do estado do Pará, em uma faixa costeira dominada por manguezais (Figura 1). Essas praias estão situadas entre as praias de Ajuruteua e Buiçucanga e integram a Reserva Extrativista Marinha Caeté-Taperaçu e afastada de grandes centros urbanos. Localizadas a mais de 40 km do centro urbano de Bragança, as praias de Farol Velho e Chavascal são separadas pelo canal do Chavascal, sendo o acesso possível apenas por caminhada a partir da praia de Ajuruteua durante o período de maré baixa.

Ambas as praias apresentam características típicas de praias-barreira, sendo ambientes planos, alongados, compostos predominantemente por sedimentos arenosos finos e margeados por campos de dunas e áreas de manguezal. Essa configuração geomorfológica favorece a deposição e o acúmulo de resíduos sólidos.

A localidade está sujeita à regime de macromarés semidiurnas, com alturas entre 5 e 6 m durante as marés de sizígia e entre 4 e 4,5 m durante as marés de quadratura (DHN, 2026). As correntes de maré podem atingir velocidades de aproximadamente 1,5 m s⁻¹ durante o período de enchente, enquanto a altura significativa das ondas pode alcançar valores máximos próximos de 2,0 m durante a maré alta e valores inferiores a 0,3 m durante a maré baixa (Pereira et al., 2016).

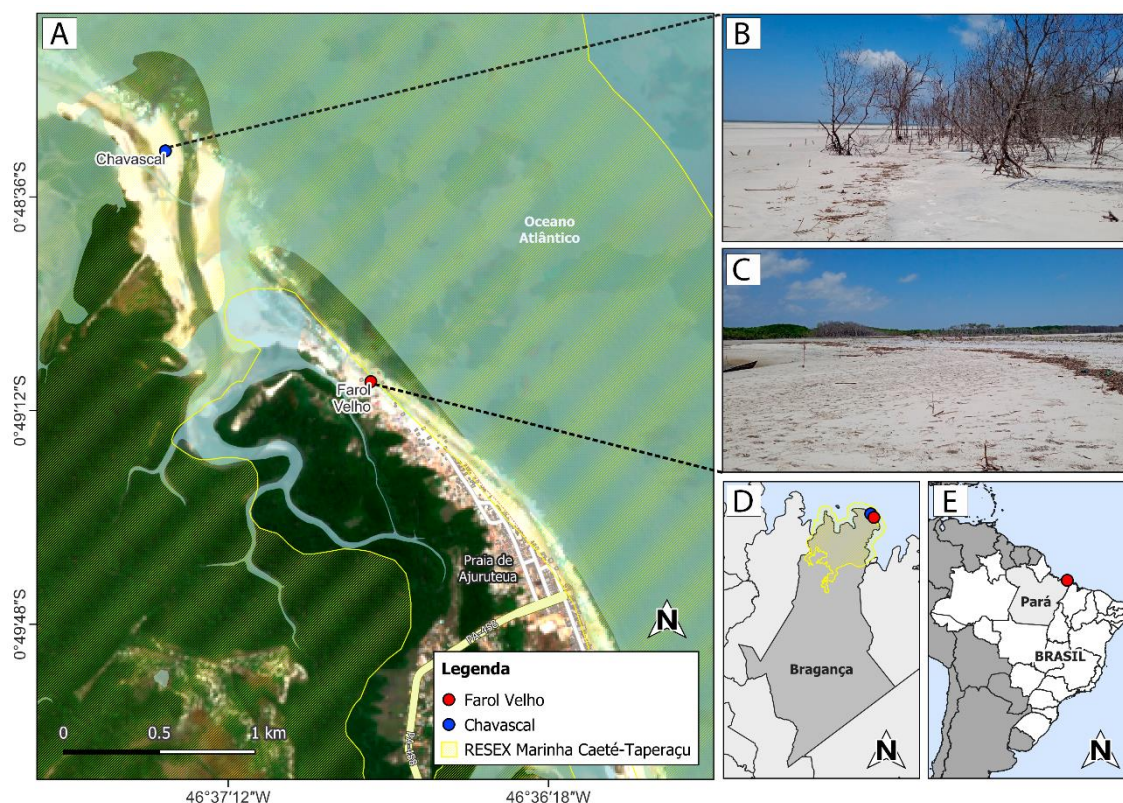


Figura 1. Área de estudo (A), destacando as praias de Chavascal (B) e Farol (C) localizadas no município de Bragança (D), no estado do Pará, Brasil (E).

A praia de Farol Velho apresenta influência antrópica associada principalmente a atividades recreativas e à presença de residências secundárias construídas sobre áreas de dunas e manguezais (Figura 2). Em contraste, a praia de Chavascal representa uma área mais preservada e de difícil acesso, com ocupação humana reduzida, composta apenas por pequenas residências (ranchos) utilizadas por pescadores locais, funcionando, portanto, como um ambiente de controle ideal por sofrer baixa interferência direta, permitindo avaliar o papel das correntes estuarinas na deposição de detritos.



Figura 2. Fotos das praias em estudo e das garrafas encontradas.

3. METODOLOGIA

A metodologia deste estudo foi estruturada em duas etapas principais. A primeira consistiu na caracterização dos detritos marinhos alóctones coletados nas praias de Farol Velho e Chavascal, desconsiderando os resíduos locais. A segunda etapa envolveu a análise das condições climatológicas e hidrodinâmicas, bem como a avaliação de possíveis rotas de transporte desses resíduos até a área de estudo. Adicionalmente, foi utilizado o modelo de transporte de plásticos oceânicos desenvolvido por van Sebille et al. (2012), disponível na plataforma PlasticAdrift, para estimar o tempo potencial de deslocamento dos detritos plásticos por meio das correntes oceânicas.

3.1 Campanhas de Campo

As campanhas de campo foram realizadas mensalmente nas praias de Farol Velho em novembro de 2023 a novembro de 2024 e Chavascal em outubro de 2023 a outubro de 2024, adotando-se um delineamento temporal de 12 meses para abranger a sazonalidade climática regional (períodos seco e chuvoso) e suas respectivas dinâmicas de uso antrópico e hidrodinâmica. As amostragens ocorreram durante as marés de sizígia, período em que a variação da maré é mais elevada, permitindo a deposição e posterior quantificação dos detritos na linha de preamar. Ao todo, foram conduzidas doze campanhas em cada praia, nas quais foram coletados vários tipos de detritos sólidos e outros recipientes caracterizados como detritos marinhos alóctones.

A coleta foi realizada ao longo de toda a extensão da praia do Farol (cerca de 1 km), abrangendo a linha de maré alta mais recente e as áreas de dunas. Em chavascal, a coleta foi realizada ao longo da linha de costa (aproximadamente, 1,6 km) e entre a vegetação de manguezal até 30 m em direção ao interior, uma vez que na marés de sizígia estas áreas são inundadas. O procedimento de coleta seguiu aqueles adotados por Ryan (2020) e Assis et al. (2023). As áreas amostradas foram delimitadas com o auxílio de um GPS Garmin eTrex 30x.

Após a coleta, todos os resíduos transfronteiriços coletados foram transportados para o Laboratório de Oceanografia Costeira e Estuarina da Universidade Federal do Pará, onde foram submetidos à análise detalhada.

3.2 Processamentos das amostras

Os detritos coletados foram classificados de acordo com a metodologia proposta por Ryan et al. (2019), considerando o tipo de material alóctone, o conteúdo e o volume dos recipientes, bem como a marca, o país, o continente e a data de validade. Os materiais foram agrupados em categorias como plástico, vidro e metal, enquanto os conteúdos foram classificados como bebidas alcoólicas e bebidas não alcoólicas, água, refrigerantes, cosméticos, produtos de limpeza, entre outros. O volume dos recipientes foi registrado em litros (L), uma variável essencial para estimar a capacidade de fluatibilidade e dispersão hidrodinâmica dos detritos, bem como para caracterizar o perfil de consumo e a magnitude do impacto volumétrico ocupado pelo plástico no ecossistema costeiro. Para estimar o volume aproximado das garrafas sem informação disponível, assumiu-se que os recipientes apresentavam formato cilíndrico.

As garrafas plásticas foram classificadas segundo o tipo de polímero, com base no Sistema Internacional de Identificação de Resinas, incluindo tereftalato de polietileno (PET = 1), polietileno de alta densidade (HDPE = 2) e polietileno de baixa densidade (LDPE = 3), conforme descrito por Assis et al. (2023). As análises de composição de polímeros e volumetria foram aplicadas de forma contínua ao longo do desenho amostral temporal de 12 meses. Essa abordagem mensal e anual visa identificar variações sazonais na assinatura química e no tamanho dos detritos, permitindo correlacionar os picos de determinados polímeros (como o PET) com períodos de maior pressão antrópica (alta

temporada de turismo) ou com a dinâmica de transporte hidrodinâmico durante o período chuvoso.

Considerando a importância das tampas para a flutuabilidade dos recipientes, foram registradas informações sobre o volume das tampas, indicando se eram mais leves ou mais densas que a água do mar, seguindo os procedimentos descritos por Ryan (2020).

Esses dados foram obtidos a partir da análise das informações presentes no rótulo, na tampa, no gargalo ou na base dos recipientes. Quando a marca não pôde ser identificada diretamente, os itens foram comparados com recipientes previamente catalogados na coleção de referência do laboratório Assis et al. (2023). Nos casos em que a identificação permaneceu incerta, foram realizadas buscas em bases de dados especializadas disponíveis online, como pet35.canaco.org, bottlecaps.de e sealordphotography.net.

Os recipientes que não puderam ser atribuídos a um país específico foram classificados em regiões geográficas mais amplas, como Ásia, África, Europa ou Américas, com base no alfabeto ou em outras informações presentes no recipiente, conforme os critérios descritos por Ryan et al. (2021). Os itens cuja origem permaneceu incerta foram classificados como “desconhecidos”.

Quando apenas a data de validade estava disponível, a data de fabricação foi estimada com base na vida útil média de produtos semelhantes comercializados na região, adotando-se o padrão de mercado da indústria de bebidas e alimentos (ex: 24 meses para águas minerais e refrigerantes em garrafas PET, conforme especificações dos fabricantes/ANVISA). A idade estimada das garrafas no ambiente foi então calculada a partir da diferença entre a data de coleta no local de estudo e a data de fabricação (estimada ou registrada).

3.3 Dados climatológicos e hidrodinâmica

A segunda etapa da metodologia consistiu na análise das condições climatológicas e hidrodinâmicas associadas à distribuição e ao transporte dos detritos marinhos nas áreas de estudo. Para isso, foram compilados dados de intensidade e direção do vento,

intensidade e direção das correntes oceânicas, precipitação e altura, período e direção das ondas.

