

**UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
**AMBIENTAL**

**LETICIA PARADA MOREIRA**

**Oceano, esporte e educação: análise da sustentabilidade, economia  
circular e práticas pedagógicas**

**SANTOS**

**2026**

**LETICIA PARADA MOREIRA**

**Oceano, esporte e educação: análise da sustentabilidade, economia  
circular e práticas pedagógicas**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Ciência e Tecnologia Ambiental, pela Universidade Santa Cecília, sob orientação da Profa. Dra. Paloma Kachel Gusso Choueri e coorientação do Prof. Dr. Rodrigo Brasil Choueri.

**SANTOS**

**2026**

363.7  
M837o

Moreira, Leticia Parada.

Oceano, esporte e educação: análise da sustentabilidade, economia circular e práticas pedagógicas / Leticia Parada Moreira. 2026. 160 f.

Orientador: Paloma Kachel Gusso Choueri.  
Coorientador: Rodrigo Brasil Choueri.

Tese (Doutorado) - Universidade Santa Cecília, Programa de pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Santos, SP, 2026.

1. Lixo no mar. 2. Espectroscopia Raman. 3. Percepção ambiental. 4. Reciclagem de PEAD. 5. Cultura oceânica. I. Choueri, Paloma Kachel Gusso. II. Oceano, esporte e educação.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais por serem quem são e por me apoiarem desde sempre. Eles foram essenciais nesta etapa, do início ao fim, sempre me apoiando com muito amor e colaborando das mais diversas formas. Estendo os agradecimentos a toda a minha família pelo entusiasmo e participação ativa em todas as etapas deste percurso.

À minha orientadora, Profa. Dra. Paloma Kachel Gusso Choueri, e ao meu coorientador, Prof. Dr. Rodrigo Brasil Choueri, manifesto profundo agradecimento pela dedicação, confiança e valiosas contribuições ao longo desta pesquisa. A disponibilidade, o compromisso e o incentivo nos momentos mais desafiadores foram fundamentais para o desenvolvimento e a conclusão desta tese.

À banca examinadora, agradeço a disponibilidade em avaliar esta tese e pelas contribuições valiosas para seu aprimoramento.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Santa Cecília manifesto meu reconhecimento pelos saberes compartilhados, pelas discussões instigantes e pela formação proporcionada ao longo do doutorado. Cada disciplina cursada, evento científico e diálogo acadêmico constituiu alicerce essencial para esta tese.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, agradeço o apoio financeiro e institucional.

Aos docentes Dra. Ursulla Pereira Souza, Dr. Camilo Dias Seabra Pereira, Dr. Fabio Giordano, Dr. Luís Felipe de Almeida Duarte e Dr. Landulfo Silveira, agradeço pelos momentos acadêmicos compartilhados e pela inspiradora forma de ensinar e fazer ciência.

À comunidade escolar das instituições públicas de ensino Escola Municipal Prof.<sup>a</sup> Maria Clotilde Lopes Comitre Rigo, Ambiente Municipal Prof.<sup>a</sup> Vera Lúcia Machado Assis e Unidade Municipal de Ensino Prof. João Papa Sobrinho, expresso minha sincera gratidão. Agradeço especialmente ao supervisor de unidade escolar Marcio Cerqueira e ao diretor Wagner dos Santos, à diretora Cátia Pinheiro e à coordenadora pedagógica Paula Ikedo, e ao educador Renato Rodrigues pelo entusiasmo e pela colaboração.

Aos professores de Educação Física da Escola Municipal Prof.<sup>a</sup> Maria Clotilde Lopes Comitre Rigo, Caio Vinicius, Carlos Eduardo, João Carlos e Kaique Viana, agradeço o apoio, incentivo e parceria diária no trabalho.

Ao meu amigo e sócio Caio Reis, agradeço pela companhia desde o início do curso, pelas risadas e aprendizados, bem como pela construção conjunta da Paradas, um sonho idealizado e concretizado ao longo de quatro anos, sustentado por amizade e respeito. Estendo meu agradecimento a Raila Dornela de Oliveira, que se tornou amiga e parceira nessa trajetória.

Aos colegas e amigos que conheci ao longo do percurso, expresso meus agradecimentos pelos laços construídos e pelos momentos compartilhados nestes quatro anos. Agradeço em especial a Alexandre Uemura, Amanda Selinger, Carol Abud, Felipe Cazé, João Alliprandini e Tiago Ribeiro, pela presença constante e pelas contribuições diretas para esta pesquisa.

Aos meus amigos de Fernando de Noronha, agradeço pela energia e pela leveza proporcionada em diferentes momentos desta caminhada.

Por fim, agradeço a todos os pesquisadores que dedicam suas vidas à conservação dos oceanos e que são fonte constante de inspiração.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização desta tese, meus mais sinceros agradecimentos.

*“O mar abre todos os caminhos que ligam as pessoas  
do mundo” (Tamara Klink)*

## RESUMO

A poluição por plásticos constitui um desafio socioambiental global, com impactos diretos sobre os oceanos, biodiversidade, economia e atividades humanas. A crescente presença de resíduos sólidos em ambientes costeiros justifica a importância de compreender os fatores ambientais e comportamentais que contribuem à sua degradação, além de identificar estratégias efetivas de gestão, educação ambiental e reaproveitamento de materiais. Neste contexto, esta tese investigou diferentes perspectivas da problemática dos plásticos nas praias brasileiras, combinando análise da percepção ambiental de frequentadores, técnica de identificação de polímeros, metodologia de reciclagem mecânica e a integração da Educação Ambiental com práticas pedagógicas de Educação Física. Questionários aplicados a usuários de praias revelaram que a prática esportiva não está diretamente associada a comportamentos pró-ambientais, sugerindo a necessidade de políticas de gestão costeira que contemplem perfis variados de frequentadores, considerando diferentes elementos. No âmbito técnico, a identificação de plásticos pós-consumo mostrou-se viável com o uso da espectroscopia Raman, possibilitando a identificação com alta precisão de diferentes tipos de polímeros, favorecendo a reciclagem e a valorização do material. A reciclagem mecânica de plásticos coletados em praias, como tampas de polietileno de alta densidade, permitiu a produção de produtos esportivos e recreativos, evidenciando o potencial de reaproveitamento funcional de resíduos, a economia circular e a conscientização socioambiental. A dimensão educacional foi explorada por meio da análise da percepção de professores de Educação Física sobre a integração de temas ambientais e Práticas Corporais de Aventura. O estudo mostrou que docentes com maior experiência e aprendizado prévio apresentam maior propensão a implementar ações pedagógicas sustentáveis, reforçando a relevância da formação contínua. Iniciativas como a Paradas demonstram a viabilidade de articular cultura oceânica, economia circular e Educação Ambiental, transformando resíduos plásticos em experiências educativas e fortalecendo a conexão com os oceanos. Ao articular percepção socioambiental, tecnologias de identificação de resíduos, reciclagem mecânica e práticas pedagógicas, esta tese contribui para a gestão sustentável de praias, a valorização de materiais recicláveis e a formação de cidadãos críticos e conscientes, oferecendo subsídios para políticas ambientais e estratégias educativas inovadoras.

**Palavras-chave:** lixo no mar; espectroscopia Raman; percepção ambiental; reciclagem de PEAD; cultura oceânica.

## ABSTRACT

Plastic pollution constitutes a global socio-environmental challenge, with direct impacts on oceans, biodiversity, the economy, and human activities. The increasing presence of solid waste in coastal environments underscores the importance of understanding both environmental and behavioral factors that contribute to their degradation, as well as identifying effective strategies for waste management, environmental education, and material reuse. In this context, this thesis investigated multiple perspectives on the issue of plastics on Brazilian beaches, combining analyses of beach users' environmental perceptions, polymer identification techniques, mechanical recycling methodologies, and the integration of Environmental Education with Physical Education pedagogical practices. Questionnaires applied to beach users revealed that sports practice is not directly associated with pro-environmental behaviors, indicating the need for coastal management policies that consider diverse visitor profiles and contextual factors. From a technical perspective, the identification of post-consumer plastics proved feasible using Raman spectroscopy, allowing highly accurate classification of different polymer types, thereby supporting recycling and material valorization. Mechanical recycling of plastics collected from beaches, such as high-density polyethylene bottle caps, enabled the production of sports and recreational products, highlighting the potential for functional reuse of waste, promotion of the circular economy, and socio-environmental awareness. The educational dimension was explored through the analysis of Physical Education teachers' perceptions regarding the integration of environmental topics and Outdoor Physical Activities. The study showed that teachers with greater professional experience and prior training are more likely to implement sustainable pedagogical actions, emphasizing the importance of continuous professional development. Initiatives such as *Paradas* demonstrate the feasibility of integrating ocean culture, circular economy, and Environmental Education, transforming plastic waste into educational experiences and strengthening cultural connections with the oceans. By combining socio-environmental perception, waste identification technologies, mechanical recycling, and pedagogical practices, this thesis contributes to sustainable beach management, valorization of recyclable materials, and the formation of environmentally aware and critically engaged citizens, providing a foundation for innovative environmental policies and educational strategies.

**Palavras-chave:** marine litter; Raman spectroscopy; environmental perception; HDPE recycling; ocean literacy.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

<b>Figura 1.</b> Distribuição do gênero dos usuários da praia entre os grupos de praticantes de esportes e não praticantes.....	27
<b>Figura 2.</b> Distribuição da faixa etária dos usuários da praia entre os grupos de praticantes de esportes e não praticantes.....	28
<b>Figura 3.</b> Nível de escolaridade dos usuários da praia entre os grupos de praticantes de esportes e não praticantes.....	29
<b>Figura 4.</b> Nível de renda dos usuários de praia entre os grupos de praticantes de esportes e não praticantes.....	30
<b>Figura 5.</b> Frequência de visitação à praia entre os grupos de praticantes de esportes e não praticantes.....	31
<b>Figura 6.</b> Nuvem de palavras dos esportes praticados pelos participantes do estudo.....	32
<b>Figura 7.</b> A interação entre a faixa etária e as práticas de gerenciamento de resíduos sólidos entre praticantes de esportes e não praticantes, em uma escala do tipo <i>Likert</i> .....	33
<b>Figura 8.</b> A interação entre o nível de renda econômica e a percepção de responsabilidade pela manutenção da limpeza da praia entre praticantes de esportes e não praticantes, em uma escala do tipo <i>Likert</i> .....	36
<b>Figura 9.</b> A interação entre a frequência de visitação à praia e as práticas de gerenciamento de resíduos sólidos entre praticantes de esportes e não praticantes, em uma escala do tipo <i>Likert</i> .....	37
<b>Figura 10.</b> A interação entre a frequência de visitação à praia e a percepção de responsabilidade pela manutenção da limpeza da praia entre praticantes de esportes e não praticantes, em uma escala do tipo <i>Likert</i> .....	39

### CAPÍTULO 2

<b>Figura 1.</b> Diagrama esquemático do espectrômetro Raman dispersivo empregado para coletar espectros de amostras de plástico.....	61
<b>Figura 2.</b> Superior: Espectros Raman de PET (tipo “1”) de três amostras de diferentes plásticos. Inferior: Espectro Raman de referência para PET.....	66
<b>Figura 3.</b> Superior: Espectros Raman de PE-HD (tipo “2”) de cinco amostras de diferentes plásticos. Inferior: Espectro Raman de referência para PE-HD.....	67
<b>Figura 4.</b> Superior: Espectros Raman de PVC (tipo “3”) de três amostras. Inferior: Espectro Raman de referência para PVC.....	68
<b>Figura 5.</b> Superior: Espectros Raman de PE-LDs (tipo “4”) de três amostras de diferentes plásticos, com um deles (S.2) obtido de ambas as partes, branca e transparente. Inferior: Espectro Raman de referência para PE-LD.....	69
<b>Figura 6.</b> Espectros Raman de PE-LD (tipo “4”) de uma amostra de plástico (S.3) obtida das partes azul e transparente.....	70
<b>Figura 7.</b> Superior: Espectros Raman de PP (tipo “5”) de duas amostras de plástico. Inferior: Espectro Raman de referência para PP.....	71
<b>Figura 8.</b> Superior: Espectros Raman de PS (tipo “6”) de quatro amostras de diferentes plásticos. Inferior: Espectro Raman de referência para PS.....	72
<b>Figura 9.</b> Espectros Raman de duas amostras plásticas identificadas como “Outros” (tipo “7”).	73

### CAPÍTULO 3

<b>Figura 1.</b> Etapa inicial do processo de reciclagem mecânica: (A) Material coletado na praia (B) Tampas de PEAD no moinho <i>V3 Shredder</i> .....	87
<b>Figura 2.</b> Resíduos após a etapa de trituração: (A) PEAD em flocos e (B) Fragmentos de PEAD distribuídos no espaçador retangular.....	88
<b>Figura 3.</b> Compressão do material: (A) Prensa hidráulica a frio (B) Resultado da chapa após o processo de compressão.....	89
<b>Figura 4.</b> Etapa final do processo de reciclagem mecânica: (A) Fresadora CNC realizando o corte (B) <i>Handboard</i> finalizada.....	90
<b>Figura 5.</b> Produtos desenvolvidos: (A) Raquetes de frescobol e (B) Jogo da velha.....	91
<b>Figura 6.</b> Engajamento do público com os produtos: (A) Idosa praticando frescobol e (B) Adulto utilizando o raspador de parafina.....	93
<b>Figura 7.</b> Engajamento do público com os produtos: (A) Criança surfando com a <i>handboard</i> e (B) Idoso interagindo com o jogo da velha.....	94
<b>Figura 8.</b> Repercussão na mídia: (A) Entrevista ao vivo para o Jornal da TV Tribuna, afiliada da rede Globo na Baixada Santista e (B) Reportagem para a VTV, afiliada do SBT na Baixada Santista.....	95

### CAPÍTULO 4

<b>Figura 1.</b> Contribuição das Práticas Corporais de Aventura para aumentar a consciência sobre a poluição do oceano e a importância da preservação dos ecossistemas marinho.....	109
<b>Figura 2.</b> Desenvolvimento ou intenção de desenvolver projetos escolares envolvendo a reutilização de materiais recicláveis nas aulas de Educação Física.....	112
<b>Figura 3.</b> Temas ambientais nas aulas de Educação Física podem contribuir para a formação de cidadãos mais conscientes e responsáveis ambientalmente.....	114

### CAPÍTULO 5

<b>Figura 1.</b> Paradas: (A) Logotipo e (B) Presença na COP30 Belém 2025.....	134
<b>Figura 2.</b> Paradas sustentáveis: (A) Chaveiros, (B) <i>Handboard</i> , (C) Quadro e (D) Raquetes de frescobol.....	135
<b>Figura 3.</b> Serviços da Paradas: (A) Palestra na Universidade Santa Cecília e (B) Oficina prática na SOCIC.....	136
<b>Figura 4.</b> Da matéria-prima à reciclagem: (A) Tampas de plástico arrecadadas pelos alunos e (B) Plástico injetado no molde em formato de medalha.....	138
<b>Figura 5.</b> Premiação dos Jogos Interclasses 2025: (A) Medalhas e (B) Troféu individual.....	138
<b>Figura 6.</b> Início da vivência pedagógica: (A) Alunos do 9º ano e (B) Diálogos iniciais.....	141
<b>Figura 7.</b> Delimitação da área de jogo do <i>beach flag football</i> .....	141
<b>Figura 8.</b> Jogo propriamente dito: (A) Equipes em disputa e (B) Leitura da carta de sanção...	141
<b>Figura 9.</b> Primeira ação na escola: (A) Apresentação das “paradas” e (B) Arrecadação de tampas plásticas.....	144
<b>Figura 10.</b> Segundo momento na escola: (A) Oficina prática de reciclagem e (B) Chaveiros com o símbolo do projeto.....	145
<b>Figura 11.</b> Embaixadores do Século XXI: (A) Logotipo do projeto e (B) Cantinho do Oceano.....	146

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

- Tabela 1.** Tipos de plásticos utilizados em embalagens de produtos de consumo, simbologia empregada para a identificação das embalagens plásticas, fórmula molecular e densidade de cada polímero.....57
- Tabela 2.** Posições das bandas Raman em função do tipo de plástico de embalagens pós-consumo, do 1 ao 6, e tentativa de atribuição das bandas de acordo com a literatura.....63

### CAPÍTULO 2

- Tabela 1.** Medidas de ajustamento do modelo de regressão logística binomial para percepção sobre Práticas Corporais de Aventura, conscientização e preservação (n = 45).....110
- Tabela 2.** Teste omnibus do rácio de verossimilhanças para percepção sobre Práticas Corporais de Aventura, conscientização e preservação.....110
- Tabela 3.** Medidas de ajustamento do modelo de regressão logística multinomial para percepção sobre o desenvolvimento de projetos com materiais recicláveis (n = 45).....111
- Tabela 4.** Teste omnibus do rácio de verossimilhanças para percepção sobre o desenvolvimento de projetos escolares com materiais recicláveis.....111
- Tabela 5.** Medidas de ajustamento do modelo de regressão logística binomial para percepção sobre temas ambientais e formação cidadã (n = 45).....115
- Tabela 6.** Teste omnibus do rácio de verossimilhanças para percepção sobre temas ambientais e formação cidadã.....116

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIC	Akaike Information Criterion
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
gl	Graus de liberdade
LVs	Variáveis latentes
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PCA	Práticas Corporais de Aventura
PEAD	Polietileno de alta densidade
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PERMANOVA	Análise de Variância Permutacional Unifatorial
PET	Polietileno tereftalato
PLS	Partial Least Squares
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PVC	Policloreto de vinila
SP	São Paulo
X <sup>2</sup>	Qui-quadrado

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>15</b>
1.1 Objetivos.....	18
1.2 Hipóteses.....	19
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>21</b>
RESUMO.....	22
ABSTRACT.....	22
1 INTRODUÇÃO.....	23
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.1 Delineamento do estudo.....	25
2.2 Análise dos dados.....	26
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
3.1 Perfil dos usuários de praia.....	26
3.2 Esportes de praia praticados pelos participantes do estudo.....	31
3.3 Comportamento pró-ambiental e faixa etária: percepções sobre o descarte de resíduos sólidos na praia.....	33
3.4 Comportamento pró-ambiental e renda: percepções sobre a responsabilidade pela limpeza da praia.....	35
3.5 Comportamento pró-ambiental e frequência de visitação: percepções sobre o descarte de resíduos sólidos na praia.....	37
3.6 Comportamento pró-ambiental e frequência de visitação: percepções sobre a responsabilidade pela limpeza da praia.....	38
3.7 Estratégias para a gestão de resíduos costeiros e o engajamento público em praias.....	41
4 CONCLUSÕES.....	44
5 AGRADECIMENTOS.....	44
6 REFERÊNCIAS.....	45
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE PERCEP�O AMBIENTAL.....	50
ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA AMBIENTE VIRTUAL.....	52
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>55</b>
RESUMO.....	56
ABSTRACT.....	56
1 INTRODUÇÃO.....	56
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	60
2.1 Embalagens plásticas pós-consumo.....	60
2.2 Espectroscopia Raman.....	60
2.3 Diferenças entre os tipos de plásticos com base nos picos Raman e modelo de identifica�o utilizando regressão PLS.....	62
3 RESULTADOS.....	63
3.1 Espectros Raman de diferentes tipos de plásticos pós-consumo.....	63
3.2 Classifica�o de espectros de plásticos por tipo via PLS.....	74
4 CONCLUSÕES.....	74
5 AGRADECIMENTOS.....	76
6 REFERÊNCIAS.....	76
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>82</b>

RESUMO.....	83
ABSTRACT.....	83
1 INTRODUÇÃO.....	84
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	86
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	91
4 CONCLUSÕES.....	97
5 AGRADECIMENTOS.....	97
6 REFERÊNCIAS.....	97

#### **CAPÍTULO 4.....102**

RESUMO.....	103
ABSTRACT.....	103
1 INTRODUÇÃO.....	104
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	106
2.1 Delineamento do estudo.....	106
2.2 Análise dos dados.....	107
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	107
3.1 Contribuição das Práticas Corporais de Aventura para a conscientização sobre a poluição dos oceanos e a preservação dos ecossistemas marinhos.....	107
3.2 Projetos escolares envolvendo a reutilização de materiais recicláveis nas aulas de Educação Física.....	111
3.3 Contribuições de temas ambientais nas aulas de Educação Física para a formação de cidadãos mais conscientes e responsáveis ambientalmente.....	114
4 CONCLUSÕES.....	118
5 AGRADECIMENTOS.....	119
6 REFERÊNCIAS.....	119
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOBRE PRÁTICAS CORPORAIS DE AVENTURA E TEMAS AMBIENTAIS.....	124
ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA AMBIENTE VIRTUAL.....	126

#### **CAPÍTULO 5.....129**

RESUMO.....	130
ABSTRACT.....	130
1 INTRODUÇÃO.....	131
2 RELATO DE CASO.....	133
2.1 Paradas – Negócio de impacto socioambiental.....	133
2.2 Aplicações na Educação Básica – Ensino Fundamental I e II.....	136
2.2.1 Escola Municipal Prof. <sup>a</sup> Maria Clotilde Lopes Comitre Rigo – Praia Grande.....	136
2.2.1.1 Competição Sustentável nos Jogos Interclasses.....	137
2.2.1.2 Cultura oceânica e esporte na praia.....	139
2.2.1.3 Beach flag football: ecossistemas em jogo e os desafios da conservação.....	139
2.2.2 Ambiente Municipal Prof. <sup>a</sup> Vera Lucia Machado Assis – São Vicente.....	143
2.2.3 Unidade Municipal de Ensino Prof. João Papa Sobrinho – Santos.....	145
2.2.4 Livro “Cultura Oceânica e Educação Física: conexões no currículo escolar”.....	146
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	147
4 CONCLUSÕES.....	150
5 AGRADECIMENTOS.....	151
6 REFERÊNCIAS.....	151

<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>155</b>
<b>REFERÊNCIAS GERAIS.....</b>	<b>157</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

As atividades humanas, quando realizadas de forma intensa e desregulada, têm provocado alterações significativas nas zonas costeiras e nos oceanos, seja por meio do turismo, da exploração de recursos naturais ou do descarte inadequado de resíduos sólidos (BEEHARRY *et al.*, 2021; DE RAMOS *et al.*, 2021). Evidências indicam que o descarte inadequado de resíduos, especialmente de plásticos, constitui um desafio ambiental de grande escala, impactando a saúde dos ecossistemas, a economia das regiões litorâneas e o bem-estar das populações dependentes desses ambientes (JAMBECK *et al.*, 2015; STIFTUNG, 2020).

Para abordar um problema de caráter socioambiental em escala global é importante compreender os termos e definições adotadas por diferentes instituições. Por volta da década de 1970, surgiram nos Estados Unidos da América os termos “*marine debris*” e “*marine litter*”, que passaram a ser empregados para designar detritos em grandes quantidades encontrados nos ecossistemas marinhos (TURRA *et al.*, 2020). De acordo com Galgani *et al.* (2010), estes termos, em tradução para a língua portuguesa “lixo marinho”, se referem a todo tipo de material sólido persistente, manufaturado ou processado, salvo aquele tido como orgânico, gerado em terra ou no mar, tendo sido descartado intencionalmente ou não, alcançando o ambiente costeiro e marinho através de ações dos ventos, cursos dos rios, sistemas de drenagem ou esgoto.

No entanto, Turra *et al.* (2020) aponta que o termo pertinente para tal é “lixo nos mares”, uma vez que “lixo marinho” causa uma relação instantânea da origem marinha dos resíduos com determinados organismos como alga marinha, cavalo-marinho, dentre outros. Oportunamente, já foi observado que populações tradicionais caiçaras costumam se referir ao lixo encontrado nos mares como uma “coisa fora do lugar”, visto que este não é produzido no ambiente marinho, mas sim o invade devido o descarte inapropriado por parte da sociedade (DALAMA-GONZALEZ, 2016). O Ministério do Meio Ambiente do Brasil define como “lixo no mar” todo detrito sólido produzido pelo homem que, independentemente de sua origem, adentra no ambiente marinho (BRASIL, 2019).

A palavra lixo tem origem no latim *lix*, que significa cinza, cuja qual está associada às cinzas dos fogões (MUCELIN e BELLINI, 2008). Atualmente, o lixo é interpretado como material de origem variada, seja agrícola, comercial, doméstica e industrial, descartado por diversas razões como a aparência suja ou envelhecida, falta de utilidade ou por não se gostar mais (ASSAD, 2016).

Segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos do Brasil, o lixo é composto por uma parte que pode ser reaproveitada (resíduo) e por outra parte que não pode ser aproveitada

(rejeito). Assim, todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de ações antrópicas em sociedade, cuja destinação possa ser a reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação, aproveitamento energético ou outra forma é considerado como resíduo sólido (BRASIL, 2010). Em contrapartida, rejeitos são aqueles que apesar de todas as tentativas de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e viáveis economicamente terem sido conduzidas, não apresentam outra perspectiva a não ser a disposição final ambientalmente adequada, isto é, a distribuição ordenada em aterros sanitários (BRASIL, 2010). Diante disso, o conhecimento e as possibilidades tecnológicas que operam no tratamento, reaproveitamento e reciclagem, farão a distinção entre resíduo e rejeito (ASSAD, 2016).

Entre os diversos tipos de resíduos produzidos pelo ser humano, destaca-se o plástico, material que revolucionou a vida humana devido à sua ampla gama de propriedades mecânicas e químicas, notoriamente maiores que outros tipos de materiais em termos de resistência química, estabilidade, flexibilidade, além do baixo custo de produção (DI *et al.*, 2021). Entretanto, a persistência na forma de monômero tóxico e poluente orgânico, bem como o acúmulo de plástico na natureza devido a fatores principais como alta produção, descarte indiscriminado, gerenciamento inadequado de resíduos e o fato de ser um material não tóxico biodegradável convergiram para um sério problema ambiental (NAPPER *et al.*, 2021; ZHANG *et al.*, 2021).

Considerando sua ampla utilização, embora o plástico seja um material durável, seu tempo de degradação no ambiente marinho varia conforme a origem do polímero e a influência de forças físicas e fatores ambientais (LAYCOCK *et al.*, 2017). Particularmente, os plásticos encontrados nas praias são influenciados principalmente pelas correntes marinhas costeiras, intensidade de uso das praias em questão e a relação de proximidade com as fontes de origem (BELLASI *et al.*, 2022). Alguns tipos de plástico têm densidade menor que a da água e podem flutuar, podendo se dispersar por longas distâncias devido aos ventos e correntes oceânicas superficiais, afastando-se de seu local de origem e alcançando lugares remotos como o Oceano Ártico (ONINK *et al.*, 2021; RAMASAMY *et al.*, 2021).

Como consequência da persistência e dispersão do plástico no ambiente marinho, bilhões de animais marinhos são afetados anualmente, podendo até morrer por ingestão acidental, asfixia, aprisionamento parcial ou total dos corpos, adsorção de outros contaminantes do ambiente circundante, além de transferir o plástico para outros níveis tróficos pela cadeia alimentar (ABALANSA *et al.*, 2020; AHMAD e WANKHADE, 2022; DE MELLO SOUZA

*et al.*, 2023). Além dos impactos sobre os animais, o plástico interfere negativamente na paisagem, na qualidade da água, nas atividades recreativas e comerciais, causa danos à saúde humana e perdas econômicas (ABALANSA *et al.*, 2020).

Diante dos impactos ambientais do plástico, estão sendo desenvolvidos e aprimorados diversos métodos para detecção qualitativa e quantitativa de plásticos, além da busca por soluções para reduzir a produção, o consumo e o descarte de plásticos em ambientes naturais (KWON *et al.*, 2023). Do mesmo modo, é importante ressaltar que a percepção ambiental de usuários de praia em relação à presença de resíduos nesse ambiente é um instrumento valioso para a gestão do meio, uma vez que são traçadas novas estratégias para o desenvolvimento e a implementação de soluções sustentáveis, a fim de contribuir para a preservação e conservação dos oceanos (RODRIGUES *et al.*, 2012).

Por outro lado, a conectividade ambiental, assim denominada pela psicologia ambiental, ressalta o papel transformador que as experiências na natureza têm para a adoção de comportamentos pró-ambientais, bem como serem recursos e fonte de motivação para a mobilização humana em defesa da conservação ambiental (KEARNS e COLLINS, 2012; BEERY e WOLF-WATZ, 2014). Evidências apontam que a saúde dos oceanos e a saúde do ser humano sempre estiveram e sempre estarão intrinsecamente conectadas (DEPLEDGE *et al.*, 2019; BORJA *et al.*, 2020). Para além de uma visão antropocêntrica extrativista, percebe-se que a interação humana com os oceanos também é capaz de favorecer estes, uma vez que promove maior conscientização ambiental, aumenta a participação no trabalho de conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos em questão, buscando torná-los mais saudáveis (FLEMING *et al.*, 2019; ROCHER *et al.*, 2020).

As zonas costeiras e os oceanos são capazes de criar e sustentar conexões emocionais, em que o sentimento de admiração produzido nas pessoas em relação ao mar se dá não apenas pela paisagem cênica, mas também pela natureza sensorial do ambiente costeiro, como a vista ampla, o sal marinho, o vento e o som das ondas (KEARNS e COLLINS, 2012). Dessa maneira, há um interesse crescente no uso potencial dos oceanos e dos ambientes naturais em geral, na promoção da saúde e bem-estar humano, assim como o desenvolvimento sustentável do ambiente em questão por meio da prática de esportes na natureza. Anteriormente já foi comprovado que a relação com áreas naturais proporcionado por meio de atividades físicas ao ar livre é capaz de induzir a um comportamento pró-ambiental, confirmando a capacidade que a dependência do lugar tem em estimular a adoção de comportamentos e ações pró-ambientais relacionados ao local em questão (UESUGI e KUDO, 2020).

Em vista de se estabelecer a conectividade ambiental desde a mais tenra idade, a Educação Ambiental deve ser incorporada à rotina escolar, tornando-se uma prática contínua, e não um conteúdo eventualmente abordado ou se limitando a determinada disciplina ou campo de conhecimento específico (SILVA, 2016). Nesse sentido, o professor de Educação Física pode desempenhar esse papel proporcionando reflexões acerca das Práticas Corporais de Aventura, unidade temática obrigatória do componente curricular brasileiro, sensibilizando os alunos para que desenvolvam consciência sobre questões ambientais.

Diante de todo esse cenário, apesar dos impactos negativos apontados, o plástico é um recurso muito versátil e por ser fabricado em larga escala e persistir por tanto tempo, seu reaproveitamento e reciclagem devem ser estimulados para contribuir com a redução do impacto ambiental (TESSNOW-VON WYSOCKI e LE BILLON, 2019). Nesse contexto, esta tese visa analisar a relação entre esporte e educação a partir da problemática dos resíduos plásticos, articulando os princípios da economia circular ao desenvolvimento de práticas pedagógicas no contexto educacional.

## 1.1 Objetivos

Para tanto, esta tese foi organizada em 5 capítulos. **O primeiro capítulo** teve como objetivo analisar e comparar as percepções sobre os resíduos sólidos nas praias brasileiras entre usuários que praticam esportes e aqueles que não praticam. Adicionalmente, examinou-se a influência de fatores socioeconômicos e da frequência de visitação sobre essas percepções ambientais.

O estudo da percepção ambiental dos usuários de praias levanta questões sobre o gerenciamento de resíduos sólidos e seu reaproveitamento. Nesse contexto, o **segundo capítulo** teve como objetivo utilizar a espectroscopia Raman para identificar os tipos de plásticos em amostras de embalagens pós-consumo (1 – PET, 2 – PE-HD, 3 – PVC, 4 – PE-LD, 5 – PP, 6 – PS e 7 – Outros).

Assumindo-se que os resíduos plásticos, especialmente aqueles descartados nas praias, são um problema ambiental grave, **o terceiro capítulo** concentrou-se no desenvolvimento de uma metodologia de reciclagem mecânica destes materiais, visando à produção de artefatos esportivos e recreativos com potencial de aplicação.

Entretanto, o enfrentamento dessa problemática não se restringe às soluções de caráter técnico e produtivo, exigindo também iniciativas voltadas à formação crítica e à sensibilização socioambiental. Nesse sentido, **o quarto capítulo** busca ampliar a discussão ao analisar a

percepção de professores de Educação Física do Ensino Fundamental II sobre a inserção de Práticas Corporais de Aventura e temas ambientais nas aulas, assim como sua predisposição para desenvolver ações pedagógicas relacionadas à Educação Ambiental. Assim, estabelece-se uma conexão entre a ressignificação dos resíduos plásticos e o potencial educativo das práticas corporais em contextos naturais, integrando dimensões ambientais, pedagógicas e sociais.

Como desdobramento dessa discussão, o **quinto capítulo** tem como objetivo apresentar o relato de caso do negócio de impacto socioambiental Paradas, detalhando suas ações de reciclagem de resíduos plásticos e de Educação Ambiental, com foco na aplicação em escolas públicas e no desenvolvimento de práticas pedagógicas que promovam comportamentos pró-ambientais e a cultura oceânica.

## 1.2 Hipóteses

As hipóteses deste estudo, organizadas por capítulos são:

Hipóteses do capítulo 1:

H1: A maioria dos usuários de praias brasileiras demonstra consciência sobre a problemática dos resíduos nas praias, porém, a percepção sobre a gravidade do problema e suas consequências varia conforme escolaridade e renda;

H2: Praticantes de esportes de praia apresentam maior preocupação quanto a questões ambientais ligadas à presença de resíduos sólidos nas praias e, conseqüentemente, maior disposição para adotar comportamentos pró-ambientais.

Hipótese do capítulo 2:

H1: A espectroscopia Raman é capaz de identificar, de forma rápida e confiável, os tipos de plásticos em amostras de embalagens pós-consumo, estabelecendo uma relação entre o método analítico e a precisão na classificação dos polímeros.

Hipótese do capítulo 3:

H1: A reciclagem mecânica de resíduos plásticos das praias permite produzir artefatos esportivos e recreativos com potencial de aplicação, com base em evidências experimentais do processo e em dados reportados na literatura.

Hipóteses do capítulo 4:

H1: Professores de Educação Física que reconhecem a relevância das Práticas Corporais de Aventura e dos temas ambientais mostram maior predisposição para inserir essas atividades em suas aulas.

H2: O reconhecimento da importância da Educação Ambiental para a formação cidadã aumenta a predisposição de professores de Educação Física para integrar materiais recicláveis em suas atividades pedagógicas.

Hipótese do capítulo 5:

H1: A implementação do negócio de impacto socioambiental Paradas em escolas públicas permite integrar operacionalmente Educação Física, Educação Ambiental e práticas de reciclagem de plástico, demonstrando viabilidade das ações pedagógicas propostas.

## **CAPÍTULO 1**

### **OS ESPORTES MOLDAM A PERCEPÇÃO AMBIENTAL? UM ESTUDO SOBRE O DESCARTE DE RESÍDUOS NAS PRAIAS DO BRASIL**

**Submetido à Estuaries and Coasts**

## RESUMO

A crescente acumulação de resíduos sólidos nas praias em escala global vem deteriorando a qualidade ambiental, tornando essencial a compreensão das percepções dos usuários para a efetividade da gestão costeira. O presente estudo analisa e compara a percepção ambiental de usuários de praias que praticam esportes com a daqueles que não praticam, por meio da aplicação de questionário a 740 indivíduos situados em 16 estados brasileiros. Os não praticantes de esporte apresentaram maior comportamento pró-ambiental em relação às práticas de gestão de resíduos do que os praticantes de esportes, independentemente da idade ou da frequência de visita às praias. Entre os praticantes de esportes, níveis socioeconômicos mais baixos estiveram associados a um senso mais elevado de responsabilidade ambiental. Esses achados indicam que o uso recreativo frequente da praia não se traduz necessariamente em atitudes pró-ambientais. Os resultados ressaltam a necessidade de estratégias de gestão integrada e direcionada de resíduos costeiros, que considerem as características específicas dos diferentes perfis de usuários. As intervenções devem combinar melhorias na infraestrutura, engajamento comunitário e educação ambiental, inseridas em marcos normativos coerentes. Para os praticantes de esportes, as estratégias devem estabelecer conexões explícitas entre a prática esportiva e a responsabilidade ambiental, por meio de comunicação persuasiva e de mecanismos de autorregulação, como a adoção de códigos de conduta ambiental por organizações esportivas. As ações de gestão também devem incorporar aspectos demográficos, envolvendo comunidades de menor renda como atores-chave na formulação de políticas e direcionando campanhas para adultos mais velhos com base nos conceitos de generatividade e legado. Por fim, o incentivo a mutirões voluntários de limpeza, ao monitoramento cidadão, à disponibilização de lixeiras acessíveis e a programas baseados em incentivos pode fortalecer a responsabilidade coletiva.

**Palavras-chave:** detritos marinhos; lixo no mar; esportes de praia; poluição por plástico; percepção ambiental; comportamento pró-ambiental; gestão costeira.

## ABSTRACT

The increasing accumulation of solid waste on beaches worldwide is deteriorating environmental quality, making it essential to understand user perceptions for effective coastal management. This study analyzes and compares the environmental perception of beach users who engage in sports (Sports Players) with those who do not (Non-players), surveying 740 individuals across 16 Brazilian states. Non-players demonstrated higher pro-environmental behavior regarding waste management practices than Sports Players, independent of age or frequency of beach visitation. Among Sports Players, lower socioeconomic status was associated with a stronger sense of environmental responsibility. These findings indicate that frequent recreational use does not necessarily translate into pro-environmental attitudes. The results emphasize the need for targeted and integrative coastal waste management strategies that account for user-specific characteristics. Interventions should combine infrastructure enhancement, community engagement, and environmental education within coherent policy frameworks. For Sports Players, strategies should explicitly connect sports participation with environmental stewardship through persuasive communication and self-regulation mechanisms

such as the adoption of environmental codes of conduct by sports organizations. Management actions should also leverage demographic insights by involving lower-income communities as key stakeholders in policy design and by framing campaigns for older adults around concepts of generativity and legacy. Finally, encouraging voluntary cleanups, citizen monitoring, accessible waste bins, and incentive-based programs can foster collective responsibility.

**Keywords:** marine debris; marine waste; beach sports; plastic pollution; environmental perception; pro-environmental behavior; coastal management.

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento exponencial da população humana associado ao comportamento da sociedade moderna, este afetado pelo ritmo acelerado da vida cotidiana e pela cultura do imediatismo, constitui um fator que influencia os hábitos de consumo e a poluição dos ecossistemas. A produção e o descarte de resíduos em geral atingiram proporções alarmantes nos oceanos, afetando até mesmo os lugares mais inóspitos da Terra, como ilhas desabitadas (EGGER *et al.*, 2020; HERRERA *et al.*, 2022).

As praias desempenham papel fundamental tanto na preservação da biodiversidade quanto na promoção do lazer humano e do bem-estar social, sendo frequentemente utilizadas para uma ampla gama de atividades recreativas e esportivas (LLORET *et al.*, 2023; MANERO *et al.*, 2024). Embora o Brasil possua uma extensa e diversificada zona costeira, a crescente acumulação de resíduos sólidos em suas praias tem gerado preocupação crescente, impactando negativamente a qualidade ambiental e a percepção ambiental (BOM *et al.*, 2020; MENDES, FONSECA e VARGAS, 2024).

A percepção ambiental refere-se à relação do ser humano com o mundo, constituindo um conceito elaborado individualmente por meio de imagens e informações que compõem o seu ambiente vivido (TOEBE, 2016). Assim, a percepção é considerada uma etapa precursora da consciência ambiental, que consiste na reflexão aprofundada dessa percepção, manifestada por atitudes que combinam afeto, cognição e comportamento em relação ao meio ambiente (TOEBE, 2016). Nesse sentido, a compreensão das percepções humanas acerca da acumulação de resíduos sólidos é essencial para o desenvolvimento e a implementação de estratégias eficazes de gestão ambiental e educação ambiental (RODRIGUES *et al.*, 2012). As percepções dos usuários das praias sobre a poluição por resíduos sólidos, podem influenciar diretamente os comportamentos de descarte e o engajamento em iniciativas de conservação (KIESSLING *et al.*, 2017; GONZÁLEZ, LOYOLA e YAÑEZ-NAVEA, 2021). Estudos indicam que diferentes grupos de usuários podem apresentar percepções distintas quanto à gravidade do problema e às

responsabilidades individuais e coletivas, evidenciando a necessidade de investigações mais aprofundadas sobre essas nuances perceptivas (KRELLING, WILLIAMS e TURRA, 2017; FORLEO e ROMAGNOLI, 2021; PON *et al.*, 2022).

Em se tratando de pesquisas realizadas no território brasileiro, um estudo conduzido nas praias da cidade de Vitória concluiu que, embora os frequentadores reconheçam os efeitos da poluição, suas atitudes práticas de descarte nem sempre refletem essa consciência, evidenciando a necessidade de estratégias de educação e de gestão ambiental (BOM *et al.*, 2020). Nas praias de Salvador, pesquisadores verificaram que a maioria dos usuários de praias identifica a presença de resíduos sólidos e compreende suas consequências, ainda que persistam lacunas na adoção de comportamentos pró-ambientais (FRANÇA e GUEDES, 2025). Miranda *et al.* (2021) observaram que a percepção sobre resíduos sólidos na praia está relacionada ao turismo local intenso, à falta de conscientização dos usuários e a falhas no sistema de limpeza municipal, indicando que o contexto socioambiental influencia significativamente o entendimento e a resposta dos frequentadores frente à poluição costeira.