Os dados de precipitação e temperatura do ar foram obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2026), a partir da estação meteorológica localizada no município de Tracuateua, situada a aproximadamente 17 km a oeste da cidade de Bragança. As informações de vento foram obtidas a partir da reanálise ERA5, do *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), acessada por meio do *Google Earth Engine*. Foram consideradas a velocidade máxima diária das rajadas e a direção do vento ao longo do período analisado.

Os dados diários de altura, período e direção das ondas foram obtidos por meio do *Copernicus Marine Service*, entre os meses de estudo. As informações sobre correntes oceânicas foram obtidas para o mesmo período, a partir do modelo HYCOM, desenvolvido no âmbito do *National Oceanographic Partnership Program* (NOPP), como parte do *Global Ocean Data Assimilation Experiment* (GODAE), também acessado por meio do *Google Earth Engine*.

Todos os dados ambientais foram organizados em planilhas do Microsoft Excel e utilizados para subsidiar as análises estatísticas e a elaboração das figuras apresentadas neste estudo.

3.4 Análise estatística

Para a análise quantitativa dos resíduos alóctones, os testes prévios de normalidade e homogeneidade foram dispensados devido à natureza discreta dos dados de contagem. A aplicação de premissas paramétricas nesse contexto poderia introduzir vieses, uma vez que esse tipo de dado é composto por valores inteiros e pode não apresentar distribuição normal adequada (Uckardes et al., 2013).

Para investigar possíveis associações entre variáveis categóricas, foi aplicado o teste não paramétrico do Qui-quadrado de Pearson (χ^2). Esse teste foi utilizado para avaliar as relações entre as características dos resíduos, como marca, tipo de produto e idade das garrafas, e sua distribuição espacial, considerando continente e país de origem, bem como sua distribuição temporal, considerando o mês de coleta.

As datas de validade foram previamente agrupadas em intervalos temporais discretos: dentro da validade, até 2 anos, de 3 a 5 anos, de 6 a 10 anos e mais de 10 anos. Adicionalmente, foi calculado o coeficiente V de Cramer (φ_c), com o objetivo de quantificar a magnitude do efeito e a força da associação entre os pares de variáveis analisados.

Para avaliar a variação do volume de lixo coletado em relação aos diferentes fatores de agrupamento, como continente, país, mês, tipo de produto e marca, foi utilizada a análise de variância não paramétrica de Kruskal-Wallis. Todas as análises inferenciais foram conduzidas adotando-se nível de significância de $p < 0,05$.

3.5 Catálogo

Para viabilizar a rastreabilidade dos resíduos e subsidiar identificações em monitoramentos futuros, elaborou-se um catálogo ilustrado (apêndice) de referência de lixo alóctone a partir do material amostrado nas praias do Farol Velho e de Chavascal. A confecção desse acervo seguiu uma rotina metodológica padronizada, iniciando-se com a triagem dos materiais e a identificação preliminar em campo e laboratório. Com o objetivo de garantir a máxima fidelidade na documentação visual, selecionou-se o modelo representativo em melhor estado de conservação de cada marca encontrada, priorizando os resíduos com rótulos, relevos e gravações preservados.

Na etapa subsequente, realizou-se o registro fotográfico detalhado dos itens selecionados sob diferentes ângulos. A documentação abrangeu a vista frontal e a base (fundo) de cada frasco ou garrafa, bem como o registro individualizado da frente e do verso das tampas, buscando capturar especificidades tipológicas, códigos de cavidade de molde, símbolos de identificação do polímero e eventuais marcas de fabricação. Por fim, para conferir rigor sistemático e agilidade de consulta ao material, o catálogo foi estruturado em uma ordenação hierárquica por continente de origem, subcompartmentado por país e organizado em ordem alfabética de acordo com as marcas comerciais das embalagens.

4. RESULTADOS

4.1 Praia de Chavascal

Na praia de Chavascal foram coletados 936 resíduos marinhos alóctones. Desse total, 827 itens (88,34%) foram classificados como garrafas PET. Os demais resíduos foram compostos por materiais como papelão, vidro, ferro, alumínio e metal. Entre os itens coletados, 701 apresentaram marca identificável. Foram identificadas 179 marcas distintas.

Os resíduos identificados apresentaram origem em quatro continentes. África foi o continente mais representativo, correspondendo a 42,09% dos itens, seguida pela Ásia (29,16%), Américas (2,56%), e Europa (1,60%). A associação entre marcas e continentes foi estatisticamente significativa ($\chi^2 = 2302,44$; $p < 0,001$), mostrando associação extremamente forte ($V = 0,956$; $p < 0,001$). Essa análise considerou 596 casos válidos, excluindo os itens de origem desconhecida e as tampas.

Os resíduos foram atribuídos a 44 países diferentes, com predominância da Mauritânia, responsável por 21,04% dos itens, e da China, com 19,87%. As marcas mais frequentes foram Tijiriti, com 9,08%, e El-Afia Tayba, com 4,38%, ambas da Mauritânia, além de NongFu Spring, com 6,83%, e Master Kong, com 6,19%, ambas da China. A relação entre marcas e países também foi estatisticamente significativa, considerando 639 casos válidos ($\chi^2 = 23552,55$; $p < 0,001$), com forte magnitude de associação ($V = 0,905$; $p < 0,001$). A distribuição das marcas ao longo dos meses também apresentou variação significativa ($\chi^2 = 2273,85$; $p < 0,001$), porém com associação de magnitude moderada ($V = 0,569$; $p < 0,001$).

Em relação ao volume, os maiores valores foram associados aos resíduos provenientes da África (370,08 L), correspondendo a aproximadamente 34,29% do volume total registrado, com destaque para a Mauritânia (175,47 L), enquanto a Ásia foi 325,90 L (30,27% do volume total), com destaque para a China (215,60 L). A análise de Kruskal-Wallis indicou que o volume dos resíduos não diferiu significativamente entre continentes nem entre meses de coleta. Entretanto, foram observadas diferenças significativas quando o volume foi analisado por país, tipo de produto e marca. Considerando apenas os recipientes com origem conhecida, a água mineral apresentou o

maior volume, com aproximadamente 645 L. Por marca, Tijiriti apresentou o maior volume, com 81,16 L.

Quanto ao tipo de produto, os recipientes de água mineral foram predominantes, representando 65,81% dos itens coletados. Também foram registrados recipientes de produtos não alcoólicos, como sucos, chás, refrigerantes (1,82%), produtos de limpeza (1,18%) e refrigerantes (4,17%). Além desses, foram encontrados recipientes associados a álcool, antissépticos, bebidas alcoólicas e vitaminadas, cremes clareadores, espuma multiuso, silicone, antiferrugem, inseticidas, molho shoyu, iogurte, leite, mel, óleo, xampu, sucos e produtos de higiene.

A distribuição dos tipos de produto apresentou associação estatisticamente significativa ($\chi^2 = 4799,04$; $p < 0,001$), com magnitude extremamente forte ($V = 0,969$; $p < 0,001$). Quando analisados por continente, os tipos de produto também apresentaram variação significativa ($\chi^2 = 710,15$; $p < 0,001$), com associação moderada ($V = 0,527$; $p < 0,001$). Resultado semelhante foi observado na análise por país ($\chi^2 = 1303,12$; $p < 0,001$), também com magnitude moderada de associação ($V = 0,505$; $p < 0,001$).

A composição dos materiais confirmou o predomínio do plástico PET, identificado em 827 itens, equivalentes a 88,34% do total. Os demais materiais ocorreram em menores proporções, incluindo HDPE, ferro, metal, papelão, alumínio e vidro.

A idade de 286 embalagens, equivalente a 30,56% do total coletado e a 34,58% das garrafas PET, foi estimada com base nas datas de fabricação e/ou validade disponíveis, complementadas por estimativas de vida útil de produtos semelhantes quando necessário. A embalagem mais recente apresentou validade em 29 de abril de 2026 e era proveniente da Malásia, enquanto a mais antiga apresentou validade em 5 de dezembro de 2007 e foi originária da China. A idade das garrafas apresentou associação significativa com o continente de origem ($\chi^2 = 50,13$; $p < 0,001$). As embalagens mais antigas, com idade entre 3 e 5 anos, foram mais frequentes na Ásia, totalizando 108 exemplares. Já as embalagens mais recentes, com até 2 anos, foram mais associadas à África, com 59 exemplares. Apesar da significância estatística, a associação foi de fraca a moderada entre essas variáveis ($V = 0,250$).

A relação entre idade das garrafas e país também foi significativa ($\chi^2 = 209,62$; $p < 0,001$), com magnitude moderada de associação ($V = 0,442$; $p < 0,001$). A idade das

garrafas também variou significativamente entre os meses de coleta ($\chi^2 = 60,660$; $p < 0,005$), com maior número de embalagens registrado em outubro, entretanto indicou associação fraca a moderada ($V = 0,238$), sugerindo que o mês de coleta não foi o principal fator explicativo da idade dos resíduos. Para o tipo de produto, não foi observada associação significativa. Em contrapartida, a relação entre idade e marca foi significativa ($\chi^2 = 313,27$; $p < 0,05$), com associação moderada ($V = 0,541$; $p < 0,05$).

As embalagens mais recentes e ainda dentro do prazo de validade foram predominantemente provenientes da Malásia e da China. A Malásia apresentou 14 recipientes com a presença de validade, correspondendo a 4,89% do total de embalagens com essa informação, enquanto a China apresentou 134 recipientes, equivalente a 46,85%. Entre as marcas com maior frequência de embalagens com validade, destacaram-se El-Afia Tayba, com 11%, Master Kong, com 17%, NongFu Spring, com 20%, Tijiriti, com 6%, e SidiAli, com 4%.

Nos casos em que apenas a data de fabricação ou a data de validade estava disponível, a informação ausente foi estimada com base no tempo médio de vida útil de produtos semelhantes. Para água mineral, xampu e óleo, considerou-se validade de 2 anos. Para refrigerantes, cremes cosméticos, chás, produtos de limpeza, café, molho shoyu e sucos, foi considerada validade de 1 ano. Para inseticidas, adotou-se validade de 3 anos, enquanto para iogurtes e cigarros foi considerada validade de 6 meses após a fabricação.

A relação entre tipo de produto e mês de coleta também apresentou associação significativa ($\chi^2 = 735,17$; $p < 0,001$). Entretanto, o valor do V de Cramer ($V = 0,379$) indica que, embora exista dependência entre essas variáveis, o período temporal não explica a tipologia dos resíduos com a mesma força observada para a origem geográfica.

4.2 Praia de Farol Velho

Na praia de Farol Velho foram coletados 831 resíduos marinhos alóctones. Os itens mais frequentes foram garrafas plásticas, correspondendo a 41,03% do total. Também foram registrados vidro e alumínio, papelão, ferro, cigarros e garrafas de HDPE. Entre os resíduos coletados, foram identificadas 134 marcas distintas.