Nesse contexto, torna-se relevante investigar como diferentes grupos de usuários de praias, especialmente aqueles com padrões distintos de uso e interação com o ambiente costeiro, percebem e se relacionam com a problemática dos resíduos sólidos. Por exemplo, alguns estudos indicam que indivíduos que praticam esportes nas praias podem desenvolver uma conexão mais profunda e maior sensibilidade aos problemas ambientais locais em razão de sua imersão e contato frequente com o ambiente costeiro (FOX, MARSHALL e DANKEL, 2021; WOOD *et al.*, 2022). No entanto, essa relação nem sempre é direta ou generalizada, uma vez que fatores individuais e contextuais podem influenciar a percepção e o engajamento ambiental, evidenciando a necessidade de aprofundamento. Assim, para explorar essa questão, as percepções de brasileiros residentes em diferentes cidades costeiras acerca da presença de resíduos sólidos nas praias foram analisadas, considerando frequência de visitação e perspectivas individuais.

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo analisar e comparar as percepções sobre os resíduos sólidos nas praias brasileiras entre usuários que praticam esportes e aqueles que não praticam. Adicionalmente, examinou-se a influência de fatores socioeconômicos e da frequência de visitação sobre essas percepções. Em vista disso, o estudo foi orientado por duas hipóteses. A primeira parte do pressuposto de que a maioria dos usuários de praias brasileiras demonstra consciência sobre a problemática dos resíduos nas praias, porém, a percepção sobre a gravidade do problema e suas consequências varia conforme escolaridade e renda. A segunda

hipótese pressupõe que os praticantes de esportes apresentam maior preocupação quanto a questões ambientais ligadas à presença de resíduos sólidos nas praias e, conseqüentemente, maior disposição para adotar comportamentos pró-ambientais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Delineamento do estudo

A pesquisa consistiu na aplicação de um questionário eletrônico estruturado (*Google Forms*) para investigar a percepção ambiental de usuários de praias brasileiras em relação à presença de resíduos. O questionário (apêndice A) incluiu questões relacionadas à frequência de uso da praia, ao comportamento dos indivíduos quanto à geração e ao descarte de resíduos no ambiente, bem como à percepção sobre a responsabilidade pela manutenção da limpeza, além de perguntas sociodemográficas e sobre a prática de esportes de praia.

A participação no questionário não foi restrita a uma localização geográfica específica. Os critérios de inclusão compreenderam indivíduos com idade igual ou superior a 18 anos; que frequentassem qualquer praia localizada no Brasil ao menos uma vez por semana; que possuíssem acesso à internet; e que demonstrassem disposição e capacidade para responder a um questionário *online* em língua portuguesa. Ao clicar no *link* e concordar com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (anexo A), o participante era direcionado ao formulário. O *link* do questionário foi divulgado por *e-mail* e através de redes sociais, como *Facebook*, *Instagram*, *LinkedIn* e *WhatsApp*. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Santa Cecília – UNISANTA (protocolo nº 67417023.2.0000.5513), seguindo todas as diretrizes para pesquisas em ambiente virtual estabelecidas pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa.

O Brasil é um país tropical de dimensões continentais (8.510.418 km<sup>2</sup>), com aproximadamente 203.080.756 habitantes, dos quais cerca de 55% vivem a até 150 km da linha costeira, o que equivale a aproximadamente 111,3 milhões de pessoas (IBGE, 2022). Ademais, o país possui cerca de 7.400 km de litoral, incluindo praias, estuários e manguezais, e 16 capitais estão localizadas em cidades litorâneas, refletindo a concentração populacional e a pressão sobre os ecossistemas costeiros. Considerando a extensão territorial e a diversidade socioambiental do país, investigações de ampla abrangência são fundamentais para captar diferentes perspectivas sobre as questões costeiras. Entre março e julho de 2023, 740

indivíduos, de ambos os gêneros, provenientes de 16 estados brasileiros, participaram do presente estudo.

## **2.2 Análise dos dados**

Em função dos objetivos do estudo, todos os participantes foram questionados quanto à prática de esportes nas praias. Com base nessa informação, os respondentes foram classificados em dois grupos: praticantes de esportes (*Sports Players*) e não praticantes (*Non-players*). As respostas ao questionário foram analisadas por diferentes abordagens. As questões 1 a 6 (apêndice A) foram utilizadas para caracterizar a população amostral, de acordo com o perfil dos usuários de praias. Inicialmente, essas respostas foram compiladas para determinar a distribuição de frequência dos perfis dos respondentes e suas respectivas porcentagens médias.

Em relação aos tipos de esportes praticados pelos participantes (questão 10), as respostas foram organizadas por meio da metodologia de nuvem de palavras. Para as questões 7 e 8 (apêndice A), as respostas foram avaliadas utilizando uma escala do tipo *Likert* de quatro pontos (1–4), adaptada de critérios de análise de conteúdo com base nas expectativas de uso consciente da praia e no nível de comportamento pró-ambiental. De acordo com essa classificação, as respostas foram categorizadas da seguinte forma: não soube ou não respondeu adequadamente (nível 1); respondeu parcialmente (nível 2); resposta parcialmente adequada (nível 3) e resposta adequada (nível 4), conforme a interpretação de cada questão.

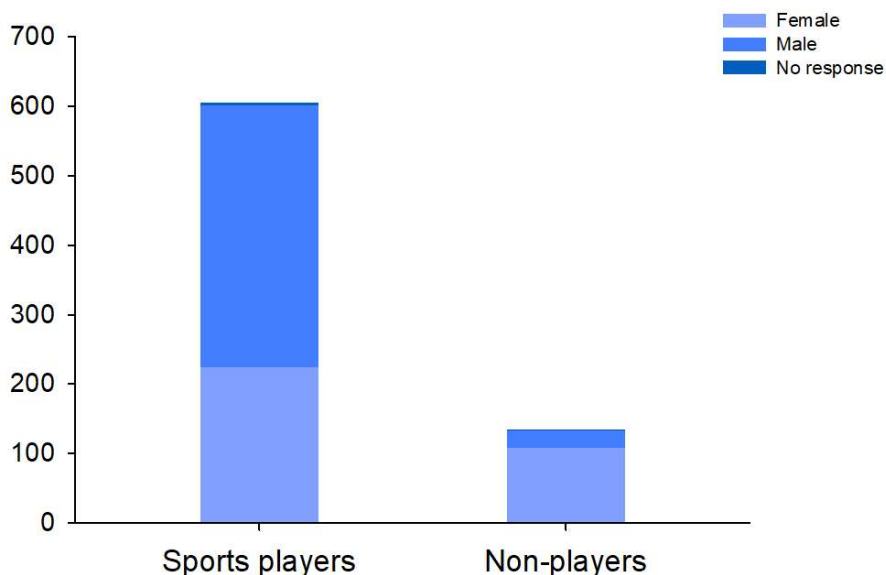
Por fim, os dados foram analisados no PRIMER v7 (2015) por meio de uma Análise de Variância Permutacional Unifatorial (PERMANOVA), com o objetivo de avaliar diferenças entre as respostas para cada questão (ANDERSON, 2001).

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Perfil dos usuários de praia**

No total, 740 indivíduos responderam ao questionário, dos quais 605 eram praticantes de esportes e 135 não praticantes. Em relação ao gênero (Figura 1), no grupo de praticantes de esportes, 62% dos usuários de praia se identificaram como do gênero masculino ( $n = 378$ ), 37% como do gênero feminino ( $n = 225$ ) e 1% preferiu não responder ( $n = 3$ ). Em contraste, no grupo

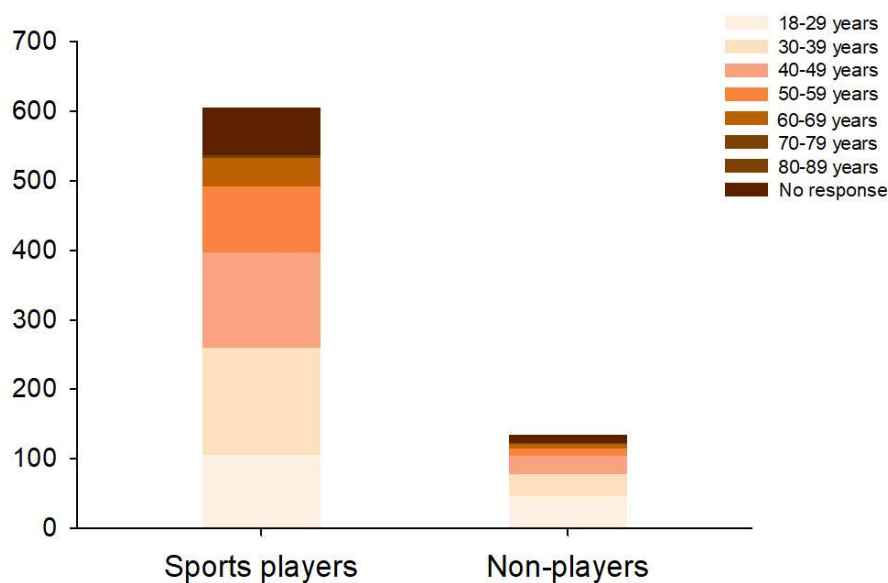
de não praticantes, 80% dos usuários de praia se identificaram como do gênero feminino (n = 108), 19% como do gênero masculino (n = 25) e 1% preferiu não responder (n = 2).



**Figura 1.** Distribuição do gênero dos usuários da praia entre os grupos de praticantes de esportes e não praticantes.

Em relação à faixa etária (Figura 2), no grupo de praticantes de esportes, 25,7% (n = 155) declararam ter entre 30 e 39 anos, 22,6% (n = 137) entre 40 e 49 anos, 17,4% (n = 105) entre 18 e 29 anos, 15,7% (n = 95) entre 50 e 59 anos, 11,2% (n = 68) preferiram não responder, 6,8% (n = 41) situaram-se na faixa etária de 60 a 69 anos, 0,3% (n = 2) relataram ter entre 70 e 79 anos e 0,3% (n = 2) entre 80 e 89 anos.

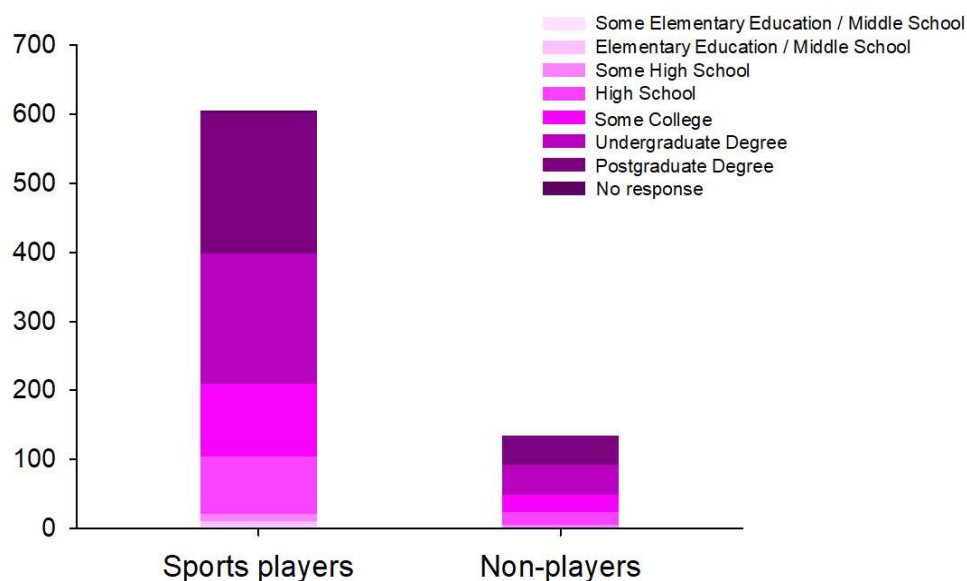
Por outro lado, no grupo de não praticantes, 34,1% (n = 46) informaram ter entre 18 e 29 anos, 23,7% (n = 32) entre 30 e 39 anos, 19,3% (n = 26) entre 40 e 49 anos, 8,9% (n = 12) preferiram não responder, 8,1% (n = 11) estavam na faixa etária de 50 a 59 anos, 5,2% (n = 7) entre 60 e 69 anos e 0,7% (n = 1) entre 70 e 79 anos.



**Figura 2.** Distribuição da faixa etária dos usuários da praia entre os grupos de praticantes de esportes e não praticantes.

Em relação ao nível de escolaridade (Figura 3), no grupo de praticantes de esportes, 33,8% (n = 204) possuíam pós-graduação, 31,2% (n = 189) graduação completa, 17,5% (n = 106) ensino superior incompleto, 13,7% (n = 83) ensino médio completo, 1,7% (n = 10) ensino médio incompleto, 1,5% (n = 9) ensino fundamental completo, 0,3% (n = 2) ensino fundamental incompleto e 0,3% (n = 2) preferiram não responder.

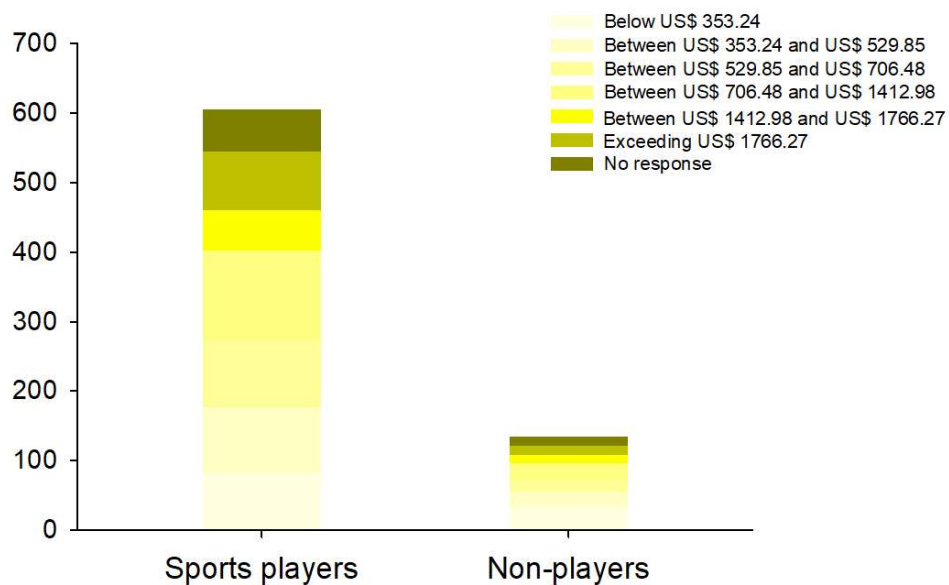
Por outro lado, no grupo de não praticantes, 31,9% (n = 43) possuíam pós-graduação, 31,9% (n = 43) graduação completa, 18,5% (n = 25) ensino superior incompleto, 14,1% (n = 19) ensino médio completo, 3,0% (n = 4) ensino médio incompleto e 0,6% (n = 1) ensino fundamental completo.



**Figura 3.** Nível de escolaridade dos usuários da praia entre os grupos de praticantes de esportes e não praticantes.

Em relação à faixa de renda (Figura 4), no grupo de praticantes de esportes, 21,4% (n = 128) relataram receber entre US\$ 706,48 e US\$ 1.412,98 por mês. Adicionalmente, 16,0% (n = 97) receberam entre US\$ 529,85 e US\$ 706,48 mensais, 15,7% (n = 95) entre US\$ 353,24 e US\$ 529,85, 14,0% (n = 85) receberam acima de US\$ 1.766,27, e 13,6% (n = 82) abaixo de US\$ 353,24. Além disso, 9,9% (n = 60) preferiram não responder e 9,6% (n = 58) receberam entre US\$ 1.412,98 e US\$ 1.766,27 por mês.

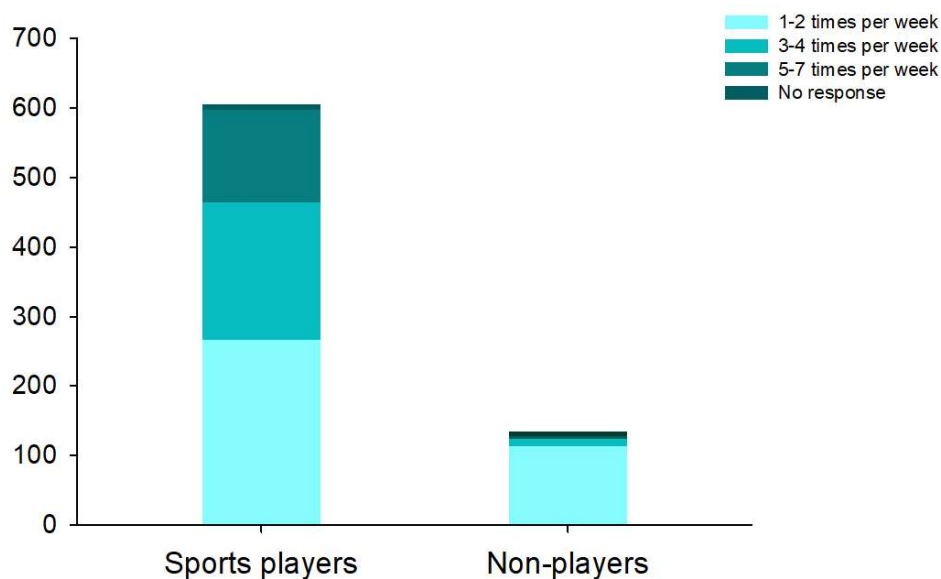
Por outro lado, no grupo de não praticantes, 24,4% (n = 33) relataram renda mensal inferior a US\$ 353,24. Adicionalmente, 17,8% (n = 24) receberam entre US\$ 706,48 e US\$ 1.412,98, 17,0% (n = 23) entre US\$ 353,24 e US\$ 706,48, 11,9% (n = 16) entre US\$ 529,85 e US\$ 706,48, e 10,4% (n = 14) preferiram não responder. Além disso, 9,6% (n = 13) receberam acima de US\$ 1.766,27, e 8,9% (n = 12) entre US\$ 1.412,98 e US\$ 1.766,27 por mês.



**Figura 4.** Nível de renda dos usuários de praia entre os grupos de praticantes de esportes e não praticantes.

Conforme ilustrado na figura 5, 44% (n = 266) do grupo de praticantes de esportes relataram visitar a praia de 1 a 2 vezes por semana, enquanto 33% (n = 199) informaram frequência de 3 a 4 visitas semanais. Ademais, 22% (n = 133) frequentavam a praia com maior regularidade, especificamente de 5 a 7 vezes por semana, e 1% (n = 7) preferiu não responder.

Em contraste, o grupo de não praticantes apresentou um padrão distinto de frequência de visitação. A grande maioria, 84% (n = 113), relatou visitar a praia de 1 a 2 vezes por semana, enquanto 8% (n = 11) frequentavam de 3 a 4 vezes por semana. Uma proporção menor, 5% (n = 7), optou por não responder, e 3% (n = 4) informaram frequência mais elevada, de 5 a 7 visitas semanais.



**Figura 5.** Frequência de visitação à praia entre os grupos de praticantes de esportes e não praticantes.

De modo geral, o perfil dos respondentes revelou que os praticantes de esportes eram predominantemente do gênero masculino, enquanto os não praticantes eram majoritariamente do gênero feminino. A distribuição etária indicou concentração de participantes entre 30 e 49 anos em ambos os grupos, com tendência para faixas etárias mais jovens (18–29 anos) entre os não praticantes de esportes. A maioria dos respondentes declarou possuir graduação ou pós-graduação, indicando um nível educacional relativamente elevado.

Quanto à renda, ambos os grupos apresentaram maior concentração nas faixas de baixa a média, embora os praticantes de esportes tenham apresentado leve predominância nas faixas de renda mais elevada. Por fim, como esperado, a frequência de visitas à praia foi maior entre os praticantes de esportes, que relataram frequentar a praia com maior regularidade (3–7 vezes por semana), enquanto os não praticantes visitavam normalmente apenas 1–2 vezes por semana.

### 3.2 Esportes de praia praticados pelos participantes do estudo

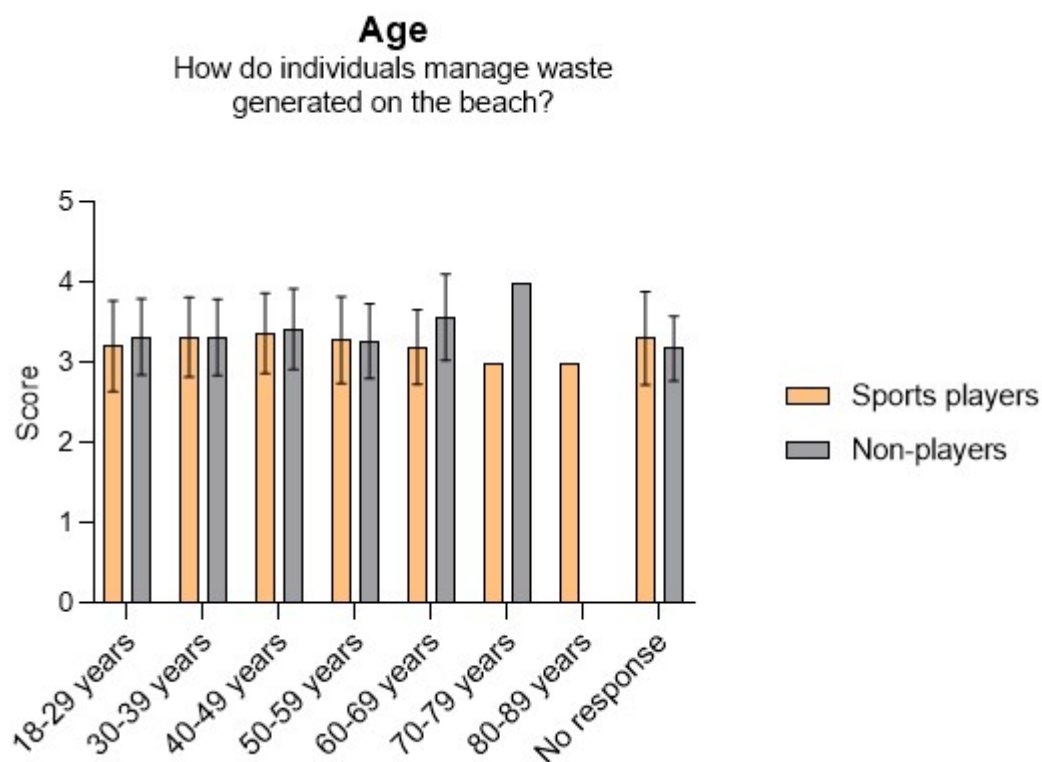
Em relação aos esportes praticados pelos participantes do estudo, foram relatadas tanto atividades aquáticas quanto atividades realizadas na areia. O surfe foi o mais frequente, correspondendo a 28,3% (n = 179), seguido pelo *bodysurf* com 15,0% (n = 95) e pelas caminhadas na praia com 13,4% (n = 85). A figura 6 apresenta uma nuvem de palavras contendo todos os esportes citados pelos respondentes.



**Figura 6.** Nuvem de palavras dos esportes praticados pelos participantes do estudo.

### **3.3 Comportamento pró-ambiental e faixa etária: percepções sobre o descarte de resíduos sólidos na praia**

A figura 7 apresenta a interação entre as categorias etárias e a forma como os grupos de praticantes de esportes e não praticantes gerenciam os resíduos gerados na praia. Por meio da análise de variância multivariada permutacional, verificou-se que o grupo de não praticantes apresentou maior nível de comportamento pró-ambiental em comparação ao grupo de praticantes de esportes, independentemente da faixa etária (PERMANOVA; Pseudo-F (5, 644) = 1,0614;  $p = 0,022$ ).



**Figura 7.** A interação entre a faixa etária e as práticas de gerenciamento de resíduos sólidos entre praticantes de esportes e não praticantes, em uma escala do tipo *Likert*. As opções de resposta foram: enterrar ou descartar resíduos na praia, dependendo do tipo de resíduo (1 ponto); deixar os resíduos na areia para que outra pessoa os recolha (2 pontos); armazenar os resíduos em saco ou recipiente para destinação adequada em lixeiras na praia (3 pontos); e levar os resíduos para casa para destinação adequada (4 pontos).

Esse achado contrasta com a hipótese inicial, a qual propunha que a participação em esportes de praia estaria diretamente associada ao comportamento pró-ambiental no que se refere à gestão de resíduos, independentemente da faixa etária. Estudos anteriores demonstraram que indivíduos que praticam atividades físicas, como caminhadas na natureza, sentem-se mais conectados ao ambiente natural e relatam níveis mais elevados de bem-estar, o que tende, por sua vez, a favorecer atitudes e comportamentos ambientalmente sustentáveis (NISBET e ZELENSKI, 2011). No entanto, embora experiências baseadas na natureza possam estimular a conscientização ambiental, elas não necessariamente estabelecem uma relação de causa e efeito para todos os indivíduos. Outros fatores, como experiências pessoais e contato com ambientes naturais, especialmente durante a infância, bem como a educação recebida de pais e professores, juntamente com a percepção sobre a poluição ambiental, emergem como os principais preditores do comportamento pró-ambiental (KOLLMUSS e AGYEMAN, 2002).

No que se refere à questão específica dos resíduos sólidos na praia, normas sociais configuram determinantes centrais do comportamento pró-ambiental. Em outras palavras,

opiniões e atitudes, especialmente de familiares e amigos, tendem a ser adotadas (GUSMEROTTI *et al.*, 2016). Entretanto, observou-se que, à medida que os indivíduos adquirem conhecimento ambiental e tornam-se conscientes das consequências da poluição, frequentemente deixam de praticar determinados comportamentos influenciados por normas sociais, formando de maneira crítica suas próprias convicções (GUSMEROTTI *et al.*, 2016). Portanto, os achados do presente estudo, os quais indicam que o grupo de não praticantes apresentou comportamento pró-ambiental superior ao do grupo de praticantes de esportes, podem ser explicados pelas normas sociais e pelos preditores centrais do comportamento pró-ambiental destacados na literatura.

Nesse contexto, dentro do grupo de praticantes de esportes, observou-se uma variação significativa relacionada à idade (PERMANOVA; Pseudo-F (5, 644) = 1,0614;  $p = 0,022$ ), especialmente entre jovens adultos (18–29 anos) e adultos de meia-idade (40–49 anos), sendo este último grupo o que apresentou níveis superiores de comportamento pró-ambiental. Uma possível explicação para esse achado fundamenta-se na teoria da identidade social, a qual postula que o comportamento de um indivíduo é moldado pelas normas e valores do grupo ao qual pertence (TAJFEL e TURNER, 1979). Assim, o comportamento ambiental de um jovem no grupo de praticantes de esportes pode ser mais influenciado pelas atitudes de amigos e companheiros de atividade do que por convicções pessoais. Além disso, sua atenção pode estar voltada ao desempenho esportivo, ao estilo de vida e à busca pelo prazer, de modo que a responsabilidade ambiental pode não constituir uma norma social internalizada ou prioritária. Em contraste, o comportamento pró-ambiental superior observado entre indivíduos de 40 a 49 anos pode ser compreendido à luz da teoria do desenvolvimento psicossocial (ERIKSON, 1950). Segundo essa teoria, entre os 40 e 65 anos de idade, os indivíduos desenvolvem o desejo de orientar a próxima geração e contribuir para um mundo melhor. Nesse contexto, ações como manter as praias limpas e gerenciar adequadamente os resíduos podem refletir a intenção de deixar um legado positivo, enquanto a prática esportiva tende a se relacionar mais com a manutenção da saúde e a conexão social do que com objetivos de desempenho.

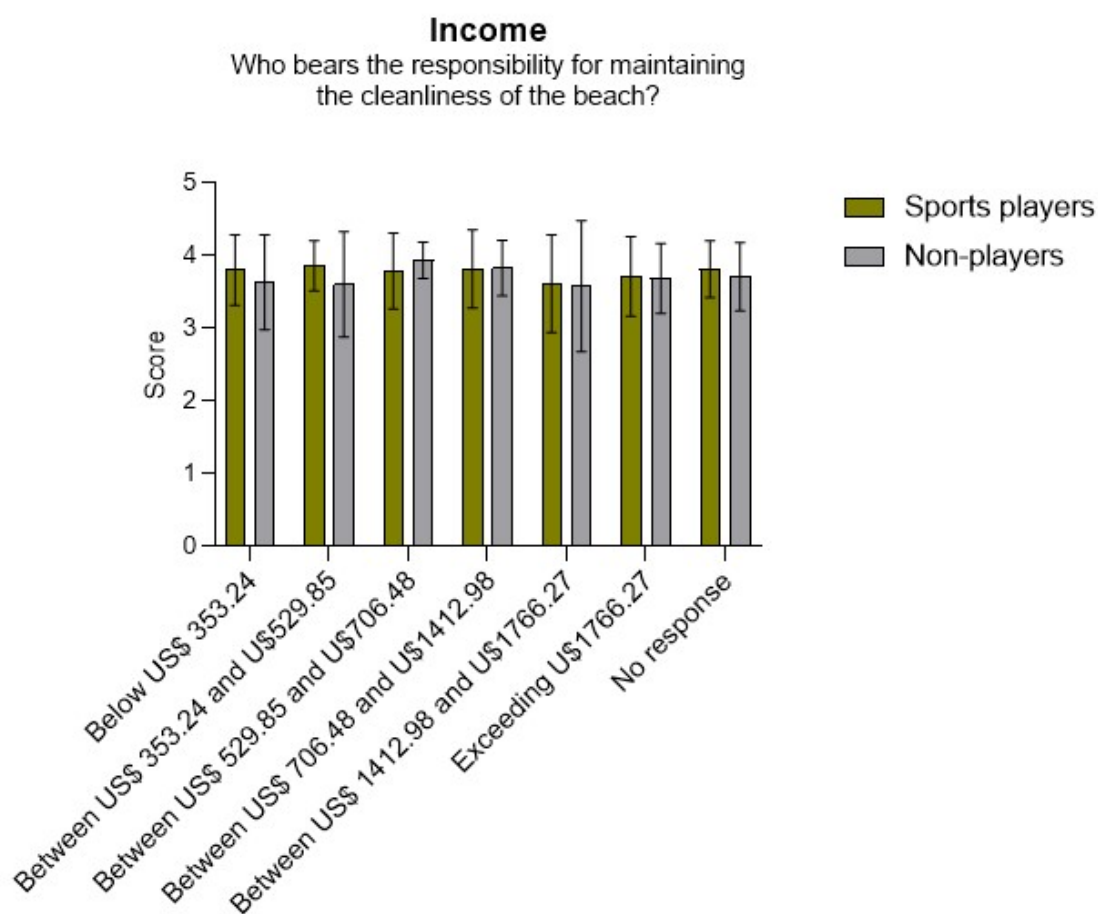
Os achados do presente estudo também indicam que o comportamento pró-ambiental não aumenta de forma linear com a idade. Nesse contexto, Dodds e Holmes (2018) concluíram que a idade exerce uma influência positiva sobre o comportamento pró-ambiental entre frequentadores de praias. De forma semelhante, Leonidou *et al.* (2015) observaram que indivíduos com mais de 35 anos apresentavam comportamentos pró-ambientais mais pronunciados em comparação àqueles menores de 35 anos. No entanto, nossos resultados

destacaram especialmente indivíduos entre 70 e 79 anos dentro do grupo de praticantes de esportes, sugerindo um comportamento pró-ambiental superior, possivelmente motivado por razões mais profundas e maduras.

Esses indivíduos provavelmente presenciaram mudanças ambientais significativas ao longo de suas vidas e desenvolveram uma compreensão mais concreta das consequências da poluição. Essa experiência, combinada à percepção de degradação em um ambiente que outrora era mais limpo, torna a questão dos resíduos sólidos nas praias mais tangível e pessoal, ultrapassando uma preocupação meramente abstrata. A etapa final da teoria do desenvolvimento psicossocial é caracterizada pela reflexão sobre a trajetória de vida e pelo desejo de deixar um legado significativo (ERIKSON, 1950). Nesse sentido, para indivíduos dessa faixa etária, o cuidado com o ambiente pode representar uma expressão de sabedoria e um ato deliberado de contribuição para o planeta, assegurando que o legado deixado às futuras gerações seja positivo.

### **3.4 Comportamento pró-ambiental e renda: percepções sobre a responsabilidade pela limpeza da praia**

A figura 8 apresenta a interação entre renda e responsabilidade pela manutenção da limpeza da praia nos grupos de praticantes de esportes e não praticantes. Os resultados da análise estatística (PERMANOVA; Pseudo-F (5, 654) = 1,1729; p = 0,022) revelaram um achado contraintuitivo: indivíduos do grupo de praticantes de esportes com menor nível socioeconômico (abaixo de US\$ 353,24; entre US\$ 353,24 e US\$ 529,85; entre US\$ 706,48 e US\$ 1.412,98) apresentaram uma percepção de responsabilidade ambiental mais acentuada em comparação àqueles com renda mais elevada (entre US\$ 1.412,98 e US\$ 1.766,27; superior a US\$ 1.766,27).



**Figura 8.** A interação entre o nível de renda econômica e a percepção de responsabilidade pela manutenção da limpeza da praia entre praticantes de esportes e não praticantes, em uma escala do tipo *Likert*. As opções de resposta foram: poder público (1 ponto); comerciantes de praia (2 pontos); usuários de praia, moradores e turistas (3 pontos); e todos os anteriores (4 pontos).

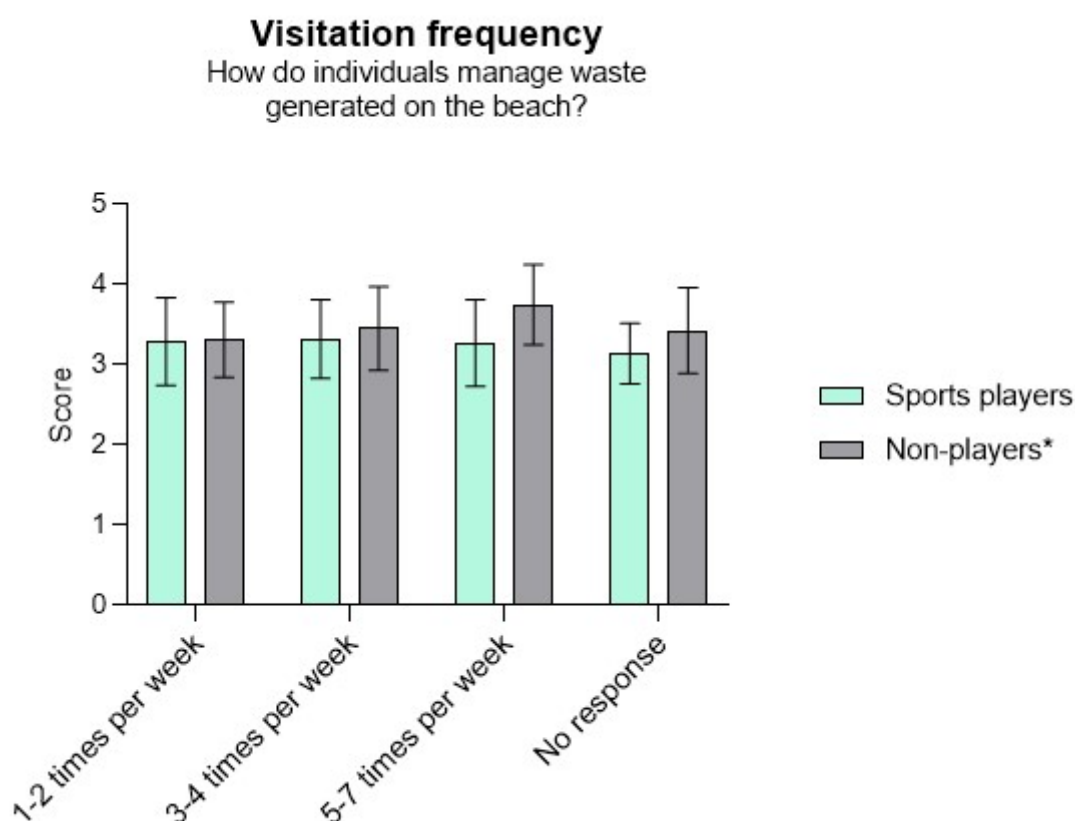
Embora estudos anteriores relacionem atitudes e comportamentos pró-ambientais a níveis mais elevados de renda (DU *et al.*, 2024; QADRI *et al.*, 2025), os resultados da presente pesquisa indicam o oposto entre os praticantes de esportes. Uma possível explicação é que indivíduos com rendas mais altas têm acesso a diversas opções de lazer e entretenimento, o que pode reduzir a percepção da praia como um recurso natural essencial e prontamente disponível (QADRI *et al.*, 2025).

O sentimento de pertencimento ao ambiente costeiro pode estimular comportamentos mais responsáveis, uma vez que a manutenção da limpeza da praia é percebida como um esforço coletivo em prol do bem comum. A literatura em psicologia ambiental indica que o senso de lugar motiva ações de cuidado e proteção, especialmente quando o ambiente possui valor pessoal e simbólico (MANZO e PERKINS, 2006; KUDRYAVTSEV, STEDMAN e KRASNY, 2012). Assim, indivíduos de menor renda, acostumados a lidar com recursos escassos e a

valorizar bens compartilhados, podem demonstrar maior apreço por espaços públicos, como as praias. Em contraste, aqueles com maior status socioeconômico podem tender a delegar a responsabilidade pela limpeza a terceiros ou às autoridades, presumindo que soluções para a poluição surgirão externamente (ADAMS, IBRAHIM e LIM, 2010).

### 3.5 Comportamento pró-ambiental e frequência de visitação: percepções sobre o descarte de resíduos sólidos na praia

A figura 9 apresenta a interação entre a frequência de visitas à praia e a forma como os grupos de praticantes de esportes e não praticantes gerenciam os resíduos gerados na praia. Os resultados são consistentes com os padrões observados nas questões anteriores e reforçam que, embora se esperasse que os praticantes de esportes apresentassem níveis superiores de comportamento pró-ambiental na gestão de resíduos sólidos, independentemente da frequência de visitação, eles novamente demonstraram menor conhecimento sobre práticas adequadas de descarte em comparação aos não praticantes (PERMANOVA; Pseudo-F (2, 716) = 1,5613; p = 0,022).



**Figura 9.** A interação entre a frequência de visitação à praia e as práticas de gerenciamento de resíduos sólidos entre praticantes de esportes e não praticantes, em uma escala do tipo *Likert*. As opções de resposta foram:

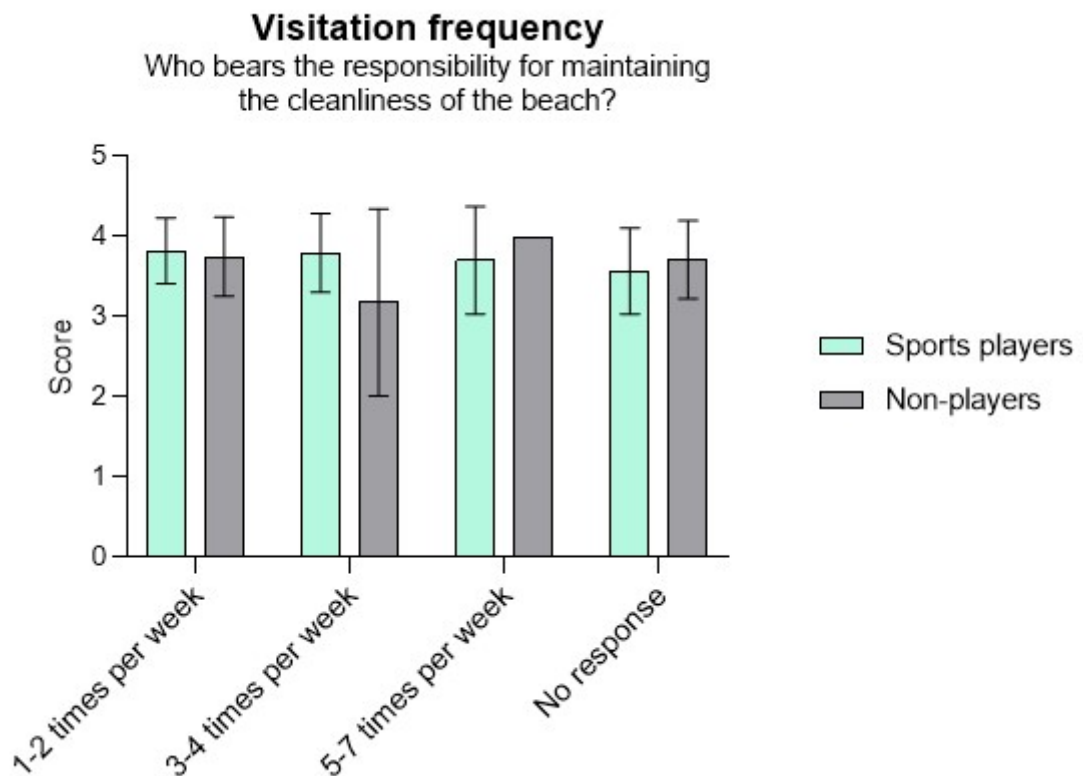
enterrar ou descartar resíduos na praia, dependendo do tipo de resíduo (1 ponto); deixar os resíduos na areia para que outra pessoa os recolha (2 pontos); armazenar os resíduos em saco ou recipiente para destinação adequada em lixeiras na praia (3 pontos); e levar os resíduos para casa para destinação adequada (4 pontos).

Esses resultados reforçam que a prática de esportes na natureza não assegura necessariamente um comportamento pró-ambiental, uma vez que este é influenciado por diversos fatores (KOLLMUSS e AGYEMAN, 2002). Tal fenômeno pode ser explicado pelo conceito de foco atencional, que sugere que o comportamento humano é fortemente influenciado pelo que se encontra em evidência em um dado momento (WULF, 2013). Quando a atenção de um indivíduo está totalmente direcionada a um único objetivo, responsabilidades periféricas podem ser negligenciadas. No contexto esportivo, o foco se desloca para o desempenho e para ambientes dinâmicos, reduzindo a disponibilidade de atenção para processar outros estímulos, incluindo questões ambientais. Dessa forma, a praia, incluindo a problemática do lixo, passa a um elemento coadjuvante, e não o foco principal. Por outro lado, um indivíduo que frequenta a praia por motivos como socialização, relaxamento ou trabalho pode manter um foco mais amplo e menos exigente em tarefas motoras, facilitando a percepção e a resposta ao ambiente ao redor.

Em resumo, os praticantes de esportes podem se preocupar menos com a forma como descartam os resíduos que geram, uma vez que fazê-lo durante a atividade física pode ser mais oneroso e inconveniente. Esse padrão está alinhado com estudos anteriores que indicam que os indivíduos tendem a adotar comportamentos pró-ambientais que envolvam custos menores, não necessariamente em termos econômicos, mas em um sentido psicológico mais amplo, incluindo tempo e esforço necessários (DIEKMANN e PREISENDÖRFER, 1992; LEHMANN, 1999).

### **3.6 Comportamento pró-ambiental e frequência de visitação: percepções sobre a responsabilidade pela limpeza da praia**

A figura 10 representa a interação entre a frequência de visitas à praia e a responsabilidade pela manutenção da limpeza da praia entre os grupos de praticantes de esportes e não praticantes. A análise estatística revelou diferença significativa entre os dois grupos apenas na frequência intermediária de visitação (3–4 vezes por semana) (PERMANOVA; Pseudo-F (2, 720) = 6,3977;  $p = 0,022$ ). Nessa frequência, os não praticantes demonstraram comportamento pró-ambiental menos evidente em relação ao manejo de resíduos e à limpeza da praia.



**Figura 10.** A interação entre a frequência de visitação à praia e a percepção de responsabilidade pela manutenção da limpeza da praia entre praticantes de esportes e não praticantes, em uma escala do tipo *Likert*. As opções de resposta foram: poder público (1 ponto); comerciantes de praia (2 pontos); usuários de praia, moradores e turistas (3 pontos); e todos os anteriores (4 pontos).

Conforme observado, o grupo de não praticantes de esportes que visita a praia entre três e quatro vezes por semana apresentou menor pontuação de percepção de responsabilidade pela limpeza da praia em comparação ao grupo de não praticantes que a frequenta entre uma e duas vezes por semana. Esses resultados reforçam que múltiplos fatores sociais e contextuais podem influenciar o comportamento pró-ambiental, justificando investigações adicionais. Uma possível explicação envolve a teoria da impotência aprendida, a qual postula que a exposição repetida a situações incontroláveis e aversivas pode levar os indivíduos a acreditar que suas ações não exercem influência sobre os resultados dos eventos (SELIGMAN, 1975). Conseqüentemente, essa percepção de falta de controle resulta em comportamento passivo e no abandono de tentativas de modificar o ambiente, mesmo quando oportunidades para tal estão presentes (MAIER e SELIGMAN, 1976).

Em outras palavras, os indivíduos do grupo de não praticantes que frequentam a praia de três a quatro vezes por semana podem ter desenvolvido um senso de impotência aprendida em relação à limpeza ambiental. Durante cada visita, esses frequentadores são repetidamente

expostos a resíduos deixados por outros, situação sobre a qual não possuem controle significativo. À medida que constatarem o acúmulo contínuo de resíduos ao longo do tempo, podem perceber seus próprios esforços para manter a praia limpa como ineficazes. Mesmo evitando gerar resíduos, a presença persistente de detritos, a ausência de fiscalização e a falta de uma cultura coletiva de limpeza reforçam a percepção de que a situação transcende o controle individual.

Por outro lado, indivíduos do grupo de não praticantes que visitam a praia com menor frequência, como uma ou duas vezes por semana, não são expostos a essa situação incontrolável com a mesma intensidade. Sua experiência em presenciar resíduos na praia e a negligência ambiental é mais esporádica, o que reduz a propensão a desenvolver frustração associada à impotência aprendida. Como resultado, a crença na eficácia das ações individuais, incluindo o descarte adequado de resíduos e a manutenção de comportamentos respeitosos em relação ao ambiente, tende a permanecer intacta. Conseqüentemente, o comportamento pró-ambiental e a percepção de responsabilidade pela limpeza da praia apresentam-se mais elevados, não sendo comprometidos por um sentimento de impotência.

Outra interpretação que pode ajudar a esclarecer esses resultados envolve os processos de dessensibilização e habituação. Dessensibilização refere-se ao processo pelo qual a exposição repetida a um estímulo aversivo reduz a resposta emocional ou fisiológica a ele, tornando-o menos ameaçador ou perturbador (WOLPE, 1968). Habituação é um processo semelhante, no qual um estímulo se torna tão familiar que deixa de provocar uma reação perceptível (THOMPSON e SPENCER, 1966). No contexto dos achados deste estudo, o resíduo ainda representa um estímulo novo que provoca respostas emocionais e percepção do problema entre os indivíduos do grupo de não praticantes que frequentam a praia com menor frequência (uma a duas vezes por semana). Como esses indivíduos não estão regularmente expostos a esse estímulo aversivo na praia, é menos provável que desenvolvam habituação ou dessensibilização. Como resultado, tendem a manter níveis mais elevados de comportamento pró-ambiental e, conseqüentemente, atribuem maior responsabilidade a si próprios e aos demais.

Em contraste, indivíduos do grupo de não praticantes que visitam a praia com maior frequência (três a quatro vezes por semana) podem ter desenvolvido habituação devido à exposição contínua a resíduos sólidos. O que inicialmente poderia gerar desconforto, frustração ou senso de urgência passou a integrar a paisagem normal da praia. O resíduo deixa de ser percebido como um problema urgente que requer ação ou preocupação. A mente adota um

mecanismo de proteção para amortecer o estresse constante de lidar com o que parece ser um problema crônico, onipresente e insolúvel. À medida que a resposta emocional diminui, também se reduz o senso percebido de responsabilidade. Essa interpretação sugere que o contato mais frequente com a praia não necessariamente promove preocupação ativa, mas conduz a uma adaptação passiva ao problema, o que pode explicar as pontuações mais baixas relacionadas à percepção de responsabilidade pela manutenção da limpeza da praia entre os indivíduos que a frequentam com maior regularidade.

Por fim, outra perspectiva a ser considerada é a teoria da atribuição, a qual investiga como os indivíduos procuram identificar as causas do seu próprio comportamento e do comportamento de terceiros, atribuindo responsabilidades a fatores internos ou externos (HEIDER, 1958; KELLEY, 1967). Indivíduos do grupo de não praticantes de esportes que visitam a praia uma a duas vezes por semana não são frequentemente expostos à presença de resíduos sólidos e, portanto, percebem o problema como ocasional. Em consequência, tendem a realizar atribuições internas e a interpretar a questão como resultante das ações individuais. Em outras palavras, acreditam que, se cada pessoa assumir a responsabilidade pelos seus próprios resíduos, o problema pode ser solucionado.

Em contraste, indivíduos do grupo de não praticantes de esportes que visitam a praia três a quatro vezes por semana percebem a presença de resíduos não como uma ocorrência isolada, mas como uma característica persistente do ambiente. Em razão da exposição repetida a esse problema, a solução passa a ser percebida como situada além do controle individual, e a causa é atribuída a fatores externos, tais como a ausência de políticas públicas, de fiscalização, de infraestrutura adequada e de educação ambiental. Como resultado, esses indivíduos tendem a sentir-se impotentes e menos pessoalmente responsáveis pelo problema do resíduo, transferindo a responsabilidade para o poder público, as instituições e a sociedade em geral.

Em síntese, essa perspectiva sugere que uma maior frequência de visitas à praia não implica necessariamente em níveis mais elevados de comportamento pró-ambiental. Pelo contrário, reforça a percepção de que o problema possui caráter sistêmico e não pode ser resolvido exclusivamente por meio de ações individuais, reduzindo, assim, o senso de responsabilidade pessoal.

### **3.7 Estratégias para a gestão de resíduos costeiros e o engajamento público em praias**

As praias constituem sistemas socioecológicos que desempenham múltiplas funções essenciais nos ambientes costeiros, destacando-se a proteção das áreas litorâneas, o

funcionamento como reservatórios naturais e a oferta de espaços para recreação e lazer humanos (SARDÁ *et al.*, 2015). De forma conjunta, os resultados deste estudo evidenciam três implicações centrais para a gestão ambiental. Em primeiro lugar, indicam que intervenções voltadas ao aprimoramento do cuidado e da corresponsabilização pelas praias não podem basear-se exclusivamente na promoção do uso recreativo ou da prática esportiva. Campanhas educativas direcionadas e programas de sensibilização devem considerar fatores etários e sociais, enfatizando a responsabilidade pela gestão dos resíduos entre todos os grupos de usuários de praia. Em segundo lugar, a associação contraintuitiva entre menor renda e maior percepção de responsabilidade sugere que as estratégias de gestão devem contemplar realidades contextuais, como o acesso a alternativas de lazer, as normas sociais vigentes e a fiscalização local relacionada à limpeza das praias. Em terceiro lugar, os resultados deste trabalho reforçam a necessidade de políticas integradas que combinem infraestrutura adequada para o descarte acessível de resíduos, engajamento comunitário e educação ambiental, com vistas a promover a responsabilidade coletiva e fortalecer comportamentos pró-ambientais entre diferentes perfis de usuários das praias.

Nesse sentido, torna-se necessário que as abordagens sejam cuidadosamente estruturadas para assegurar sua efetividade, considerando as nuances dos perfis de público identificados. Observou-se, por exemplo, que o grupo de não praticantes apresentou níveis mais elevados de comportamento pró-ambiental em comparação ao grupo de praticantes de esportes. Com base nesse achado, sugere-se que campanhas de sensibilização estabeleçam uma associação direta entre a saúde do ecossistema praias e a qualidade da prática esportiva. Mensagens persuasivas, com slogans como “Oceanos limpos, melhores ondas” e “Areia limpa faz o jogo perfeito”, podem contribuir para esse objetivo. A eficácia de mensagens persuasivas na redução do descarte de resíduos em áreas naturais já foi demonstrada anteriormente, uma vez que tais mensagens comunicam a importância da preservação e promovem a conscientização dos usuários sem recorrer à ameaça de sanções pelo não cumprimento das normas (DUNCAN e MARTIN, 2002).

Mensagens demonstrativas também se mostram aplicáveis e eficazes, em função da tendência humana à imitação de comportamentos observados em um determinado contexto e ambiente (VAN VUGT, GRISKEVICIUS e SCHULTZ, 2014). Assim, a combinação de mensagens persuasivas e demonstrativas, como a exemplificação da coleta de resíduos nas proximidades de indivíduos engajados em práticas esportivas, pode contribuir para a redução de descartes irregulares nas praias (CINGOLANI *et al.*, 2016). É fundamental que campanhas

de conscientização ambiental direcionadas aos praticantes de esportes de praia sejam difundidas por meio de canais de comunicação e parcerias relevantes, tais como federações, clubes esportivos, marcas de equipamentos e atletas. Ademais, a adoção de um código de conduta ambiental por federações e organizadores de eventos esportivos pode revelar-se uma estratégia eficaz, ao incentivar a autorregulação e a pressão positiva entre pares para a promoção de comportamentos ambientalmente responsáveis (CIALDINI, RENO e KALLGREN, 1990).

No caso de indivíduos do grupo de não praticantes de esportes que visitam a praia com maior frequência, a comunicação deve enfatizar o impacto coletivo alcançado por meio de pequenas ações individuais. Por exemplo, a divulgação da quantidade de resíduos sólidos removidos durante atividades coletivas de limpeza pode fortalecer a percepção de que a contribuição pessoal é significativa, demonstrando que o problema é passível de solução (WYLES *et al.*, 2017). Considerando as evidências de que indivíduos que frequentam a praia com maior regularidade apresentam menor percepção de responsabilidade pela limpeza do ambiente, o simples aumento da frequência de visitação não garante maior engajamento ambiental. Dessa forma, recomenda-se o desenvolvimento de intervenções voltadas à superação da fadiga ambiental e à normalização da presença de resíduos na praia. Nesse contexto, deve-se incentivar a participação em mutirões voluntários de limpeza, bem como a criação de programas de monitoramento cidadão e de espaços interativos de sensibilização ambiental nas praias (GOUVEIA *et al.*, 2004; LUCREZI, SAAYMAN e VAN DER MERWE, 2015).

No que se refere às campanhas de conscientização, sugere-se que as estratégias de comunicação sejam definidas considerando as especificidades de cada faixa etária. Em outras palavras, para jovens adultos (18–29 anos), a ênfase das mensagens deve recair sobre a incorporação da responsabilidade ambiental como uma norma socialmente aceita e valorizada por seus pares. Para estimular o engajamento contínuo de indivíduos com 40 anos ou mais, especialmente aqueles entre 70 e 79 anos, é fundamental que a mensagem esteja orientada para os conceitos de generatividade e legado, destacando seu papel de liderança ambiental (AYALON *et al.*, 2023).

O achado inesperado de que praticantes de esportes com menor nível socioeconômico apresentam maior percepção de responsabilidade ambiental aponta para a necessidade de incluir comunidades de baixa renda como atores centrais nas políticas de gestão de resíduos. A gestão local pode estimular a participação desses indivíduos na formulação e implementação de políticas e ações de limpeza, aproveitando seu maior nível de conscientização para a criação de

modelos de engajamento comunitário (PRABHAKARAN, NAIR e RAMACHANDRAN, 2016; WILLIS, HARDESTY e WILCOX, 2021; WILLIS *et al.*, 2022).

Considerando a gravidade do problema e a multiplicidade de fatores envolvidos na preservação ambiental em áreas costeiras, a gestão de resíduos sólidos em praias não se limita às ações educativas (CHEN, 2015). A adoção de sistemas de incentivo deve constituir parte integrante das políticas de gestão de resíduos. Iniciativas que promovam a troca de resíduos por produtos, serviços ou reconhecimento público configuram estratégias eficazes (THIEL *et al.*, 2011). Indivíduos e instituições que demonstrem boas práticas podem ser recompensados com visibilidade, certificações e outros benefícios. Para complementar essas ações, é essencial aprimorar a infraestrutura física por meio da instalação estratégica de lixeiras com sinalização clara e acessível, associada a um sistema regular e eficiente de coleta de resíduos (PORTMAN *et al.*, 2019). A instalação de lixeiras em locais com maior concentração de praticantes de esportes, como áreas de treino e pontos de aluguel de equipamentos, pode reduzir o descarte inadequado, que frequentemente decorre do foco exclusivo na prática esportiva, conforme discutido anteriormente. Para alcançar melhores resultados, é igualmente importante diversificar os pontos de descarte e implementar campanhas que incentivem a prática de cada indivíduo recolher e transportar seus próprios resíduos, reduzindo a dependência exclusiva da infraestrutura local.

#### **4 CONCLUSÕES**

Os resultados deste estudo revelaram que, embora os praticantes de esportes de praia dependam diretamente de ecossistemas litorâneos saudáveis, esses indivíduos não apresentaram maior nível de comportamento pró-ambiental em relação ao descarte de resíduos ou à responsabilidade pela limpeza das praias. Fatores como faixa etária, renda e frequência de visitação demonstraram influências complexas, indicando que comportamentos pró-ambientais são moldados por elementos sociais, psicossociais e contextuais, e não apenas pela prática esportiva. Tais achados reforçam a necessidade de estratégias integradas de educa o ambiental, engajamento comunitário, incentivos e infraestrutura para promover a preserva o efetiva das praias.

Campanhas veiculadas por meio de federa es esportivas, clubes e dos próprios praticantes de esportes, associadas a medidas de infraestrutura e a sistemas de incentivo, podem favorecer a autorregula o e a pressão positiva entre pares. Enfrentar essa lacuna entre os

praticantes de esportes é fundamental para o fortalecimento da responsabilidade coletiva e para a promoção da gestão sustentável dos ambientes costeiros.

## 5 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Código de Financiamento 001) pela concessão de bolsa de doutorado a L. P. Moreira. P. K. Gusso-Choueri (CNPq 304855/2022-7) e R. B. Choueri (CNPq 304844/2022-5) agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsas de produtividade em pesquisa.

## 6 REFERÊNCIAS

- ABALANSA, S., EL MAHRAD, B., VONDOLIA, G.K., ICELY, J., NEWTON, A. 2020. The marine plastic litter issue: a social-economic analysis. **Sustainability**, 12, 20, 8677. <https://doi.org/10.3390/su12208677>
- ADAMS, J.D., IBRAHIM, S., LIM, M. **Invoking the ontological realm of place: A dialogic response**. In: Cultural studies and environmentalism: The confluence of ecojustice, place-based (science) education, and indigenous knowledge systems. Springer Netherlands, Dordrecht, p. 215–228, 2010.
- ANDERSON, M.J. 2001. Permutation tests for univariate or multivariate analysis of variance and regression. **Can. J. Fish. Aquat. Sci.** 58, 3, 626–639. <https://doi.org/10.1139/cjfas-58-3-626>.
- AYALON, L., ROY, S., ALONI, O., KEATING, N. 2023. A scoping review of research on older people and intergenerational relations in the context of climate change. **Gerontologist**. 63, 5, 945–958. <https://doi.org/10.1093/geront/gnac028>.
- BOM, F.C., NEVES, R.C., FRAGA, N.S., FERNANDES, J.M., ZAPPES, C.A., SÁ, F. 2020. Percepção de usuários de praias em relação ao lixo marinho como uma ferramenta para ações efetivas contra essa problemática. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.** 24, 2, 18–27. <https://doi.org/10.14210/bjast.v24n2.16312>.
- CHEN, C.L. **Regulation and management of marine litter**. In: Bergmann, M., Gutow, L., Klages, M. (Eds.), Marine anthropogenic litter. Springer Nature, Switzerland, p. 395–428, 2015.
- CIALDINI, R.B., RENO, R.R., KALLGREN, C.A. 1990. A focus theory of normative conduct: Recycling the concept of norms to reduce littering in public places. **J. Pers. Soc. Psychol.** 58, 6, 1015. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.58.6.1015>.

- CINGOLANI, A.M., BARBERÁ, I., RENISON, D., BARRI, F.R. 2016. Can persuasive and demonstrative messages to visitors reduce littering in river beaches?. **Waste Manag.** 58, 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.08.028>.
- DIEKMANN, A., PREISENDÖRFER, P. 1992. Persönliches umweltverhalten: Diskrepanzen zwischen anspruch und wirklichkeit. **Kölner Z. Soziologie Soz.** 44, 226–251.
- DODDS, R., HOLMES, M.R. 2018. Education and certification for beach management: is there a difference between residents versus visitors?. **Ocean Coast. Manag.** 160, 124–132. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.03.043>.
- DU, S., CAO, G., HUANG, Y. 2024. The effect of income satisfaction on the relationship between income class and pro-environment behavior. **Appl. Econ. Lett.** 31, 1, 61–64. <https://doi.org/10.1080/13504851.2022.2125491>.
- DUNCAN, G.S., MARTIN, S.R. 2002. Comparing the effectiveness of interpretive and sanction messages for influencing wilderness visitors' intended behavior. **IJW**, 8, 2, 20–25.
- EGGER, M., SULU-GAMBARI, F., LEBRETON, L. 2020. First evidence of plastic fallout from the North Pacific Garbage Patch. **Sci. Reports.** 10, 1, 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64465-8>.
- ERIKSON, E.H., 1950. **Childhood and society**. Norton, New York.
- FORLEO, M.B., ROMAGNOLI, L. 2021. Marine plastic litter: public perceptions and opinions in Italy. **Mar. Pollut. Bull.** 165, 112160. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112160>.
- FOX, N., MARSHALL, J., DANKEL, D.J. 2021. Ocean literacy and surfing: Understanding how interactions in coastal ecosystems inform blue space user's awareness of the ocean. **Int. J. Environ. Res. Public Health.** 18, 11, 5819. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115819>.
- FRANÇA, J.P., GUEDES, A.P.P. 2025. Percepção ambiental dos usuários das praias sobre os resíduos sólidos: uma abordagem na microrregião de Salvador, Bahia, Brasil. **RevNUPE.** 5, 2, e202505v5-e202505v5.
- GONZÁLEZ, S.A., LOYOLA, D., YAÑEZ-NAVEA, K. 2021. Perception of environmental quality in a beach of high social segregation in northern Chile: Importance of social studies for beach conservation. **Ocean Coast. Manag.** 207, 105619. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105619>.
- GOUVEIA, C., FONSECA, A., CÂMARA, A., FERREIRA, F. 2004. Promoting the use of environmental data collected by concerned citizens through information and communication technologies. **J. Environ. Manag.** 71, 2, 135–154. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2004.01.009>.
- GUSMEROTTI, N.M., CORSINI, F., TESTA, F., BORGHINI, A., IRALDO, F. 2016. Predicting behaviours related to marine litter prevention: an empirical case based on junior high school students in Italy. **Int. J. Sustain. Soc.** 8, 1, 1–21. <https://doi.org/10.1504/IJSSOC.2016.074948>.

HEIDER, F., 1958. **The psychology of interpersonal relations**. John Wiley & Sons Inc., London.

HERRERA, A., RIVERA, J.A., MORENO, T., MARTÍNEZ, I., GÓMEZ, M. 2022. First inventory of marine debris on Alegranza, an uninhabited island in the Northeast Atlantic. **Mar. Pollut. Bull.** 178, 113604. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113604>

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2022. **Panorama do Censo 2022**. <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/> (accessed 01 October 2025).

KELLEY, H.H. 1967. Attribution theory in social psychology. **Nebr. Symp. Motiv.** 15, 192–238.

KIESSLING, T., SALAS, S., MUTAFOGLU, K., THIEL, M. 2017. Who cares about dirty beaches? Evaluating environmental awareness and action on coastal litter in Chile. **Ocean Coast. Manag.** 137, 82–95. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.11.029>.

KOLLMUSS, A., AGYEMAN, J. 2002. Mind the gap: why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior?. **Environ. Educ. Res.** 8, 3, 239–260. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>.

KRELLING, A.P., WILLIAMS, A.T., TURRA, A. 2017. Differences in perception and reaction of tourist groups to beach marine debris that can influence a loss of tourism revenue in coastal areas. **Mar. Pol.** 85, 87–99. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.08.021>.

KUDRYAVTSEV, A., STEDMAN, R.C., KRASNY, M.E. 2012. Sense of place in environmental education. **Environ. Educ. Res.** 18, 2, 229–250. <https://doi.org/10.1080/13504622.2011.609615>.

LEHMANN, J., 1999. **Befunde empirischer Forschung zu Umweltbildung und Umweltbewusstsein**. Leske und Budrich, Opladen.

LEONIDOU, L.C., COUDOUNARIS, D.N., KVASOVA, O., CHRISTODOULIDES, P. 2015. Drivers and outcomes of green tourist attitudes and behavior: Sociodemographic moderating effects. **Psychol. Market.** 32, 6, 635–650. <https://doi.org/10.1002/mar.20806>.

LLORET, J., GÓMEZ, S., ROCHER, M., CARREÑO, A., SAN, J., INGLÉS, E. 2023. The potential benefits of water sports for health and well-being in marine protected areas: A case study in the Mediterranean. **Ann. Leis. Res.** 26, 4, 601–627. <https://doi.org/10.1080/11745398.2021.2015412>.

LUCREZI, S., SAAYMAN, M., VAN DER MERWE, P. 2015. Managing beaches and beachgoers: Lessons from and for the Blue Flag award. **Tour. Manag.** 48, 211–230. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2014.11.010>.

MAIER, S.F., SELIGMAN, M.E. 1976. Learned helplessness: theory and evidence. **J. Exp. Psychol Gen.** 105, 1, 3–46. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.105.1.3>.

MANERO, A., GEORGE, P., YUSOFF, A., OLIVE, L., WHITE, J. 2024. Understanding surfing as a 'blue space' activity for its contributions to health and wellbeing. **Npj Ocean Sustain.** 3, 1, 37. <https://doi.org/10.1038/s44183-024-00076-4>.

MANZO, L.C., PERKINS, D.D. 2006. Finding common ground: The importance of place attachment to community participation and planning. **J. Plan. Lit.** 20, 4, 335–350. <https://doi.org/10.1177/0885412205286160>.

MENDES, A.A., FONSECA, A.L., VARGAS, C. P. 2024. Litter pollution impact on the fishing activity in southern Brazil. **Reg. Stud. Mar. Sci.** 103510. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2024.103510>.

MIRANDA, D.R.C., BARRETO, E.P., DA SILVA, H.K.P., CARNEIRO, M.C.D.S.M., DA SILVA, C.F.A. 2021. Evaluation of the environmental perception of the users over solid residues on the beach of Tamandaré. **Braz. Res. Soc. Dev.** 10, 13, e591101319997-e591101319997.

NISBET, E.K., ZELENSKI, J.M. 2011. Underestimating nearby nature: Affective forecasting errors obscure the happy path to sustainability. **Psychol. Sci.** 22, 9, 1101–1106. <https://doi.org/10.1177/0956797611418527>.

PON, J.P.S., BECHERUCCI, M.E., PATERLINI, C.Á., ADROGUE, A.Q., CASTANO, M.V., ZUMPANO, F., GARCÍA, G.O. 2022. Perception, knowledge and attitudes towards environmental issues and management among coastal users of the most important beach destination in Argentina. **Ocean Coast. Manag.** 220, 106070. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106070>.

PORTMAN, M.E., PASTERNAK, G., YOTAM, Y., NUSBAUM, R., BEHAR, D. 2019. Beachgoer participation in prevention of marine litter: Using design for behavior change. **Mar. Poll. Bull.** 144, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.071>.

PRABHAKARAN, S., NAIR, V., RAMACHANDRAN, S. 2016. Community participation in mitigating marine waste to reduce climatic change in tourism destinations. **Worldw. Hosp. Tour. Themes.** 8, 5, 569–577. <https://doi.org/10.1108/WHATT-06-2016-0035>.

QADRI, H.M.U.D., ZAFAR, M.B., ALI, H., TAHIR, M. 2025. Wealth, Wisdom, and the Will to Protect: An Examination of Socioeconomic Influences on Environmental Behavior. **Soc Indic. Res.** 178, 653–683. <https://doi.org/10.1007/s11205-025-03563-4>.

RODRIGUES, M.L, MALHEIROS, T.F., FERNANDES, V., DARÓS, T.D. 2012. A percepção ambiental como instrumento de apoio na gestão e na formulação de políticas públicas ambientais. **Saúde Soc.** 21, 96–110. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902012000700009>.

SANTOS, I.R., FRIEDRICH, A.C., WALLNER-KERSANACH, M., FILLMANN, G. 2005. Influence of socio-economic characteristics of beach users on litter generation. **Ocean Coast. Manag.** 48, 9–10, 742–752. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2005.08.006>.

SARDÁ, R., VALLS, J.F., PINTÓ, J., ARIZA, E., LOZOYA, J.P., FRAGUPELL, R.M., MARTÍ, C., RUCABADO, J., RAMIS, J., JIMENEZ, J.A. 2015. Towards a new integrated

beach management system: the ecosystem-based management system for beaches. **Ocean Coast. Manag.** 118, 167–177. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.07.020>.

SELIGMAN, M.E.P., 1975. **Helplessness: on depression, development and death.** Freeman, San Francisco.

STRUNK JR., W., WHITE, E.B., 2000. **The Elements of Style**, fourth ed. Longman, New York.

TAJFEL, H., TURNER, J. **An integrative theory of intergroup conflict.** In: Austin, W.G., Worchel, W.C. (Eds.), *The social psychology of intergroup relations.* Brooks/Cole Publishing Company, Monterey, p. 33–47, 1979.

THIEL, M., BRAVO, M., HINOJOSA, I. A., LUNA, G., MIRANDA, L., NÚÑEZ, PACHECO, A.S., VÁSQUEZ, N. 2011. Anthropogenic litter in the SE Pacific: an overview of the problem and possible solutions. **J. Integ. Coast. Zon. Manag.** 11, 1, 115–134. <https://doi.org/10.5894/rgci207>.

THOMPSON, R.F., SPENCER, W.A. 1966. Habituation: a model phenomenon for the study of neuronal substrates of behavior. **Psychol. Review.** 73, 1, 16–43. <https://doi.org/10.1037/h0022681>.

TOEBE, C.S. **Entre o discurso e a prática: uma reflexão sobre o processo de constituição da consciência ambiental dos produtores rurais.** 2016. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí.

WILLIS, K.A., HARDESTY, B.D., WILCOX, C. 2021. State and local pressures drive plastic pollution compliance strategies. **J. Environ. Manag.** 287, 112281. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112281>.

WILLIS, K., HARDESTY, B.D., VINCE, J., WILCOX, C. 2022. Local waste management successfully reduces coastal plastic pollution. **One Earth**, 5, 6, 666–676. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.05.008>.

WOLPE, J. 1968. Psychotherapy by reciprocal inhibition. **Conditional Reflex.** 3, 4, 234–240. <https://doi.org/10.1007/BF03000093>.

WOOD, L.E., VIMERCATI, G., FERRINI, S., SHACKLETON, R.T. 2022. Perceptions of ecosystem services and disservices associated with open water swimming. **J. Outdoor Recreat. Tour.** 37, 100491. <https://doi.org/10.1016/j.jort.2022.100491>.

WULF, G. 2013. Attentional focus and motor learning: a review of 15 years. **Int. Rev. Sport Exerc. Psychol.** 6, 1, 77–104. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2012.723728>.

WYLES, K.J., PAHL, S., HOLLAND, M., THOMPSON, R.C. 2017. Can beach cleans do more than clean-up litter? Comparing beach cleans to other coastal activities. **Environ. Behav.** 49, 5, 509–535. <https://doi.org/10.1177/0013916516649412>.

VAN VUGT, M., GRISKEVICIUS, V., SCHULTZ, P.W. 2014. Naturally green: Harnessing stone age psychological biases to foster environmental behavior. **Soc. Iss. Policy Rev.** 8, 1, 1–32. <https://doi.org/10.1111/sipr.12000>.

## APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE PERCEPÇÃO AMBIENTAL

1) **Gênero:** ( ) Feminino ( ) Masculino ( ) Prefiro não responder ( ) Outro

2) **Data de nascimento** \_\_/\_\_/\_\_\_\_

3) **Assinale seu nível de escolaridade:**

- ( ) Não estudei
- ( ) Ensino Fundamental Incompleto
- ( ) Ensino Fundamental Completo
- ( ) Ensino Médio Incompleto
- ( ) Ensino Médio Completo
- ( ) Ensino Superior Incompleto
- ( ) Ensino Superior Completo
- ( ) Pós-graduado
- ( ) Prefiro não responder

4) **Qual é a sua faixa de renda atual?**

- ( ) Menos de R\$2.000,00
- ( ) Entre R\$2.000,00 e R\$3.000,00
- ( ) Entre R\$3.000,00 e R\$4.000,00
- ( ) Entre R\$5.000,00 e R\$8.000,00
- ( ) Entre R\$8.000,00 e R\$10.000,00
- ( ) Acima de R\$10.000,00
- ( ) Prefiro não responder

5) **Considerando o mês anterior, com qual frequência você vai à praia?**

- ( ) 1 a 2 vezes por semana
- ( ) 3 a 4 vezes por semana
- ( ) 5 a 7 vezes por semana

6) **Qual é a cidade e o Estado que você reside?** \_\_\_\_\_

7) **O que você faz quando gera algum tipo de lixo na praia?**

- ( ) Separa em uma sacola ou outro compartimento para descartar corretamente na lixeira da praia
- ( ) Leva de volta consigo e faz o descarte em casa
- ( ) Deixa na areia para que a limpeza da praia seja feita por outra pessoa
- ( ) A depender do que for, enterra na areia

A depender do que for, descarta no mar

Prefiro não responder

Outro: \_\_\_\_\_

**8) Na sua opinião, de quem é a responsabilidade de manter a praia limpa?**

Comerciantes

Freqüentadores da praia (moradores locais e turistas se incluem)

Poder público

Todas as alternativas anteriores

Prefiro não responder

Outro: \_\_\_\_\_

**9) Você pratica alguma atividade física / esporte na praia?**

Sim

Não

**10) Qual atividade ou esporte você pratica com maior frequência na praia?**

Beach Tennis

Bodyboarding

Bodysurf

Caiaque

Caminhada

Canoa Havaiana

Corrida

Futebol

Mergulho

Natação

Stand Up Paddle

Surfe

Outro: \_\_\_\_\_

## **ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA AMBIENTE VIRTUAL**

Prezado(a) .....

Você está sendo convidado(a) para participar de uma pesquisa aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Santa Cecília, de acordo com as exigências da Resolução nº. 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde.

Antes de você responder às perguntas relacionadas ao estudo, apresentaremos o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para sua leitura e anuência.

Seja bem-vindo(a)!



### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

Você está sendo convidado(a) para participar da pesquisa “Tecnologia aplicada para o reaproveitamento de plástico e fomento da prática esportiva em praias do litoral de São Paulo”. O objetivo do estudo é avaliar a percepção ambiental de usuários de praias das cidades de Praia Grande e Santos em relação à presença de lixo. O (A) pesquisador(a) responsável por esta pesquisa é Letícia Parada Moreira, Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Santa Cecília.

Convidamos você para responder a este questionário com duração de aproximadamente 10 minutos, sobre a presença de lixo na praia, além de questões de caráter sociodemográfico e a relação do indivíduo com o meio, incluindo a prática esportiva na natureza. O acesso ao questionário somente ocorrerá depois de você ter dado o seu consentimento para participar neste estudo. Você poderá contribuir para esta pesquisa ao responder às questões. Contudo, você não deve participar contra a sua vontade. Os dados serão arquivados por 5 anos no computador pessoal do(a) pesquisador(a) responsável.

A pesquisa envolve risco mínimo de possível desconforto, oriundo de lembranças desagradáveis despertadas ao responder a alguma(s) pergunta(s) do questionário proposto. Caso isso ocorra, você tem a liberdade para não responder, interromper a pesquisa, fazer pausas, ou cancelar a sua participação a qualquer momento. Em todos esses casos, você não será prejudicado(a), penalizado(a) ou responsabilizado(a) de nenhuma forma. Como benefício, este projeto tornará conhecida a percepção ambiental das populações estudadas, sendo possível apontar potenciais alternativas sustentáveis para a conservação e preservação de praias, baseando-se nos dados encontrados, servindo como apoio à gestão do meio e elaboração de políticas públicas voltadas para a gestão de resíduos.

Os resultados do estudo poderão ser apresentados ou publicados em eventos, congressos e revistas científicas. Garantimos que a sua privacidade será respeitada, assim como o anonimato e o sigilo de suas informações pessoais. Dessa forma, o pesquisador responsável fará o download dos dados para um dispositivo eletrônico local, apagando todo e qualquer registro de qualquer plataforma virtual, ambiente compartilhado ou “nuvem”. O(A) pesquisador(a) poderá contar para você os resultados da pesquisa quando esta terminar, se você quiser saber.

Você não receberá pagamentos por ter respondido ao questionário. Os custos diretos e indiretos da pesquisa serão arcados pelo(a) pesquisador(a) responsável. Todas as informações obtidas por meio de sua participação serão de uso exclusivo para esta pesquisa e ficarão sob a guarda do(a) pesquisador(a) responsável. Caso a pesquisa resulte em dano pessoal, o ressarcimento e indenizações previstos em lei poderão ser requeridos pelo(a) participante.

Em caso de qualquer dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o(a) pesquisador(a) responsável pelo estudo, Letícia Parada Moreira, que poderá ser encontrado(a) pelo e-mail: [l\\_parada\\_m@hotmail.com](mailto:l_parada_m@hotmail.com)

Este estudo foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Santa Cecília (UNISANTA). O CEP é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos, visando garantir a dignidade, os direitos e a segurança de participantes de pesquisa. Caso você tenha dúvidas e/ou perguntas sobre seus direitos como participante deste estudo, ou se estiver insatisfeito(a) com a maneira como o estudo está sendo realizado, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Santa Cecília, situado na Rua Osvaldo Cruz, 277 – 1º. andar, sala M122, bairro do Boqueirão, Santos (SP), telefone (13) 3202-7100, ramal 7220, e-mail: [cepesquisa@unisanta.br](mailto:cepesquisa@unisanta.br). O atendimento ao público ocorre de segunda a sexta-feira, das 8h30 às 11h30. Todavia, durante a pandemia de COVID-19, este atendimento é exclusivo por e-mail.

Caso clique no ícone sobre “aceitar participar da pesquisa”, você responderá ao questionário do estudo em questão e permitirá que estes dados sejam divulgados para fins científicos ou acadêmicos, sendo mantida em sigilo a sua identidade. Também declara que está ciente dos propósitos e procedimentos do estudo e que teve oportunidade de avaliar as condições informadas sobre a pesquisa para chegar à sua decisão em participar deste estudo.

Você tem o direito a ter acesso aos resultados da pesquisa. Caso queira, basta solicitar através do e-mail: [l\\_parada\\_m@hotmail.com](mailto:l_parada_m@hotmail.com)

Você poderá baixar cópia deste Termo de Consentimento ou solicitá-lo em caso de interesse pelo e-mail [l\\_parada\\_m@hotmail.com](mailto:l_parada_m@hotmail.com)

Recomendamos que você guarde em seus arquivos uma cópia deste documento. Acesse este link [https://drive.google.com/drive/folders/1eyohcZWNrw0uvlUKvn4ZruxcLfoxK4Um?usp=share\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1eyohcZWNrw0uvlUKvn4ZruxcLfoxK4Um?usp=share_link) para o seu download.

Desde já, agradecemos!

Aceita participar desta pesquisa? \*

Sim, li o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e aceito participar da pesquisa.

Caso não concorde em participar, apenas feche esta página no seu navegador.

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSe3CKsuZrWPyAzEk6B\\_vrLNdmxulul-moSY8f3X1qOfh6fqQg/viewform](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSe3CKsuZrWPyAzEk6B_vrLNdmxulul-moSY8f3X1qOfh6fqQg/viewform)

## **CAPÍTULO 2**

### **ESPECTROSCOPIA RAMAN PARA IDENTIFICAÇÃO DE PLÁSTICOS DE EMBALAGENS PÓS-CONSUMO PARA RECICLAGEM**

**Título: Raman Spectroscopy for Identifying Postconsumer Packaging Plastics for Recycling**

**Artigo publicado na revista Instrumentation Science & Technology.  
<https://doi.org/10.1080/10962247.2025.2513935>**

## RESUMO

A identificação dos tipos de plásticos pós-consumo é fundamental para a correta separação com fins de reciclagem. Neste estudo, a espectroscopia Raman foi empregada como ferramenta para identificar o tipo de plástico pós-consumo e possibilitar sua posterior separação para aplicações em estações e cooperativas de reciclagem. Diferentes amostras de plásticos pós-consumo foram separadas e espectros Raman foram obtidos utilizando um espectrômetro dispersivo (com comprimento de onda de excitação de 830 nm, potência do laser de até 400 mW, tempo de integração de 3 s e faixa espectral entre 400 e 1800  $\text{cm}^{-1}$ ). Os picos nos espectros de cada tipo de plástico foram correlacionados com a literatura e os espectros foram agrupados de acordo com suas características espectrais. Os espectros foram submetidos à classificação por grupos utilizando regressão por mínimos quadrados parciais. Os tipos de plásticos foram identificados, sendo que os espectros dos plásticos PE-HD e PE-LD apresentaram semelhança devido à mesma estrutura química. Picos referentes aos corantes comumente utilizados em embalagens e rótulos também foram observados. O modelo de classificação alcançou 100% de acurácia na separação dos plásticos de tipos 1 a 6. Plásticos do tipo 7 não foram modelados devido à sua composição mista. Conclui-se que a espectroscopia Raman pode constituir uma ferramenta útil na identificação e separação de plásticos pós-consumo para reciclagem adequada.