Os recipientes identificados foram atribuídos a 39 países distribuídos em quatro continentes. A África apresentou a maior representatividade, com 66,30% dos itens, seguida pela Ásia, com 13,35%, Américas, com 2,52%, e Europa, com 1,56%. A associação entre marcas e continentes foi estatisticamente significativa ($\chi^2 = 888,00$; $p < 0,001$), com magnitude extremamente forte ($V = 1,000$; $p < 0,001$).

As marcas mais frequentes foram Tijiriti (4,45%), Master Kong (3,48%), ES-SAVE (3,00%) e NongFu Spring (2,28%). A relação entre marca e país foi significativa ($\chi^2 = 10360$; $p < 0,001$), com magnitude extremamente forte de associação ($V = 1,000$; $p < 0,001$). A distribuição das marcas por mês também foi significativa ($\chi^2 = 1152,50$; $p < 0,05$), porém com associação moderada ($V = 0,624$; $p < 0,05$).

A distribuição dos tipos de produto por continente apresentou variação significativa ($\chi^2 = 104,98$; $p < 0,001$). No entanto, o valor do V de Cramer ($V = 0,344$) indica que, embora exista dependência entre as variáveis, a origem continental não define fortemente a tipologia dos resíduos. Por outro lado, a análise por país apresentou associação significativa ($\chi^2 = 1005,44$; $p < 0,001$), com magnitude moderada ($V = 0,652$; $p < 0,001$).

A distribuição dos tipos de produto ao longo dos meses também não ocorreu de forma aleatória, apresentando variação significativa ($\chi^2 = 113,12$; $p < 0,05$). Apesar disso, o valor do V de Cramer ($V = 0,219$) sugere associação fraca, indicando que o mês de coleta teve menor influência sobre a composição dos resíduos quando comparado à origem geográfica.

Entre os tipos de produto, os recipientes de água mineral corresponderam a 32% dos itens. Também foram encontrados resíduos associados a cigarros, água oxigenada, água saborizada, antiferrugem, antifúngico, café, chá, creme clareador, leite, margarina, molho shoyu, produtos de limpeza, espuma multiuso, refrigerante, xampu, suco, tubo de silicone e vinho. As tampas foram a categoria mais abundante, com 468 unidades, correspondendo a 56,31% do total. Dessas, 396 identificadas, catalogadas e associadas a diferentes marcas.

A análise das tampas indicou associação significativa entre marcas e categorias analisadas ($\chi^2 = 2353,84$; $p < 0,001$), com magnitude extremamente forte ($V = 0,997$; $p < 0,001$). As marcas de tampas mais frequentes foram Festa, com 115 unidades (29%), Zést,

com 100 unidades (25%); Swissta, com 40 unidades (10%); American Water, com 30 unidades (7,57%); Zen, com 20 unidades (5%); Canadian Pure, com 17 unidades (4,29%); Canadian, com 14 unidades (3,53%); e Orion, com 11 unidades (2,77%).

Em relação ao volume, os resíduos provenientes da África totalizaram 300,36 L. Desse total, 111,06 L corresponderam exclusivamente às tampas. A análise de Kruskal-Wallis indicou que o volume não variou significativamente entre continentes nem entre meses de coleta. Entretanto, foram observadas diferenças quando o volume foi analisado por país, tipo de produto e marca. A Mauritânia apresentou o maior volume por país, com 86,30 L. Entre os tipos de produto, a água mineral apresentou o maior volume, com 354,02 L considerando todos os registros, ou 330,14 L considerando apenas itens com origem conhecida. Por marca, Tijiriti apresentou o maior volume, com 35,01 L.

A embalagem mais antiga registrada em Farol Velho apresentou validade em 10 de junho de 2016, pertencente à marca Bel-Aqua, originária de Gana, na África. A embalagem mais recente apresentou validade em 19 de janeiro de 2027, pertencente à marca Formosa Biomedical, associada a um detergente proveniente de Taiwan, na Ásia.

As embalagens com informações de validade corresponderam a 15% do total. Entre as marcas mais frequentes nesse grupo, destacaram-se Master Kong, com 24 recipientes, equivalente a 24% das embalagens com a presença de validade; NongFu Spring, com 18 recipientes, equivalente a 14%; El-Afia Tayba, com 17 recipientes, equivalente a 13%; e Tijiriti, com 5 recipientes, equivalente a 3%.

A idade das garrafas apresentou associação significativa com o continente de origem ($\chi^2 = 34,30$; $p < 0,001$). As embalagens mais antigas, com idade entre 3 e 5 anos, foram mais frequentes na Ásia, totalizando 41 exemplares. Já as embalagens mais recentes, com até 2 anos, foram mais frequentes na África, com 29 exemplares. Apesar da significância estatística, o valor do V de Cramer indicou associação fraca a moderada entre as variáveis ($V = 0,314$).

A relação entre idade das garrafas e país também foi significativa ($\chi^2 = 119,70$; $p < 0,001$), com magnitude moderada de associação ($V = 0,586$; $p < 0,001$). Não foi observada associação significativa entre idade das garrafas e mês de coleta. Por outro lado, a idade apresentou associação significativa com o tipo de produto ($\chi^2 = 61,11$; $p <$

0,001), com magnitude moderada ($V = 0,419$; $p < 0,001$), e com as marcas ($\chi^2 = 195,46$; $p = 0,001$), com magnitude alta de associação ($V = 0,749$; $p = 0,001$).

4.3 Hidrodinâmica e climatologia

A análise temporal entre setembro de 2023 e novembro de 2024 evidencia uma marcada variação sazonal das condições meteoceanográficas na região de estudo. Esse padrão é típico de áreas de baixas latitudes e está associado à migração sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

A Figura 3 mostra um padrão sazonal bem definido na intensidade e na direção dos ventos de superfície. Durante o segundo semestre, especialmente entre setembro e dezembro de 2023 e entre julho e novembro de 2024, foram registrados os maiores valores de velocidade média do vento ($> 7,0 \text{ m s}^{-1}$). Nesse período, os ventos sopraram predominantemente de Leste e Nordeste, caracterizando a atuação mais intensa dos ventos alísios. Em contraste, entre março e maio de 2024, ocorreu o enfraquecimento desse sistema, com velocidades próximas a $4,0 \text{ m s}^{-1}$, refletindo a influência da ZCIT sobre a região.

A hidrodinâmica superficial mostra o domínio da Corrente do Norte do Brasil (CNB), que flui de forma intensa em direção ao noroeste ao longo da quebra da plataforma continental. Nos meses de maior intensidade dos ventos (Figura 4), principalmente no segundo semestre, o núcleo principal da corrente atingiu velocidades superiores a $0,72 \text{ m s}^{-1}$. Durante o período de transição, entre março e maio de 2024, a estrutura espacial da corrente apresentou redução ou maior dispersão das velocidades na região costeira interna. Apesar disso, o fluxo principal em direção ao noroeste permaneceu ativo na porção oceânica.

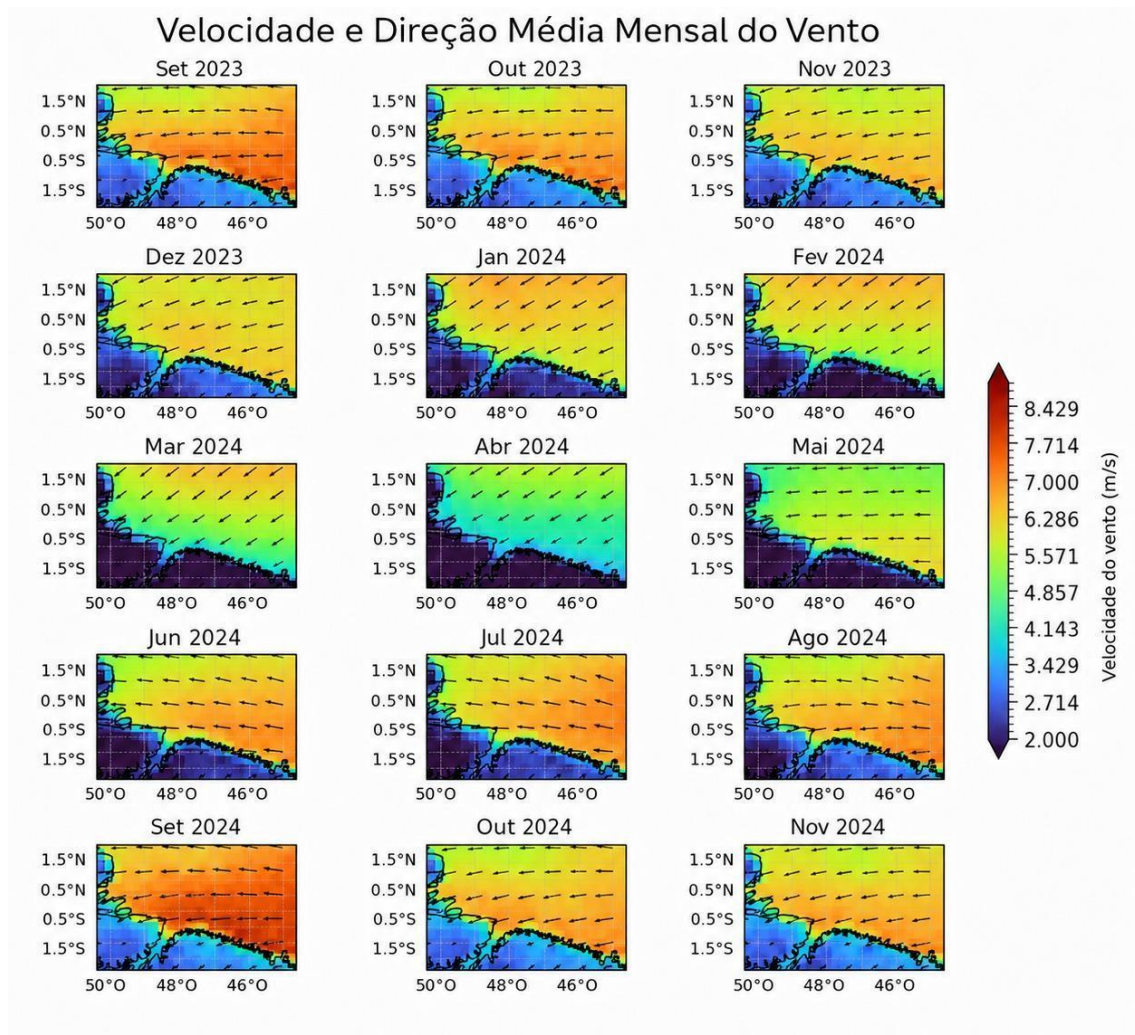


Figura 3. Velocidade e direção mensal dos ventos, entre setembro de 2023 e novembro 2024.