**Palavras-chave:** Espectroscopia Raman; plástico de pós-consumo; identificação; classificação.

## ABSTRACT

The identification of postconsumer plastic types is important for proper separation for recycling purposes. In this work, Raman spectroscopy was used as a tool to identify the type of postconsumer plastic and subsequent separation for applications in recycling stations and plants. The different postconsumer plastic samples were separated, and Raman spectra were obtained using a dispersive spectrometer (with an excitation wavelength of 830 nm, a laser power of up to 400 mW, an integration time of 3 s, and a spectral range between 400 and 1800  $\text{cm}^{-1}$ ). The peaks in the spectra of each type of plastic were correlated with the literature, and the spectra were separated into groups according to their symbology. The spectra were subjected to group classification using partial least squares regression. The types of plastics were identified, and the spectra of the PE-HD and PE-LD plastics were similar because they had the same chemical structure. Peaks of the dyes commonly used in packaging and labels were also observed. The classification model achieved 100% accuracy in separating plastics from 1 to 6. Plastics of type 7 were not modeled due to their mixed composition. Raman spectroscopy can be a useful tool in the identification and separation of postconsumer plastics for proper recycling.

**Keywords:** Raman spectroscopy; postconsumer plastic; identification; classification.

## 1 INTRODUÇÃO







Os diferentes tipos de plásticos estão presentes em diversos setores da economia, incluindo a indústria da construção, o setor médico-hospitalar, a indústria automobilística e, principalmente, o setor de embalagens de alimentos e bebidas, que se destaca devido ao uso crescente desses materiais em razão de suas excelentes características, tais como transparência, resistência, leveza, não toxicidade e baixo custo (ANDRADY e NEAL, 2009; ELAHI *et al.*, 2021).

Em países em desenvolvimento, as embalagens plásticas têm sido amplamente descartadas no meio ambiente e estão associadas a falhas na gestão, tratamento e reciclagem de resíduos sólidos, causando impactos negativos em diferentes matrizes ambientais, incluindo fauna e flora (MAALOUF e AGAMUTHU, 2023; SODRÉ *et al.*, 2023). A preocupação crescente decorre da elevada durabilidade desses materiais, evidenciando a necessidade urgente de soluções para o gerenciamento adequado dos plásticos pós-consumo. Em países como o Brasil, a reciclagem de materiais plásticos descartados ainda não é realizada em larga escala (REIS e PONTES, 2019). A falta de conhecimento por parte de empresas ou de grupos de trabalhadores autônomos acerca dos processos de identificação de plásticos pós-consumo constitui uma das razões para essa situação (AGUIAR e JUNIOR, 1998).

Compreender esses processos é essencial para a correta separação e classificação dos materiais, alinhando-se à valorização comercial desses resíduos e aos destinos industriais desejados para esses materiais, conforme a norma técnica brasileira ABNT-NBR 13230/2008 (ABNT, 2008). Esses símbolos fornecem informações sobre os materiais empregados na fabricação desses produtos (tabela 1) e, tipicamente, encontram-se no rótulo, na parte inferior da embalagem ou no interior das tampas.

**Tabela 1.** Tipos de plásticos utilizados em embalagens de produtos de consumo, simbologia empregada para a identificação das embalagens plásticas, fórmula molecular e densidade de cada polímero (ABNT, 2008; SPECIALCHEM, s.d.).

Tipo	Símbolo	Fórmula molecular	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )
Polietileno tereftalato (PET)	O símbolo consiste em um triângulo formado por três setas curvas apontando para dentro, com o número '1' no centro. Abaixo do triângulo, a sigla 'PET' está escrita em letras maiúsculas.	(C <sub>10</sub> H <sub>8</sub> O <sub>4</sub> ) <sub>n</sub>	1.30-1.40

Polietileno de alta densidade (PE-HD)		$(C_2H_4)_n$	0.94-0.97
Policloreto de vinila (PVC)		$(C_2H_3Cl)_n$	1.35-1.50
Polietileno de baixa densidade (PE-LD)		$(C_2H_4)_n$	0.91-0.94
Polipropileno (PP)		$(C_3H_6)_n$	0.90-0.91
Poliestireno (PS)		$(C_8H_8)_n$	1.04-1.05
Outros <sup>a</sup>		—	—

<sup>a</sup> Mistura de materiais previamente utilizados e/ou acrilonitrila butadieno estireno (ABS), etileno acetato de vinila (EVA), poliamida (PA), policarbonato (PC), estireno-acrilonitrila (SAN), acrílicos, outras resinas plásticas e combinações de materiais, como alumínio.

Além da simbologia, a identificação de plásticos pode ser realizada por meio de diversas características, tais como densidade em solução alcoólica ou salina, ponto de fusão, avaliação durante a queima, análise do comportamento mecânico sob flexão, dureza, aplicação de testes de risco e maleabilidade, observação do som produzido ao amassar, e execução de testes específicos, como os testes de halogênio (DODBIBA e FUJITA, 2004). Embora muitas dessas técnicas de identificação sejam de fácil implementação, por envolverem métodos mecânicos estas apresentam desafios na classificação precisa dos plásticos de acordo com a simbologia estabelecida (TESSARINI e FILETI, 2022). Isso ocorre devido à complexidade de se determinar, por meio de uma única técnica, o tipo específico de plástico presente na embalagem.

A identificação precisa, em conformidade com os padrões normativos, é crucial para agregar valor aos produtos destinados à reciclagem (DA SILVA e WIEBECK, 2020).

Diversas técnicas ópticas têm sido descritas como ferramentas para a identificação de diferentes tipos de plásticos, algumas apresentando vantagens, como a não destruição da amostra, capacidade de identificação remota e elevado grau de especificidade (KIM e CHOI, 2019; FIORE e PELLERITO, 2021; ADARSH *et al.*, 2022). Entre essas técnicas, destacam-se a espectroscopia de luz polarizada e a espectroscopia de infravermelho, sendo esta última baseada na absorção da luz eletromagnética na região do infravermelho pelas vibrações moleculares das ligações químicas covalentes do polímero. Por meio da espectroscopia no infravermelho, é possível determinar a estrutura do polímero, os tipos de aditivos utilizados, sua cristalinidade, comprimento de cadeia, grau de pureza e orientação, bem como estudar a degradação sofrida pela amostra. Essa análise é realizada com base nos diferentes grupos funcionais que compõem cada molécula e de acordo com o comprimento de onda absorvido pela molécula (COATES, 2000).

Um dos métodos que vem ganhando destaque na identificação de plásticos pós-consumo é a espectroscopia Raman (ROH *et al.*, 2017; SILVA, PARRA e WIEBECK, 2021). Diferentemente dos sinais no infravermelho, os sinais Raman ocorrem por meio do espalhamento inelástico da luz pelas moléculas. Esse espalhamento inelástico surge da interação da luz de excitação, com as vibrações moleculares, quando submetidas ao intenso campo elétrico do laser, sendo necessário que haja uma variação na polarizabilidade da nuvem eletrônica durante a vibração molecular para que o sinal Raman ocorra (SCHRADER, 2008). Essa variação de polarizabilidade provoca a modulação do sinal do laser espalhado elasticamente (espalhamento *Rayleigh*) pelas frequências vibracionais da molécula em questão (JONES *et al.*, 2019). O espectro Raman aparece como uma “impressão digital” da molécula, permitindo sua identificação (ZHANG *et al.*, 2023).

Assim, a espectroscopia Raman tornou-se um método de escolha em processos de controle de qualidade, nos quais é necessária uma avaliação direta e em tempo real, sem destruição da amostra (CHEN *et al.*, 2017; HU *et al.*, 2019; WINDARSIH *et al.*, 2023). Devido às suas características vibracionais, o espectro Raman contém informações sobre os grupos funcionais das ligações químicas dos polímeros presentes em diferentes embalagens (JIN *et al.*, 2022). Desse modo, a espectroscopia Raman apresenta potencial para identificação precisa do tipo de plástico, mesmo na presença de aditivos ou de sujeira (resíduos alimentares) ou contaminantes (FANG, LUO e NAIDU, 2023). A partir das diversas amostras de espectro

analisadas, ainda é possível criar um banco de dados com diferentes análises do mesmo material. Dessa forma, a identificação precisa permite agregar valor às embalagens plásticas destinadas à reciclagem, uma vez que a separação se baseia no tipo de plástico, ou seja, na composição química, e, com a técnica Raman, as diferentes composições dessas embalagens podem ser rapidamente identificadas. Além disso, os pigmentos também podem ser identificados por suas bandas Raman características (UDRIȘTIOIU *et al.*, 2009).

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo utilizar a espectroscopia Raman para identificar os tipos de plásticos em amostras de embalagens pós-consumo (1 – PET, 2 – PE-HD, 3 – PVC, 4 – PE-LD, 5 – PP, 6 – PS e 7 – Outros) separadas de resíduos domiciliares, comparando os picos Raman obtidos das amostras com picos encontrados na literatura (publicações científicas e sites de referência de espectros Raman) e desenvolvendo um modelo de classificação baseado em *Partial Least Squares*, ou seja, regressão por mínimos quadrados parciais (PLS). Considerando a complexidade e heterogeneidade dos resíduos plásticos pós-consumo, formulou-se a hipótese de que a espectroscopia Raman é capaz de identificar, de forma rápida e confiável, os tipos de plásticos em amostras de embalagens pós-consumo, estabelecendo uma relação entre o método analítico e a precisão na classificação dos polímeros

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Embalagens plásticas pós-consumo**

As amostras analisadas consistiram em embalagens plásticas pós-consumo coletadas pelos pesquisadores no período de um mês, provenientes de diferentes itens destinados à coleta seletiva de resíduos. Para a remoção de resíduos, foi realizado apenas o enxágue superficial das embalagens, conforme as recomendações de campanhas de coleta seletiva. Parte das embalagens apresentava símbolos de identificação do tipo de plástico, enquanto outras como embalagens transparentes utilizadas para acondicionar produtos eletrônicos, bem como tampas e potes plásticos, não possuíam identificação. Em alguns casos, a identificação encontrava-se em locais de difícil visualização, como em partes internas das embalagens ou nas tampas.

Durante a avaliação espectral, as embalagens plásticas foram analisadas tanto na forma de pequenos fragmentos, obtidos por corte (como rótulos, sacolas e plásticos de proteção), quanto na forma íntegra, a exemplo de garrafas e tampas. Materiais que apresentavam diferentes cores e tonalidades, como rótulos plásticos de embalagens de refrigerantes e de pães de forma,

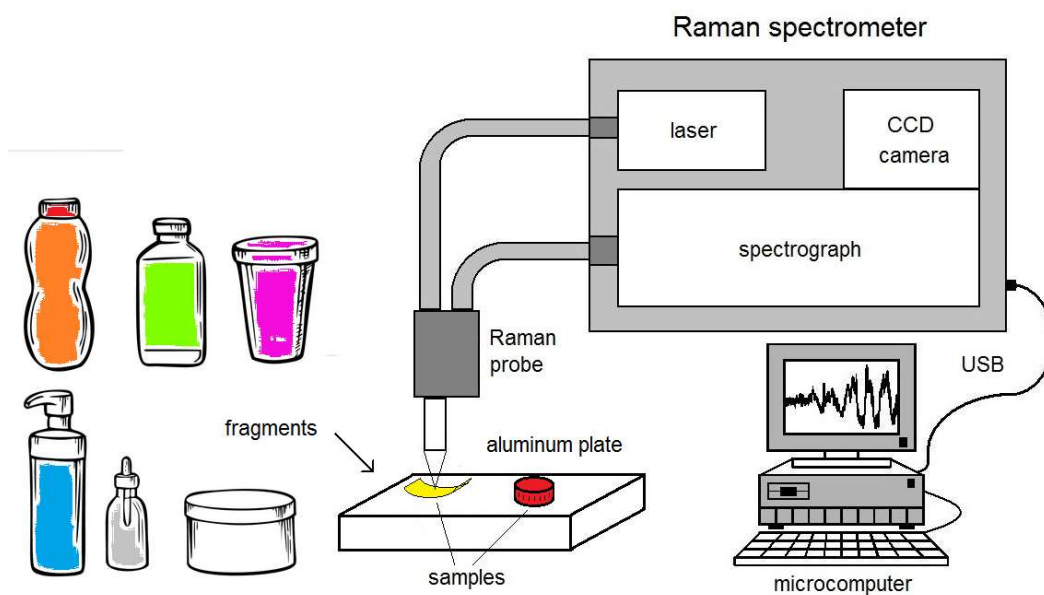
foram avaliados espectralmente tanto nas regiões pigmentadas quanto nas regiões transparentes, de modo a investigar a influência da coloração nos espectros obtidos.

## 2.2 Espectroscopia Raman

Para a aquisição dos espectros Raman, foi utilizado um espectrômetro Raman dispersivo (modelo Dimension P-1, Lambda Solutions, Inc., MA, EUA), acoplado a uma sonda Raman por fibra óptica (modelo Vector Probe, Lambda Solutions, Inc.), conforme ilustrado na figura 1. O cabo de fibra óptica permitiu a coleta remota do sinal Raman, com interferência mínima proveniente do próprio material da fibra.

Os parâmetros instrumentais do espectrômetro foram os seguintes: laser com comprimento de onda de excitação de 830 nm e potência ajustável de até 400 mW; espectrômetro equipado com rede de difração de 1200 linhas/mm; câmera CCD do tipo back-thinned, deep-depleted, com resolução de 1340x100 pixels, resfriada a  $-75\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; faixa espectral compreendida entre 400 e 1800  $\text{cm}^{-1}$ ; e resolução espectral de aproximadamente 2  $\text{cm}^{-1}$ .

Durante a coleta dos espectros, as amostras foram posicionadas a uma distância de 10 mm da extremidade distal da sonda Raman. O tempo de exposição para aquisição dos espectros foi de 5 s, com a potência do laser ajustada para 350 mW, o que possibilitou a obtenção de uma razão sinal-ruído superior a 10. Para as amostras pigmentadas, a potência do laser foi reduzida em 50%, com o objetivo de minimizar o risco de degradação térmica do material e evitar interferências na qualidade dos espectros obtidos.



**Figura 1.** Diagrama esquemático do espectrômetro Raman dispersivo empregado para coletar espectros de amostras de plástico.

O espectro de uma esfera de naftaleno foi adquirido no início do experimento com o objetivo de confirmar a calibração do eixo das abscissas, correspondente ao deslocamento Raman, uma vez que o naftaleno apresenta bandas na região espectral entre 500 e 1700  $\text{cm}^{-1}$ , correspondente à região de vibrações características das ligações de carbono, conhecida como região de impressão digital. Após a aquisição dos espectros das amostras plásticas e a verificação da calibração do deslocamento Raman, a resposta espectral do arranjo óptico, composto pelo espectrógrafo e pela sonda, foi corrigida utilizando uma curva de resposta previamente determinada. Em seguida, os espectros Raman foram pré-processados com a finalidade de remover a linha de base decorrente da fluorescência de fundo e da luz parasita, empregando-se um polinômio de quinta ordem ajustado à base do sinal adquirido. Por fim, os espectros foram normalizados pela área sob a curva.

### **2.3 Diferenças entre os tipos de plásticos com base nos picos Raman e modelo de identificação utilizando regressão PLS**

Os espectros Raman dos polímeros foram pesquisados na literatura (<https://spectrabase.com>, <https://www.chemicalbook.com> e <https://publicspectra.com> para espectros e [www.scholar.google.com](http://www.scholar.google.com) para artigos contendo espectros) para posterior comparação das posições dos picos dessas referências com as posições dos picos nos espectros de cada amostra de cada grupo, com a finalidade de confirmação da identificação.

Os espectros foram agrupados de acordo com os tipos de plásticos (1 a 6), conforme identificado pelos símbolos presentes nas embalagens (nas amostras em que o símbolo pôde ser verificado) ou por similaridade com os picos observados nos espectros da literatura. Esses espectros foram plotados juntamente com os espectros de polímeros provenientes da literatura, e os picos foram identificados para fins de atribuição. Picos que sugerem a presença de aditivos e ou corantes também foram identificados. Os espectros do grupo 7 (outros) também foram plotados e comparados com a literatura.

Foi desenvolvido um modelo de classificação utilizando regressão PLS empregando os espectros dos grupos 1 a 6. A regressão PLS foi realizada utilizando o *software Chemoface* ([www.ufla.br/chemoface](http://www.ufla.br/chemoface)), no qual os números dos grupos (1 a 6) foram considerados as variáveis independentes e os espectros foram considerados as variáveis dependentes no

contexto da PLS. A calibração cruzada empregada foi o método *leave one spectrum out*, no qual o grupo previsto foi tabulado juntamente com o grupo real, de acordo com o rótulo da embalagem. Os plásticos do grupo 7 (outros) foram analisados separadamente de forma visual, uma vez que podem ser constituídos por componentes plásticos que não pertencem aos símbolos padronizados. Para a classificação por PLS, os espectros foram normalizados pela intensidade do pico mais proeminente.

A regressão PLS é uma técnica estatística utilizada para a classificação de dados multivariados, tais como dados espectrais Raman, em grupos distintos. A PLS combina regressão multivariada e redução de dimensionalidade para estabelecer relações entre os dados espectrais e os rótulos de classe. A PLS identifica variáveis latentes (LVs), frequentemente denominadas “componentes”, que capturam a máxima covariância entre as características espectrais e os grupos aos quais as amostras pertencem. Essas componentes são construídas de forma iterativa, assegurando que cada componente sucessiva explique a maior variância possível, mantendo-se ortogonal às componentes anteriores (LEE, LIONG, e JEMAIN, 2018).

No contexto da espectroscopia Raman, a PLS reduz de maneira eficaz a dimensionalidade de dados espectrais de alta dimensão, preservando as informações essenciais necessárias para a classificação. Ao estabelecer as LVs, a PLS fornece uma representação compacta das características espectrais mais relevantes para a distinção entre diferentes grupos de amostras. Essa técnica é particularmente vantajosa ao lidar com dados espectrais colineares ou ruidosos, pois auxilia na mitigação de problemas relacionados à multicolinearidade (LU *et al.*, 2024).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Espectros Raman de diferentes tipos de plásticos pós-consumo

As figuras 2 a 9 apresentam os espectros Raman de diferentes tipos de plásticos pós-consumo, de acordo com a classificação para reciclagem indicada nas embalagens. A tabela 2 apresenta as atribuições dos picos observados em cada uma das amostras, com base na literatura referente aos espectros Raman de plásticos poliméricos.

**Tabela 2.** Posições das bandas Raman em função do tipo de plástico de embalagens pós-consumo, do 1 ao 6, e tentativa de atribuição das bandas de acordo com a literatura. Os picos associados aos corantes/aditivos de coloração bege, marrom e vermelha não foram visíveis, não sendo possível realizar sua atribuição.

Tipo de plástico	Banda Raman (cm <sup>-1</sup> )	Atribuição	Referência
------------------	---------------------------------	------------	------------

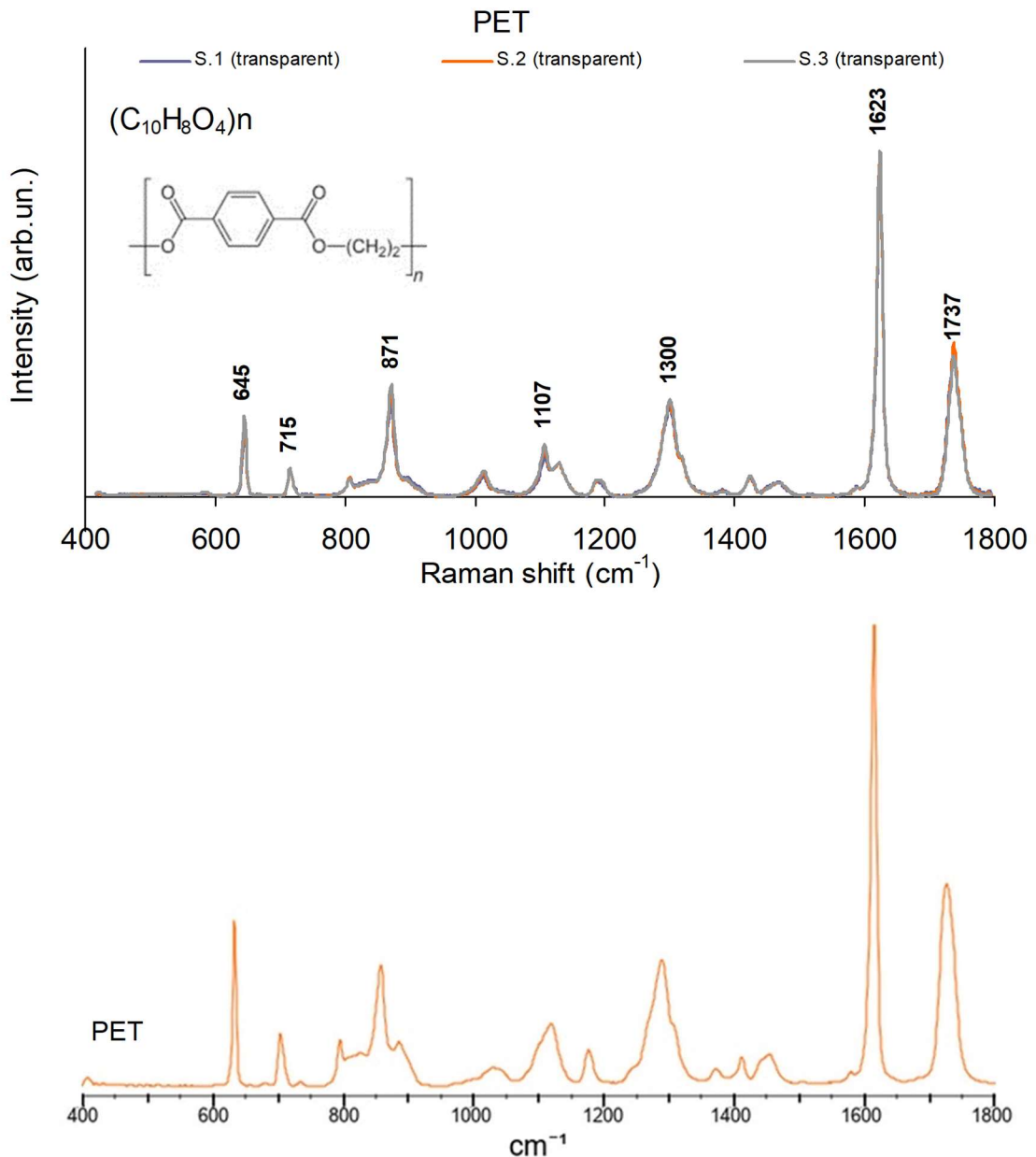
1 – PET	645	ring mode	Boerio, Bahl e McGraw (1976); Furer, Abdullin e Alekseev (1990); Knittel e Schollmeyer (1998); Rebollar <i>et al.</i> (2014)
	715	ring mode	
	871	C–H out-of-plane bending ring; C–C stretching (complex-ester fragment)	
	1107	C(O)–O vibrations complex-ester; C–C stretching ring; C–C bonds ethylene glycol	
	1300	C(O)–O ester stretching; C–C benzene ring mode	
	1623	C–C benzene ring mode (valence vibration)	
	1737	C=O stretching; C(O)–O stretching	
2 e 4 – PE-HD e PE-LD	1074	C–C symmetric stretching	Gall <i>et al.</i> (1972); Abbate, Zerbi e Wunder (1982); Sagitova <i>et al.</i> (2016)
	1139,1141	C–C asymmetric stretching	
	1306	CH <sub>2</sub> twisting	
	1425, 1427	CH <sub>2</sub> bending (wagging)	
	1449	CH <sub>2</sub> bending (deformation)	
	1467, 1470	CH <sub>2</sub> bending (deformation)	
3 – PVC	636	C–Cl stretching	Krimm <i>et al.</i> (1963); Prokhorov <i>et al.</i> (2016)
	696	C–Cl stretching	
	1429	CH <sub>2</sub> bending modes	
	1437	CH <sub>2</sub> bending modes	
5 – PP	468	CH <sub>2</sub> wagging	Furukawa <i>et al.</i> (2006); Andreassen (1999)
	541	CH <sub>2</sub> wagging, C–CH <sub>3</sub> stretching CH <sub>2</sub> rocking	
	821	C–C stretching, CH <sub>2</sub> rocking, C–CH <sub>3</sub> stretching, CH <sub>3</sub> rocking	

	853	CH <sub>3</sub> rocking, CH <sub>2</sub> rocking, C–C stretching, C–CH <sub>3</sub> stretching	
	985	CH <sub>3</sub> rocking, C–C stretching	
	1162	C–C stretching, CH <sub>3</sub> rocking, CH bending	
	1179	C–C stretching	
	1230	CH <sub>2</sub> twisting, CH bending, C–C stretching	
	1340	CH <sub>2</sub> twisting, CH <sub>3</sub> symmetric bending, CH bending	
	1370	CH <sub>2</sub> symmetric bending, CH bending, CH <sub>3</sub> wagging, C–C stretching	
	1446	CH <sub>2</sub> bending	
	1461	CH <sub>2</sub> bending, CH <sub>3</sub> asymmetric bending	
6 – PS	623	ring deformation mode	Liang e Krimm (1958);
	805	C–H out-of-plane deformation	Bridges, Houlne e Harris (2004)
	1013	ring breathing mode	
	1041	C–H in plane deformation (bending)	
	1166	C–C stretching	
	1190	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> –C vibration, C–H bending	
	1457	CH <sub>2</sub> bending (scissoring)	
	1592	C=C stretching (ring)	
	1609	ring-skeletal stretching	
Corante/aditivo amarelo	852; 1268; 1351; 1462; 1537; 1607	?	Lomax e Lomax (2019)

Aditivo branco em PVC (carbonato de cálcio)	1086	C–O stretching – carbonate ions	Alves <i>et al.</i> (2023); John Wiley e Sons (2024b)
Aditivo branco (dióxido de titânio)	447/450/460/463 614/622/625	$E_g$ mode $A_{1g}$ mode	John Wiley e Sons (2024e)
Corante/aditivo azul (ftalocianina de cobre-ftalo azul, pigmento azul 15)	484/497; 680/693; 747/759; 965; 1120; 1143/1154/1156; 1317; 1342/1351/1353; 1453/1460; 1528/1536/1538	$C_{32}H_{16}CuN_8$	Mazzella e Buzzini (2005); John Wiley e Sons (2024c)

---

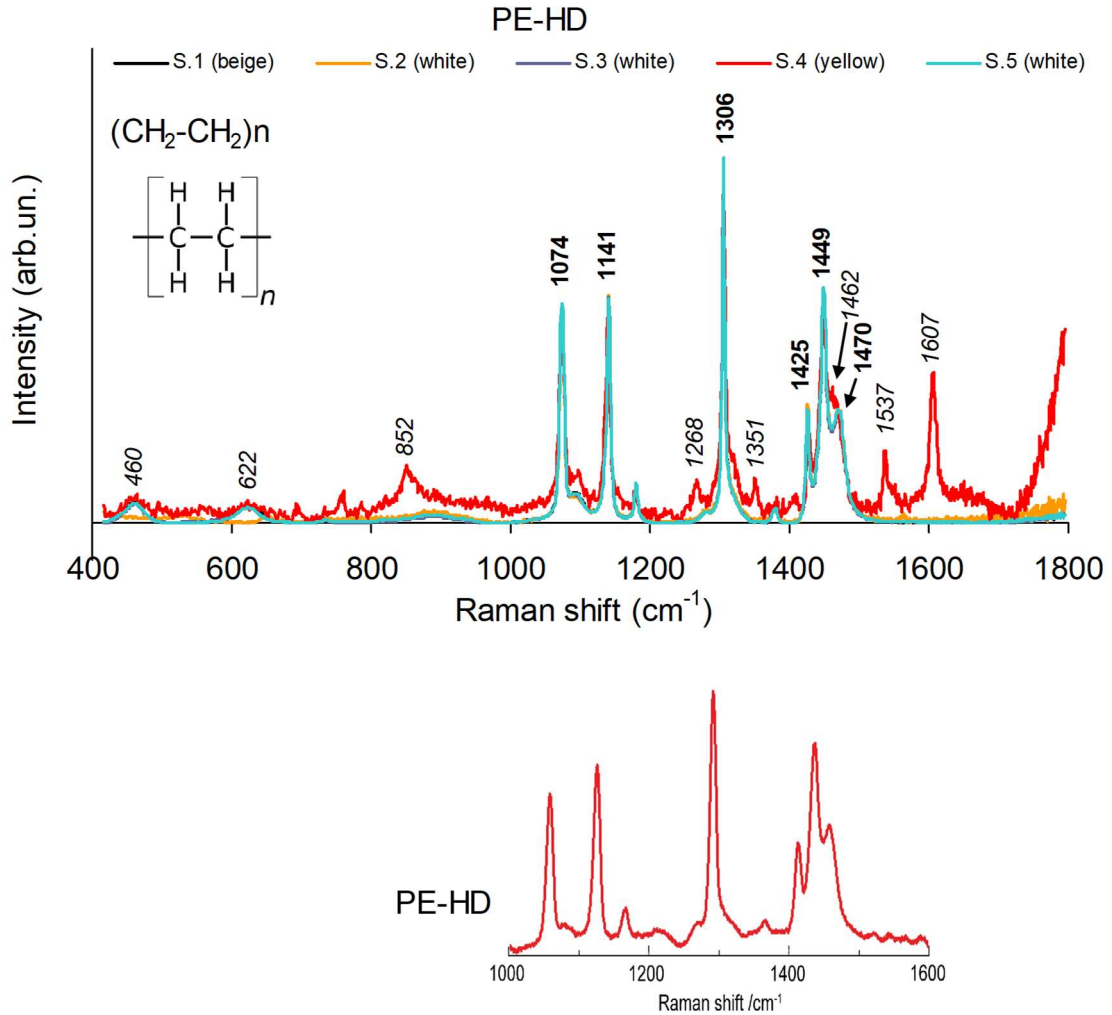
A figura 2 apresenta os espectros de três amostras distintas de embalagens identificadas com o símbolo “1” (PET) (amostras S.1, S.2 e S.3), juntamente com o espectro padrão correspondente obtido da literatura (JOHN WILEY & SONS, 2024a). Todos os picos do espectro padrão estão presentes nas amostras analisadas (picos em 645, 715, 871, 1107, 1300, 1623 e 1737  $cm^{-1}$ ) e as amostras não apresentam picos adicionais além daqueles característicos do PET.



**Figura 2.** Superior: Espectros Raman de PET (tipo “1”) de três amostras de diferentes plásticos. Inferior: Espectro Raman de referência para PET (JOHN WILEY & SONS, 2024a).

A figura 3 apresenta os espectros de cinco amostras distintas de embalagens identificadas como “2” (PE-HD), exibindo diferentes cores (bege, branco e amarelo), juntamente com o espectro padrão correspondente, conforme reportado na literatura (KIDA, HIEJIMA e NITTA, 2016). Observa-se que todos os picos do espectro padrão estão presentes nas amostras (picos em 1074, 1141, 1306, 1425, 1449 e 1470  $cm^{-1}$ ). As amostras também apresentam picos em 460 e 622  $cm^{-1}$  (todas, exceto a amostra S.2 – branca) e em 852, 1268, 1351, 1462, 1537 e 1607  $cm^{-1}$  (amostra S4 – amarela), os quais podem ser atribuídos à presença de aditivos e/ou corantes responsáveis pelas colorações branca, bege e amarela (LOMAX e

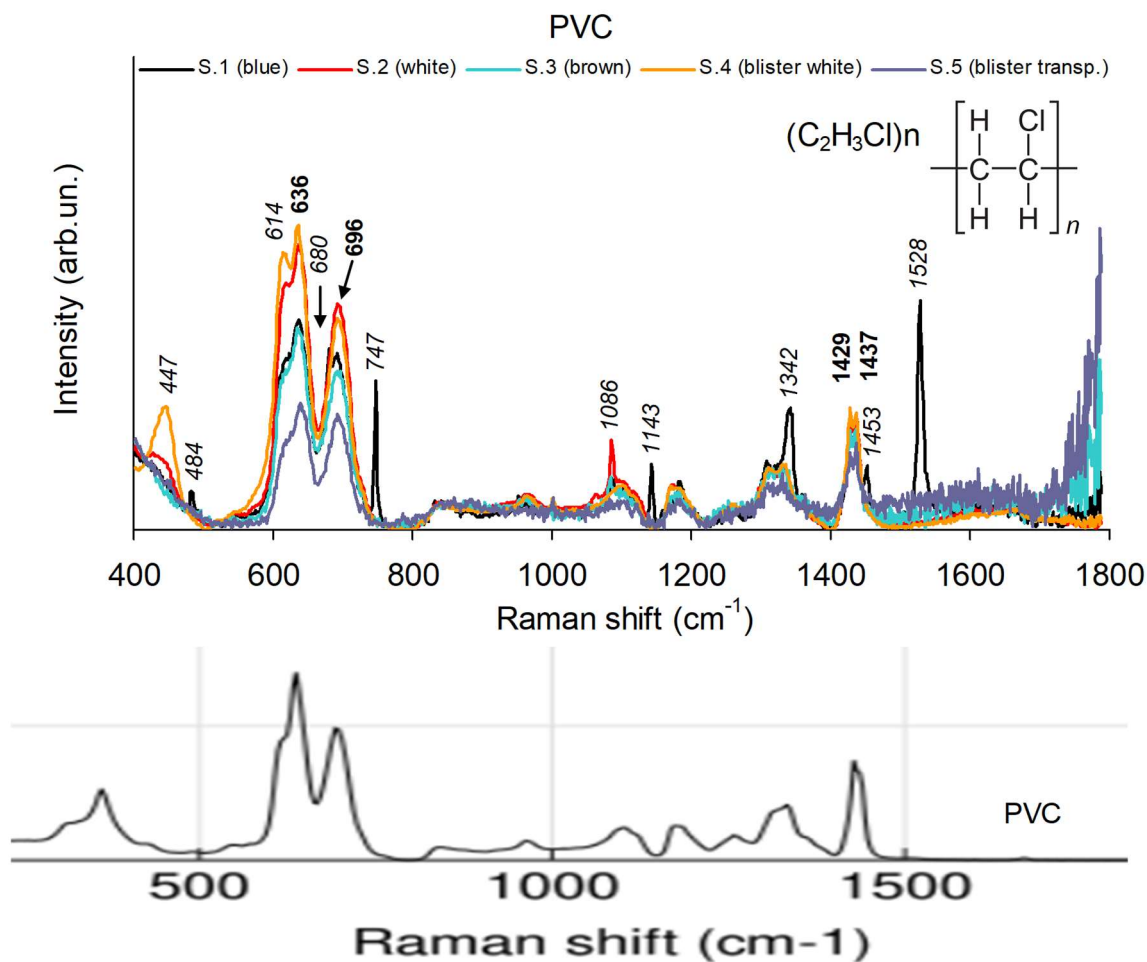
LOMAX, 2019). Os picos associados aos aditivos e/ou corantes serão discutidos após a apresentação dos espectros dos polímeros.



**Figura 3.** Superior: Espectros Raman de PE-HD (tipo “2”) de cinco amostras de diferentes plásticos. Inferior: Espectro Raman de referência para PE-HD (KIDA, HIEJIMA e NITTA, 2016). Reproduzido com permissão da Vibgyor Epress Publisher e dos autores.

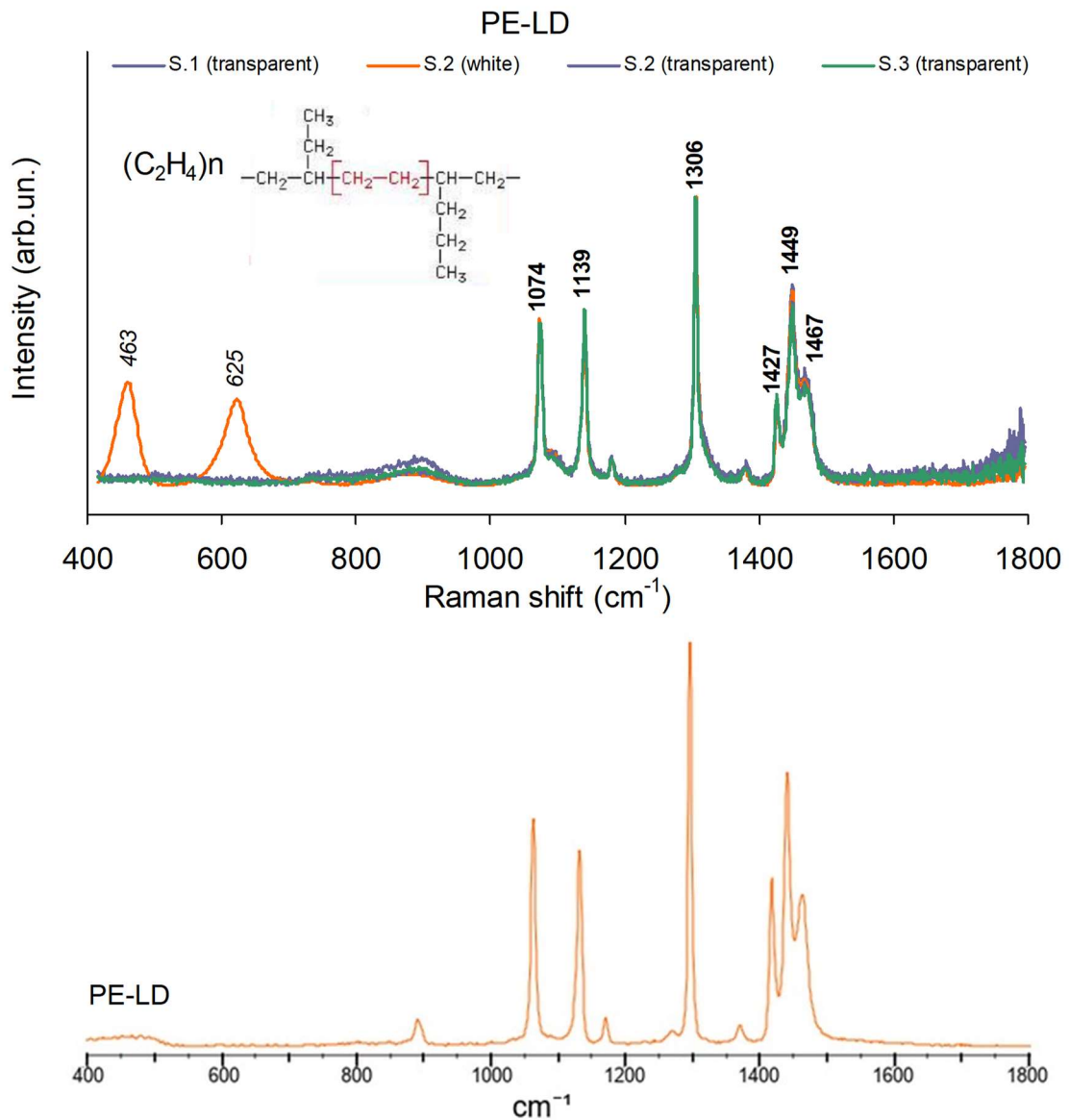
A figura 4 apresenta os espectros de quatro amostras diferentes de resíduos da construção civil, de diferentes colorações, sabidamente constituídas de PVC (identificadas como “3”), juntamente com o espectro de um medicamento acondicionado em blister (sem identificação do tipo de polímero, mas conhecido por ser composto de PVC) e o respectivo espectro padrão reportado na literatura (PUBLICSPECTRA, 2024a). Observa-se que todos os picos do espectro padrão estão presentes nas amostras (picos em 636, 696, 1429 e 1437  $\text{cm}^{-1}$ , além de picos de menor intensidade na região entre 1000 e 1400  $\text{cm}^{-1}$ ). As amostras também exibiram picos em 447 e 614  $\text{cm}^{-1}$  (amostra S.4 – blister branco), em 484, 680, 747, 1143, 1342,

1453 e 1528  $\text{cm}^{-1}$  (amostra S.1 – azul) e em 1086  $\text{cm}^{-1}$  (amostra S.2 – branca), os quais podem ser atribuídos à presença de aditivos e/ou corantes brancos e azuis (MAZZELLA e BUZZINI, 2005; ALVES *et al.*, 2023; JOHN WILEY & SONS, 2024b; JOHN WILEY & SONS, 2024c).



**Figura 4.** Superior: Espectros Raman de PVC (tipo “3”) de três amostras. Inferior: Espectro Raman de referência para PVC (PUBLICSPECTRA, 2024a).