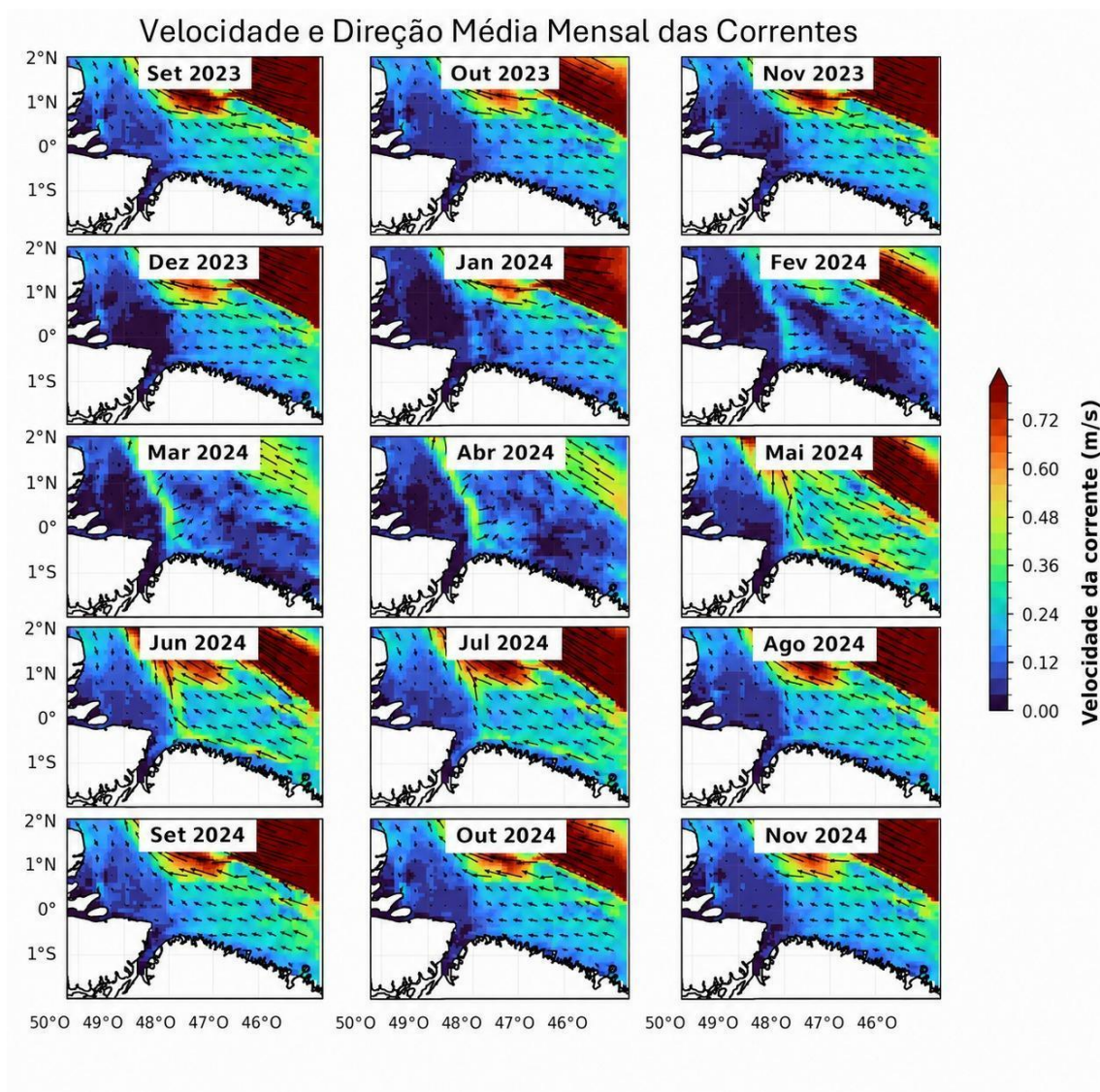


Figura 4. Velocidade e direção mensal das correntes, entre setembro de 2023 e novembro 2024.

O regime de ondas, ilustrado na Figura 5, também apresentou variação sazonal associada aos sistemas de vento locais e remotos. A altura significativa das ondas atingiu seus maiores valores entre janeiro e abril de 2024, com picos entre aproximadamente 1,5 e 2,1 m na região oceânica adjacente à costa. Embora os ventos locais tenham sido mais fracos nesse período, a direção das ondas indica a chegada de ondas provenientes de nordeste, sugerindo influência de *swell* gerados no Atlântico Norte. No segundo semestre, por outro lado, o padrão das ondas parece responder mais diretamente à atuação dos ventos alísios de leste/nordeste, refletindo maior influência do mar local.

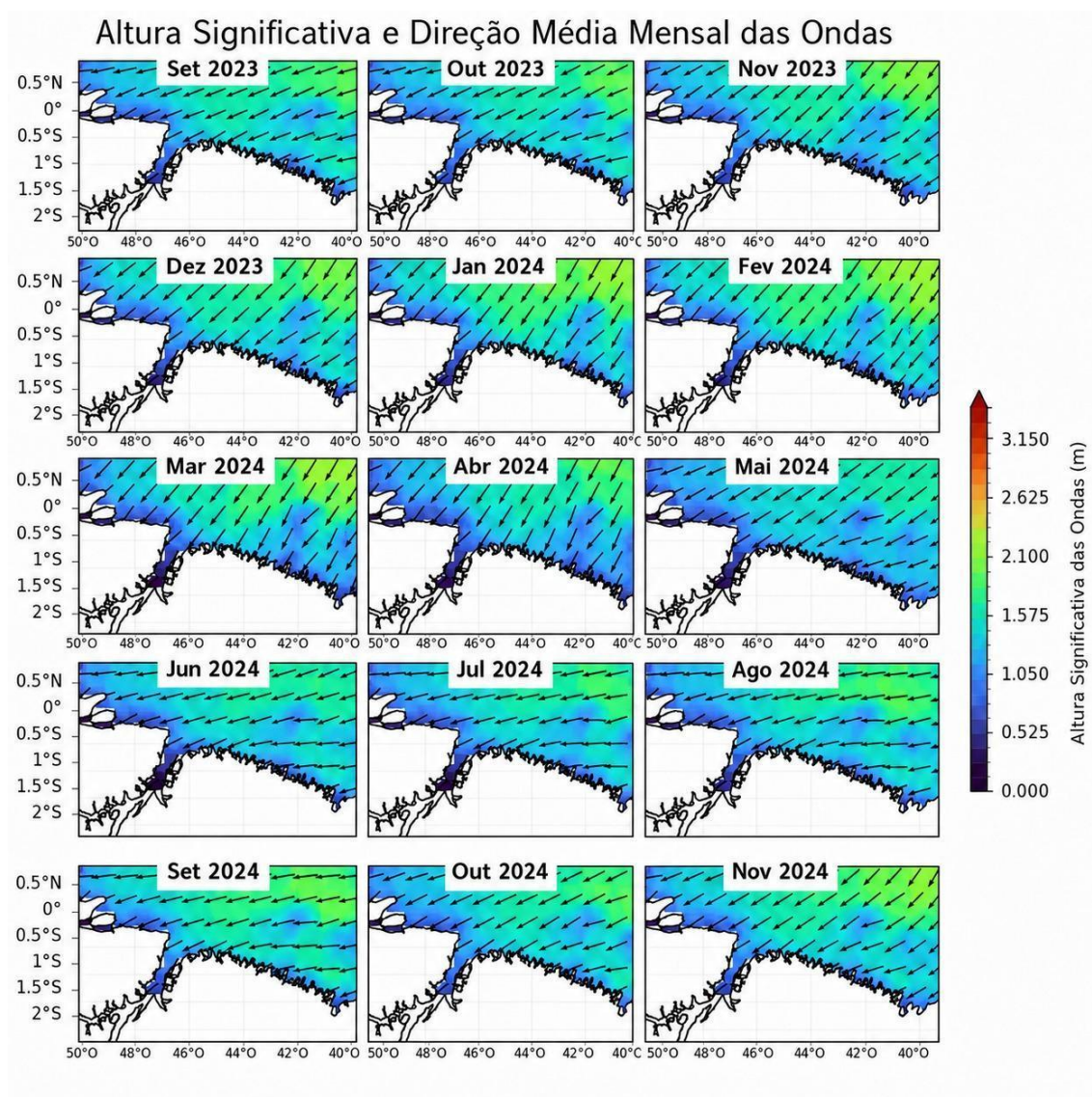


Figura 5. Altura de ondas significativas, entre setembro de 2023 e novembro 2024.

4.4 Medidas de temperaturas

O clima regional é marcado por elevada pluviosidade anual e temperaturas altas ao longo do ano (Figura 6). A precipitação média anual é de aproximadamente 2.400 mm, sendo cerca de 85% desse total concentrado durante a estação chuvosa (INMET, 2026). O trimestre mais chuvoso ocorre geralmente entre março e maio, enquanto o período mais seco se concentra entre setembro e novembro. As temperaturas médias do ar são elevadas e relativamente estáveis, variando em torno de 26°C durante a estação chuvosa e alcançando valores próximos de 28,5°C no segundo semestre do ano (INMET, 2026). Os ventos predominantes são provenientes do quadrante nordeste, com velocidades entre 2 e

4 m s⁻¹ durante a estação seca e entre 5 e 6 m s⁻¹ durante a estação chuvosa (INMET, 2026).

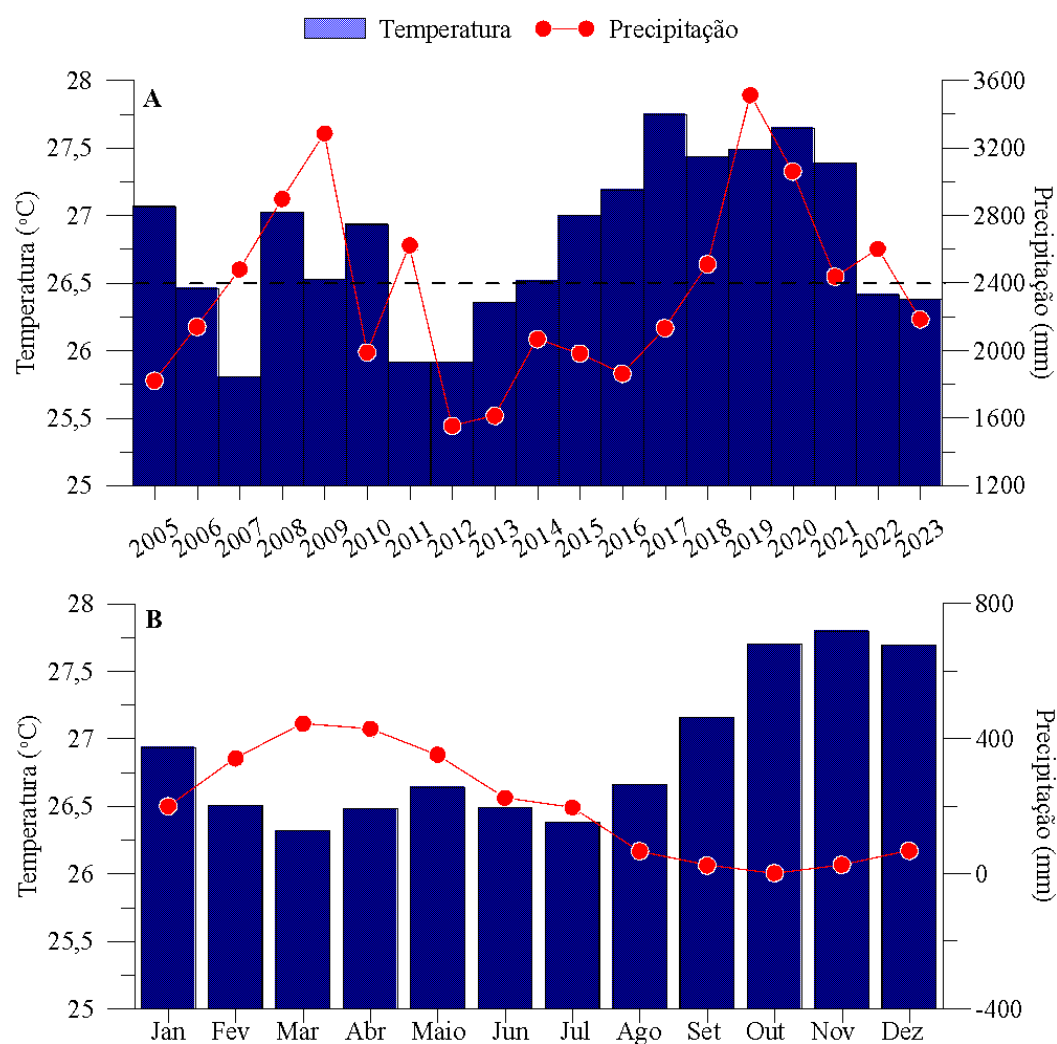


Figura 6. Médias de temperatura do anual (2005-2023) e mensal, e precipitação acumulada anual e mensal. A linha tracejada na figura A representa a precipitação média entre 2005 e 2023.

4.5 Tampas e organismos epibiontes

Na praia do Farol Velho, a categoria observada representou a maioria expressiva da amostra de tampas, englobando 56,44% do total ($n = 469$). Em contrapartida, na praia de Chavascal, a participação dessa mesma variável foi pontual, correspondendo a apenas 7,06% dos casos ($n = 68$).

Nota-se uma marcante sazonalidade no Farol Velho, com pico de ocorrência no mês de dezembro. Esse padrão, sugere um aporte predominantemente alóctone (origem marinha/estuarina), impulsionado pela dinâmica de correntes, ventos e pela intensificação

do regime de chuvas da região, que favorecem o transporte e a deposição desses resíduos flutuantes na zona de estirâncio.

Em relação à interação biológica, verificou-se a presença de organismos epibiontes em 17 espécimes no Farol Velho e em 6 espécimes em Chavascal. Embora as espécies não tenham sido taxonomicamente identificadas, a mera presença desses micro-organismos incrustados é evidência suficiente de que as garrafas permanecem à deriva na coluna d'água por tempo hábil para colonização biológica, confirmando o aporte alóctone desses resíduos.

4.6 Plastic Adrift

As simulações indicaram que partículas liberadas em diferentes setores da costa da África Ocidental poderiam alcançar a célula de grade associada à área de estudo por meio de vias de circulação atlântica de larga escala. A conectividade modelada foi identificada para áreas de liberação associadas a Angola, República do Congo, Gabão, Gana, Costa do Marfim, Serra Leoa, Gâmbia, Senegal e Mauritânia (Tabela 1). Os tempos estimados de chegada e de residência variaram entre as regiões de liberação, refletindo diferenças nas rotas de transporte modeladas e nos períodos em que as partículas permaneceram em zonas de convergência oceânica. Os tempos estimados de chegada variaram de 0,7 anos para partículas liberadas na República do Congo, Costa do Marfim e Serra Leoa até 2,8 anos para partículas liberadas no Senegal. Esses resultados indicam que o transporte de longa distância da costa da África Ocidental até a costa amazônica brasileira é fisicamente possível dentro da circulação de larga escala representada pelo PlasticAdrift. No entanto, as simulações não devem ser interpretadas como trajetórias reconstruídas ou como evidência direta das rotas exatas seguidas pelas garrafas amostradas. O modelo não resolve processos costeiros complexos, encalhe e ressuspensão, bioincrustação, afundamento, fragmentação ou outras transformações específicas das partículas que podem afetar o transporte e a deposição reais.

Em síntese, as principais diferenças observadas residem na assimetria temporal do transporte, evidenciando que a dinâmica das correntes atlânticas favorece uma rota expressa de curto prazo para detritos da África Central e do Golfo da Guiné, em contraste com o aprisionamento prolongado em zonas de convergência que caracteriza o fluxo proveniente do noroeste africano.

Tabela 1. Países do oeste africano, com simulações representando os tempos de chegada e residência em anos, a partir do programa PlasticAdrift.

Países	Tempo de chegada (anos)	Tempo de residência (anos)
Angola	1.3	3.5
Congo	0.7	3.2
Gana	1.2	5.7
Costa Marfim	0.7	6.2
Serra Leoa	0.7	6.2
Gâmbia	2.8	2.0
Senegal	2.8	2.0
Mauritânia	2.7	2.2

5. DISCUSSÃO

5.1 Predominância de resíduos plásticos e persistência no ambiente costeiro

Os resultados demonstram que os resíduos plásticos constituíram o principal componente do lixo marinho registrado nas praias de Chavascal e Farol Velho, com destaque para garrafas PET e tampas plásticas. Esse padrão está associado às características físicas desses materiais, como baixa densidade, elevada flutuabilidade, resistência mecânica e alta durabilidade no ambiente marinho (van-Sebille et al., 2015; Assis et al., 2023, 2025).

Tais propriedades favorecem o transporte por longas distâncias, permitindo que embalagens plásticas sejam deslocadas por correntes oceânicas, marés, ventos e processos de deriva superficial (Andrady, 2011; Ryan, 2015; Lebreton et al., 2017). A entrada de plástico no oceano é reconhecida como um problema global, com milhões de toneladas de resíduos plásticos alcançando ambientes marinhos anualmente a partir de fontes terrestres e costeiras (Jambeck et al., 2015; Thiel et al., 2013).

A maior representatividade de tampas plásticas em Farol Velho pode estar relacionada à sua menor dimensão, baixa densidade e facilidade de transporte e retenção na linha de maré, dunas e áreas vegetadas, enquanto as tampas de Chavascal tinham uma quantidade de tampas com menor ocorrência. Por outro lado, a predominância de garrafas

PET em Chavascal sugere uma dinâmica de deposição associada ao transporte de resíduos flutuantes de origem externa. Tanto garrafas quanto tampas podem permanecer por longos períodos no ambiente, sofrer fragmentação progressiva e originar microplásticos secundários, ampliando os impactos sobre organismos marinhos, aves, peixes e ecossistemas costeiros (Andrady, 2011; Gall e Thompson, 2015; Chamas et al., 2020; Krang et al., 2026).

Além dos efeitos ambientais, esses resíduos também podem gerar impactos socioeconômicos. Em áreas utilizadas por comunidades pesqueiras, o lixo marinho pode causar emaranhamento em redes, danos a equipamentos de pesca, redução da qualidade ambiental e riscos à fauna associada aos manguezais e zonas entremarés (Andriolo e Gonçalves, 2022; Krang et al., 2026). Dessa forma, a poluição plástica nas praias estudadas não deve ser compreendida apenas como um problema estético, mas como uma ameaça à integridade ecológica e às atividades econômicas locais.

5.2 Origem geográfica dos resíduos: evidências de transporte transfronteiriço

A composição geográfica dos resíduos indica que parte importante do lixo registrado nas praias de Chavascal e Farol Velho não possui origem local. A identificação de marcas, países de fabricação, idiomas presentes nos rótulos e informações de validade permitiu reconhecer resíduos provenientes de diferentes continentes, com maior representatividade de países da África e da Ásia. Esse padrão evidencia o caráter transfronteiriço da poluição marinha e reforça que praias amazônicas, mesmo relativamente afastadas de grandes centros urbanos, podem funcionar como áreas receptoras de resíduos produzidos ou descartados em outras regiões (Assis et al, 2023, 2025).

A presença expressiva de resíduos associados à Mauritânia e à China sugere a atuação de processos de transporte de longa distância e/ou descarte por embarcações. Ademais, deve-se considerar a globalização das cadeias de suprimentos, onde produtos manufaturados em um país são amplamente exportados e circulam comercialmente em mercados de outras nações antes do seu consumo e descarte final. Esses materiais podem alcançar a costa amazônica por meio da circulação oceânica de larga escala, transporte costeiro regional, rotas marítimas ou descarte inadequado em áreas offshore (Ryan et al.,

2019; Assis et al., 2023). Estudos globais indicam que a poluição plástica marinha resulta da combinação de fontes terrestres, transporte fluvial, circulação oceânica e atividades marítimas, dificultando a atribuição precisa de uma única origem para os resíduos encontrados em praias (Jambeck et al., 2015; Lebreton et al., 2017; Ryan, 2020). Diante disso, a incapacidade de rastrear se o detrito viajou exclusivamente por vias oceanográficas ou se adentrou a região via comércio internacional e posterior descarte local configura-se como uma limitação metodológica inerente à identificação de procedência por rótulos.

Assim, a presença de produtos estrangeiros não comercializados localmente deve ser interpretada como evidência de origem alóctone e de conectividade transfronteiriça, mas não como prova isolada do ponto exato de descarte. A associação estatística entre marcas, países e continentes reforça a existência de assinaturas geográficas distintas, especialmente relacionadas à África Ocidental e à Ásia, mas a origem final dos resíduos provavelmente resulta da interação entre múltiplos processos de transporte e deposição.