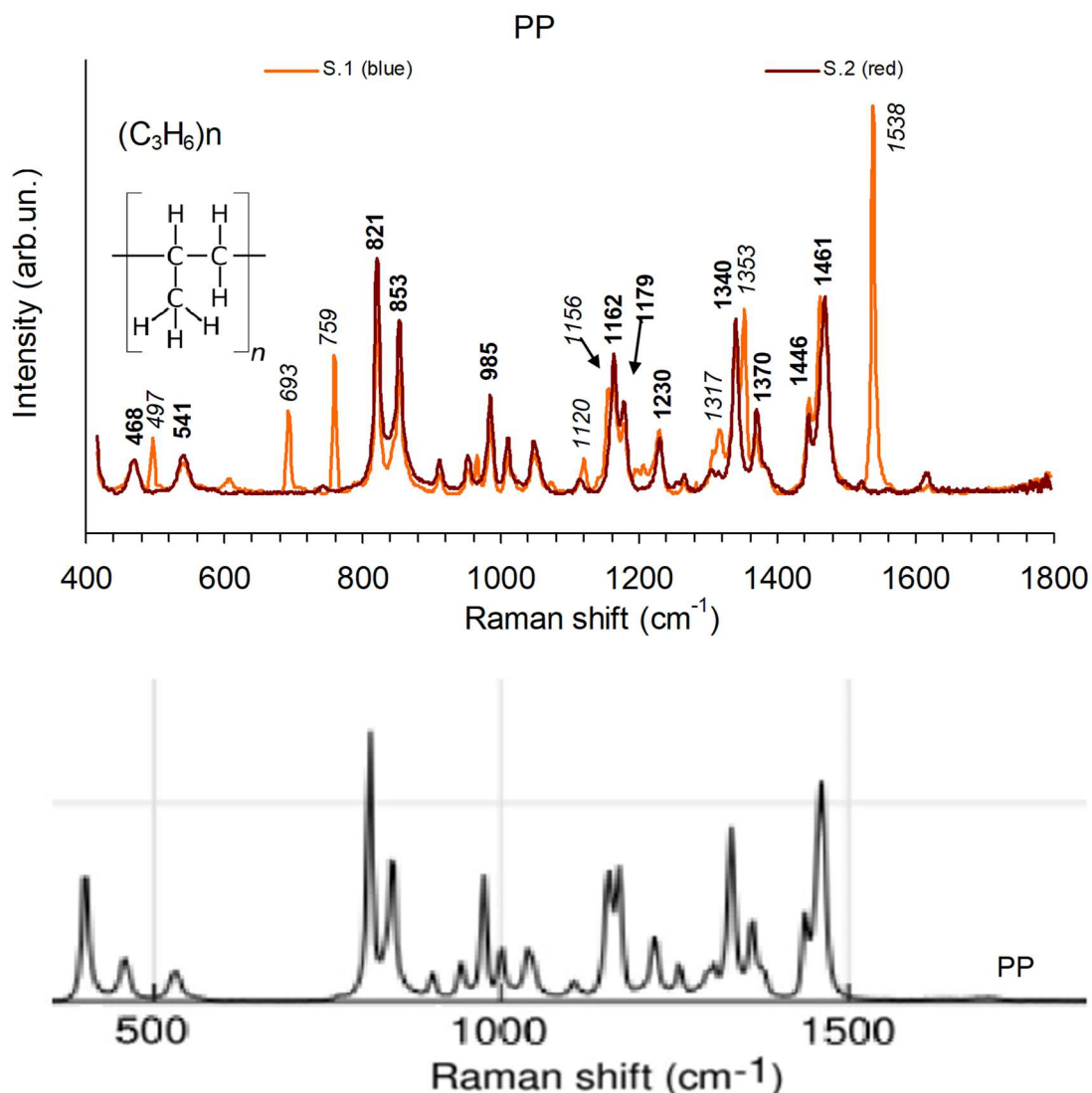
A figura 5 apresenta os espectros de três amostras distintas de embalagens identificadas como plástico tipo “4” (PE-LD), sendo que uma das embalagens teve espectros obtidos em diferentes pontos do mesmo item (S.2 – branca e transparente), juntamente com o respectivo espectro padrão da literatura (JOHN WILEY & SONS, 2024d). Verifica-se que todos os picos do espectro padrão estão presentes nas amostras (picos em 1074, 1139, 1306, 1427, 1449 e 1467  $\text{cm}^{-1}$ ). Uma das amostras também apresenta picos em 463 e 625  $\text{cm}^{-1}$  (amostra S.3 – branca), os quais podem ser atribuídos à presença do aditivo branco dióxido de titânio (JOHN WILEY & SONS, 2024e).



**Figura 5.** Superior: Espectros Raman de PE-LDs (tipo “4”) de três amostras de diferentes plásticos, com um deles (S.2) obtido de ambas as partes, branca e transparente. Inferior: Espectro Raman de referência para PE-LD (JOHN WILEY & SONS, 2024d).

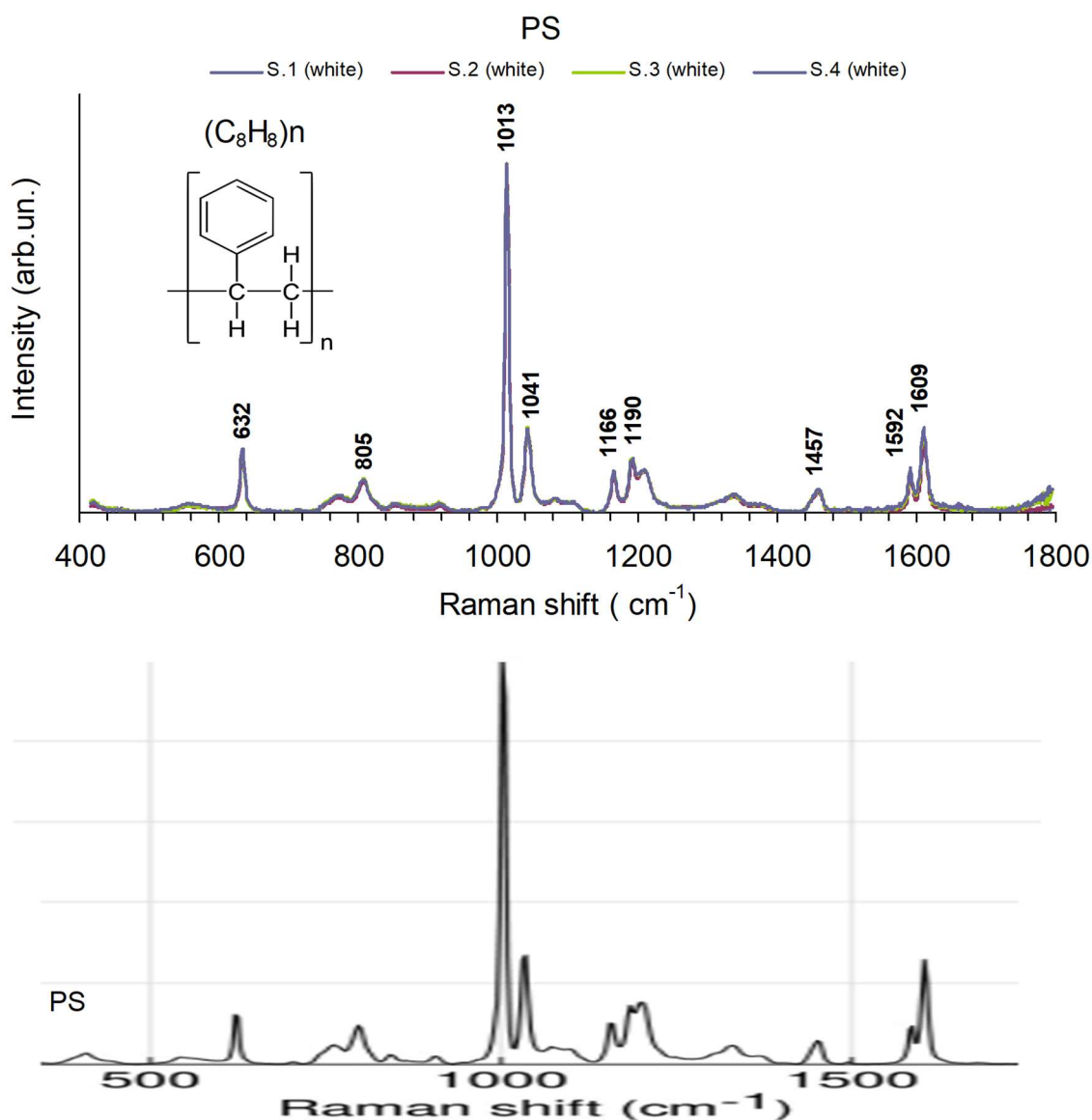
A embalagem S.3, identificada como “4” (PE-LD), também teve sua porção azul avaliada e, conforme apresentado na figura 6, observa-se o mesmo espectro em dois pontos distintos (S.3 – azul e transparente). Destaca-se que os picos característicos do PE-LD observados no ponto S.3 transparente também estão presentes no ponto S.3 azul, porém com intensidade significativamente reduzida. Na região azul, sobressaem-se os picos em 497, 693, 759, 965, 1154, 1351, 1460 e 1536  $\text{cm}^{-1}$ , os quais podem ser atribuídos ao aditivo e/ou corante azul (MAZZELLA e BUZZINI, 2005; JOHN WILEY & SONS, 2024c).





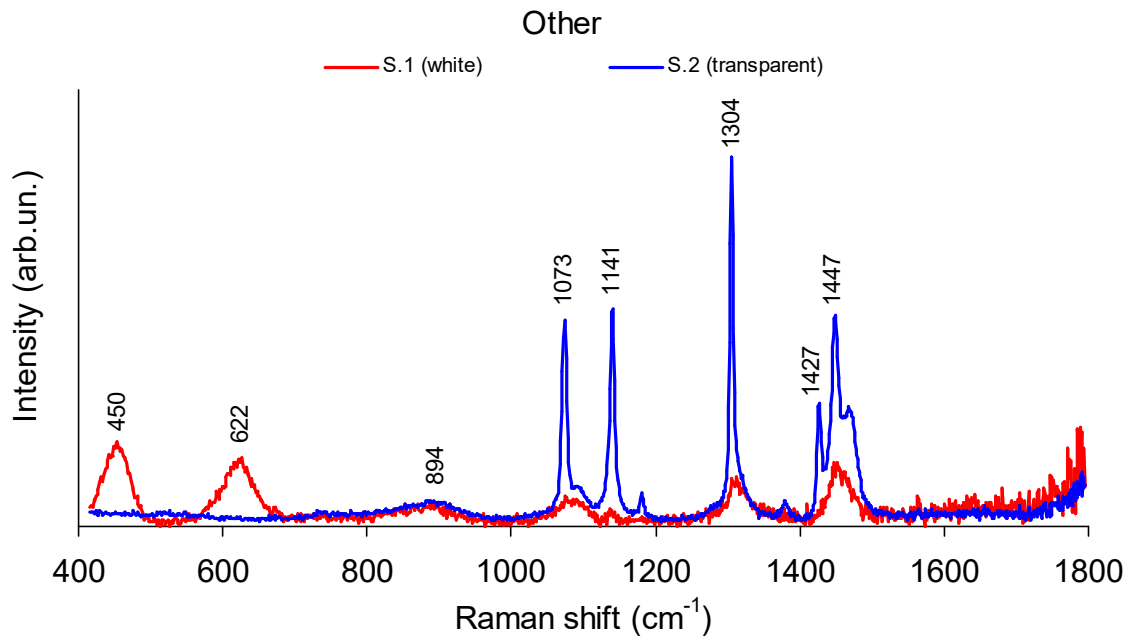
**Figura 7.** Superior: Espectros Raman de PP (tipo “5”) de duas amostras de plástico. Inferior: Espectro Raman de referência para PP (PUBLICSPECTRA, 2024b).

A figura 8 exibe os espectros de quatro amostras diferentes de embalagens identificadas como “6” (PS), juntamente com o respectivo espectro padrão da literatura (PUBLICSPECTRA, 2024c). Observa-se que todos os picos do espectro padrão estão presentes nas amostras (picos em 632, 805, 1013, 1041, 1166, 1190, 1457, 1592 e 1609  $cm^{-1}$ ). Embora todas as amostras sejam brancas, não foram observados picos característicos do aditivo dióxido de titânio na região entre 450 e 650  $cm^{-1}$ .



**Figura 8.** Superior: Espectros Raman de PS (tipo “6”) de quatro amostras de diferentes plásticos. Inferior: Espectro Raman de referência para PS (PUBLICSPECTRA, 2024c).

A figura 9 apresenta os espectros de duas amostras provenientes de embalagens distintas identificadas como “7” (outros). Observa-se que os picos de ambas as amostras se assemelham aos do espectro do polietileno (PE – figuras 3 e 5), com picos em 1073, 1141, 1304, 1427 e 1447  $\text{cm}^{-1}$ . A amostra S.1 – branca apresentou picos em 450 e 622  $\text{cm}^{-1}$ , sugerindo a presença de aditivo branco (dióxido de titânio) titânio (JOHN WILEY & SONS, 2024e). No que se refere à obtenção de espectros para fins de identificação, os plásticos do tipo 7 metalizados apresentam maior risco de queima durante a análise, conforme observado em embalagens de salgadinhos de milho e de balas.



**Figura 9.** Espectros Raman de duas amostras plásticas identificada como “Outros” (tipo “7”).

As amostras plásticas rotuladas como número 7 podem ser compostas de uma variedade de materiais, incluindo policarbonato, policarbonato reforçado com vidro, poliamida, polímeros mistos e plásticos compostos, bem como filmes metalizados, que podem incluir plásticos dos tipos 1 a 6. A principal diferença é que os tipos 1 a 6 são mais comumente reciclados e têm fluxos de reciclagem mais estabelecidos. Por exemplo, o PET (tipo 1) é frequentemente usado em garrafas de água e refrigerante e é amplamente reciclado, inclusive como fibra têxtil (KHAN *et al.*, 2023). O PE-HD (tipo 2) é usado em recipientes de leite e detergente e é facilmente reciclado em itens domésticos, recipientes e garrafas. Os tipos de plástico 3 a 6 incluem PVC, PE-LD, PP e PS, respectivamente, cada um com suas próprias aplicações e métodos de reciclagem. Como uma categoria mais ampla e variada de polímeros, os plásticos do tipo 7 podem apresentar desafios adicionais para a reciclagem, uma vez que podem ser recicláveis dependendo das instalações de reciclagem. Em muitos casos, os plásticos do tipo 7 são eliminados como resíduos sólidos, embora estejam em andamento esforços de investigação e desenvolvimento para encontrar métodos de reciclagem mais eficazes para estes materiais (KREMSER *et al.*, 2022; WEI *et al.*, 2023).

Os plásticos PE-HD e o PE-LD apresentaram espectros semelhantes. Diferenças são observadas nos picos em 1141, 1425 e 1470  $\text{cm}^{-1}$  no PE-HD, que se deslocam para 1139, 1427 e 1467  $\text{cm}^{-1}$ , respectivamente, no PE-LD (SILVA e WIEBECK, 2019; KARLSSON *et al.*, 2020). A diferença estrutural entre o PE-LD e o PE-HD está relacionada à presença de

ramificações na cadeia polimérica. O PE-HD apresenta uma estrutura molecular mais linear e menos ramificada que o PE-LD, e suas cadeias poliméricas tendem a se alinhar de maneira mais uniforme, resultando em uma estrutura mais ordenada e densa, o que influencia diretamente suas propriedades físicas e aplicações. As pequenas diferenças nas posições dos picos podem ser suficientes para distinguir esses dois tipos de plásticos, conforme apresentado na classificação subsequente.

Os aditivos e/ou pigmentos observados apresentaram picos em posições semelhantes em diferentes materiais de embalagem, especialmente o pigmento azul, presente em três amostras. Estudos demonstraram a ampla aplicabilidade do pigmento ftalocianina de cobre em materiais plásticos, devido a suas importantes características, como estabilidade térmica e química (BRYANT *et al.*, 1995; TIANYONG e CHUNLONG, 1997). O aditivo branco também apresentou picos em posições semelhantes, ocorrendo em 10 amostras; entretanto, em quatro delas, compostas por PS, os picos não puderam ser visualmente identificados. O aditivo branco comumente empregado em embalagens é o dióxido de titânio, um composto inorgânico branco e opaco que dispersa a luz de forma eficiente. Outros aditivos brancos podem ser utilizados em menor escala, como carbonato de cálcio e sulfato de bário, dependendo das propriedades desejadas para o plástico e dos requisitos da aplicação específica. Nas amostras estudadas, foram observados picos de dióxido de titânio nas amostras brancas de PVC, e picos de carbonato de cálcio também em algumas amostras brancas de PVC. Os corantes bege, marrom e vermelho não apresentaram picos visualmente observáveis, impossibilitando sua atribuição.

### **3.2 Classificação de espectros de plásticos por tipo via PLS**

Os resultados da classificação dos espectros das amostras em grupos de acordo com o tipo de plástico para reciclagem, dos grupos 1 a 6, utilizando o modelo PLS, permitiram uma classificação com 100% de acurácia para todos os tipos de plástico utilizando 8 LVs. O tipo 7, por se tratar de uma composição mista ou conter constituintes não pertencentes ao símbolo, não foi incluído no modelo de classificação.

## **4 CONCLUSÕES**

A identificação de plásticos é essencial para que o processo de reciclagem seja economicamente viável e com menor índice de rejeitos, uma vez que materiais não recicláveis podem ser gerados devido à imprecisão na identificação. A técnica espectroscópica mostrou-se

uma ferramenta útil e facilitadora no processo de caracterização de plásticos, superando as limitações previamente descritas. Infelizmente, nem todas as partes das embalagens de produtos industrializados possuem rotulagem e quando presentes, podem ser pequenas ou localizadas em regiões de difícil identificação. Outras embalagens, como sacolas de compras, podem também não possuir simbologia. Dessa forma, a utilização de uma metodologia rápida e não destrutiva baseada em espectroscopia Raman para a identificação de tipos de plástico pode contribuir para uma melhor separação dos resíduos recicláveis em cooperativas de reciclagem, aumentando o valor agregado que plásticos bem separados podem oferecer. Além disso, é viável desenvolver um modelo de degradação de plásticos utilizando câmara de radiação ultravioleta para monitorar a fotodegradação molecular via espectroscopia Raman e identificar modificações no espectro decorrentes da exposição ambiental.

Picos de aditivos e/ou corantes puderam ser observados, especialmente os de cores azul e branca. Como apresentam posições diferentes dos picos do polímero, não interferem na identificação. Resíduos alimentares, outros produtos químicos aderidos à superfície ou mesmo biofilmes de bactérias ou fungos poderiam, hipoteticamente, interferir nas medidas espectrais. Contudo, uma vez que os picos dos polímeros são bastante intensos, esses contaminantes são facilmente penetrados pela radiação de excitação, permitindo a coleta do espectro com pouca ou nenhuma interferência.

Apesar do número reduzido de amostras, os resultados da classificação mostraram-se satisfatórios para a identificação de tipos de plástico, que puderam ser corretamente identificados mesmo na presença de aditivos e/ou corantes. Este estudo pode facilitar o desenvolvimento de uma ferramenta espectroscópica para adequada classificação de resíduos, com consequente aumento do valor desses produtos na indústria da reciclagem, bem como incremento no rendimento e no volume de materiais recicláveis, tornando atraente sua possível adoção como método de triagem.

No contexto da reciclagem, onde a separação precisa dos materiais é crucial, a espectroscopia Raman pode classificar com precisão os plásticos com base em sua composição química, melhorando significativamente a identificação de plásticos pós-consumo em unidades de reciclagem. Esta técnica analítica fornece uma “impressão digital” molecular única dos materiais plásticos, sendo particularmente eficaz na distinção entre diferentes tipos de plásticos utilizados em embalagens. Tal capacidade permite que as cooperativas de reciclagem separem e processem os plásticos de maneira eficiente, contribuindo para a melhoria das taxas de reciclabilidade. Nesse sentido, seria interessante o uso de um espectrômetro Raman portátil com

fibra óptica para a identificação remota do tipo de plástico em unidades de reciclagem. Ao aumentar a precisão na identificação de plásticos, a espectroscopia Raman não apenas auxilia na otimização dos processos de reciclagem, mas também promove a economia circular, garantindo que os plásticos sejam reutilizados de forma eficaz, reduzindo resíduos e impactos ambientais.

## 5 AGRADECIMENTOS

L.P. Moreira agradece à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro por meio de bolsa de estudos (Código de Financiamento 001). L. Silveira Jr. e M.T.T. Pacheco agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelas bolsas de produtividade em pesquisa (Processos nº 314167/2021-8 e nº 302026/2022-3) e ao Instituto Anima (IA) pelas bolsas de pesquisa.

## 6 REFERÊNCIAS

ABBATE, S.; ZERBI, G.; WUNDER, S. L. Fermi resonances and vibrational spectra of crystalline and amorphous polyethylene chains. *J. Phys. Chem.* 1982, 86:3140–3149. <https://doi.org/10.1021/j100213a017>

ABNT. Associação Brasileira de Norma Técnicas. **NBR 13230: Embalagens e acondicionamentos plásticos recicláveis – Identificação e simbologia**; ABNT: Rio de Janeiro, 2008.

ADARSH, U.K., KARTHA, V.B., SANTHOSH, C., UNNIKRISHNAN, V.K. 2022. Spectroscopy: A promising tool for plastic waste management. *TrAC Trends Anal. Chem.* 146, 116534. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2022.116534>

AGUIAR, A.; PHILIPPI, A. **Reciclagem de plásticos de resíduos domésticos: Problemas e soluções**. In: XXVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Peru, November 1–5, 1998.

ALVES, J.F., EDWARDS, H.G.M., KORSAKOV, A., DE OLIVEIRA, L.F.C. 2023. Revisiting the Raman spectra of carbonate minerals. *Minerals*. 13:1358. <https://doi.org/10.3390/min13111358>

ANDRADY, A.L., NEAL, M.A. 2009. Applications and societal benefits of plastics. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 364, 1977–1984. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0304>.

ANDREASSEN, E. **Infrared and Raman spectroscopy of polypropylene**. In: Polypropylene; Karger-Kocsis, J. Eds.; Springer: Dordrecht, p. 320–328, 1999.

- BOERIO, F.J., BAHL, S.K., MCGRAW, G.E. 1976. Vibrational analysis of polyethylene terephthalate and its deuterated derivatives. **J. Polym. Sci. Polym. Phys. Ed.** 14, 1029–1046. <https://doi.org/10.1002/pol.1976.180140607>
- BRIDGES, T.E., HOULNE, M.P., HARRIS, J.M. 2004. Spatially resolved analysis of small particles by confocal Raman microscopy: Depth profiling and optical trapping. **Anal. Chem.** 76:576–584. <https://doi.org/10.1021/ac034969s>
- BRYANT, G.C., COOK, M.J., RYAN, T.G., THORNE, A.J. 1995. Liquid crystalline polymeric phthalocyanines. **J. Chem. Soc. Chem. Commun.** 4:467–468. <https://doi.org/10.1039/C39950000467>
- CHEN, D.D., XIE, X.F., AO, H., LIU, J.L., PENG, C. 2017. Raman spectroscopy in quality control of Chinese herbal medicine. **J. Chin. Med. Assoc.** 80, 288–296.
- COATES, J. **Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach.** In: Encyclopedia of Analytical Chemistry; Meyers, R. A. Eds. John Wiley & Sons: Chichester, p. 10815–10837, 2000.
- DA SILVA, D.J., WIEBECK, H. 2020. Current options for characterizing, sorting, and recycling polymeric waste. **Progr. Rubber Plast. Recycl. Technol.** 36, 284–303. <https://doi.org/10.1177/1477760620918603>
- DODBIBA, G., FUJITA, T. 2004. Progress in separating plastic materials for recycling. **Phys. Sep. Sci. Eng.** 13, 165–182. <https://doi.org/10.1080/14786470412331326350>
- ELAHI, A., BUKHARI, D.A., SHAMIM, S., REHMAN, A. 2021. Plastics degradation by microbes: A sustainable approach. **J. King. Saud. Univ. Sci.** 33, 101538. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101538>
- FANG, C., LUO, Y., NAIDU, R. 2023. Raman imaging for the analysis of silicone microplastics and nanoplastics released from a kitchen sealant. **Front. Chem.** 11, 1165523. <https://doi.org/10.3389/fchem.2023.1165523>
- FIORE, T., PELLERITO, C. **Spectroscopy for materials characterization**; Wiley: New York, 2021. <https://doi.org/10.1002/9781119698029.ch5>
- FURER, V.L., ABDULLIN, S.N., ALEKSEEV, V.V. 1990. Band intensities in Raman spectra of polyethylene terephthalate and model aromatic complex esters. **J. Appl. Spectrosc.** 53:1057–1061. DOI: 10.1007/BF00662617.
- FURUKAWA, T., SATO, H., KITA, Y., MATSUKAWA, K., YAMAGUCHI, H., OCHIAI, S., SIESLER, H.W., OZAKI, Y. 2006. Molecular structure, crystallinity and morphology of polyethylene/polypropylene blends studied by Raman mapping, scanning electron microscopy, wide angle X-ray diffraction, and differential scanning calorimetry. **Polym. J.** 38: 1127–1136. DOI: 10.1295/polymj.PJ2006056.
- GALL, M.J., HENDRA, P.J., PEACOCK, O.J., CUDBY, M.E.A., WILLIS, H.A. 1972. The laser-Raman spectrum of polyethylene: the assignment of the spectrum to fundamental modes

of vibration. *Spectrochim. Acta A Mol. Biomol. Spectrosc.* 28:1485–1496.  
[https://doi.org/10.1016/0584-8539\(72\)80118-1](https://doi.org/10.1016/0584-8539(72)80118-1)

GALL, M., FREUDENTHALER, P.J., FISCHER, J., LANG, R.W. 2021. Characterization of composition and structure-property relationships of commercial post-consumer polyethylene and polypropylene recyclates. *Polymers*. 13:1574. <https://doi.org/10.3390/polym13101574>

HU, R., HE, T., ZHANG, Z., YANG, Y., LIU, M. 2019. Safety analysis of edible oil products via Raman spectroscopy. *Talanta*. 191, 324–332.  
<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.08.074>

JIN, N., SONG, Y., MA, R., LI, J., LI, G., ZHANG, D. 2022. Characterization and identification of microplastics using Raman spectroscopy coupled with multivariate analysis. *Anal. Chim. Acta*. 1197, 339519. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2022.339519>

JOHN WILEY & SONS. **Poly(ethylene terephthalate)**. Disponível em:  
<https://spectrabase.com/spectrum/1Tnj22EDHrT> . Acesso em: 08 abr. 2024a.

JOHN WILEY & SONS. **Calcium carbonate**. Disponível em:  
<https://spectrabase.com/spectrum/LstDH4dY1uK> . Acesso em: 08 abr. 2024b.

JOHN WILEY & SONS. **Phthalocyanine blue**. Disponível em:  
<https://spectrabase.com/spectrum/EZIRZ4YKXvB> . Acesso em: 11 abr. 2024c.

JOHN WILEY & SONS. **Polyethylene, low density**. Disponível em:  
<https://spectrabase.com/spectrum/25IY1a1JgAW> . Acesso em: 11 abr. 2024d.

JOHN WILEY & SONS. **Titanium dioxide**. Disponível em:  
<https://spectrabase.com/spectrum/GWvySowp2IA> . Acesso em: 11 abr. 2024e.

JONES, R.R., HOOPER, D.C., ZHANG, L., WOLVERSON, D., VALEV, V.K. 2019. Raman techniques: fundamentals and frontiers. *Nanoscale Res. Lett.* 14, 1–34.  
<https://doi.org/10.1186/s11671-019-3039-2>

KARLSSON, T.M., KÄRRMAN, A., ROTANDER, A., HASSELLÖV, M. 2020. Comparison between manta trawl and in situ pump filtration methods, and guidance for visual identification of microplastics in surface waters. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 27:5559–5571.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-019-07274-5>.

KHAN, S.U., HASSAN, T., WASIM, M., KHAN, M.Q., SALAM, A., HASSAN, S.Z.U., ABBASI, A.M.R., MUSTAFA, T. 2023. Valorization of recycled PET for yarn manufacturing and knitwear fabrics used for apparel applications. *Polym. Bull.* 80:2779–2799. <https://doi.org/10.1007/s00289-022-04172-8>

KIDA, T., HIEJIMA, Y., NITTA, K.H. 2016. Raman spectroscopic study of high-density polyethylene during tensile deformation. *Int. J. Exp. Spectrosc. Tech.* 1:1–6. DOI: 10.35840/2631-505X/8501.

- KIM, E., CHOI, W.Z. 2019. Real-time identification of plastics by types using laser-induced breakdown spectroscopy. **J Mater. Cycles Waste Manag.** 21, 176–180. <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0780-z>
- KNITTEL, D., SCHOLLMAYER, E. 1998. Surface structuring of synthetic fibres by UV laser irradiation. Part III. Surface functionality changes resulting from excimer-laser irradiation. **Polym. Int.** 45:103–109. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0126\(199801\)45:1%3C103::AID-PI917%3E3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0126(199801)45:1%3C103::AID-PI917%3E3.0.CO;2-2)
- KREMSER, K., GERL, P., BORRÁS, A.B., ESPINOSA, D.R., MARTÍNEZ, B.M., GUEBITZ, G.M., PELLIS, A. 2022. Bioleaching/enzyme-based recycling of aluminium and polyethylene from beverage cartons packaging waste. **Resour. Conserv. Recycl.** 185:106444. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106444>
- KRIMM, S., FOLT, V.L., SHIPMAN, J.J. 1963. BERENS, A. R. Infrared spectra and assignments for polyvinyl chloride and deuterated analogs. **J. Polym. Sci. A Gen. Pap.** 1:2621–2650. <https://doi.org/10.1002/pol.1963.100010809>
- LEE, L.C., LIONG, C.Y., JEMAIN, A.A. 2018. Partial least squares-discriminant analysis (PLS-DA) for classification of high-dimensional (HD) data: a review of contemporary practice strategies and knowledge gaps. **Analyst.** 143, 3526–3539. <https://doi.org/10.1039/c8an00599k>
- LIANG, C.Y., KRIMM, S. 1958. Infrared spectra of high polymers. **VI. Polystyrene. J. Polym. Sci.** 27:241–254. DOI: 10.1002/pol.1958.1203112327.
- LOMAX, S.Q., LOMAX, J.F. 2019. The synthesis characterization of historical novel azo pigments: implications for conservation science. **Herit. Sci.** 7:101. <https://doi.org/10.1186/s40494-019-0343-1>
- LU, B., WU, S., LIU, D., WU, W., ZHOU, W., YUAN, L.M. 2024. Unsupervised clustering-assisted method for consensual quantitative analysis of methanol-gasoline blends by Raman spectroscopy. **Molecules.** 29, 1427. <https://doi.org/10.3390/molecules29071427>
- MAALOUF, A.; AGAMUTHU, P. 2023. Waste management evolution in the last five decades in developing countries – A review. **Waste Manag. Res.** 41, 1420–1434. <https://doi.org/10.1177/0734242X231160099>
- MAZZELLA, W. D.; BUZZINI, P. 2005. Raman spectroscopy of blue gel pen inks. **Forensic Sci. Int.** 152:241-247. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2004.09.115>
- PROKHOROV, K.A., ALEKSANDROVA, D.A., SAGITOVA, E.A., NIKOLAEVA, G.Y., VLASOVA, T.V., PASHININ, P.P., JONES, C.A., SHILTON, S.J. 2016. Raman spectroscopy evaluation of polyvinylchloride structure. **J. Phys. Conf. Ser.** 691:012001. DOI: 10.1088/1742-6596/691/1/012001.
- PUBLICSPECTRA. **Raman Spectrum of Polyvinyl chloride.** Disponível em: <https://publicspectra.com/Raman/Polyvinyl%20chloride> . Acesso em: 08 abr. 2024a.

PUBLICSPECTRA. **Raman Spectrum of Polypropylene**. Disponível em: <https://publicspectra.com/Raman/Polypropylene> . Acesso em: 10 abr. 2024b.

PUBLICSPECTRA. **Raman Spectrum of Polystyrene**. Disponível em: <https://publicspectra.com/Raman/Polystyrene> . Acesso em: 10 abr. 2024c.

REBOLLAR, E., PÉREZ, S., HERNÁNDEZ, M., DOMINGO, C., MARTÍN, M., EZQUERRA, T.A., GARCÍA-RUIZ, J.P., CASTILLEJO, M. 2014. Physicochemical modifications accompanying UV laser induced surface structures on poly (ethylene terephthalate) and their effect on adhesion of mesenchymal cells. **Phys. Chem. Chem. Phys.** 16:17551–17559. <https://doi.org/10.1039/c4cp02434f>

REIS, A.C.M., PONTES, A.N. 2019. Resíduos sólidos urbanos no Brasil: a reciclagem no contexto da sustentabilidade. **Obs. Econ. Latinoam.** 11:6.

ROH, S.B., OH, S.K., PARK, E.K., CHOI, W.Z. 2017. Identification of black plastics realized with the aid of Raman spectroscopy and fuzzy radial basis function neural networks classifier. **J. Mater. Cycles Waste Manag.** 19, 1093–1105. <https://doi.org/10.1007/s10163-017-0620-6>

SAGITOVA, E.A., DONFACK, P., NIKOLAEVA, G.Y., PROKHOROV, K.A., ZAVGORODNEV, Y.V., PASHININ, P.P., USHAKOVAC, T.M., NOVOKSHONOVAC, L.A., STARCHAKC, E.E., GUSEVAD, M.A.; et al. 2016. Regularity modes in Raman spectra of polyolefins: Part II. Polyethylene and ethylene copolymers. **Vibr. Spectrosc.** 84:139–145. <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2016.03.013>

SCHRADER, B. **Infrared and Raman spectroscopy: methods and applications**. John Wiley & Sons: New York, 2008.

SILVA, D.J., WIEBECK, H. 2019. Predicting LDPE/HDPE blend composition by CARS-PLS regression and confocal Raman spectroscopy. **Polímeros.** 29:e2019010. <https://doi.org/10.1590/0104-1428.00218>

SILVA, D.J., PARRA, D.F., WIEBECK, H. 2021. Applying confocal Raman spectroscopy and different linear multivariate analyses to sort polyethylene residues. **Chem. Eng. J.** 426, 131344. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.131344>

SODRÉ, F.F., AROWOJOLU, I.M., CANELA, M.C., FERREIRA, R.S., FERNANDES, A.N., MONTAGNER, C.C., VIDAL, C., DIAS, M.A., ABATE, G., SILVA, L.C., et al. 2023. How natural and anthropogenic factors should drive microplastic behavior and fate: The scenario of Brazilian urban freshwater. **Chemosphere.** 340: 139813. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139813>

SPECIALCHEM. **Comprehensive guide on polyethylene terephthalate (PET)**. Disponível em: <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polyethylene-terephthalate-pet-plastic> . Acesso em: 12 mar. 2024.

SPECIALCHEM. **Comprehensive guide on polyethylene (PE)**. Disponível em: <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polyethylene-plastic> . Acesso em: 12 mar. 2024.

SPECIALCHEM. **Comprehensive guide on polyvinyl chloride (PVC)**. Disponível em: <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polyvinyl-chloride-pvc-plastic> . Acesso em: 12 mar. 2024.

SPECIALCHEM. **How to select the right polypropylene grade?** Disponível em: <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polypropylene-pp-plastic> . Acesso em: 12 mar. 2024.

SPECIALCHEM. **Product news. INEOS Styrolution introduces a lineup of sustainable PS**. Disponível em: <https://omnexus.specialchem.com/news/product-news/ineos-sustainable-ps-000228770> . Acesso em: 12 mar. 2024.

SPECIALCHEM. **Density of plastics: Technical properties**. Disponível em: <https://omnexus.specialchem.com/polymer-property/density> . Acesso em: 12 mar. 2024.

TESSARINI, L., FILETI, A.M.F. 2022. Audio signals and artificial neural networks for classification of plastic resins for recycling. **Digi. Chem. Eng.** 5, 100059. <https://doi.org/10.1016/j.dche.2022.100059>

TIANYONG, Z., CHUNLONG, Z. 1997. Properties of copper phthalocyanine blue (CI Pigment Blue 15: 3) treated with poly(ethylene glycol)s. **Dyes Pigm.** 35:123–130. [https://doi.org/10.1016/S0143-7208\(97\)84839-5](https://doi.org/10.1016/S0143-7208(97)84839-5)

UDRIȘTIOIU, E.G., BUNACIU, A.A., ABOUL-ENEIN, H.Y., TĂNASE, I.G. 2009. Forensic analysis of color toners by Raman spectroscopy. **Instrum. Sci. Technol.** 37:23–29. <https://doi.org/10.1080/10739140802584707>

WEI, B., LI, L., DING, S., CHEN, N., BAI, S., YANG, S. 2023. Solid-state shear milling for recycling aluminum-plastic packaging waste: A sustainable solution for mixed plastic waste. **Sustainability.** 15:6144. <https://doi.org/10.3390/su15076144>

WINDARSIH, A., ARSANTI LESTARI, L., ERWANTO, Y., ROSIANA PUTRI, A., IRNAWATI, AHMAD FADZILLAH, N., RAHMAWATI, N., ROHMAN, A. 2023. Application of Raman spectroscopy and chemometrics for quality controls of fats and oils: a review. **Food Rev. Int.** 39, 3906–3925. <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.2014860>

ZHANG, S., QI, Y., TAN, S.P.H., BI, R., OLIVO, M. 2023. Molecular fingerprint detection using Raman and infrared spectroscopy technologies for cancer detection: a progress review. **Biosensors.** 13, 557. <https://doi.org/10.3390/bios13050557>

### **CAPÍTULO 3**

## **DESIGN SUSTENTÁVEL E ECONOMIA CIRCULAR: RECICLAGEM DE RESÍDUOS PLÁSTICOS DE PRAIA EM PRODUTOS ESPORTIVOS E RECREATIVOS**

## RESUMO

O acúmulo de resíduos plásticos em ambientes costeiros representa um desafio ambiental significativo, exigindo soluções sustentáveis para seu gerenciamento. O presente estudo tem como objetivo desenvolver uma metodologia de reciclagem mecânica de resíduos plásticos coletados na praia, visando à produção de artefatos esportivos e recreativos com potencial de aplicação. Para tanto, foram coletadas 2.334 tampas de garrafa de polietileno de alta densidade (PEAD) em uma praia da região sudeste do Brasil (praia do Boqueirão, Praia Grande, São Paulo), estas foram submetidas a limpeza, trituração, aquecimento e moldagem em chapa, posteriormente transformadas em *handboards*, raquetes de frescobol e jogos da velha, demonstrando a versatilidade do processo metodológico. Os produtos obtidos apresentaram, à inspeção visual, boa coesão, acabamento uniforme e ergonomia adequada, evidenciando o potencial do PEAD reciclado para aplicações funcionais. A facilidade de coleta do material que é ubíquo em ambientes costeiros e marinhos e o sucesso em desenvolver e implementar a metodologia de reuso contribui diretamente para a economia circular ao incorporar resíduos plásticos na cadeia produtiva, promovendo a valorização do material, a redução do impacto ambiental e a conscientização socioambiental. Resultados prévios de desempenho mecânico do PEAD reciclado descritos na literatura científica reforçam a confiabilidade do processo, indicando que essa metodologia de reciclagem constitui uma estratégia sustentável e replicável para o desenvolvimento de produtos esportivos e recreativos. Embora não tenha sido mensurado por indicadores específicos, o interesse da sociedade pela iniciativa foi evidenciado pela ampla divulgação espontânea em emissoras de televisão, indicando sua relevância social.

**Palavras-chave:** Reciclagem mecânica; detritos marinhos; polímeros reciclados; polietileno de alta densidade; plástico pós-consumo.

## ABSTRACT

The accumulation of plastic waste in coastal environments represents a significant environmental challenge, requiring sustainable solutions for its management. The present study aims to develop a methodology for the mechanical recycling of plastic waste collected from beaches, with the objective of producing sports and recreational artifacts with potential for practical applications. A total of 2,334 high density polyethylene (HDPE) bottle caps were collected from a beach located in southeastern Brazil, Boqueirão Beach, Praia Grande, São Paulo. The collected material underwent cleaning, shredding, thermal processing, and compression molding into sheets, which were subsequently fabricated into handboards, beach tennis paddles, and tic tac toe sets, thereby demonstrating the versatility of the proposed methodological approach. The resulting products exhibited good structural cohesion, uniform surface finish, and adequate ergonomics upon visual inspection, evidencing the potential of recycled HDPE for functional applications. The ease of collection of this material, which is ubiquitous in coastal and marine environments, combined with the successful development and implementation of the reuse methodology, directly contributes to the circular economy by

reintegrating plastic waste into the production chain. This approach promotes material valorization, reduces environmental impact, and fosters socioenvironmental awareness. Previous findings regarding the mechanical performance of recycled HDPE further support the reliability of the process, indicating that this recycling methodology constitutes a sustainable and replicable strategy for the development of sports and recreational products. Although not quantified through specific indicators, public engagement with the initiative was evidenced by spontaneous and widespread media coverage on television, underscoring its social relevance.