5.3 Diferenças entre Chavascal e Farol Velho

Embora Chavascal e Farol Velho estejam inseridas na mesma região costeira e sujeitas a condições oceanográficas semelhantes, os resultados indicam diferenças importantes na composição e distribuição dos resíduos. Chavascal apresentou maior representatividade de garrafas PET, enquanto Farol Velho se destacou pela maior ocorrência de tampas plásticas. Essa diferença pode estar associada à morfologia das praias, ao grau de exposição às marés e ondas, à presença de vegetação, à dinâmica de soterramento e remobilização e ao nível de uso humano em cada área (Assis et al., 2025; Souza et al., 2025).

Chavascal é uma praia de difícil acesso, com nenhuma ocorrência recreativa e presença de apenas poucos pescadores locais. Portanto, a ocorrência de resíduos estrangeiros nessa praia reforça a interpretação de que o descarte local não é suficiente para explicar os padrões observados. Nesse caso, a contaminação parece estar mais relacionada ao aporte alóctone, transportado por correntes, marés e processos de deriva, como observado em outras áreas da região (Assis et al., 2023, 2025).

Farol Velho, por sua vez, apresenta maior influência antrópica, especialmente em períodos de uso recreativo e turismo sazonal. Essa condição pode favorecer a mistura entre resíduos locais e resíduos alóctones. A elevada presença de tampas plásticas, especialmente em determinados meses, pode estar associada à deposição seletiva de materiais leves, à remobilização de resíduos previamente soterrados e à retenção em áreas de dunas e vegetação (Assis et al., 2025). Assim, as diferenças entre as duas praias indicam que a distribuição do lixo marinho depende tanto da origem dos materiais quanto das condições locais de deposição e retenção.

5.4 Tipologia dos resíduos e padrões de consumo

A tipologia dos resíduos revelou predominância de embalagens de bebidas, especialmente garrafas de água mineral, além de recipientes de refrigerantes, chás, sucos, cosméticos, produtos de limpeza e outros itens de uso cotidiano. A dominância de embalagens de bebidas é coerente com a ampla produção e consumo global desses produtos, bem como com sua elevada probabilidade de descarte (Morales-Caselles et al., 2021; Kelly et al., 2026).

Garrafas plásticas fechadas com tampa possuem alto potencial de flutuação, pois podem reter ar em seu interior e permanecer na superfície da água por longos períodos. Essa característica favorece o transporte por correntes oceânicas e ventos, aumentando a possibilidade de deslocamento entre países e continentes (van-Sebille et al., 2015). Tampas plásticas também apresentam elevada capacidade de dispersão, devido ao pequeno tamanho e baixa densidade, podendo ser transportadas de forma independente das garrafas (Fazey e Ryan, 2016; Ryan et al., 2024).

A associação entre tipos de produtos, marcas e países de origem sugere que parte dos resíduos reflete padrões regionais de consumo e comercialização. Marcas específicas de água mineral e bebidas foram associadas a países da África Ocidental, como Mauritânia e Senegal, e a países asiáticos, como China e Malásia. Como esses produtos não são comercializados localmente, sua presença nas praias estudadas reforça a interpretação de origem alóctone e indica que o lixo marinho pode funcionar como marcador indireto de fluxos comerciais, marítimos e de descarte (Ryan et al., 2019).

5.5 Idade das embalagens e hipóteses sobre tempo de deriva

As datas de fabricação e validade forneceram informações relevantes sobre a possível idade dos resíduos encontrados. No entanto, essas informações devem ser interpretadas com cautela, pois a data de validade indica a idade aproximada do produto, mas não determina diretamente o momento do descarte, o tempo de permanência no mar ou a data de chegada à praia.

A presença de embalagens antigas pode estar associada a transporte prolongado, permanência no ambiente marinho, soterramento em zonas costeiras ou sucessivos processos de deposição e remobilização. Por outro lado, embalagens recentes ou ainda dentro do prazo de validade podem sugerir aporte mais próximo ao período de coleta, especialmente quando associadas a marcas estrangeiras não comercializadas localmente. Contudo, essa interpretação não permite afirmar de forma definitiva que o descarte ocorreu nas proximidades da costa.

As diferenças temporais entre resíduos de origem asiática e aqueles provenientes da costa oeste africana também podem refletir múltiplos processos. Embalagens asiáticas mais antigas podem indicar rotas de transporte mais longas, maior tempo de circulação ou retenção costeira. Já as embalagens originárias da porção ocidental da África, por serem mais recentes, mostram-se compatíveis com um transporte mais rápido favorecido pela maior proximidade geográfica com a área de estudo, além de possíveis descartes offshore ou menor tempo de exposição ambiental. Ainda assim, essas hipóteses devem ser tratadas como interpretações plausíveis, e não como reconstruções precisas da trajetória dos resíduos.

5.6 Influência de processos oceanográficos e hidrodinâmicos

A distribuição dos resíduos nas praias resulta da interação entre processos oceanográficos de larga escala e condições hidrodinâmicas locais. Em escala oceânica, correntes superficiais podem transportar resíduos flutuantes por longas distâncias, conectando áreas de origem distantes à costa amazônica. Em escala local, marés, ondas, ventos, morfologia da praia, dunas e manguezais controlam a deposição, retenção, soterramento e remobilização desses materiais (Assis et al., 2025).

As macromarés características da costa amazônica desempenham papel importante na deposição vertical dos resíduos, transportando materiais flutuantes para diferentes níveis da zona entremarés. Durante marés de maior altura e eventos de maior energia, resíduos previamente soterrados podem ser expostos e redistribuídos ao longo da praia. Esse processo pode explicar parte da variação mensal observada na quantidade e no tipo de material coletado.

Em Farol Velho, a presença de dunas e áreas e com maior circulação de pessoas pode favorecer tanto a retenção quanto a remobilização de materiais leves, como tampas plásticas. Em Chavascal, a proximidade com manguezais e a menor interferência antrópica podem favorecer a retenção de resíduos de baixa densidade em raízes, sedimentos e zonas de baixa energia. Assim, a deposição final do lixo marinho depende não apenas do transporte oceânico, mas também da capacidade de cada ambiente costeiro em capturar e reter esses materiais.

Por sua vez, os padrões sazonais têm implicações diretas para o aporte, transporte e deposição de lixo marinho alóctone na região. Durante o primeiro semestre, especialmente entre janeiro e abril, o enfraquecimento dos ventos locais e a maior influência de *swell* de nordeste podem favorecer o transporte de resíduos flutuantes em direção à linha de costa. Esse cenário cria condições mais favorável para a chegada de detritos transportados por longas distâncias, incluindo materiais oriundos de áreas oceânicas adjacentes ou de setores mais ao norte do Atlântico.

No segundo semestre, a intensificação dos ventos alísios de leste/nordeste ocorre em conjunto com o fortalecimento do escoamento para noroeste da Corrente do Norte do Brasil. Essa combinação pode favorecer o transporte paralelo à costa, reduzindo temporariamente a deposição direta de resíduos em alguns trechos costeiros ou concentrando o acúmulo em áreas geomorfologicamente favoráveis, como pontas arenosas, margens estuarinas, manguezais e setores voltados para o quadrante leste. Assim, a variação espacial e temporal do lixo marinho alóctone observado em campo pode refletir a interação entre ventos, ondas, correntes e características locais da costa.

5.7 Evidências e limites da hipótese de descarte por embarcações

A presença de resíduos estrangeiros, marcas não comercializadas regionalmente, embalagens recentes e materiais associados a países da África e da Ásia sugere uma possível contribuição de descarte por embarcações. Essa hipótese é coerente com a localização da costa amazônica em uma região influenciada por rotas marítimas, atividades pesqueiras e circulação oceânica do Atlântico tropical.

Entretanto, os resultados não permitem isolar o descarte por embarcações como fonte exclusiva. A ausência de bioincrustação intensa, epibiontes abundantes ou sinais severos de fotodegradação em parte dos materiais pode ser compatível tanto com descarte relativamente recente quanto com transporte rápido por correntes superficiais.

Portanto, a hipótese de descarte por embarcações deve ser apresentada como uma explicação plausível, mas não conclusiva. A contaminação observada nas praias de Chavascal e Farol Velho provavelmente resulta da combinação de diferentes fontes e processos, incluindo descarte terrestre em outros países, circulação oceânica, descarte offshore e remobilização costeira. Essa interpretação é mais consistente com a complexidade da poluição marinha transfronteiriça e evita atribuições causais não comprovadas.

5.8 Implicações ambientais e para a gestão da RESEX Caeté-Taperaçu

A presença de lixo marinho alóctone em praias inseridas na RESEX Caeté-Taperaçu representa um desafio ambiental e de gestão. Esses resíduos afetam ambientes sensíveis, como manguezais, dunas e zonas entremarés, podendo causar impactos à fauna marinha, alterar a paisagem costeira e comprometer o uso sustentável dos recursos naturais. Além dos impactos ecológicos, o lixo marinho também pode afetar comunidades locais, especialmente pescadores, por meio do emaranhamento em equipamentos de pesca, danos materiais e perda de qualidade ambiental em áreas utilizadas para subsistência.

Embora existam instrumentos internacionais voltados à prevenção da poluição marinha, como a Convenção MARPOL, a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar e a Convenção de Londres, a presença de resíduos estrangeiros em áreas remotas

indica que a fiscalização e a gestão ainda são insuficientes para impedir a chegada desses materiais aos ecossistemas costeiros. A MARPOL é considerada a principal convenção internacional voltada à prevenção da poluição por navios, e seu Anexo V proíbe, de forma geral, o descarte de lixo no mar, incluindo plásticos, salvo exceções específicas previstas nas regras da própria convenção.

No caso da RESEX Caeté-Taperaçu, ações locais de limpeza, monitoramento e educação ambiental são essenciais, mas não são suficientes para resolver um problema de origem transfronteiriça. A mitigação do lixo marinho na costa amazônica exige ações integradas em múltiplas escalas, incluindo fiscalização sobre descartes por embarcações, fortalecimento da gestão de resíduos em áreas costeiras, responsabilização de cadeias produtivas e cooperação internacional para reduzir a entrada de plásticos nos oceanos.

Dessa forma, o lixo marinho registrado em Chavascal e Farol Velho deve ser interpretado como parte de uma crise global de governança ambiental, e não apenas como um problema local de deposição. A conservação da RESEX depende da articulação entre políticas públicas locais, monitoramento científico contínuo, acordos internacionais, fiscalização marítima e estratégias de redução da produção e consumo de plásticos descartáveis.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstrou que as praias de Chavascal e Farol Velho atuam como áreas receptoras de lixo marinho transfronteiriço, evidenciando que a poluição na RESEX Marinha Caeté-Taperaçu ultrapassa as fronteiras locais. A dinâmica de acumulação dos resíduos é controlada pelo contraste entre o uso do solo, com Farol Velho sofrendo maior pressão turística e Chavascal mantendo características remotas, associado às especificidades geomorfológicas e hidrodinâmicas de cada área.