**Keywords:** Mechanical recycling; marine litter; recycled polymers; high-density polyethylene; post-consumer plastic.

## 1 INTRODUÇÃO

A palavra “plástico” decorre do grego *plastikós* que tem como significado “adequado à moldagem”, ou seja, a capacidade que um material tem em ganhar diversas formas perante uma ação externa (PARENTE, 2006). Apesar de apresentarem estado sólido em temperatura ambiente, determinados tipos de plástico podem se tornar fluidos ou moldáveis ao passarem por ações de pressão e temperatura, de forma isolada ou conjunta (MANO e MENDES, 1999). Com isso, os polímeros plásticos são classificados em dois grupos, tendo em consideração suas propriedades, a estrutura química do polímero e o comportamento térmico durante o processamento (CALLISTER e RETHWISH, 2016).

Os polímeros termorrígidos não mudam de estado, isto é, não derretem quando aquecidos, o que torna inviável o reaproveitamento total considerando os processos convencionais de reciclagem. Porém, podem ser reciclados em parte, ao serem utilizados como carga de reforço, incorporando o material em pequenas quantidades (PEDROSO, ROSA e ATVARIS, 2002; GORNI, 2006).

Por outro lado, os polímeros termoplásticos, como o polietileno de alta densidade, apresentam resistência ao impacto, baixo custo, grande margem de aplicação e reciclabilidade (BROWN, 2016). Ao serem aquecidos, os termoplásticos amolecem e ganham flexibilidade em razão do enfraquecimento das forças intermoleculares. Quando resfriados, enrijecem novamente e tornam-se sólidos, adquirindo uma nova forma. Tal processo pode ser repetido inúmeras vezes, aquecendo e resfriando o material, que em geral é transformado em artefatos diferentes do que era anteriormente (SÁNCHEZ, 2020). Entre os principais polímeros termoplásticos estão o polietileno tereftalato (PET), polietileno de alta densidade (PEAD), policloreto de vinila (PVC), polietileno de baixa densidade (PEBD), polipropileno (PP) e poliestireno (PS) (CANEVAROLO JR., 2013).

A economia circular é uma abordagem sistêmica que busca manter materiais em uso pelo maior tempo possível, promovendo o reaproveitamento, a redução de resíduos e a diminuição da extração de recursos naturais. No presente contexto, estratégias de economia circular incluem o uso de materiais alternativos ao plástico, a proibição de plásticos descartáveis, políticas de *ecodesign* e a reciclagem mecânica, contribuindo para a valorização de resíduos e a sustentabilidade da cadeia produtiva (BUSTAMANTE *et al.*, 2025; CALERO *et al.*, 2021). Tais estratégias não se limitam a princípios teóricos, mas encontram aplicação prática na indústria, especialmente em produtos que combinam funcionalidade e responsabilidade ambiental. Pesquisas demonstraram que a integração de resíduos plásticos reciclados em produtos esportivos ou recreativos é uma aplicação prática de princípios da economia circular, ampliando a vida útil dos materiais e promovendo a conscientização ambiental entre consumidores (SUBIC e PATERSON, 2008; DAVIDSON *et al.*, 2021).

Paralelamente, o *design* sustentável desponta como abordagem complementar à economia circular, enfatizando a importância de decisões conscientes na fase de projeto, quando cerca de 80% da carga ambiental de um produto é determinada (SUBIC e PATERSON, 2006). Assim, o *design* sustentável envolve a seleção criteriosa de materiais, processos e tecnologias, priorizando a eficiência de recursos, durabilidade, reparabilidade e potencial de reciclagem dos produtos (BENTON *et al.*, 2020; CALDERON *et al.*, 2022). Aplicado ao contexto dos produtos esportivos e recreativos, o *design* sustentável possibilita criar itens que não apenas atendam às necessidades de desempenho e ergonomia, mas também promovam menor impacto ambiental ao longo de todo o ciclo de vida.

Estima-se que anualmente 8 milhões toneladas de plástico são lançadas nos ambientes costeiros (JAMBECK *et al.*, 2015). Para que as consequências negativas advindas do plástico possam ser mitigadas, ações nos âmbitos econômico, político e social são peças-chave para a implementação de processos eficientes de gestão de resíduos (CALERO *et al.*, 2021). Nesse cenário, a reciclagem mecânica se destaca como alternativa viável para a conversão de resíduos plásticos de pós-consumo em novos produtos, uma vez que não promove mudanças significativas na estrutura química (DAVIDSON *et al.*, 2021). E para que esse tipo de reciclagem ocorra de maneira eficiente, são necessários determinados procedimentos, como a separação correta do tipo de resíduo plástico, lavagem, secagem e trituração, para então alcançar o reprocessamento e a transformação em um novo produto (SPINACÉ e DE PAOLI, 2005).

No que diz respeito a produtos esportivos, é de conhecimento que suas inovações ocorrem a todo momento em uma velocidade de desenvolvimento muito rápida com vistas a

atender às necessidades dos consumidores, não apenas em termos de desempenho, mas também conforto e estilo de vida (SUBIC, 2019). Isso faz com que o ciclo de vida dos produtos esportivos seja cada vez mais abreviado, ao mesmo tempo em que a taxa de descarte cresce notoriamente (SUBIE, MOURITZ e TROYNIKOV, 2009). Diante disso, diversas marcas esportivas têm adotado medidas interessantes como o emprego de plástico reciclado em determinados itens (SUBIC e PATERSON, 2008).

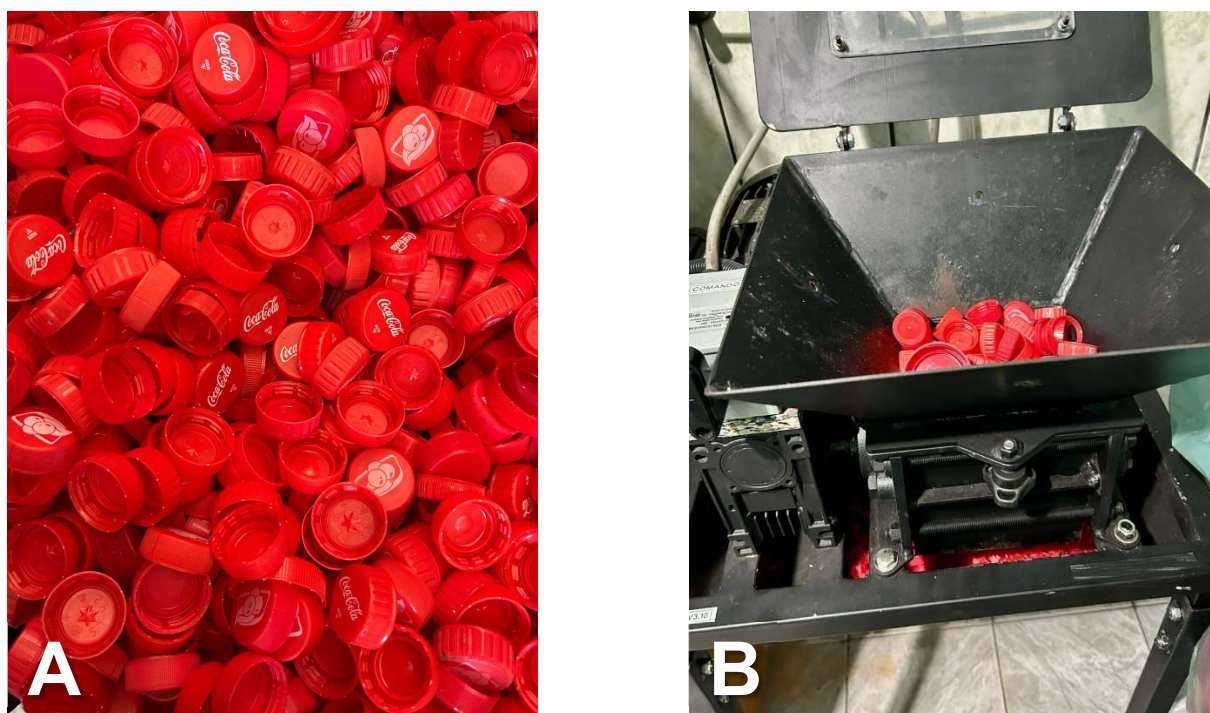
Partindo disso, este estudo teve como objetivo desenvolver uma metodologia de reciclagem mecânica de resíduos plásticos coletados na praia, visando à produção de artefatos esportivos e recreativos com potencial de aplicação. Considerando os prejuízos que envolvem a presença de plásticos em ambientes costeiros, parte-se da hipótese de que a reciclagem mecânica de resíduos plásticos das praias permite produzir artefatos esportivos e recreativos com potencial de aplicação, com base em evidências experimentais do processo e em dados reportados na literatura.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

O material plástico utilizado neste estudo foi padronizado, consistindo exclusivamente de tampas de PEAD de garrafas de refrigerante coletadas na praia do Boqueirão, Praia Grande, litoral de São Paulo, durante ações de limpeza costeira (Figura 1A). Tal escolha se justificou pelo fato de tampas serem plásticos abundantes e facilmente mensuráveis, o que possibilita a quantificação do volume de material obtido, além de representarem um tipo de resíduo que causa impactos diretos sobre o ambiente natural, como obstrução e ingestão por fauna marinha, além de degradação estética do ecossistema costeiro (CAMPBELL *et al.*, 2019; ABALANSA *et al.*, 2020). Embora a pesquisa tenha sido realizada somente com tampas, a metodologia de reciclagem mecânica desenvolvida é aplicável a qualquer tipo de item de PEAD, incluindo utensílios de consumo em geral, embalagens de alimentos e de produtos químicos. Dessa forma, compreende-se a viabilidade e a replicabilidade do processo para diferentes tipos de materiais plásticos, evidenciando o potencial para mitigar impactos socioambientais e incorporar resíduos na cadeia produtiva de forma ampla, favorecendo para a economia circular e a conservação ambiental.

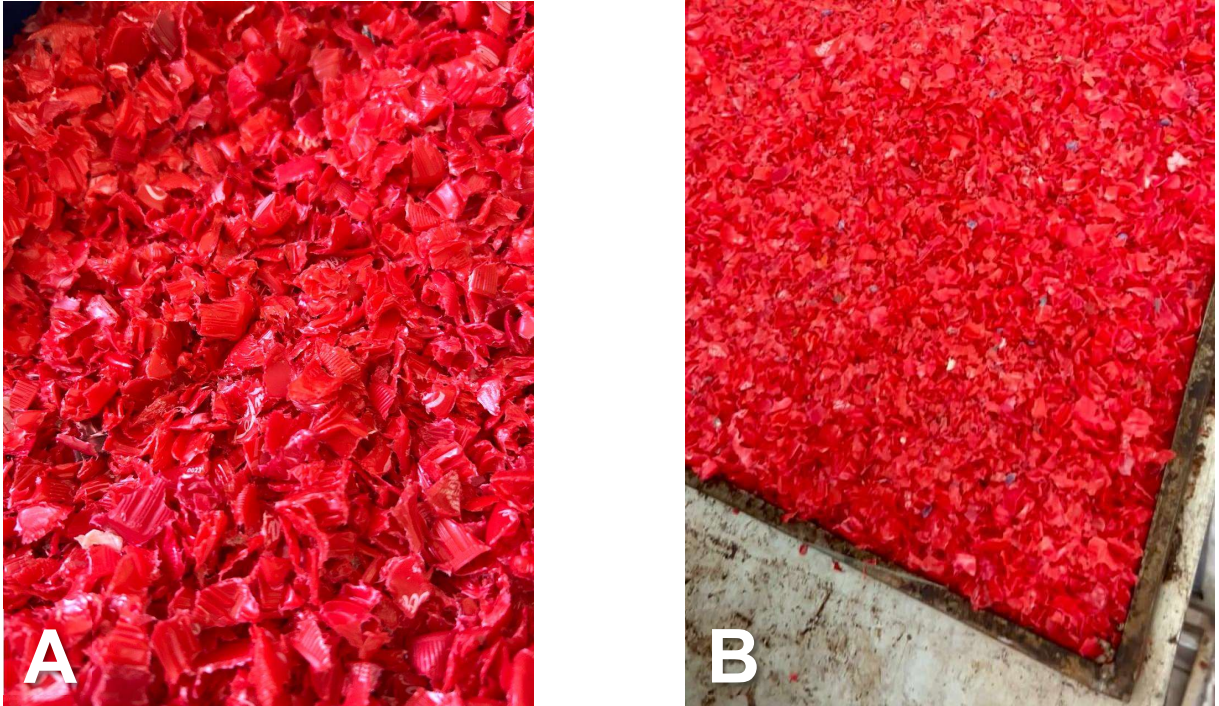
Assim, as tampas foram encaminhadas à oficina de reciclagem criativa Paradas e submetidas à higienização conforme recomendação da literatura (SPINACÉ e DE PAOLI, 2005). Em seguida, foram dispostas em um tanque de aço inox contendo 5 L de água corrente e 10 mL de hipoclorito de sódio, com o objetivo de remover sedimentos arenosos e demais

elementos aderidos ao plástico. Após 30 minutos, os materiais foram enxaguados e colocados em uma bancada para secar naturalmente. Seguindo o protocolo de moagem mecânica de termoplásticos, o material foi então introduzido em um moinho *V3 Shredder 220 V*, composto por facas rotativas de aço para triturar plásticos em pequenos flocos (LAMTAI *et al.*, 2023) (Figura 1B e Figura 2A).



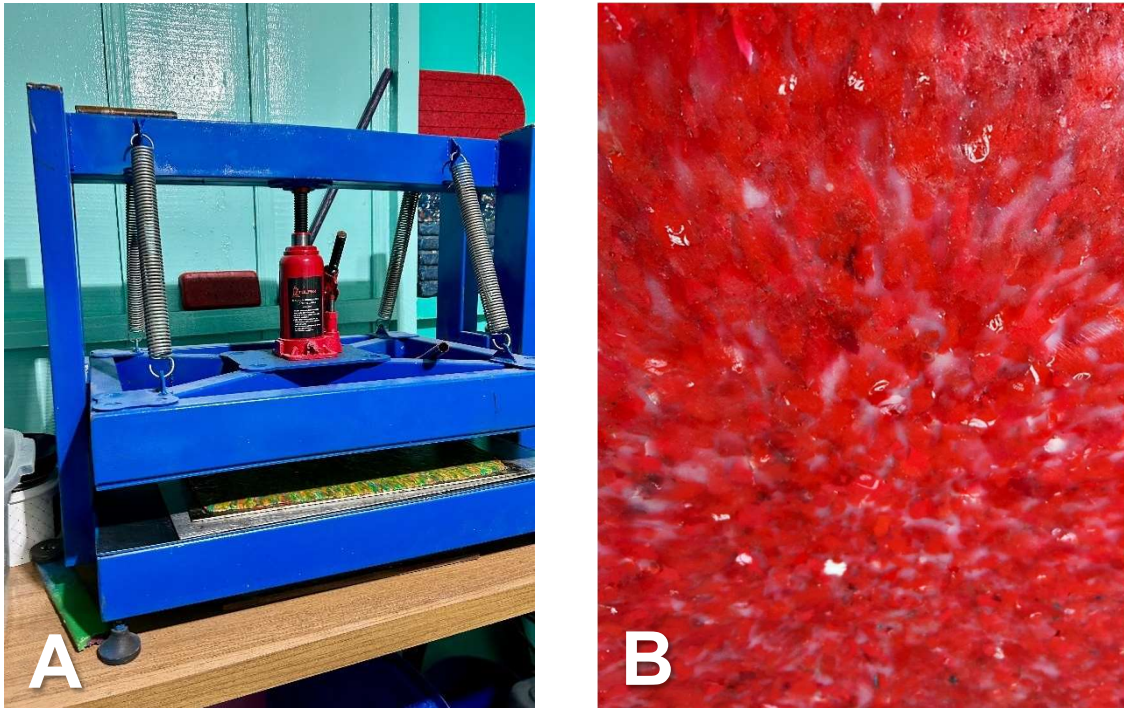
**Figura 1.** Etapa inicial do processo de reciclagem mecânica: (A) Material coletado na praia (B) Tampas de PEAD no moinho *V3 Shredder*.

Em seguida, os flocos de plástico foram transferidos para um espaçador retangular de revestimento antiaderente, com dimensões de 65 x 45 x 0,7 cm, para formar uma chapa com peso de 1,945 kg (Figura 2B). O material foi então levado ao forno a gás, pré-aquecido a 180°C durante 10 minutos. Após 60 minutos, a fase de fluxo viscoso do PEAD, caracterizada pela movimentação das cadeias moleculares, foi alcançada, tornando o polímero apto a ser moldado conforme expresso no estudo de Lou, Lei e Wu (2019).



**Figura 2.** Resíduos após a etapa de trituração: (A) PEAD em flocos e (B) Fragmentos de PEAD distribuídos no espaçador retangular.

Em seguida, a chapa retangular de PEAD foi retirada do forno e submetida a um processo de compressão durante 40 minutos em uma prensa hidráulica a frio, com capacidade máxima de 10 toneladas de pressão (Figura 3A). Esse procedimento é fundamental para a chapa garantir maior densidade e resistência, obtendo um acabamento mais uniforme e reduzindo o surgimento de falhas estruturais, como bolhas (SAHU *et al.*, 2024) (Figura 3B).



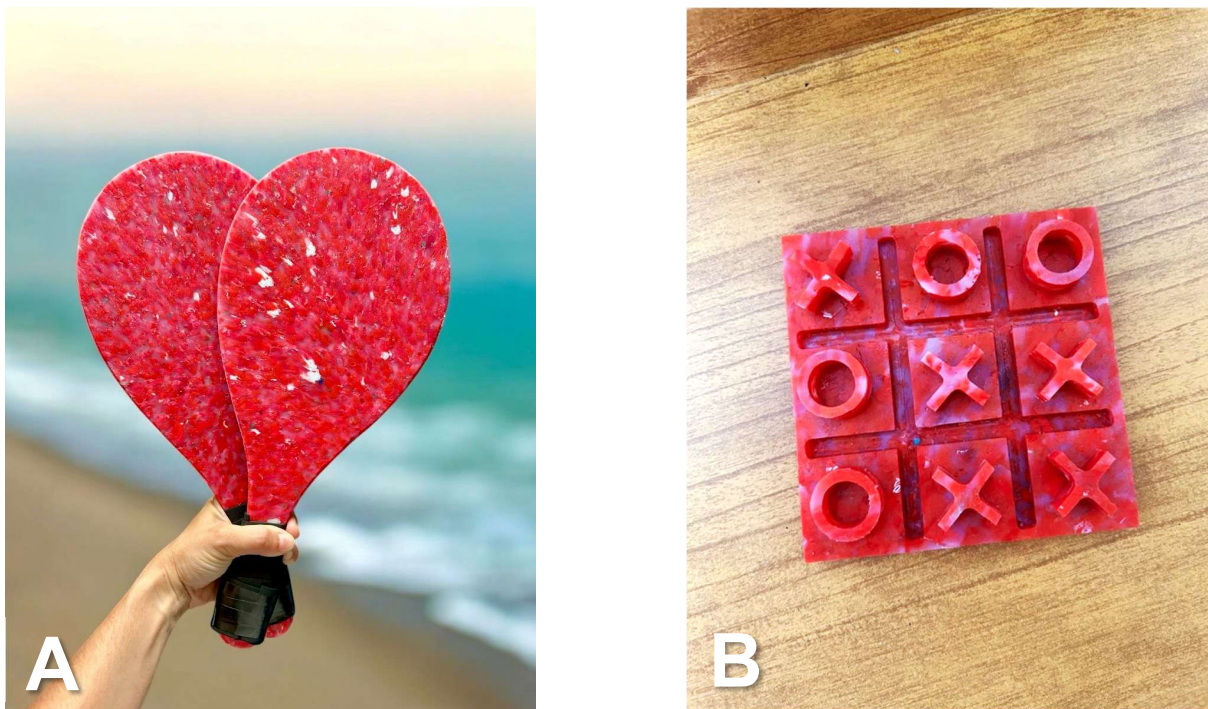
**Figura 3.** Compressão do material: (A) Prensa hidráulica a frio (B) Resultado da chapa após o processo de compressão.

A etapa seguinte consistiu no recorte da chapa no formato de *handboard* (prancha de mão para surfar), com dimensões de 24 x 13 cm e peso de 118 g, seguindo o *design* previamente elaborado no software *AutoCAD* 2021. Para isso, utilizou-se uma fresadora CNC 500 W de alta precisão e repetibilidade, capaz de executar operações programadas via computador (Figura 4A). Considerando as dimensões da chapa, foi possível produzir um total de quatro *handboards*. Após a conclusão do processo, uma alça ajustável de tecido reciclado foi incorporada à *handboard* como elemento funcional (Figura 4B), proporcionando estabilidade à mão e evitando que a prancha deslize durante a prática esportiva, alinhando-se a princípios de *design* sustentável e ergonomia apontados por Subic (2019).



**Figura 4.** Etapa final do processo de reciclagem mecânica: (A) Fresadora CNC realizando o corte (B) *Handboard* finalizada.

Outros produtos de cunho esportivo e recreativo, diferenciando-se apenas pelo processo de corte, também foram produzidos, evidenciando a versatilidade e adaptabilidade da metodologia proposta para diferentes aplicações. A partir de duas chapas de plástico reciclado, foi possível fabricar um par de raquetes de frescobol (Figura 5A) e seis unidades do jogo da velha (Figura 5B). Cada raquete possui dimensões de 34 x 17 cm e peso de 200 g, enquanto o jogo da velha apresenta dimensões de 13 x 13 cm, com peças de 3,5 x 3,5 cm e peso total de 225 g.



**Figura 5.** Produtos desenvolvidos: (A) Raquetes de frescobol e (B) Jogo da velha.

É importante ressaltar que todas as sobras e fragmentos gerados durante o processo de reciclagem mecânica foram reincorporados à linha de produção, permitindo o fechamento do ciclo de vida útil do material.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de reciclagem mecânica apresentado permitiu a obtenção de chapas homogêneas de PEAD reciclado, com boa coesão entre os flocos, ausência significativa de bolhas e acabamento adequado para corte. A partir das três chapas produzidas, foi possível fabricar quatro *handboards*, um par de raquetes de frescobol e seis unidades do jogo da velha, totalizando 11 produtos funcionais.

A *handboard* produzida apresentou dimensões adequadas e, por meio de inspeção visual, foi possível constatar ergonomia satisfatória, demonstrando a possibilidade de uso do plástico reciclado na fabricação de produtos esportivos. De forma promissora, a confecção adicional de raquetes de frescobol e jogos da velha demonstrou que a metodologia proposta não se limita a um único tipo de produto, indicando potencial de replicabilidade para diversas categorias de itens esportivos e recreativos. Os resultados do presente estudo reforçam o papel da reciclagem mecânica como estratégia alinhada aos princípios da economia circular, especialmente quando aplicada a resíduos coletados em ambientes naturais sensíveis, como

praias (SCHYNS e SHAVER, 2021). Estudos anteriores já indicaram o potencial do uso de plásticos reciclados em produtos esportivos, e os achados do presente trabalho corroboram essas evidências ao demonstrar a funcionalidade do PEAD reciclado em diferentes aplicações (SUBIC e PATERSON, 2008; SUBIC, 2019).

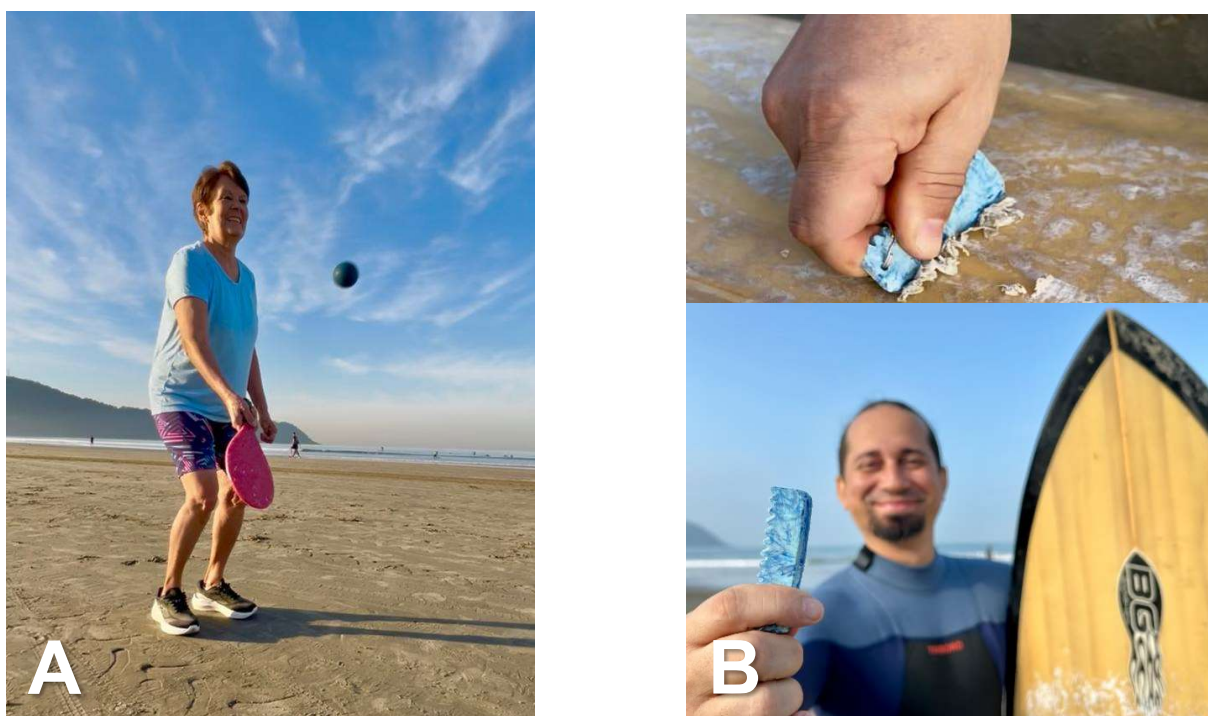
O custo para a fabricação de uma *handboard*, incluindo os processos diretamente ligados à reciclagem, como a higienização dos resíduos plásticos, o uso do forno a gás e o consumo de energia elétrica, além da alça de tecido reciclado e do regulador, é de R\$ 15,00. O preço de venda, no mercado, de *handboards* produzidas com plástico virgem é de aproximadamente R\$ 100,00. O custo para fabricar um par de raquetes de frescobol, considerando todos os processos envolvidos, bem como a aquisição da bolinha e do revestimento em Etileno Vinil Acetato aplicado na empunhadura para proporcionar maior conforto durante a prática esportiva, é de R\$ 30,00. O preço de venda de raquetes confeccionadas com plástico virgem é, em média, R\$ 100,00. O jogo da velha não envolveu acessórios adicionais em sua confecção, portanto, o custo total de produção foi de R\$ 12,00. O preço de venda, no mercado, de jogos da velha produzidos em plástico é de aproximadamente R\$ 50,00. Esses valores evidenciam que a fabricação de itens a partir de resíduos plásticos coletados em praias representa uma oportunidade de gerar produtos economicamente competitivos, ao mesmo tempo em que promove a valorização de resíduos, o reaproveitamento de materiais e a redução da demanda por plástico virgem, alinhando-se aos princípios da economia circular.

Além de agregar valor ambiental ao recuperar resíduos plásticos de ambientes naturais, como praias, a transformação de plásticos pós-consumo em novos produtos pode gerar valor percebido pelos consumidores, influenciando positivamente as decisões de compra. No presente estudo, a produção de *handboards*, raquetes de frescobol e jogos da velha a partir de PEAD reciclado mostrou que é possível gerar produtos funcionalmente adequados e esteticamente atrativos. Esses resultados corroboram achados de Magnier, Mugge e Schoormans (2019) e Ruokamo, Räsänen e Kauppi (2022), indicando que a presença de material reciclado aumenta a percepção de valor ambiental e, potencialmente, a disposição dos consumidores em adquirir os produtos.

Por outro lado, a estética desempenha um papel central na aceitação de produtos reciclados pelos consumidores, muitas vezes exercendo maior influência do que suas características funcionais (DU BOIS *et al.*, 2021; POLYPORTIS, MUGGE e MAGNIER, 2022; SULAIMANI *et al.*, 2025). Embora a literatura indique que artefatos reciclados são

frequentemente percebidos como visualmente inferiores, no caso dos produtos desenvolvidos, o acabamento uniforme das chapas e o *design* funcional resultaram em produtos visualmente aceitáveis, minimizando possíveis objeções estéticas e reforçando a viabilidade da metodologia adotada (CRILLY, MOULTRIE e CLARKSON, 2004; KIM, JUNG e LEE, 2021). Além disso, estudos demonstram que integrar atributos visuais cuidadosamente projetados às narrativas de sustentabilidade pode reduzir objeções estéticas e aumentar a aceitação de produtos reciclados no mercado (WINTERICH, NENKOV e GONZALES, 2019; SULAIMANI *et al.*, 2025).

Embora a percepção do público não tenha sido formalmente avaliada no presente estudo, observa-se que os produtos desenvolvidos apresentam características de *design*, funcionalidade e acabamento que sugerem potencial de atratividade e valor percebido. Essa vertente contribui para a viabilidade do produto, especialmente em termos de engajamento social e conscientização ambiental, independentemente da faixa etária (Figuras 6 e 7).



**Figura 6.** Engajamento do público com os produtos: (A) Idosa praticando frescobol e (B) Adulto utilizando o raspador de parafina.



**Figura 7.** Engajamento do público com os produtos: (A) Criança surfando com a *handboard* e (B) Idoso interagindo com o jogo da velha.

É válido destacar que uma iniciativa estritamente científica como esta evoluiu para um negócio de impacto socioambiental. A oficina criativa de reciclagem Paradas combina sustentabilidade, *design* funcional e engajamento social, a ponto de ter despertado interesse espontâneo de renomadas emissoras de televisão aberta do país (Figura 8A e Figura 8B). Tal visibilidade indica que os produtos não apenas cumprem sua função prática, mas também geram comoção pública, sensibilizando a sociedade para a importância da reciclagem criativa e reforçando o potencial transformador da economia circular aplicada a resíduos plásticos.



**Figura 8.** Repercussão na mídia: (A) Entrevista ao vivo para o Jornal da TV Tribuna, afiliada da rede Globo na Baixada Santista e (B) Reportagem para a VTV, afiliada do SBT na Baixada Santista.

É importante enfatizar que a viabilidade da reciclagem não depende exclusivamente da tecnologia empregada, mas também do estado estrutural do polímero, onde a qualidade do produto reciclado está diretamente relacionada ao grau de degradação previamente sofrido pelo polímero (PATEL *et al.*, 2024). Devido à sua estabilidade química e à baixa biodegradabilidade, os polímeros plásticos sintéticos tendem a persistir e a se acumular no ambiente por tempo prolongado, sendo que, no ambiente marinho, os processos de degradação são ainda mais lentos (BARNES *et al.*, 2009; GEWERT, PLASSMANN e MACLEOD, 2015). Em se tratando especificamente de plásticos recuperados do oceano, a degradação ocorre quando estes permanecem na água por muito tempo e são submetidos às forças mecânicas das ondas e do vento, à exposição à radiação UV, à oxidação e à bioincrustação (MASRY *et al.*, 2021; IBRAHIM *et al.*, 2025; POLRUANG *et al.*, 2025). Conseqüentemente ocorre redução da resistência mecânica do polímero plástico e aumento da fragilidade do material reprocessado, comprometendo o seu desempenho em aplicações subsequentes, incluindo a reciclagem (PETI, DOBRÁNSKY e MICHALÍK, 2025).

Pesquisadores demonstraram que, após dez ciclos de reciclagem, foram observadas reduções na dureza e na resistência à deformação do PEAD, indicando a deterioração de suas propriedades devido ao calor, às tensões mecânicas e à oxidação com o aumento dos ciclos de reprocessamento (OBLAK *et al.*, 2015). Dessa forma, ressalta-se que é fundamental avaliar o

estado do polímero antes de sua reinserção na cadeia produtiva para evitar esforços e custos envolvidos na geração de produtos reciclados com menor desempenho estrutural e funcionalidade. Nesse sentido, Pelegrini *et al.* (2019) avaliaram os níveis de degradação de PEAD encontrados no oceano e constataram que, embora houvesse sinais de degradação, mesmo após a reciclagem os polímeros ainda apresentaram propriedades mecânicas e térmicas comparáveis às de materiais virgens. Sob essa óptica, a reciclagem mecânica continua sendo uma estratégia tecnicamente viável e ambientalmente vantajosa para valorizar resíduos plásticos provenientes de ambientes costeiros, como praias.

Apesar da viabilidade técnica e do incentivo à reciclagem como estratégia central de gestão de resíduos, a adesão permanece condicionada a limitações econômicas e estruturais. Em 2022, cerca de 400 milhões de toneladas de plástico foram produzidas, mas apenas 9% desse total foram recicladas, sendo o PEAD o polímero mais fabricado, representando 26% da produção global (HOUSSINI, LI e TAN, 2025). No Brasil, a taxa de reciclagem mecânica de plásticos alcançou aproximadamente 21%, com o PEAD ocupando a segunda posição entre os tipos de plástico mais reciclados no país (ABIPLAST, 2025). Os percentuais apresentados evidenciam não apenas a dificuldade de reciclar materiais complexos e contaminados, mas também restrições econômicas, já que os custos e esforços necessários para triagem e separação são elevados e a produção de resinas virgens permanece mais barata do que a reciclagem (HOUSSINI, LI e TAN, 2025).

Considerando esse cenário, mesmo com a ausência de ensaios mecânicos neste estudo, a confiabilidade da metodologia e a qualidade dos produtos reciclados são respaldadas por investigações anteriores que utilizaram processos semelhantes e obtiveram resultados positivos. No estudo de Reis (2024), conduzido na mesma oficina de reciclagem do presente trabalho, telhas domésticas foram confeccionadas a partir da reciclagem mecânica de PEAD proveniente de coleta domiciliar. Diversos ensaios foram realizados, incluindo a avaliação da resistência do PEAD à flexão, parâmetro importante para verificar sua capacidade de suportar cargas sem deformações estruturais. Foram também conduzidos testes de permeabilidade à água e de absorção ao longo do tempo, com o objetivo de compreender a durabilidade do PEAD em condições climáticas variáveis. Os resultados indicaram que o PEAD reciclado apresenta propriedades físicas e mecânicas adequadas, como baixa absorção de água e resistência à flexão dentro dos padrões esperados para outros tipos de telha. Esses achados reforçam a confiabilidade da metodologia adotada neste trabalho, mesmo quando aplicada a produtos de cunho esportivo e recreativo, como *handboards* e raquetes de frescobol, que inevitavelmente

estarão sujeitos a variáveis ambientais, tais como água, maresia, exposição à luz solar, variações de temperatura e umidade.

Os resultados apresentados indicam que a metodologia desenvolvida não apenas gera produtos funcionais, mas também oferece um caminho sustentável para a reutilização de resíduos plásticos.

#### 4 CONCLUSÕES

O presente estudo demonstrou que resíduos plásticos do tipo PEAD podem ser transformados, por meio de uma metodologia de reciclagem mecânica, em produtos esportivos e recreativos funcionalmente adequados. A confecção de produtos como *handboards*, raquetes de frescobol e jogos da velha, evidenciou a versatilidade do processo e seu potencial de aplicação em diferentes contextos.

Os resultados alcançados, aliados às evidências da literatura sobre o desempenho mecânico do PEAD reciclado, indicam que a metodologia proposta constitui uma alternativa viável e replicável para iniciativas que integrem *design*, esporte, recreação e sustentabilidade. Estudos futuros poderão aprofundar a caracterização mecânica dos produtos, ampliando ainda mais o embasamento técnico da proposta.

#### 5 AGRADECIMENTOS

L.P. Moreira agradece à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro por meio de bolsa de estudos (Código de Financiamento 001).

#### 6 REFERÊNCIAS

ABALANSA, S., EL MAHRAD, B., VONDOLIA, G.K., ICELY, J., NEWTON, A. 2020. The marine plastic litter issue: a social-economic analysis. *Sustainability*, 12, 20, 8677. <https://doi.org/10.3390/su12208677>

ABIPLAST. **Perfil 2025: Indústria de Transformação & Reciclagem de Plástico no Brasil [relatório online]**. São Paulo: Associação Brasileira Da Indústria Do Plástico, 2025. Disponível em: [https://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2025/10/PERFIL\\_2025ABIPLAST\\_digital.pdf](https://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2025/10/PERFIL_2025ABIPLAST_digital.pdf) . Acesso em: 16 dez. 2025.

BARNES, David KA et al. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. 2009. *Philos. Trans. R. Soc. B, Biol. Sci.* 364, 1526, 1985–1998.

BROWN, T. **Química: A ciência central**. São Paulo: Pearson, 2016.

BUSTAMANTE, D., LONDOÑO-PINEDA, A., CANO, J.A., WEYERS, S. 2025. Overcoming Barriers to Circular Economy in Plastic Packaging: Enablers and Integrated Strategies in Multinational Companies. **Sustainability**. 17, 21, 9757. <https://doi.org/10.3390/su17219757>

CALERO, M. GODOY, V., QUESADA, L., MARTÍN-LARA, M.A. 2021. Green strategies for microplastics reduction. **Curr. Opin. Green Sustain. Chem.** 28, 100442. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.100442>

CALLISTER, W.D., RETHWISCH, D.G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

CAMPBELL, M.L., PETERS, L., MCMAINS, C., DE CAMPOS, M.C.R., SARGISSON, R.J., BLACKWELL, B., et al. 2019. Are our beaches safe? Quantifying the human health impact of anthropogenic beach litter on people in New Zealand. **Sci. Total Environ.** 651, 2400–2409. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.137>

CANEVAROLO JR., S.V. **Ciência dos polímeros: um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. São Paulo: Artliber Editora, 2013.

CRILLY, N., MOULTRIE, J., CLARKSON, P. 2004. Seeing things: consumer response to the visual domain in product design. **Des. Stud.** 25, 6, 547–577. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2004.03.001>

DAVIDSON, M.G., FURLONG, R.A., MCMANUS, M.C. 2021. Developments in the life cycle assessment of chemical recycling of plastic waste—A review. **J. Clean. Prod.** 293, 126163. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126163>

DU BOIS, E., VEELAERT, L., TORMANS, E., MOONS, I. 2021. How should plastic recyclates look like to be perceived as sustainable: A first exploration. **Proc. Des. Soc.** 1, 1765–1774. <https://doi.org/10.1017/pds.2021.438>

GEWERT, B., PLASSMANN, M.M., MACLEOD, M. 2015. Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment. **Environ. Sci. Process. Impacts.** 17, 9, 1513–1521. <https://doi.org/10.1039/C5EM00207A>

GORNI, A. 2006. As Siderúrgicas São o Novo Espaço para a Reciclagem Energética de Plásticos Pós-Consumo. **Plast. Indust.** 8, 89, 84–100.

HOUSSINI, K., LI, J., TAN, Q. 2025. Complexities of the global plastics supply chain revealed in a trade-linked material flow analysis. **Commun. Earth Environ.** 6, 1, 257. <https://doi.org/10.1038/s43247-025-02169-5>

IBRAHIM, N., RAHMAN, A.M.N.A.A., SHAFIQ, M.D., LOCKMAN, Z., JAAFAR, M., KAMEDA, Y. 2025. Microplastic pollution: Sources, degradation mechanisms, analytical advances, and mitigation strategies for environmental sustainability. **Rev. Environ. Contam. Toxicol.** 263, 1, 1–42. <https://doi.org/10.1007/s44169-025-00098-0>

- JAMBECK, J.R., GEYER, R., WILCOX, C., SIEGLER, T.R., PERRYMAN, M., ANDRADY, A., NARAYAN, R., LAW, K.L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**. 347, 768–771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- LAMTAI, A., ELKOUN, S., ROBERT, M., MIGHRI, F., DIEZ, C. 2023. Mechanical recycling of thermoplastics: a review of key issues. **Waste**. 1, 4, 860–883. <https://doi.org/10.3390/waste1040050>
- LOU, Y., LEI, Q., WU, G. 2019. Research on Polymer Viscous Flow Activation Energy and Non-Newtonian Index Model Based on Feature Size. **Adv. Poly. Technol.** 1, 1070427. <https://doi.org/10.1155/2019/1070427>
- MAGNIER, L., MUGGE, R., SCHOORMANS, J. 2019. Turning ocean garbage into products—Consumers’ evaluations of products made of recycled ocean plastic. **J. Clean. Prod.** 215, 84–98. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134720>
- MANO, E., MENDES, L.C. **Introdução a polímeros**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.
- MASRY, M., ROSSIGNOL, S., GARDETTE, J.L., THERIAS, S., BUSSIÈRE, P.O., WONG-WAH-CHUNG, P. 2021. Characteristics, fate, and impact of marine plastic debris exposed to sunlight: A review. **Mar. Pollut. Bull.** 171, 112701. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112701>
- OBLAK, P., GONZALEZ-GUTIERREZ, J., ZUPANČIČ, B., AULOVA, A., EMRI, I. 2015. Processability and mechanical properties of extensively recycled high density polyethylene. **Polym. Degrad. Stab.** 114, 133–145. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2015.01.012>
- PARENTE, R.A. **Elementos Estruturais de Plástico Reciclado**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- PATEL, A.D., SCHYNS, Z.O., FRANKLIN, T.W., SHAVER, M.P. 2024. Defining quality by quantifying degradation in the mechanical recycling of polyethylene. **Nat. Commun.** 15, 1, 8733. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-52856-8>
- PEDROSO, A.G., ROSA, D.S., ATVARS, T.D.Z. 2002. Manufacture of sheets using post-consumer unsaturated polyester resin/glass fibre composites. **Prog. Rubber Plast. Reycl Technol.** 18, 2, 111–125. <https://doi.org/10.1177/147776060201800203>
- PELEGRINI, K., MARASCHIN, T.G., BRANDALISE, R.N., PIAZZA, D. 2019. Study of the degradation and recyclability of polyethylene and polypropylene present in the marine environment. **J. Appl. Polym. Sci.** 136, 48, 48215. <https://doi.org/10.1002/app.48215>
- PETI, D., DOBRÁNSKY, J., MICHALÍK, P. 2025. Recent advances in polymer recycling: a review of chemical and biological processes for sustainable solutions. **Polymers**. 17, 5, 603. <https://doi.org/10.3390/polym17050603>
- POLRUANG, S., ASOKBUNYARAT, V., BOUTHONG, P., RIZQA, F., SOMPRASONG, A. 2025. Simulated environmental weathering of expanded polystyrene foam and

polypropylene under UV and wave agitation. **Sci. Rep.** 15, 1, 38649.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-025-22367-7>

POLYPORTIS, A., MUGGE, R., MAGNIER, L. 2022. Consumer acceptance of products made from recycled materials: A scoping review. **Resour. Conserv. Recy.** 186, 106533.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106533>

REIS, C. **Viabilidade de Telha de Plástico PEAD Reciclado**. 2024. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Santa Cecília, Santos.

RUOKAMO, E., RÄISÄNEN, M., KAUPPI, S. 2022. Consumer preferences for recycled plastics: Observations from a citizen survey. **J. Clean. Prod.** 379, 134720.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134720>

SAHU, R., SINGH, M.K., SINGH, G., AGARWAL, N., YADAV, A.S., CHINCHOLKAR, P., et al. **Optimization techniques in compression moulding: a comprehensive review**. In: Materials Science Forum, Volume 1112. Trans Tech Publications Ltd, p. 41–48, 2024.

SÁNCHEZ, C. 2020. Fungal potential for the degradation of petroleum-based polymers: An overview of macro-and microplastics biodegradation. **Biotechnol. Adv.** 40, 107501.  
<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2019.107501>

SCHYNS, Z.O., SHAVER, M. P. 2021. Mechanical recycling of packaging plastics: a review. **Macromol. Rapid Commun.** 42, 3, 2000415. <https://doi.org/10.1002/marc.202000415>

SPINACÉ, M.A.S, DE PAOLI, M.A. 2005. A tecnologia da reciclagem de polímeros. **Quím. Nova.** 28, 65–72. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000100014>

SUBIC, A., PATERSON, N. **Life cycle assessment and evaluation of environmental impact of sports equipment**. In: The Engineering of Sport, Volume 3: Developments for Innovation. New York: Springer New York, p. 41–46, 2006.

SUBIC, A., PATERSON, N. **Integrating design for environment approach in sports products development**. In: The Impact of Technology on Sport II. London: Taylor & Francis, p. 25–37, 2008.

SUBIC, A. **Materials in sports equipment**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2019.

SUBIE, A., MOURITZ, A., TROYNIKOV, O. 2009. Sustainable design and environmental impact of materials in sports products. **Sports Technol.** 2, 3–4, 67–79.  
<https://doi.org/10.1080/19346182.2009.9648504>

SULAIMANI, S.H., EVES, B., GASHOOT, M., REYNOLDS, T., THOMAS, B. 2025. Factors influencing consumer perceptions of recycled plastic products: A literature review. **Clean. Responsib. Consumpt.** 18, 100318. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2025.100318>

WINTERICH, K. P., NENKOV, G.Y., GONZALES, G.E. 2019. Knowing what it makes: How product transformation salience increases recycling. **J. Mark.** 83, 4, 21–37.  
<https://doi.org/10.1177/0022242919842167>

ZHANG, K., HAMIDIAN, A.H., TUBIĆ, A., ZHANG, Y., FANG, J.K., WU, C., LAM, P.K. 2021. Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: A review. **Environ. Pollut.** 274, 116554. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116554>

## **CAPÍTULO 4**

### **EDUCAÇÃO FÍSICA QUE CONSCIENTIZA: PERCEPÇÕES DE PROFESSORES SOBRE A INTEGRAÇÃO ENTRE PRÁTICAS CORPORAIS DE AVENTURA E TEMAS AMBIENTAIS NO ENSINO FUNDAMENTAL II**

## RESUMO

Práticas Corporais de Aventura promovem bem-estar e consciência ambiental, mas ainda são pouco exploradas no contexto escolar. O presente estudo analisa a percepção de professores de Educação Física do Ensino Fundamental II sobre a inserção de Práticas Corporais de Aventura e temas ambientais nas aulas, assim como sua predisposição para desenvolver ações pedagógicas relacionadas à Educação Ambiental. Participaram 45 docentes (26 homens e 19 mulheres) de escolas da cidade de Praia Grande (SP), com idades entre 20 e 70 anos, que responderam a um questionário eletrônico estruturado contendo questões abertas e fechadas. Os dados foram analisados por meio de regressões logísticas binomial e multinomial, considerando como variáveis preditoras gênero, idade, tempo de formação e aprendizagem prévia sobre Práticas Corporais de Aventura. Os resultados indicaram consenso quanto ao potencial da Educação Física para promover comportamentos pró-ambientais e formação cidadã, sem registros de discordância entre os professores. O gênero, a idade, o tempo de formação e o aprendizado prévio sobre Práticas Corporais de Aventura mostraram-se preditores estatisticamente significativos em diferentes análises. Professores com maior experiência profissional apresentaram maior tendência a reconhecer a contribuição direta da Educação Física para a conscientização ambiental, enquanto docentes de faixas etárias intermediárias relataram maior frequência na implementação de projetos envolvendo reutilização de materiais recicláveis. O aprendizado prévio sobre Práticas Corporais de Aventura influenciou positivamente a percepção sobre a relevância da inserção de temas ambientais nas aulas. Conclui-se que, embora haja reconhecimento consolidado sobre a importância da integração entre Educação Física e Educação Ambiental, ainda se faz necessária a ampliação da formação inicial e continuada para fortalecer práticas pedagógicas sustentáveis no contexto escolar.

**Palavras-chave:** Educação Física escolar; atividades físicas na natureza; Educação Ambiental; formação docente; comportamento pró-ambiental.

## ABSTRACT

Outdoor Pursuits promote well-being and environmental awareness but remain underutilized in school settings. This study analyzes the perceptions of Physical Education teachers in middle school (Grades 6–9) regarding Outdoor Pursuits and environmental topics in their classes, as well as their willingness to implement pedagogical actions related to Environmental Education. A total of 45 teachers (26 men and 19 women) from schools in the city of Praia Grande (SP, Brazil), aged 20 to 70 years, participated by completing a structured electronic questionnaire with both open- and closed-ended questions. Data were analyzed using binomial and multinomial logistic regressions, considering gender, age, education level, time since graduation, socioeconomic level, and outdoor pursuits education as predictor variables. The results indicated a consensus on the potential of Physical Education to promote pro-environmental behaviors and civic engagement, with no reported disagreements among teachers. Gender, age, time since graduation, and outdoor pursuits education emerged as statistically significant predictors in various analyses. Teachers with greater professional experience were more likely to acknowledge the direct contribution of Physical Education to environmental awareness, whereas those in intermediate age groups reported higher frequency in implementing projects involving the reuse of recyclable materials. Outdoor pursuits education positively influenced perceptions regarding the importance of incorporating environmental topics into lessons. In conclusion, while there is broad recognition of the value of integrating Physical Education and Environmental Education, there remains a need to expand

initial and continuing teacher education to strengthen sustainable pedagogical practices in school contexts.

**Keywords:** School Physical Education; physical activities in natural environments; Environmental Education; teacher education; pro-environmental behavior.

## 1 INTRODUÇÃO

Os benefícios do contato com a natureza para o ser humano por meio da prática de atividades esportivas em ambientes costeiros e marinhos, já foram amplamente comprovados na literatura (REMME *et al.*, 2021; WICKS *et al.*, 2022). Dentre os benefícios observados, destacam-se a melhora do bem-estar físico e mental, redução do estresse, incentivo a adoção de um estilo de vida mais ativo, além da promoção da conscientização ambiental e a participação em trabalhos de conservação (ROCHER *et al.*, 2020).

As Práticas Corporais de Aventura (PCA), denominadas assim pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), são caracterizadas pela exploração de expressões e formas de experimentação corporal decorrentes de situações de imprevisibilidade, nas quais o indivíduo interage com um determinado ambiente desafiador (BRASIL, 2018). Anteriormente à BNCC, diversas terminologias foram empregadas para identificar estas práticas como “esportes radicais”, “esportes na natureza”, “atividades de aventura” (UVINHA, 2001; MUNSTER, 2004; MARINHO e SCHWARTZ, 2005).

Conforme publicado na BNCC, documento de caráter normativo elaborado pelo Ministério da Educação que define o conjunto de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica no Brasil, as PCA envolvem vertigem e risco controlado, sendo diferenciadas, portanto, em razão do ambiente necessário para realização (BRASIL, 2018). As PCA na natureza podem ser desenvolvidas no meio aéreo, aquático ou terrestre, como, tirolesa, *surfe* e corrida de orientação. Já as PCA urbanas incluem o *parkour*, patins, *skate*, dentre outros (BRASIL, 2018). Além disso, a BNCC apresenta a Educação Ambiental como um tema a ser tratado de maneira transversal, interdisciplinar e contextualizada em todas as áreas do conhecimento, com o objetivo de promover a formação de cidadãos críticos e conscientes sobre sustentabilidade, consumo responsável e as interações socioambientais (BRASIL, 2018; BALDUINO JUNIOR *et al.*, 2024). Dessa forma, estabeleceu-se uma interrelação entre a Educação Ambiental e as PCA na Educação Física escolar, as quais podem favorecer a construção de valores voltados à sustentabilidade e estimular comportamentos pró-ambientais.

As PCA no contexto escolar se destacam pelo potencial de integração entre a Educação Física e temas transversais como meio ambiente e sustentabilidade, proporcionando discussões e reflexões a respeito da consciência ambiental e a relação ser humano e natureza (FRANCO, TAHARA e DARIDO, 2018; FRANÇA e DOMINGUES, 2023). Nesse sentido, estudos pretéritos observaram mudanças na relação dos alunos com o meio ambiente ao vivenciarem as PCA nas aulas de Educação Física, revelando comportamentos pró-ambientais, assim como o estímulo à criatividade e a superação de limites (LUZ e OLIVEIRA, 2021). Ademais, Nunes (2023) observou que as PCA reduziram a evasão na Educação Física, uma vez que houve aumento no interesse e motivação para os alunos participarem das aulas do referido componente curricular obrigatório da Educação Básica.

Embora tenham sido incorporadas às unidades temáticas do currículo escolar da Educação Física do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental e do 1º ao 3º ano do Ensino Médio, as PCA podem ser trabalhadas pedagogicamente em qualquer etapa e modalidade de ensino, devendo ser adaptadas levando em consideração as condições de cada contexto escolar (BRASIL, 2018). No entanto, as PCA ainda são pouco desenvolvidas na Educação Básica por ausência de infraestrutura das escolas, insegurança em trabalhar atividades que envolvam riscos, resistência da gestão escolar, falta de conhecimento e formação continuada dos professores de Educação Física (SILVA, 2020; INÁCIO, 2021; RIBEIRO, PEREIRA e LOSANO, 2024).

Além das PCA possibilitarem o trabalho de conexão com a natureza e a promoção de comportamentos pró-ambientais, a Educação Física escolar pode incorporar recursos pedagógicos que reforcem a sustentabilidade, como o uso de materiais recicláveis nas atividades. Esses materiais podem ser utilizados para construir obstáculos, equipamentos e desafios, integrando-se às PCA e tornando as atividades mais criativas, acessíveis e ambientalmente conscientes (SEBASTIÃO e FREIRE, 2009). Estudos mostram que a inclusão de recicláveis favorece o engajamento dos estudantes e reforça conceitos de consumo responsável, reutilização e cuidado com o meio ambiente (MÉNDEZ-GIMÉNEZ, OJEDA PÉREZ e VALVERDE-PÉREZ, 2016; MÉNDEZ-GIMÉNEZ *et al.*, 2023). Dessa forma, o uso de recicláveis nas PCA escolares funciona como um instrumento pedagógico que conecta prática corporal, aprendizado e valores socioambientais, contribuindo para a formação de alunos conscientes e ativos na proteção ambiental (BAENA-MORALES e GONZÁLEZ-VÍLLORA, 2023; GOMES, 2025).

Entretanto, a implementação dessas propostas pedagógicas depende de como os professores as percebem e delas se apropriam. No campo da educação, percepção é entendida como as concepções, interpretações e construções cognitivas que os professores desenvolvem a partir da experiência profissional e das interações com o ambiente escolar, influenciando suas decisões pedagógicas e o modo como implementam conteúdos e práticas na Educação Física (FRANCO, TAHARA, DARIDO, 2018; LACERDA e SEPEL, 2019; COLTON *et al.*, 2024). Assim, investigar a percepção dos docentes é relevante, pois tais concepções refletem não apenas crenças sobre o valor das práticas pedagógicas, mas também os desafios e potencialidades percebidos para sua realização no cotidiano escolar, como evidenciado nos estudos que analisaram a percepção docente sobre práticas e conteúdos educacionais (CHAND, 2022; COLTON *et al.*, 2024).

Embora existam estudos sobre a relação entre Educação Física e meio ambiente, ainda há lacunas na ciência em relação aos desafios na implementação das PCA na perspectiva dos professores, bem como as potencialidades de tais práticas no campo da Educação Ambiental. Sendo assim, a presente pesquisa teve como objetivo analisar a percepção de professores de Educação Física do Ensino Fundamental II sobre a inserção de PCA e temas ambientais nas aulas, assim como sua predisposição para desenvolver ações pedagógicas relacionadas à Educação Ambiental.

Em vista disso, o estudo foi orientado por duas hipóteses. A primeira hipótese parte do pressuposto de que os professores de Educação Física que reconhecem a relevância das PCA e dos temas ambientais mostram maior predisposição para inserir essas atividades em suas aulas. A segunda hipótese considera que o reconhecimento da importância da Educação Ambiental para a formação cidadã aumenta a predisposição de professores de Educação Física para integrar materiais recicláveis em suas atividades pedagógicas.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Delineamento do estudo**

Entre fevereiro e março de 2025, participaram do estudo 45 professores de Educação Física (26 homens, 19 mulheres) com idades entre 20 e 70 anos, que ministravam aulas no Ensino Fundamental II em escolas situadas na cidade de Praia Grande, São Paulo.

O processo de recrutamento dos participantes da pesquisa ocorreu por meio de divulgação do convite e *link* do formulário na rede social *WhatsApp*. Após os indivíduos

acessarem o *link* e aceitarem participar do estudo, ou seja, concordando com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (anexo A), os sujeitos foram direcionados ao questionário sobre PCA e temas ambientais (apêndice A). O questionário eletrônico estruturado, elaborado no *Google Forms*, constitui-se de perguntas abertas e fechadas, contemplando questões de caráter sociodemográfico, atuação no contexto escolar e práticas pedagógicas de Educação Física associadas aos temas de meio ambiente e sustentabilidade.

Os critérios de inclusão abrangeram professores de Educação Física com idade igual ou superior a 20 anos; que ministrassem aulas de Educação Física no Ensino Fundamental II na cidade de Praia Grande, litoral de São Paulo (SP); que possuíssem acesso à internet; e que demonstrassem disposição e capacidade para responder a um questionário eletrônico em língua portuguesa. O estudo foi submetido à apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Santa Cecília – UNISANTA e aprovado sob o número de protocolo 84348624.4.0000.5513, tendo seguido todas as diretrizes para pesquisas em ambiente virtual comunicadas pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa.

## **2.2 Análise dos dados**

As probabilidades de respostas foram analisados por meio de regressões logísticas binomial e multinomial, realizando testes de omnibus do rácio de verossimilhanças para avaliar a significância global de cada preditor, considerando como variáveis predictoras categóricas o gênero, a idade, o nível educacional, o tempo de formação, o nível socioeconômico e aprendizagem prévia em PCA (questões 1–7). Foram analisadas três variáveis-resposta (questões 8, 9 e 10): “Na sua opinião, Práticas Corporais de Aventura podem contribuir para a conscientização sobre a poluição dos oceanos e a importância da preservação dos ecossistemas marinhos?” (4 classes de resposta), “Você já desenvolveu ou desenvolveria projetos escolares que envolvem a reutilização de materiais recicláveis, como plásticos, nas atividades de Educação Física?” (5 classes de resposta) e “Você acredita que a inserção de temas ambientais nas aulas de Educação Física pode contribuir para a formação de cidadãos mais conscientes e responsáveis ambientalmente?” (6 classes de resposta). Foi ajustado um modelo multivariado incluindo simultaneamente as variáveis de interesse. Nível de significância estabelecido foi  $\alpha = 0,05$ . As análises foram conduzidas no *software* Jamovi (versão 2.6.44, 2025).

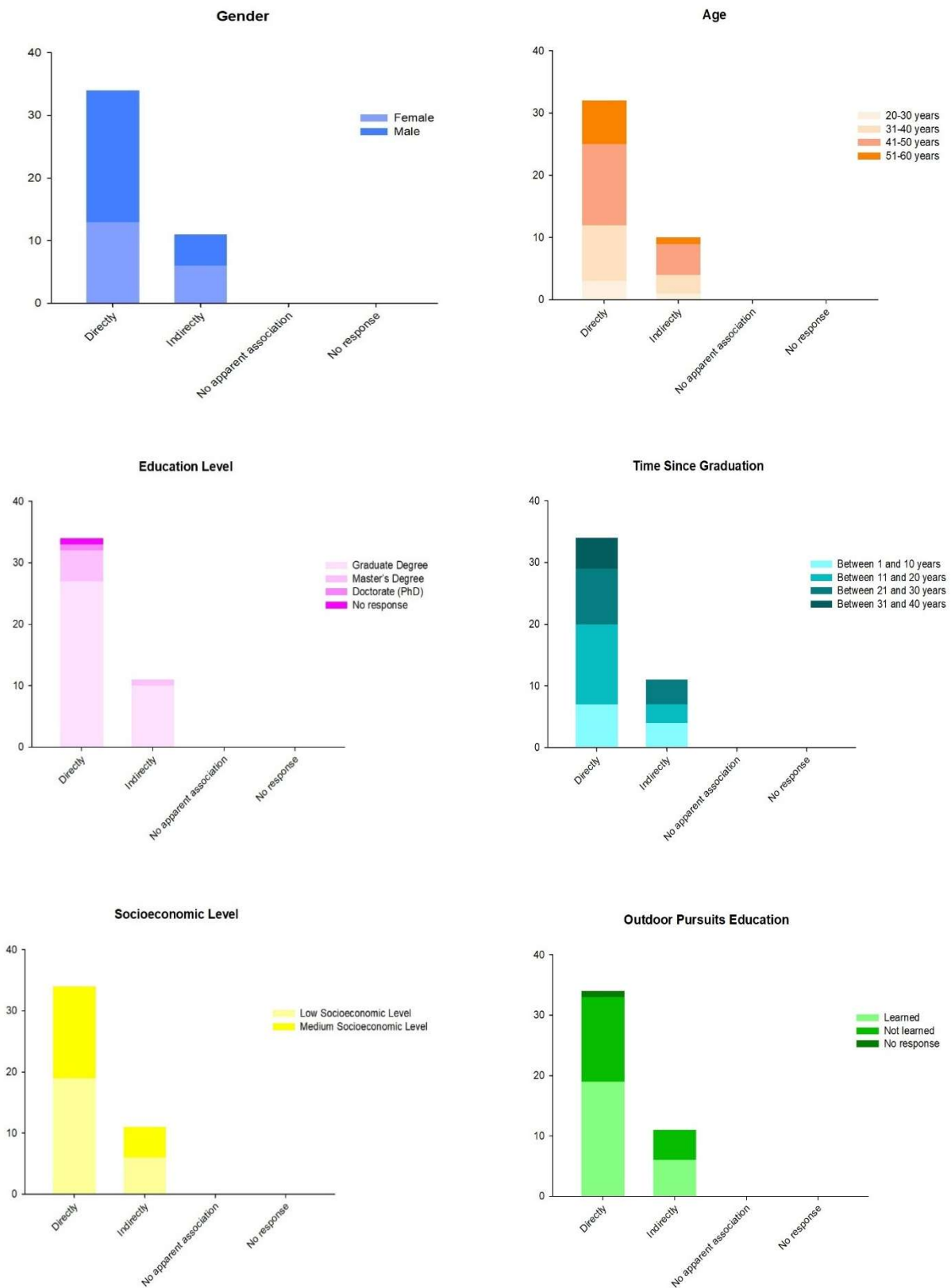
## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Contribuição das Práticas Corporais de Aventura para a conscientização sobre a poluição dos oceanos e a preservação dos ecossistemas marinhos**

A figura 1 mostra que todos os professores acreditam que as PCA contribuem para aumentar a consciência sobre a poluição do oceano e a importância da preservação dos ecossistemas marinhos, sendo que a maioria vê uma relação direta (76%; n = 34) e a menor parte considera essa relação como indireta (24%; n = 11). A Tabela 1 apresenta as medidas de ajustamento do modelo de regressão logística binomial para essa variável resposta, incluindo a Deviance, o AIC (Akaike Information Criterion) e os pseudo-R<sup>2</sup> de Cox & Snell e Nagelkerke, que indicam o quão bem o modelo se ajusta aos dados e a proporção de variância explicada (ŞAHIN e AYBEK, 2019). O teste omnibus do rácio de verossimilhanças foi utilizado para avaliar se os preditores incluídos no modelo de regressão logística binomial contribuem significativamente para o ajuste do modelo. As estatísticas apresentadas incluem a estatística Qui-quadrado (X<sup>2</sup>), os graus de liberdade (gl) e o valor-p correspondente (HOSMER, LEMESHOW e STURDIVANT, 2013).

Das variáveis preditoras testadas, o tempo de formação apresenta valor de p limítrofe (p = 0,06) (Tabela 2) ao nível de significância estabelecido, o que indica que há ao menos uma tendência de que o tempo de formação influencie no reconhecimento do papel da Educação Física na promoção da conscientização ambiental, especialmente no que diz respeito ao oceano e aos ecossistemas marinhos. Entre os docentes com 1 e 10 anos de formação, 64% indicaram contribuição direta (n = 7) e 36% contribuição indireta (n = 4). Na faixa de 11 e 20 anos, 81% apontaram contribuição direta (n = 13) e 19% indireta (n = 3). Entre aqueles com 21 e 30 anos de formação, 69% relataram contribuição direta (n = 9) e 31% indireta (n = 4). Já entre os professores com 31 e 40 anos de formação, a totalidade dos participantes indicou contribuição direta da Educação Física para essa conscientização (100%; n = 5). Não houve respostas para as opções “não vejo relação” e “prefiro não responder”.

**Question: Do Outdoor Pursuits in school Physical Education classes contribute to raising awareness about ocean pollution and the importance of preserving marine ecosystems?**



**Figura 1.** Contribuição das Práticas Corporais de Aventura para aumentar a consciência sobre a poluição do oceano e a importância da preservação dos ecossistemas marinho. As opções de resposta foram: diretamente; indiretamente; não vejo relação; prefiro não responder.

**Tabela 1.** Medidas de ajustamento do modelo de regressão logística binomial para percepção sobre Práticas Corporais de Aventura, conscientização e preservação (n = 45).

<b>Model</b>	<b>Deviance</b>	<b>AIC</b>	<b>R<sup>2</sup><sub>CS</sub></b>	<b>R<sup>2</sup><sub>CS</sub></b>
1	37.7	67.7	0.246	0.357

A percepção dos professores sobre a contribuição direta das PCA para o aumento da consciência acerca da poluição do oceano e da importância da preservação dos ecossistemas marinhos é predominante em todas as faixas analisadas e se intensifica com o aumento da experiência profissional, atingindo a concordância unânime entre os docentes com maior tempo de atuação. Esse padrão sugere que professores mais experientes podem apresentar uma visão pedagógica mais integrada, compreendendo a Educação Física para além da cultura corporal de movimento, reconhecendo seu potencial interdisciplinar, crítico e formativo (SCHNITZLER *et al.*, 2025). O fato de todos os docentes reconhecerem, direta ou indiretamente, a relação entre Educação Física e conscientização ambiental evidencia oportunidades para o desenvolvimento de propostas pedagógicas que dialoguem com a sustentabilidade, como demonstrado anteriormente (PASEK *et al.*, 2022; TEIXEIRA, 2023; YFANTIDOU *et al.*, 2025). Por outro lado, a estrutura dos cursos de graduação em Educação Física no Brasil pode restringir a implementação de práticas pedagógicas voltadas à Educação Ambiental, concentrando-se em modelos que valorizam excessivamente modalidades esportivas, de forma fragmentada, voltados à reprodução de gestos motores técnicos (DOMINGUES, KUNZ e ARAÚJO, 2011). Assim, os achados do presente estudo apontam para a necessidade de aprofundar a formação inicial e continuada dos professores, de modo a ampliar a compreensão e a aplicação de estratégias que integrem a Educação Física às questões ambientais contemporâneas.

**Tabela 2.** Teste omnibus do rácio de verossimilhanças para percepção sobre Práticas Corporais de Aventura, conscientização e preservação ambiental.

<b>Predictor</b>	<b>X<sup>2</sup></b>	<b>gl</b>	<b>p</b>
Gender	2.353	1	0.125
Age	3.207	4	0.524
Education Level	5.034	3	0.169
Time Since Graduation	7.188	3	0.066
Socioeconomic Level	0.522	1	0.470
Outdoor Pursuits Education	0.145	2	0.930

### 3.2 Projetos escolares envolvendo a reutilização de materiais recicláveis nas aulas de Educação Física

A maior parte dos professores já desenvolveu projetos escolares envolvendo a reutilização de materiais recicláveis (73,3%; n = 33), seguido daqueles que têm a intenção de desenvolvê-los (13,3%; n = 6), enquanto 11,1% (n = 5) ainda não desenvolveram mas gostariam de aprender e 2,2% (n = 1) não consideram relevante. De acordo com a regressão logística multinomial (Tabela 3), a idade mostrou-se um preditor significativo ( $p = 0,022$ ) (Tabela 4).

**Tabela 3.** Medidas de ajustamento do modelo de regressão logística multinomial para percepção sobre o desenvolvimento de projetos escolares com materiais recicláveis (n = 45).

Model	Deviance	AIC	R <sup>2</sup> <sub>CS</sub>	R <sup>2</sup> <sub>CS</sub>
1	33.7	124	0.546	0.597

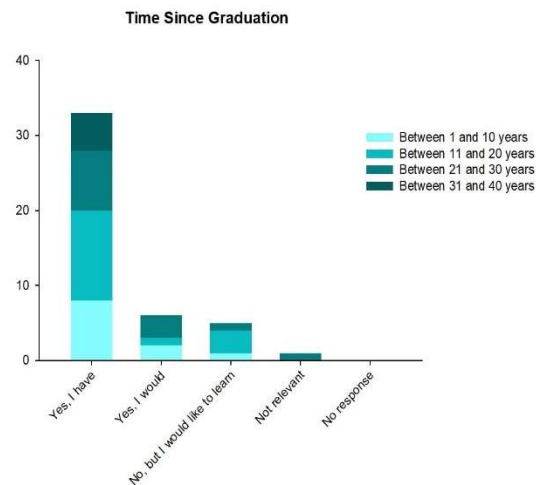
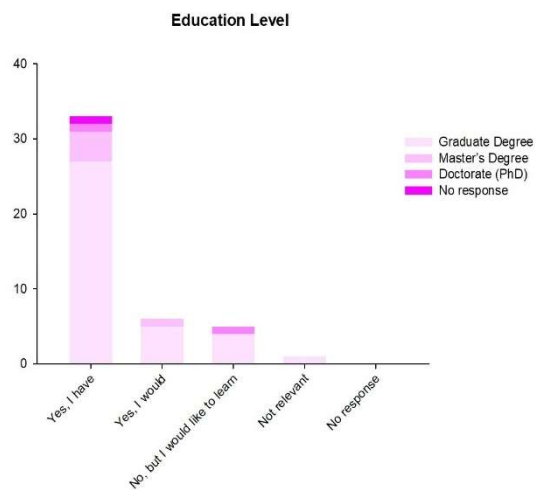
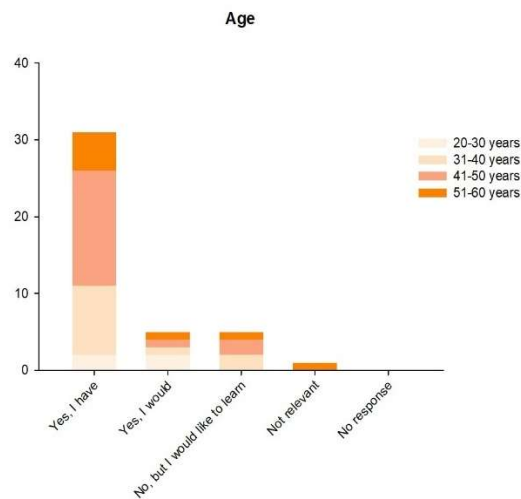
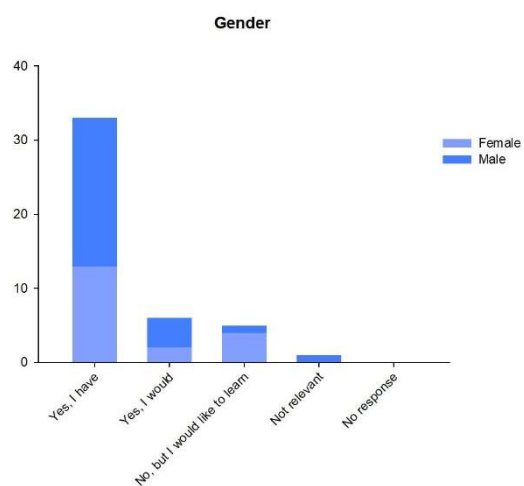
**Tabela 4.** Teste omnibus do rácio de verossimilhanças para percepção sobre o desenvolvimento de projetos escolares com materiais recicláveis.

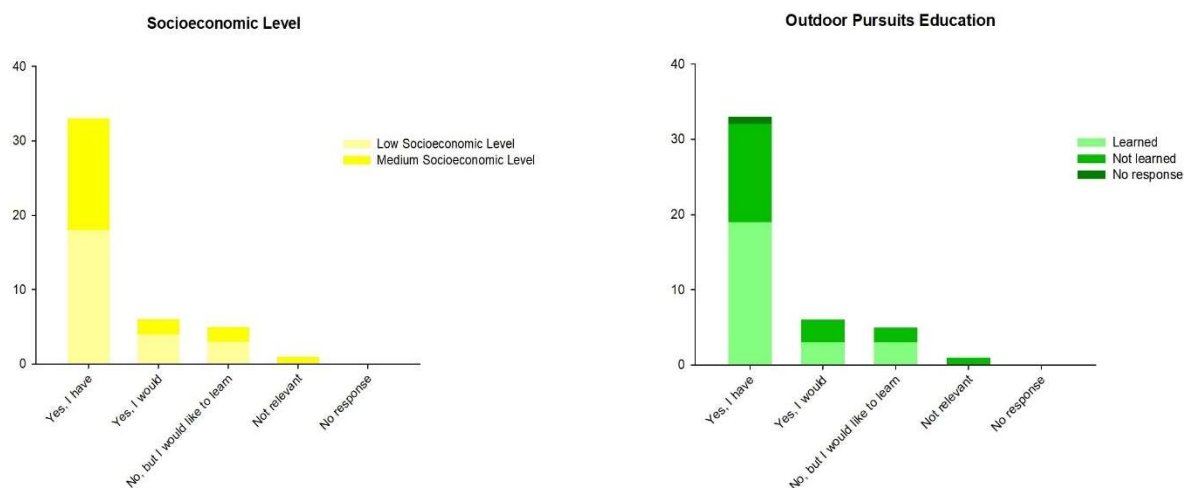
Predictor	X <sup>2</sup>	gl	p
Gender	5.19	3	0.159
Age	23.68	12	0.022
Education Level	10.13	9	0.340
Time Since Graduation	13.73	9	0.132
Socioeconomic Level	4.77	3	0.189
Outdoor Pursuits Education	2.02	6	0.917

Conforme apresentado na figura 2, na faixa etária de 20 e 30 anos (n = 4), 50% (n = 2) dos professores relataram já ter desenvolvido projetos desse tipo, enquanto 50% (n = 2) indicaram que desenvolveriam. Entre os docentes com idade entre 31 e 40 anos (n = 12), 75% (n = 9) afirmaram já ter desenvolvido projetos que envolvessem a reutilização de materiais recicláveis, 8,3% (n = 1) disseram que desenvolveriam, e 16,7% (n = 2) declararam não ter desenvolvido, mas gostariam de aprender como fazer. Na faixa de 41 e 50 anos (n = 18), 83,3% (n = 15) dos professores relataram já ter desenvolvido projetos, 5,6% (n = 1) indicaram que desenvolveriam, e 11,1% (n = 2) manifestaram interesse em aprender como fazer. Entre os docentes com idade entre 51 e 60 anos (n = 8), 62,5% (n = 5) afirmaram já ter desenvolvido iniciativas desse tipo, 12,5% (n = 1) disseram que desenvolveriam, 12,5% (n = 1) gostariam de aprender a fazer, e 12,5% (n = 1) consideraram irrelevante realizar projetos que envolvam

materiais recicláveis. Por fim, na faixa etária de 61 e 70 anos (n = 3), 66,7% (n = 2) relataram já ter desenvolvido projetos, e 33,3% (n = 1) indicaram que desenvolveriam.

**Question: Have you ever developed or would you consider developing school projects involving recyclable materials, such as plastics, in Physical Education classes?**





**Figura 2.** Desenvolvimento ou intenção de desenvolver projetos escolares envolvendo a reutilização de materiais recicláveis nas aulas de Educação Física. As opções de resposta foram: já desenvolvi; desenvolveria; não, mas gostaria de aprender como fazer; não considero relevante; prefiro não responder.

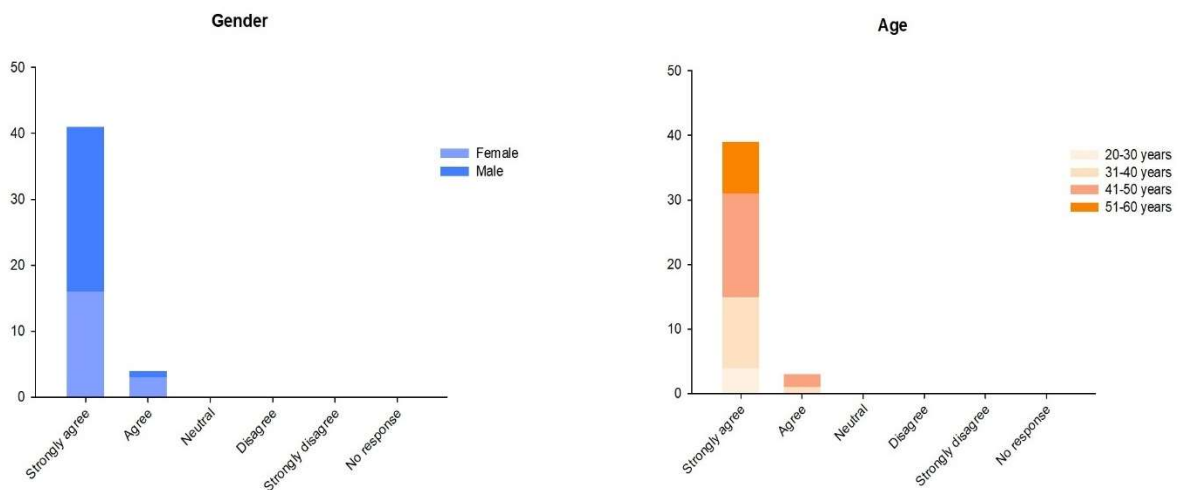
A iniciativa envolvendo materiais recicláveis apresentou-se mais frequente entre professores de 41 e 50 anos, sugerindo que professores em faixas intermediárias de idade possuem maior experiência prática e autonomia para implementar propostas pedagógicas sustentáveis. Tal constatação é coerente com a literatura que destaca a maturidade profissional como aspecto facilitador da inovação pedagógica e da integração da Educação Ambiental à prática escolar (HUBERMAN, 2000; DARIDO, 2012; TARDIF, 2014). Por outro lado, os achados indicam que docentes mais jovens (20–30 anos e 31–40 anos) tendem a manifestar intenção de desenvolver tais projetos ou interesse em aprender. De acordo com a literatura, embora professores mais jovens demonstrem atitudes positivas e receptividade para abordagens pedagógicas sustentáveis, ainda apresentam repertório docente limitado, evidenciando a importância da formação inicial e continuada que oportunize vivências práticas (DARIDO e RANGEL, 2011; STEVENSON *et al.*, 2017).

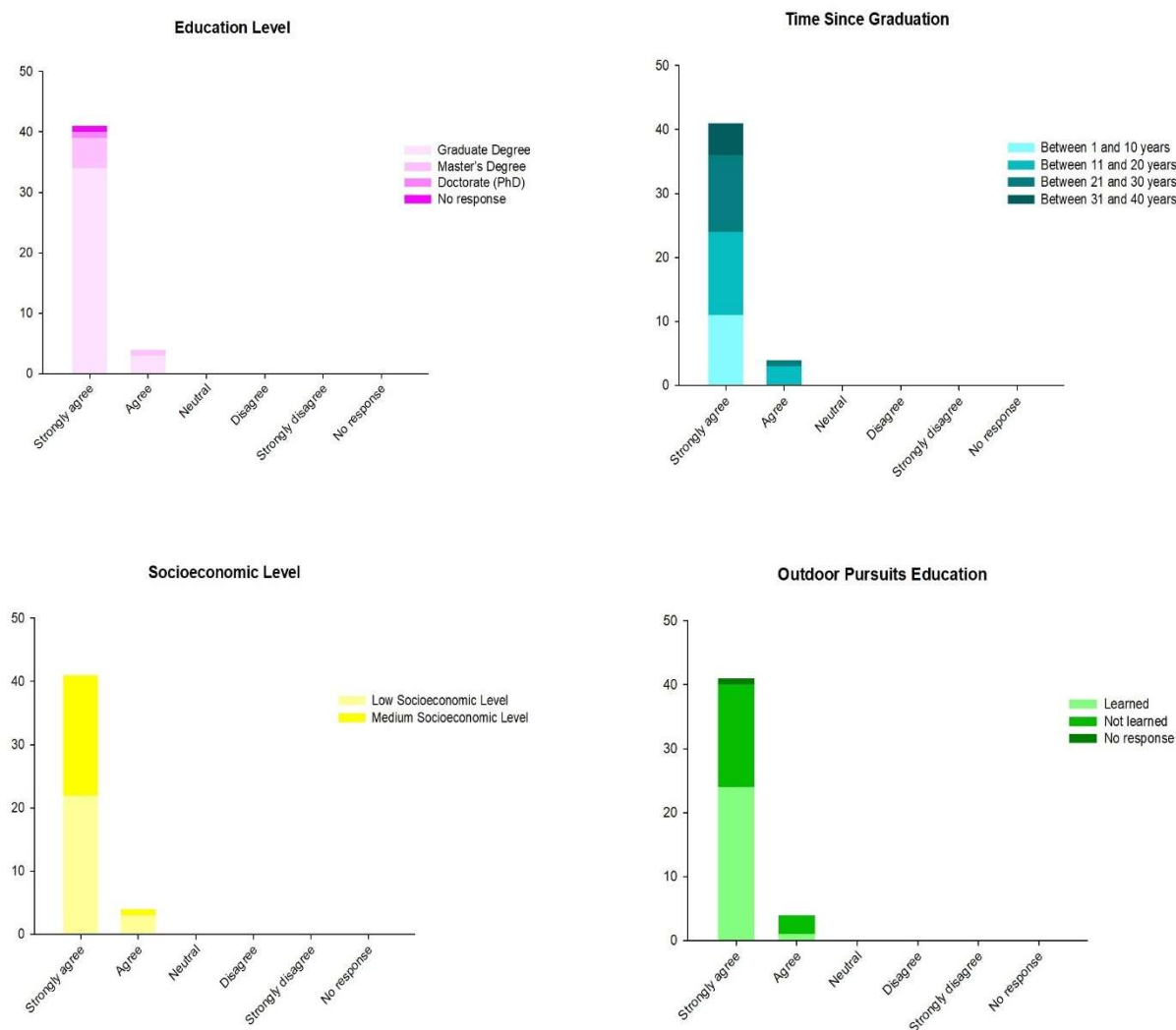
A maior variabilidade de respostas foi observada entre professores das faixas etárias mais elevadas (51–60 anos e 61–70 anos), possivelmente refletindo trajetórias docentes distintas e influenciadas por modelos de ensino mais tradicionais, nos quais a Educação Ambiental e iniciativas como a reutilização de materiais recicláveis não eram priorizadas durante a formação e a prática profissional (STERLING, 2010; LOUREIRO, 2019). Esses resultados enfatizam a importância de estratégias de capacitação pedagógica adaptadas às diferentes fases da carreira docente, considerando que a idade é um fator relevante para o engajamento com abordagens educacionais sustentáveis (DARIDO, 2012; STEVENSON *et al.*, 2017).