Ficou claro que a deposição do lixo é governada por uma complexa interação de fatores: enquanto os macroprocessos oceanográficos e atmosféricos (como a Corrente do Norte do Brasil e a ZCIT) viabilizam o transporte de longa distância e o descarte *offshore*, as características físicas locais determinam onde e como esses materiais se fixam ou são remobilizados nos ecossistemas costeiros.

Diante do caráter alóctone da poluição, as ações tradicionais de manejo local, embora indispensáveis, mostram-se insuficientes para mitigar o problema por completo. A conservação desta unidade de conservação da costa amazônica requer, portanto, uma articulação em múltiplas escalas. Recomenda-se o fortalecimento do monitoramento contínuo das praias, o endurecimento da fiscalização sobre o descarte de embarcações na região e a inserção deste cenário em debates de cooperação internacional voltados à governança global de resíduos plásticos.

Por fim, este trabalho cumpre seu objetivo ao preencher uma lacuna de dados sobre a poluição transfronteiriça no litoral paraense, servindo como base científica para o aprimoramento de políticas públicas, planos de gestão costeira e estratégias de conservação em áreas protegidas expostas a pressões ambientais externas.

Declaração sobre o uso de IA generativa e tecnologias assistidas por IA no processo de redação.

Durante a preparação deste trabalho, os autores utilizaram Gemini com a finalidade de auxiliar na revisão ortográfica, gramatical e de coesão textual. Após a utilização, o conteúdo foi revisado e editado pelos próprios autores, que assumem total responsabilidade por todas as informações apresentadas no artigo publicado.

REFERÊNCIAS

- ANDRUSSIANI, et al. Macro and mesoplastics at Joaquina Beach, southern Brazil: a case study. *Ocean and Coastal Research*. <http://doi.org/10.1590/2675-2824073.23184> ISSN 2675-2824.
- ANDRADES, R et al. Anthropogenic litter on Brazilian beaches: Baseline, trends and recommendations for future approaches. *Marine Pollution Bulletin* 151, 110842, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110842>.
- ANDRADY, LA. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>.

- ANDRADY, L.A. Weathering and fragmentation of plastic debris in the ocean environment. *Marine Pollution Bulletin* 180, 113761, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113761>.
- ANDRIOLO, U; GONÇALVES, G. Is coastal erosion a source of marine litter pollution? Evidence of coastal dunes being a reservoir of plastics. *Marine Pollution Bulletin* 174, 113307, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113307>.
- ASSIS, LFS et al. Analyzing the origins of allochthonous marine debris in protected area: The Fishermen's village as a case study. *Waste Management* 207, 115106, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2025.115106>.
- ASSIS, LFS et al. Understanding allochthonous marine litter in a Protected Area in the Amazon Coast. *Marine Pollution Bulletin* 195, 115548, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115548>.
- BENEDITO-KAESBACH, A et al. Understanding the sources of marine litter in remote islands: The Galapagos islands as a case study. *Environmental Pollution* 347, 123772, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.123772>.
- CHAMAS, A. et al. Degradation rates of plastics in the environment. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering* 8, 9, 3494–3511, 2020. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b06635>.
- DHN. Tábua de Marés. Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil, 2026. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/dhn>.
- EDWARD, JKP et al. Assessment of beach litter, including Abandoned, Lost, or Discarded Fishing Gear (ALDFG), along the coast of Tamil Nadu, India: Magnitude, sources, composition, pollution status, and management strategies. *Marine Pollution Bulletin* 213, 117700, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.117700>.

- FAZEY, FMC; RYAN, PG. Debris size and buoyancy influence the dispersal distance of stranded litter. *Marine Pollution Bulletin* 110, 1, 371–377, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.039>.
- FONSECA, T et al. Marine plastic pollution: A systematic review of management strategies through a macroscopic approach. *Marine Pollution Bulletin* 208, 117075, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117075>.
- GALL, SC; Thompson, RC. The impact of debris on marine life. *Marine Pollution Bulletin*, 92(1–2), 170–179, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.12.041>
- IMO. Prevention of pollution by garbage from ships / MARPOL Annex V.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Brasília: INMET, 2026. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br>.
- IPEA. Agenda Estratégica 2024–2026. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2026. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/categorias/187-agenda-estrategica-2024-2026/14022-agenda-estrategica-2024-2026>.
- JAMBECK, JR et al. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347, 6223, 2015. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>.
- JUNIOR, RNP et al. Lixo marinho internacional na praia de Itatinga, Alcântara, Maranhão, Brasil. *Brazilian Journal of Development* 8, 12, 78418-78427, 2022. DOI:10.34117/bjdv8n12-107.
- KELLY, MR; et al. Food and beverage plastics dominate global shorelines: A harmonized rank-based assessment of usage types to guide interventions. *One Earth*, 101712, 2026. doi:10.1016/j.oneear.2026.101712.
- KRANG, A-S et al. Following degradation and fragmentation of plastic litter over two years' weathering on Swedish beaches. *Marine Pollution Bulletin* 230, 119810, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2026.119810>.

- KRELLING, AP et al. Transboundary movement of marine litter in an estuarine gradient: Evaluating sources and sinks using hydrodynamic modelling and ground truthing estimates. *Marine Pollution Bulletin* 119, 48-63, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.03.034>.
- LAVERS, JL; BOND, AL. Exceptional and rapid accumulation of anthropogenic debris on one of the world's most remote and pristine islands. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 114, 23, 2017. <https://doi.org/10.1073/pnas.1619818114>.
- LEBRETON, LCM et al. River plastic emissions to the world's oceans. 15611, 2017. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>.
- MORALES-CASELLES, C et al. An inshore–offshore sorting system revealed from global classification of ocean litter. *Nature Sustainability* 4, 484–493, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00720-8>.
- PANDA, P et al. Evaluating the ecological risks of marine litter and derelict fishing nets on Olive Ridley hatchlings: Insights from a globally renowned rookery along the east coast of India. *Marine Pollution Bulletin* 222, 118673, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118673>.
- PEREIRA, L.C.C., VILA-CONCEJO, A., SHORT, A.D., 2016. Coastal Morphodynamic Processes on the Macro-Tidal Beaches of Pará State Under Tidally-Modulated Wave Conditions, in: Short, A., Kleian, A. (Eds.), *Brazilian Beach Systems*. Springer, Cham, pp. 95–124. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30394-9_4.
- PEREIRA, LCC et al. How sustainable are recreational practices on Brazilian Amazon beaches? *Journal of Outdoor Recreation and Tourism* 45, 100741, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2024.100741>.

PESSOA, RMC et al. Federal conservation units in the Brazilian amazon coastal zone: An adequate approach to control recreational activities? *Ocean and Coastal Management* 178, 104856, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104856>.

RYAN PG; PICHEGRU L; CONNAN M. Tracing beach litter sources: Drink lids tell a different story from their bottles. *Marine Pollution Bulletin* 201, 116186, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116186>.

RYAN, PG. A brief history of marine litter research. In *Marine Anthropogenic Litter*. Springer, 2015.

RYAN, PG. et al. Message in a bottle: Assessing the sources and origins of beach litter to tackle marine pollution. *Environmental Pollution* 288, 117729, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117729>.

RYAN, PG. et al. Rapid increase in Asian bottles in the South Atlantic Ocean indicates major debris inputs from ships. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2019. Disponível em: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1909816116.

RYAN, PG. Land or sea? What bottles tell us about the origins of beach litter in Kenya. *Waste Management* 116, 49-57, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.044>.

SHANKAR, VS et al. Assessment of transboundary macro-litter on the remote island of Andaman and Nicobar: Unveiling the governing factors and risk assessment. *Marine Pollution Bulletin* 209, 117145, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117145>.

SOARES, MO et al. Atol das Rocas (Atlântico Sul Equatorial): Um caso de Lixo Marinho em Áreas Remotas. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, 2010. Disponível em: http://www.aprh.pt/rgci/pdf/rgci-233_Soares.pdf

SOUZA, IP; PEREIRA, LCC; SILVA, BRP. Marine litter pollution on Amazonian beaches: A risk assessment study with focus on non-urban beaches. *Marine Pollution Bulletin* 222, 118747, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118747>.

- TAMARA, B et al. From macro to micro: Comprehensive marine beach litter analysis using portable NIR. *Marine Pollution Bulletin* 224, 119172, 2026. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.119172>.
- THIEL, M et al. Anthropogenic marine debris in the coastal environment: a multi-year comparison between coastal waters and local shores. *Marine Pollution Bulletin* 71, 1–2, 307-316, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.00>.
- UCKARDES, F; KORKMAZ, M; OCAL P. Comparision of models and estimation of missing parameters of some mathematical models related to in situ dry matter degradation. *The Journal of Animal & Plant Sciences* 23, 4, 999-1007, 2013.
- VAN SEBILLE, E; ENGLAND, MH; FROYLAND, G, Origin, dynamics and evolution of ocean garbage patches from observed surface drifters. *Env. Res Lett* 7, 044040, 2012, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/7/4/044040>.
- VAN-SEBILLE, E et al. A global inventory of small floating plastic debris. *Environ Res Lett.* 10(12), 124006, 2015. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124006>.

APÊNDICE

APÊNDICE A – Catálogo Fotográfico dos Resíduos Alóctones Encontrados na Praia do Farol Velho (Marcas e Países de Origem)

CATALOG OF INTERNATIONAL LITTER



EDITION
2026

CATALOG OF INTERNATIONAL PLASTIC BOTTLES

CATÁLOGO DE GARRAFAS PLÁSTICAS INTERNACIONAIS

AUTHORSHIP

Ingrid Niemes de Souza

GRAPHIC DESIGN AND EDITING

Ingrid Niemes de Souza

Gina Peña Villacreses

TECHNICAL SUPERVISION

Luci Cajueiro Carneiro Pereira

PHOTOGRAPHY

Ingrid Niemes de Souza

Jenny Márcia Pereira Luz

BOOK COVER

Ingrid Niemes de Souza

Gina Peña Villacreses

FINANCIAL SUPPORT

CNPq (PIBIC) 177267/2025-9

AFRICA



ARGELIA

E

El Djazia



EGYPT

A

Aqua Delta



E

EAU

No picture

P

Pureza



GHANA

B

Bel-Aqua



B

Bel Beverages



P

Planet



V

Verna



GUINEA

A

Awaye



GUINEA

L

**La Fontaine de
Dubreka**



KENYA

B

Blue Band



MAURITANIA

B

Benteyba (BT)



E

El-Afil Tayba



MAURITANIA

E

Es-Savi



T

Tasiast



T

Tijirit



Z

Zein



MAURITIUS

A

Aqua Springs



MOROCCO

A

Ain Soltane



B

Bahia



C

CT+ Clear Therapy



S

SidiAli



NIGERIA

K

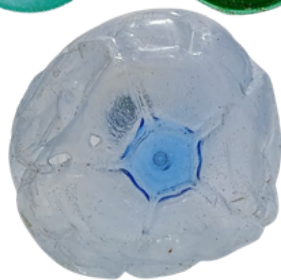
Klien Aby



SENEGAL

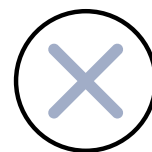
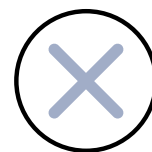
C

Casamançaise



D

Diana



K

Kirene



L

La Gazelle



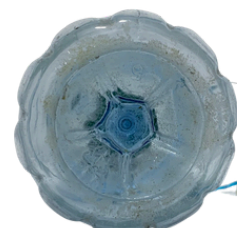
L

Lana



P

Plaisir



SENEGAL

S



Séo



S



Set Sell



V



Verger

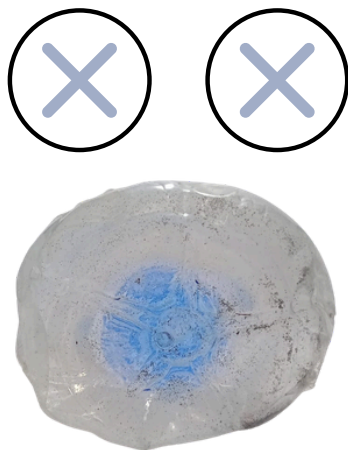


SIERRA LEONE

K



Klien Aby



K



SIERRA LEONE

S



SOUTH AFRICA

H



H

Natural Pure water



J

**Nescafé
Gold**

No picture

AMERICA



COLOMBIA

C

Cristal



MEXICO

C

Ciel



PANAMA

P

Piovana



PARAGUAY

G

G GIFT

No picture

M

Mix Low Tar



M

Mix Mild 10

No picture

UNITED STATES

A

Aquafina



C

Crystal Geyser



ASIA



A

Anti-rust lubricant



B

Brightening
Hard Cream

No picture

C

C'estbon



C

Chefoo



G

Genki florest

No picture

G

Gota de gelo



I

Ice Drop



L

Lusan



M

Master Kong
(mineral water)



M

Master Kong
(ice tea)



M

Ming Lu



N

**Nascente da
montanha**

No picture

N

NongFu Spring



S

Sun Air Yes



V

Ve wong



V

Viaslet



V

Vita



W

Wa-ha-há



CHINA

Y

Yufengyulu



INDIA

B

Bisleri



B

Bravely



M

Minute Maid
Pulpy



P

Pulp Orange

No picture

CHINA

Y

Yufengyulu



INDIA

B

Bisleri



B

Bravely



M

Minute Maid
Pulpy



P

Pulp Orange

No picture

JAPAN

A

Aso Kuju



S

Satsuma Shiranami



MALAYSIA

C

Cactus



D

Desa



MALAYSIA

J

Jantzen



T

Tashifreshs



SINGAPORE

B

Brand V3



F

Falchem



SOUTH KOREA

S

Sparkle



TAIWAN

K



Kao

X



Xiaoshuipu



TURKEY

A



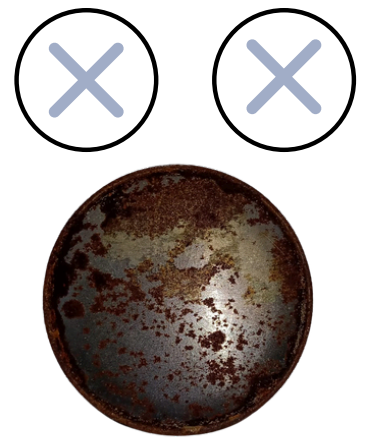
Abant



A



Akfix



A



Ayran Su



C



Camlibel



TURKEY

B

Bursasu

No picture

V

Voda Life

No picture

UNITED ARAB EMIRATES

A

Al bayan

No picture

C

Canderm



UNITED ARAB EMIRATES

E

Emirates



I

Ice Berg



O

Oasis

No picture

VIETNAM

A

Avail



N

1 number



EUROPE



BELGIUM

F

Fanta

No picture

FRANCE

G

**Gilbert
Healthcare**

No picture

G

Gusto de Brio

No picture

GREECE

L

Loux



POLAND

L

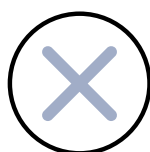
Ludwik



PORTUGAL

H

Hauser Basic



SPAIN

F

Firgas



F

Fonte Celta



Coca Cola

C

No picture

APÊNDICE B – Catálogo Fotográfico dos Resíduos Alóctones Encontrados na Praia de Chavascal (Marcas e Países de Origem)

CATALOG OF INTERNATIONAL LITTER



EDITION
2026

CATALOG OF INTERNATIONAL PLASTIC BOTTLES

CATÁLOGO DE GARRAFAS PLÁSTICAS INTERNACIONAIS

AUTHORSHIP

Ingrid Niemes de Souza

GRAPHIC DESIGN AND EDITING

Ingrid Niemes de Souza

Gina Peña Villacreses

TECHNICAL SUPERVISION

Luci Cajueiro Carneiro Pereira

PHOTOGRAPHY

Ingrid Niemes de Souza

Jenny Márcia Pereira Luz

BOOK COVER

Ingrid Niemes de Souza

Gina Peña Villacreses

FINANCIAL SUPPORT

CNPq (PIBIC) 177267/2025-9

AFRICA



AFRICA DO SUL

N

Natural Pure water



H

Huguenot Valley



ANGOLA

O

Nova Vida



O

Orion



P

Pura

No picture

CAPE GREEN

T

Trindade



CONGO

F

Altesse

No picture

F

Alpina

No picture

S

Bora

No picture

S

Cristal

No picture

C

Casa Mançaise



C

Coco Care



M

Marsavco



L

Lotion Anti-moustiques



W

White-Espress



COSTA DO MARFIM

C

Céleste



C

Creme Matrix



A

Aqua Delta



B

Beyti



D

Dasani



N

Naqaa



B

BEST



GANA

B

Bel-Aqua



P

Planet



V

Verna



V

Voltic



LIBÉRIA

B

Bravo



M

Mountain



Marrocos

B

Bahia



C

CT+ Clear Therapy



H

Hawai



P

Poe air minuman

No picture

MARROCOS

T

Pureza

No picture

S

SidiAli



T

**Taiba
Yawgui**



B

Benteyba (BT)



MAURITANIA

E

El-Afil Tayba



E

Es-Savi



S

Sun Air YES



T

Tasiast



T

Tijirit



Y

YES



NIGÉRIA

C

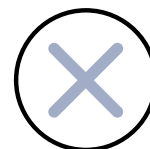
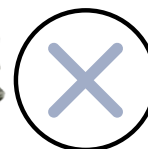


Cway



U

Universal Basic



H

Haitian Mature
Vinegar



J

Jet 7



K

Kirene



SENEGAL

L

La Gazelle



L

Lana



O

Ômega 3 1100



O

O'Royal



P

Paani

No picture

P

Palaz Kayzer

No picture

SENEGAL

S



Séo



S



Set Sell



SERRA LEOA

B



Bitterino Luvian



F



Funtop (Kadat)



G



Gulf



V



Viva



SINGAPURA

F



**Fuji trading
singapore**



TANZÂNIA

A



Afya



AMERICA



EQUADOR

S



Splendor



COLÔMBIA

O



OMI



ESTADOS UNIDOS (UNITED STATES)

A



A&W



A



Aquafina



C



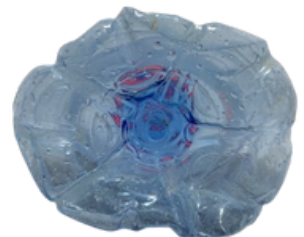
Crystal Geyser



C



Crystal



G

Glade Spray



C

Ciel



E

Élite



ASIA



Alice Berg

A

No picture

Anti-rust lubricant

A



A

Arawana



B

Baijiu



B

Blue Moon



B

Brightmate



C

C'estbon



C

Chunzhen Greek Yogurt



C

Coca Cola



C

Coca Cola



G



Gota de gelo



G

Green Time Natural
Drinking Water

No picture

H



Heqizheng



H

Heiderunzhi



I

Ice spring

No picture

J

Jim Mai Lang



K

komogiru

No picture

M

Master Kong
(green tea)



M

Master Kong
(honey green tea)



M

Minglun



M

Minute Maid
(Coca-Cola)



M

Morpho

No picture

M

Mozzie Zap

No picture

M

Mr
Muscle



N

Nestlé



N

Ning weishi

No picture

N

NongFu Spring



O

Obisheng



P

Pulse



P

Primavera de gelo
Country



Q

Qiāngshǒu



S

Sprit



W

Wa-ha-há



W

White cat



V

Ve wong



CORREIA DO SUL

C

Coca-Cola

No picture

D

Dong Won



D

**Dong-A Otsuka
MASINDA**



M

Good Day Muhak

No picture

P

**Pulmuone
Waterrutin (Eco
Cop)**

No picture

S

Sparkle



A

**Shemex Dish
washing Liquid
Lemon**

No picture

EMIRADOS ÁRABES

A



K

kawthar

No picture

O

Oasis

No picture

O

Oman Oasis

No picture

C

Chemex
Dish



E

Emirates



FILIPINAS

A

Andza



ÍNDIA

B

Bee's

No picture

B

Bisleri



B

Bravely



V

Vasu Dazzle

No picture

JAPÃO

C

Calpis



M

Makilon

No picture

LÍBANO

J

Joocyzy



T

Tannourine



C

Cactus



C

Comfort



M

MicoGold



O

One2Drink



O

Orchid



S

Summer



MALÁSIA

T

Tashifreshs



D

Desa



SINGAPURA

F

Falchem



M

MetalTek



T

Tashi



D

D'leaf Minerale



TAIWAN

A



B



G

GAS SW-300T-1

No picture

B



TAILANDIA

S



TURQUIA

A

Abant



A

Akfix



A

Aroma "ömer
Duruk"



A

Ayran Sul



C

Camlibel



D

Dalga



E

Erkenek Isik Su



F

Fuska



K

Kardag



K

Kardelen



M

Mango Nektari



S

Saka



TURQUIA

C

Çobanpınar



VIETNÃ

A

Aquaroma



EUROPE



DENMARK

D



ALEMANHA

H



S



ESPAÑA (SPAIN)

F



Fuente Umbría



F



Fontecelta



F



Fontarel



S



Sousas



POLÔNIA

O

**Oceanic Shave
safe & care**

No picture

V

Vimeiro

No picture

V

Vimto