### 3.3 Contribuições de temas ambientais nas aulas de Educação Física para a formação de cidadãos mais conscientes e responsáveis ambientalmente

Em relação à percepção de que a inserção de temas ambientais nas aulas de Educação Física pode contribuir para a formação de cidadãos mais conscientes e responsáveis ambientalmente, o nível de concordância (se concorda totalmente ou se apenas concorda), de acordo com a regressão logística multinomial (Tabela 5) foi dependente do gênero ( $p = 0,019$ ), idade ( $p = 0,015$ ), tempo de formação ( $p = 0,031$ ) e aprendizado sobre PCA ( $p = 0,012$ ) (Tabela 6). Em se tratando do preditor gênero (figura 3), a maioria das professoras mostrou concordância total (84,2%;  $n = 16$ ), enquanto 15,8% ( $n = 3$ ) concordaram parcialmente. Entre os professores do gênero masculino ( $n = 26$ ), 96,2% ( $n = 25$ ) concordam totalmente e 3,8% ( $n = 1$ ) concordam parcialmente. Não houve respostas indiferentes ou discordantes em nenhum dos grupos.

**Question: Do environmental topics in school Physical Education classes contribute to the development of more environmentally conscious and responsible citizens?**





**Figura 3.** Temas ambientais nas aulas de Educação Física podem contribuir para a formação de cidadãos mais conscientes e responsáveis ambientalmente. As opções de resposta foram: concordo totalmente; concordo parcialmente; indiferente; discordo parcialmente; discordo totalmente; prefiro não responder

**Tabela 5.** Medidas de ajustamento do modelo de regressão logística binomial para percepção sobre temas ambientais e formação cidadã (n = 45).

Model	Deviance	AIC	R <sup>2</sup> <sub>CS</sub>	R <sup>2</sup> <sub>CS</sub>
1	2.40e-9	30.0	1.000	1.000

Estudos anteriores indicam que percepções acerca da importância da Educação Ambiental podem variar entre homens e mulheres, influenciadas por fatores culturais, educacionais e sociais (SAKELLARI e SKANAVIS, 2013; GEORGIU, HADJICHAMBIS e HADJICHAMBI, 2021). De modo geral, a inobservância de respostas negativas a essa questão reforça que a Educação Física pode atuar como um meio para promover a cidadania ambiental,

integrando práticas e reflexões sobre sustentabilidade (DOMINGUES, KUNZ e ARAÚJO, 2011; BAENA-MORALES *et al.*, 2025).

**Tabela 6.** Teste omnibus do rácio de verossimilhanças para percepção sobre temas ambientais e formação cidadã.

Predictor	X <sup>2</sup>	gl	p
Gender	5.55	1	0.019
Age	12.40	4	0.015
Education Level	7.04	3	0.071
Time Since Graduation	8.90	3	0.031
Socioeconomic Level	2.77	1	0.096
Outdoor Pursuits Education	8.81	2	0.012

A idade também se mostrou um preditor estatisticamente significativo ( $p = 0,015$ ) (Figura 3), conforme evidenciado na tabela 6. A maioria dos docentes concorda totalmente (91,1%;  $n = 41$ ), enquanto 8,9% ( $n = 4$ ) concordaram parcialmente. Na faixa etária de 20 e 30 anos, 100% dos professores ( $n = 4$ ) concordaram totalmente que a presença de temas ambientais nas aulas de Educação Física pode contribuir para a formação de cidadãos mais conscientes e responsáveis. Entre os docentes com idade entre 31 e 40 anos ( $n = 12$ ), observou-se uma predominância de concordância total (91,7%;  $n = 11$ ), enquanto 8,3% ( $n = 1$ ) relataram concordar parcialmente. Já na faixa etária de 41 e 50 anos ( $n = 18$ ), 88,9% ( $n = 16$ ) disseram concordar totalmente e 11,1% ( $n = 2$ ) concordaram parcialmente. Por outro lado, 100% ( $n = 8$ ) dos professores com idade entre 51 e 60 anos declararam concordância total com a contribuição dos temas ambientais para a formação cidadã. Por fim, na faixa etária de 61 e 70 anos ( $n = 3$ ), 66,7% ( $n = 2$ ) relataram concordar totalmente, enquanto 33,3% ( $n = 1$ ) afirmaram concordar parcialmente.

Embora todos os docentes tenham concordado, a diferença estatisticamente significativa na ênfase da concordância sugere nuances geracionais, que pode estar relacionada à maior proximidade das gerações mais jovens com pautas contemporâneas sobre conservação ambiental, mudanças climáticas e sustentabilidade em geral (BISWAS, 2021; WALLIS e LOY, 2021). Esses professores tendem a compreender a importância da Educação Ambiental como um eixo integrador das práticas pedagógicas, alinhado a abordagens críticas e interdisciplinares. Anteriormente, foi discutido que docentes das faixas etárias mais avançadas (51–60 anos e 61–70 anos) teriam vivenciado um modelo de ensino específico em sua formação inicial, o que

poderia ter influenciado sua disposição em desenvolver atividades envolvendo a reutilização de materiais recicláveis. No entanto, esses professores reconhecem o valor pedagógico de temas ambientais e concordam com sua integração às aulas de Educação Física.

Nesse sentido, há décadas a psicologia social tem buscado compreender por que os indivíduos frequentemente não agem de acordo com seus próprios discursos. Mesmo demonstrando alguma preocupação ambiental, nem sempre o ser humano adota comportamento pró-ambiente, como consumo consciente, transporte sustentável e gestão de resíduos (MANNONI, 2025). Sob essa perspectiva, é possível que essa seja a realidade dos docentes que acreditam na contribuição dos temas ambientais nas aulas de Educação Física para a cidadania, porém ainda não implementaram atividades de reutilização de materiais. Apesar das diferenças etárias verificadas, a ausência de respostas discordantes entre os participantes do estudo quanto à integração de temas ambientais nas aulas reforça um consenso robusto de que a Educação Física escolar constitui um componente curricular estratégico e privilegiado para o desenvolvimento da consciência ambiental, sobretudo por articular movimento e reflexão (FREIRE, 1996; GUIMARÃES, 2004).

O tempo de formação (Figura 3) também se mostrou um preditor estatisticamente significativo para as respostas dos professores ( $p = 0,031$ ), tal como apontado na tabela 6. A maioria dos docentes mostrou concordância total (91,1%;  $n = 41$ ), enquanto 8,9% ( $n = 4$ ) concordaram parcialmente. Entre os professores com tempo de formação entre 1 e 10 anos, observou-se que 100% ( $n = 11$ ) afirmaram concordar totalmente com a contribuição de temas ambientais nas aulas de Educação Física para a formação de cidadãos mais conscientes e responsáveis. Um resultado similar foi observado entre os docentes com 11 e 20 anos de formação, dos quais 81,3% ( $n = 13$ ) declararam concordar totalmente, enquanto 18,7% ( $n = 3$ ) concordaram parcialmente. Entre os professores com 21 e 30 anos de formação, 92,3% ( $n = 12$ ) manifestaram concordância total e 7,7% ( $n = 1$ ) relataram concordar parcialmente. Já os docentes com 31 e 40 anos de formação, a concordância total com a afirmação mostrou-se unânime (100%;  $n = 5$ ).

Os resultados indicam que a trajetória docente, pautada pelo tempo de formação, exerce influência sobre a percepção do papel educativo da Educação Física no que diz respeito a formação cidadã dos alunos do ponto de vista ambiental. De maneira semelhante ao observado na questão sobre a contribuição da Educação Física para conscientizar sobre a poluição dos oceanos e a importância da preservação dos ecossistemas marinhos, o tempo de formação também exerce efeito sobre as respostas. Em todas as faixas analisadas, predomina a percepção

de contribuição direta, compreendendo a Educação Física como espaço legítimo para o desenvolvimento da Educação Ambiental. Além disso, a vivência no contexto escolar tende a ampliar a percepção do docente sobre as pautas contemporâneas, incluindo questões ambientais, bem como sobre a necessidade de abordagens pedagógicas contextualizadas e integradoras (TARDIF, 2014). Por fim, o consenso favorável observado em todos os estratos de tempo de formação, sem registro de respostas negativas, corrobora com Darido e Rangel (2011), que destacam um movimento crescente de ressignificação da Educação Física escolar em direção a temas contemporâneos como sustentabilidade, cidadania e responsabilidade socioambiental.

O aprendizado sobre PCA (Figura 3) durante a formação acadêmica também se mostrou um preditor significativo ( $p = 0,012$ ) para a percepção sobre a inserção de temas ambientais nas aulas de Educação Física (tabela 6). A maioria dos docentes mostrou concordância total (91,1%;  $n = 41$ ), enquanto 8,9% ( $n = 4$ ) concordaram parcialmente. Entre os professores que concordaram totalmente que a inclusão desses temas ambientais contribui para a formação de cidadãos mais conscientes e responsáveis ambientalmente, 58,5% ( $n = 24$ ) relataram ter aprendido sobre PCA durante a formação acadêmica, ao passo em que 39% ( $n = 16$ ) afirmaram não ter tido contato com esse conteúdo, e 2,5% ( $n = 1$ ) preferiu não responder se havia adquirido esse conhecimento ou não. Entre os que concordaram parcialmente, 25% ( $n = 1$ ) tinha aprendido sobre PCA, e 75% ( $n = 3$ ) não tinham essa experiência.

Tais achados sugerem que o aprendizado prévio em PCA pode influenciar positivamente a percepção de docentes sobre a relevância de abordar conteúdos ambientais na Educação Física, possivelmente por já estarem familiarizados com atividades pedagógicas ao ar livre, realizadas em ambientes naturais, que associam movimento, saúde e reflexões sobre a relação ser humano–natureza (BETTI, 2009; FRANÇA e DOMINGUES, 2023). Não foram registradas respostas negativas à questão, indicando que todos os professores da amostra reconheceram algum grau de relevância na inclusão de temas ambientais nas aulas de Educação Física, independentemente de terem adquirido ou não conhecimentos sobre PCA durante a formação acadêmica. Entretanto, formações continuadas são recomendadas para ampliar o repertório pedagógico dos docentes e aprimorar a capacidade de desenvolver atividades que estimulam efetivamente a cidadania ambiental (DARLING-HAMMOND *et al.*, 2020).

#### **4 CONCLUSÕES**

Os resultados do presente estudo demonstram que há um consenso entre os docentes quanto à relevância de temas ambientais nas aulas de Educação Física escolar, reconhecendo esse componente curricular como espaço estratégico para a promoção da conscientização ambiental e da formação cidadã.

Preditores como gênero, idade, tempo de formação e aprendizagem prévia dos professores sobre Práticas Corporais de Aventura influenciaram significativamente determinadas percepções e práticas pedagógicas, sugerindo que aspectos relacionados à trajetória profissional e à formação acadêmica exercem papel expressivo na adoção de abordagens sustentáveis

Embora a maioria dos professores de Educação Física valorize a importância da Educação Ambiental, nem todos implementam efetivamente atividades nesse contexto, o que aponta a necessidade de aprimoramentos na formação inicial, assim como o estímulo à formação continuada, ampliando o repertório pedagógico docente.

Por fim, as Práticas Corporais de Aventura podem configurar um meio estratégico de integração entre movimento, natureza e reflexão crítica, favorecendo a construção de valores socioambientais no contexto escolar. No entanto, políticas de formação docente são imprescindíveis, bem como apoio institucional e condições estruturais adequadas, com vistas a viabilizar a implementação dessas práticas nas aulas de Educação Física.

## 5 AGRADECIMENTOS

L. P. Moreira agradece à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de estudos (Código Financeiro 001).

## 6 REFERÊNCIAS

BAENA-MORALES, S., GONZÁLEZ-VÍLLORA, S. 2023. Physical education for sustainable development goals: reflections and comments for contribution in the educational framework. **Sport, Education and Society**. 28, 6, 697–713. <https://doi.org/10.1080/13573322.2022.2045483>

BAENA-MORALES, S., FRÖBERG, A., GARCÍA-TAIBO, O., PONCE-GEA, A.I. 2025. Physical Education Teacher Education Students' Perceptions of Competencies for Sustainable Development in Their Degree Program. **Aust. J. Environ. Educ.** 1–16. <https://doi.org/10.1017/ae.2025.35>

BALDUINO JUNIOR, A.L., GUIMARÃES, M.G.P., SILVA, J.A., et al. 2024. Base Nacional Comum Curricular (BNCC): perspectivas para a integração da educação ambiental no currículo escolar. **Lumen et Virt.** 15, 42, 7140–7152. <https://doi.org/10.56238/levv15n42-043>

BETTI, M. **Educação física e sociedade: a Educação Física na escola brasileira**. 2a. ed. São Paulo: Hucitec, 2009.

BISWAS, T. 2021. Letting teach: Gen Z as socio-political educators in an overheated world. **Front. Polit. Sci.** 3, 641609.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: [https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_-versaofinal.pdf](https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal.pdf). Acesso em: 11 out. 2024.

CHAND, S.P. 2022. Teacher perception, practices, and attitudes towards approaches to learning. **J. Posit. Sch. Psychol.** 6, 6, 10004–10015.

COLTON, J., O'KEEFFE, L., BARRY, G., WHITE, B., WHITE, J. 2024. Teacher's perceptions of pedagogical practices in innovative learning spaces. **Pedagog. Cult. Soc.** 32, 3, 675–697. <https://doi.org/10.1080/14681366.2022.2073605>

DARIDO, S.C., RANGEL, I.C.A. **Educação Física na escola: implicações para a prática pedagógica**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

DARLING-HAMMOND, L., FLOOK, L., COOK-HARVEY, C., BARRON, B., OSHER, D. 2020. Implications for educational practice of the science of learning and development. **Appl. Dev. Sci.** 24, 2, 97–140. <https://doi.org/10.1080/10888691.2018.1537791>

DOMINGUES, S.C., KUNZ, E., ARAÚJO, L.C.G. 2011. Educação ambiental e educação física: possibilidades para a formação de professores. **Rev. Bras. Ciênc. Esporte.** 33, 559–571. <https://doi.org/10.1590/S0101-32892011000300003>

FRANÇA, D.L., DOMINGUES, S.C. 2023. Possibilidades e desafios no ensino das práticas corporais de aventura nas aulas de Educação Física escolar. **Motriv.** 35, 66, 1–22. <https://doi.org/10.5007/2175-8042.2023.e89906>

FRANCO, L.C.P., TAHARA, A.K., DARIDO, S.C. 2018. Práticas corporais de aventura nas propostas curriculares estaduais de educação física: relações com a base nacional comum curricular. **Corpoconsciência.** 22, 1, 66–76.

FREIRE, J.B. **Educação de corpo inteiro: teoria e prática da Educação Física**. São Paulo: Scipione, 1991.

GEORGIU, Y., HADJICHAMBIS, A.C., HADJICHAMBI, D. 2021. Teachers' perceptions on environmental citizenship: A systematic review of the literature. **Sustainability.** 13, 5, 2622. <https://doi.org/10.3390/su13052622>

GOMES, A.V. **Materiais pedagógicos sustentáveis na Educação Física escolar: uma revisão integrativa sobre experiências positivas**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso

(Licenciatura em Educação Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Sousa.

GUIMARÃES, M. **Educação ambiental: no consenso um embate?**. Campinas: Papirus Editora, 2007.

HOSMER JR, D.W., LEMESHOW, S., STURDIVANT, R.X. **Applied logistic regression**. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2013.

HUBERMAN, M. **O ciclo de vida profissional dos professores**. In: Nóvoa, A. (Org.). *Vidas de professores*. Porto: Porto Editora, 2000.

INÁCIO, H.L.D. 2021. Proposta de classificação das práticas corporais de aventura para o ensino na educação física escolar. **Rev. Bras. Ciênc. Esporte**. 43, e005321. <https://doi.org/10.1590/rbce.43.e005321>

LACERDA, C.C., SEPEL, L.M.N. 2019. Percepções de professores da Educação Básica sobre as teorias do currículo. **Educ. Pesqui**. 45, e197016. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634201945197016>

LUZ, D.C., OLIVEIRA, A.A.B. 2021. Orientação: um tesouro pedagógico das práticas corporais de aventura. **Cad. Educ. Fís. Esporte**. 19, 3, 227–231. <https://doi.org/10.36453/cefe.2021.n3.27476>

MANNONI, E. 2025. “I’m worried, but”: Unpacking the gap between environmental concern and pro-environmental behavior. **Swiss Political Sci. Rev.** 31, 644–665. <https://doi.org/10.1111/spsr.12660>

MARINHO, A., SCHWARTZ, G.M. 2005. Atividades de aventura como conteúdo da educação física: reflexões sobre seu valor educativo. **EFDeportes**. 10, 88, 1–8.

MÉNDEZ-GIMÉNEZ, A., CARRIEDO, A., FERNANDEZ-RIO, J., CECCHINI, J.A. 2023. Self-made material in physical education: Teacher perceptions of the use of an emerging pedagogical model before and during the COVID-19 pandemic. **Eur. Phys. Educ. Rev.** 29, 1, 107–124. <https://doi.org/10.1177/1356336X221118548>

MÉNDEZ-GIMÉNEZ, A., DE OJEDA PÉREZ, D.M., VALVERDE-PÉREZ, J.J. 2016. Students and teachers assessment of conventional and self-made material: Longitudinal crossover study in physical education. **Retos**. 30, 20–25.

MUNSTER, M.A.V. **Esportes na natureza e deficiência visual: uma abordagem pedagógica**. 2004. Tese (Doutorado em Educação Física) – Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

NUNES, S.S. **Práticas corporais de aventura: uma proposta para amenizar a evasão na educação física escolar no ensino médio**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Educação Física) – Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

- PASEK, M., BENDÍKOVÁ, E., KUSKA, M., ŽUKOWSKA, H., DRÓZDŽ, R., OLSZEWSKI-STRZYŻOWSKI, D. J., et al. 2022. Environmental knowledge of participants' outdoor and indoor physical education lessons as an example of implementing sustainable development strategies. **Sustainability**. 14, 1, 544. <https://doi.org/10.3390/su14010544>
- REMME, R.P., FRUMKIN, H., GUERRY, A.D., KING, A.C., MANDLE, L., SARABU, C., et al. 2021. An ecosystem service perspective on urban nature, physical activity, and health. **PNAS**. 118, 22, e2018472118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2018472118>
- RIBEIRO, M.C.R., PEREIRA, D.W., LOSANO, A.L. 2024. Práticas corporais de aventura na escola pública a partir de uma proposta interdisciplinar. **Rev. Saúde Corpo Mov.** 3, 3.
- ROCHER, M., SILVA, B., CRUZ, G., BENTES, R., LLORET, J., INGLÉS, E. 2020. Benefits of outdoor sports in blue spaces the case of School Nautical Activities in Viana do Castelo. **Int. J. Environ. Res. Public Health**. 17, 22, 8470. <https://doi.org/10.3390/ijerph17228470>
- ŞAHIN, M., AYBEK, E. 2019. Jamovi: an easy to use statistical software for the social scientists. **Int. J. Assess. Tools Educ.** 6, 4, 670–692.
- SAKELLARI, M., SKANAVIS, C. 2013. Environmental behavior and gender: An emerging area of concern for environmental education research. **Appl. Environ. Educ. Commun.** 12, 2, 77–87. <https://doi.org/10.1080/1533015X.2013.820633>
- SCHNITZLER, C., ROYET, T., DERIGNY, T., CECE, V. 2025. Physical Education for a Sustainable Future: Merging Promotion of Health Through Physical Literacy With Global Environmental Responsibility. **Aust. J. Environ. Educ.** 41, 1, 91–105. <https://doi.org/10.1017/ae.2025.7>
- SEBASTIÃO, L.L., FREIRE, E.S. 2009. A utilização de recursos materiais alternativos nas aulas de Educação Física: um estudo de caso. **Pensar Prát.** 12, 3. <https://doi.org/10.5216/rpp.v12i3.6766>
- SILVA, C.C. **Práticas corporais de aventura nos anos iniciais: a organização e a sistematização curricular nas aulas de Educação Física**. 2020. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- STEVENSON, R.B., LASSEN, M., FERREIRA, J.A., DAVIS, J. 2017. Approaches to embedding sustainability in teacher education: A synthesis of the literature. **Teach. Teach. Educ.** 63, 405–417.
- TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2014.
- TEIXEIRA, B.B. **Práticas corporais de aventura na natureza: possibilidades de vivências e conscientização ambiental na escola e na cidade de Pirenópolis-GO**. 2023. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Programa de Mestrado Profissional em Educação Física em Rede Nacional, Faculdade de Educação Física e Dança, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.
- UVINHA, R.R. **Juventude, Lazer e Esportes Radicais**. São Paulo: Manole, 2001.

WALLIS, H., LOY, L.S. 2021. What drives pro-environmental activism of young people? A survey study on the Fridays For Future movement. **J. Environ. Psychol.** 74, 101581. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2021.101581>

WICKS, C., BARTON, J., ORBELL, S., ANDREWS, L. 2022. Psychological benefits of outdoor physical activity in natural versus urban environments: A systematic review and meta-analysis of experimental studies. **Appl. Psychol. Health Wellbeing.** 14, 3, 1037–1061. <https://doi.org/10.1073/pnas.2018472118>

YFANTIDOU, G., KOULI, O., MORELA, E., KOULI, E. 2025. Enhancing Environmental Awareness in Tourism Through Movement: A Physical Education Approach. **Educ. Sci.** 15, 3, 297. <https://doi.org/10.3390/educsci15030297>

## **APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SOBRE PRÁTICAS CORPORAIS DE AVENTURA E TEMAS AMBIENTAIS**

### **1) Gênero:**

- Feminino
- Masculino
- Outro
- Prefiro não responder

### **2) Idade:**

- Entre 20 e 30 anos
- Entre 31 e 40 anos
- Entre 41 e 50 anos
- Entre 51 e 60 anos
- Entre 61 e 70 anos
- Prefiro não responder

### **3) Assinale seu nível de escolaridade:**

- Especialização lato sensu
- Mestrado
- Doutorado
- Prefiro não responder

### **4) Há quanto tempo você se formou como profissional de Educação Física?**

- Entre 1 e 10 anos
- Entre 11 e 20 anos
- Entre 21 e 30 anos
- Entre 31 e 40 anos
- Entre 41 e 50 anos
- Prefiro não responder

### **5) Há quanto tempo você atua no campo da Educação Física escolar?**

- Menos que 10 anos
- Entre 11 e 20 anos
- Entre 21 e 30 anos
- Entre 31 e 40 anos
- Mais que 41 anos
- Prefiro não responder

**6) Como você descreveria o contexto socioeconômico do bairro onde a escola em que você trabalha está localizada?**

- Baixo nível socioeconômico
- Médio nível socioeconômico
- Alto nível socioeconômico
- Prefiro não responder

**7) Durante sua formação acadêmica, você aprendeu sobre as Práticas Corporais de Aventura ou similares como esportes de aventura?**

- Sim
- Não
- Prefiro não responder

**8) Na sua opinião, Práticas Corporais de Aventura podem contribuir para a conscientização sobre a poluição dos oceanos e a importância da preservação dos ecossistemas marinhos?**

- Sim, diretamente
- Sim, indiretamente
- Não vejo relação
- Prefiro não responder

**9) Você já desenvolveu ou desenvolveria projetos escolares que envolvem a reutilização de materiais recicláveis, como plásticos, nas atividades de Educação Física?**

- Sim, já desenvolvi
- Sim, desenvolveria
- Não, mas gostaria de aprender como fazer
- Não considero relevante
- Prefiro não responder

**10) Você acredita que a inserção de temas ambientais nas aulas de Educação Física pode contribuir para a formação de cidadãos mais conscientes e responsáveis ambientalmente?**

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Indiferente
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente
- Prefiro não responder

## **ANEXO A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO PARA AMBIENTE VIRTUAL**

Prezado(a) .....

Você está sendo convidado(a) para participar de uma pesquisa aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Santa Cecília, de acordo com as exigências da Resolução nº. 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde.

Antes de você responder às perguntas relacionadas ao estudo, apresentaremos o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) para sua leitura e anuência.

Seja bem-vindo(a)!



### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)**

Você está sendo convidado(a) para participar da pesquisa “Educação Física, meio ambiente e sustentabilidade: uma análise das práticas corporais de aventura na perspectiva dos professores de uma rede municipal da Baixada Santista, SP”. O objetivo do estudo é analisar os desafios e competências dos professores de Educação Física do Ensino Fundamental II da rede municipal de Praia Grande em relação às práticas corporais de aventura, considerando os diferentes contextos escolares e a integração de temas como o meio ambiente e sustentabilidade. O (A) pesquisador(a) responsável por esta pesquisa é Letícia Parada Moreira, Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Santa Cecília.

Convidamos você para responder a este questionário com duração de aproximadamente 10 minutos, sobre as dificuldades e recursos dos professores de Educação Física da rede municipal de Praia Grande para desenvolver práticas corporais de aventura, com ênfase na relação com o meio ambiente e a sustentabilidade. O acesso ao questionário somente ocorrerá depois de você ter dado o seu consentimento para participar neste estudo. Você poderá contribuir para esta pesquisa ao responder às questões. Contudo, você não deve participar contra a sua vontade. Os dados serão arquivados por 5 anos no computador pessoal do(a) pesquisador(a) responsável.

A pesquisa envolve risco mínimo de possível desconforto, oriundo de lembranças desagradáveis despertadas ao responder a alguma(s) pergunta(s) do questionário proposto. Caso isso ocorra, você tem a liberdade para não responder, interromper a pesquisa, fazer pausas, ou cancelar a

sua participação a qualquer momento. Em todos esses casos, você não será prejudicado(a), penalizado(a) ou responsabilizado(a) de nenhuma forma. Como benefício, este projeto terá conhecimento dos principais desafios enfrentados pelos professores de Educação Física ao implementar práticas corporais de aventura com enfoque em temas ambientais, bem como oferecerá subsídios para a elaboração de práticas pedagógicas mais eficazes.

Os resultados do estudo poderão ser apresentados ou publicados em eventos, congressos e revistas científicas. Garantimos que a sua privacidade será respeitada, assim como o anonimato e o sigilo de suas informações pessoais. Dessa forma, o pesquisador responsável fará o download dos dados para um dispositivo eletrônico local, apagando todo e qualquer registro de qualquer plataforma virtual, ambiente compartilhado ou “nuvem”. O(A) pesquisador(a) poderá contar para você os resultados da pesquisa quando esta terminar, se você quiser saber.

Você não receberá pagamentos por ter respondido ao questionário. Os custos diretos e indiretos da pesquisa serão arcados pelo(a) pesquisador(a) responsável. Todas as informações obtidas por meio de sua participação serão de uso exclusivo para esta pesquisa e ficarão sob a guarda do(a) pesquisador(a) responsável. Caso a pesquisa resulte em dano pessoal, o ressarcimento e indenizações previstos em lei poderão ser requeridos pelo(a) participante.

Em caso de qualquer dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o(a) pesquisador(a) responsável pelo estudo, Letícia Parada Moreira, que poderá ser encontrado(a) pelo e-mail: [l\\_parada\\_m@hotmail.com](mailto:l_parada_m@hotmail.com)

Este estudo foi analisado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Santa Cecília (UNISANTA). O CEP é responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos, visando garantir a dignidade, os direitos e a segurança de participantes de pesquisa. Caso você tenha dúvidas e/ou perguntas sobre seus direitos como participante deste estudo, ou se estiver insatisfeito(a) com a maneira como o estudo está sendo realizado, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Santa Cecília, situado na Rua Osvaldo Cruz, 277 – 1º. andar, sala M122, bairro do Boqueirão, Santos (SP), telefone (13) 3202-7100, ramal 7220, e-mail: [cepesquisa@unisanta.br](mailto:cepesquisa@unisanta.br). O atendimento ao público ocorre de segunda a sexta-feira, das 8h30 às 11h30. Todavia, durante a pandemia de COVID-19, este atendimento é exclusivo por e-mail.

Caso clique no ícone sobre “aceitar participar da pesquisa”, você responderá ao questionário do estudo em questão e permitirá que estes dados sejam divulgados para fins científicos ou acadêmicos, sendo mantida em sigilo a sua identidade. Também declara que está ciente dos propósitos e procedimentos do estudo e que teve oportunidade de avaliar as condições informadas sobre a pesquisa para chegar à sua decisão em participar deste estudo.

Você tem o direito a ter acesso aos resultados da pesquisa. Caso queira, basta solicitar através do e-mail: [l\\_parada\\_m@hotmail.com](mailto:l_parada_m@hotmail.com)

Você poderá baixar cópia deste Termo de Consentimento ou solicitá-lo em caso de interesse pelo e-mail [l\\_parada\\_m@hotmail.com](mailto:l_parada_m@hotmail.com)

Recomendamos que você guarde em seus arquivos uma cópia deste documento. Acesse este link [https://drive.google.com/drive/folders/17HHP9ISo2l4k59W-O-f0QD8tIJEV\\_8QH?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/17HHP9ISo2l4k59W-O-f0QD8tIJEV_8QH?usp=drive_link) para o seu download.

Desde já, agradecemos!

Aceita participar desta pesquisa? \*

Sim, li o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e aceito participar da pesquisa.

Caso não concorde em participar, apenas feche esta página no seu navegador.

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfBp4sHxxH92q2w0w4nZ\\_tbgWXx3tuf32y-lpZANKjLJutSLw/viewform](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfBp4sHxxH92q2w0w4nZ_tbgWXx3tuf32y-lpZANKjLJutSLw/viewform)

## **CAPÍTULO 5**

### **DA PRAIA À ESCOLA: RELATO DE CASO DE UM MODELO INTEGRADO DE ECONOMIA CIRCULAR, ESPORTE E EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

## RESUMO

A crescente produção e descarte de plásticos provoca impactos em escala global, afetando principalmente os oceanos, além de ameaçar a saúde humana e acelerar a crise ambiental. Diante desse cenário, estratégias educativas e de economia circular têm se mostrado importantes para sensibilizar e estimular práticas sustentáveis no âmbito escolar. O presente estudo relata e analisa a experiência do negócio de impacto socioambiental Paradas, que integra cultura oceânica, economia circular, Educação Ambiental e Educação Física em escolas públicas do litoral paulista. A iniciativa transforma resíduos plásticos em produtos com valor agregado, promovendo a reciclagem e a conscientização ambiental. Por meio de atividades esportivas, oficinas e vivências pedagógicas, os estudantes assimilam os impactos da poluição por plástico, reforçando atitudes pró-ambientais e engajamento comunitário. Os resultados sugerem que a transformação de resíduos em recursos educativos, aliada à oficina prática de reciclagem e às vivências na praia, fortalece a conexão cultural com os oceanos e estimula a preservação ambiental. Os achados indicam que a abordagem da Paradas contribui para a formação de cidadãos críticos e responsáveis, potencializando a aprendizagem experiencial e a internalização dos princípios da economia circular. O modelo demonstra viabilidade, escalabilidade e replicabilidade, representando uma estratégia promissora para a promoção da sustentabilidade e cultura oceânica no contexto escolar.

**Palavras-chave:** Aprendizagem experiencial; cultura oceânica; reciclagem de plástico; sustentabilidade escolar; Educação Física.

## ABSTRACT

The increasing production and disposal of plastics have global impacts, primarily affecting the oceans, while also posing threats to human health and accelerating the environmental crisis. In this context, educational strategies and circular economy initiatives have proven important for raising awareness and promoting sustainable practices within schools. This study reports on the experience of the socio-environmental impact enterprise Paradas, which integrates ocean culture, circular economy, Environmental Education, and Physical Education in public schools along the coast of São Paulo, Brazil. The initiative transforms plastic waste into value-added products, fostering recycling and environmental awareness. Through sports activities, workshops, and pedagogical experiences, students assimilate the impacts of plastic pollution, reinforcing pro-environmental attitudes and community engagement. The results suggest that transforming waste into educational resources, combined with practical recycling workshops and beach-based experiential learning, strengthens cultural connections with the oceans and encourages environmental stewardship. Findings indicate that the Paradas approach contributes to the formation of critical and responsible citizens, enhancing experiential learning and the internalization of circular economy principles. The model demonstrates feasibility, scalability, and replicability, representing a promising strategy for promoting sustainability and ocean culture in the school context.

**Keywords:** Experiential learning; ocean literacy; plastic recycling; school sustainability; Physical Education.

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente produção industrial, o consumo em massa e o descarte acelerado de resíduos plásticos representam um grave problema mundial de acumulação em escala global nos ambientes marinhos e costeiros (GALGANI *et al.*, 2015; EGGER *et al.*, 2020). A cada ano estima-se que pelo menos 8 milhões de toneladas de plástico são lançadas nos oceanos impactando os ecossistemas, cadeias alimentares e atividades humanas (GEYER, JAMBECK e LAW, 2017).

A presença de plástico nos oceanos acarreta impactos ecológicos, econômicos e sociais de grande magnitude. A fauna marinha é diretamente afetada por ingestão, sufocamento e aprisionamento, comprometendo o crescimento, a reprodução e a sobrevivência de diversas espécies (ROCHMAN *et al.*, 2013; WRIGHT e KELLY, 2017). A fragmentação dos resíduos gera microplásticos, que, ao serem ingeridos pelos organismos marinhos, atuam como vetores de contaminantes químicos e bioacumulam ao longo das cadeias tróficas, alcançando inclusive o consumo humano (NELMS *et al.*, 2018). Esses efeitos repercutem também na economia, impactando a pesca, o turismo e a infraestrutura costeira, configurando um problema ambiental sistêmico e global (JAMBECK *et al.*, 2015).

Estimativas apontam que entre 50 e 80% da produção de oxigênio do planeta Terra provém dos oceanos, em virtude da atividade fotossintética do fitoplâncton (MONDAL, SAMANTA e DE LA SEN, 2022). De modo geral, a saúde humana depende diretamente dos oceanos, visto que estes fornecem inúmeros serviços ecossistêmicos, sendo fonte significativa de alimentação, manutenção da biodiversidade, regulação do clima e mitigação da poluição, além de sustentarem atividades comerciais e recreativas, assegurando milhões de empregos em escala global (JOUFFRAY *et al.*, 2020; BUONOCORE *et al.*, 2021; NASH *et al.*, 2022).

O modelo econômico linear, caracterizado pela extração, produção, consumo e descarte tem se mostrado ambientalmente insustentável (ZENG *et al.*, 2022). Em contrapartida, a economia circular propõe estratégias regenerativas baseadas na manutenção do valor dos materiais pelo maior tempo possível, por meio de redução, reutilização, reciclagem e *redesign* (GEISSDOERFER *et al.*, 2017; KIRCHHERR, REIKE e HEKKERT, 2017; ZENG e LI, 2021). Essa transição é amplamente defendida em agendas globais, incluindo aquelas promovidas pela Organização das Nações Unidas (ONU), como o Pacto Global, que incentiva empresas e

instituições a adotarem práticas responsáveis e alinhadas à sustentabilidade (UNITED NATIONS GLOBAL COMPACT, 2021).

Por conta da gravidade global do tema, em 2017 a ONU declarou a Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável para encorajar os esforços internacionais em prol da gestão dos oceanos e zonas costeiras (IOC-UNESCO, 2020). Entre 2021 e 2030, a chamada Década do Oceano terá como objetivo produzir conhecimento científico interdisciplinar abrangendo as ciências naturais e sociais, além de gerar infraestrutura de apoio, tecnologias inovadoras e parcerias necessárias, visando atender às necessidades da humanidade e aos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU (RYABININ *et al.*, 2019). No entanto, estima-se que apenas 2% dos países estejam atuando adequadamente para atingir o ODS 14, que versa sobre a conservação e o uso sustentável dos oceanos, mares e recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável (SACHS *et al.*, 2021).

Visto que os impactos da vida moderna nos oceanos são de ordem multifatorial, é essencial encontrar formas de sensibilizar a população quanto à importância desses ecossistemas. Além disso, uma forte conexão cultural com os oceanos é capaz de gerar resultados positivos em termos de gestão e apoio à proteção dos ecossistemas marinhos (BEATLEY, 2014). A cultura oceânica é um conceito elaborado em âmbito internacional por educadores, cientistas e ambientalistas com o propósito de estimular uma relação mais consciente, crítica e responsável entre a sociedade e os ecossistemas marinhos (UNESCO, 2020). Estruturada em sete princípios fundamentais, a cultura oceânica baseia-se na compreensão da interdependência entre o oceano e os seres humanos, tanto do ponto de vista da influência do oceano sobre a vida humana quanto dos impactos das atividades antrópicas sobre o oceano (UNESCO, 2020).

Nesse contexto, práticas corporais realizadas em ambientes costeiros, como os esportes de praia, constituem importantes estratégias de aproximação entre indivíduos e o meio, favorecendo experiências diretas que ampliam a percepção ambiental e o senso de pertencimento aos ecossistemas marinhos (BEATLEY, 2014; CHAWLA, 2020). Além disso, a literatura sugere que experiências práticas e contextualizadas promovem processos de aprendizagem significativa e, ao serem realizadas em ambientes naturais, podem favorecer o desenvolvimento de comportamentos pró-ambientais (KOLB, 1984; LOUREIRO, 2012). Quando articuladas a propostas educativas, práticas esportivas em contato com a natureza podem funcionar como importantes instrumentos de Educação Ambiental e de promoção de sustentabilidade, contribuindo para a formação de atitudes e comportamentos responsáveis

frente ao ambiente e aos resíduos (INÁCIO *et al.*, 2013; CAVASINI *et al.*, 2015; ROSA e CARVALHINHO, 2016; MININO, JOKSIMOVIC e TROISI LOPEZ, 2025).

Sob essa perspectiva, o enfrentamento da poluição por plástico requer ações integradas e de longo prazo, constituídas por políticas públicas eficazes, responsabilidade corporativa, engajamento da sociedade civil e avanços científicos e tecnológicos. Portanto, trata-se de um desafio coletivo, no qual nenhuma esfera é capaz de promover, de maneira isolada, soluções duradouras. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo apresentar o relato de caso do negócio de impacto socioambiental Paradas, detalhando suas ações de reciclagem de resíduos plásticos e de Educação Ambiental, com foco na aplicação em escolas públicas e no desenvolvimento de práticas pedagógicas que promovam comportamentos pró-ambientais e a cultura oceânica. Assim, parte-se da hipótese de que a implementação do negócio de impacto socioambiental Paradas em escolas públicas permite integrar operacionalmente Educação Física, Educação Ambiental e práticas de reciclagem de plástico, demonstrando viabilidade das ações pedagógicas propostas.

## **2 RELATO DE CASO**

### **2.1 Paradas – Negócio de impacto socioambiental**

O plástico tornou-se onipresente no cotidiano humano e seu acúmulo em aterros sanitários e no oceano representa um desafio ambiental cada vez mais significativo (GEYER, JAMBECK e LAW, 2017). Desta forma, parte-se do pressuposto de que o plástico não deve ser considerado apenas um problema, mas também uma oportunidade. Como resultado do percurso acadêmico no doutorado em Ciência e Tecnologia Ambiental, foi criado o negócio de impacto socioambiental denominado Paradas, uma solução sustentável baseada na economia circular, que transformar resíduos plásticos em produtos (“paradas”) com valor agregado, promovendo reaproveitamento e sustentabilidade (Figura 1).

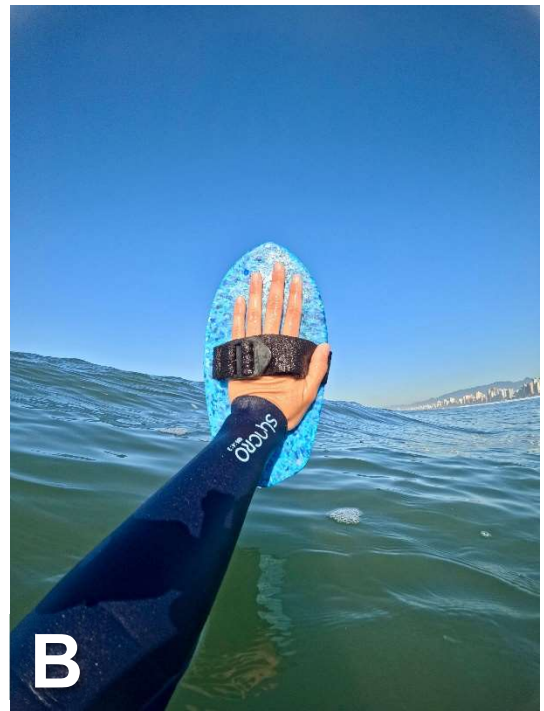


**Figura 1.** Paradas: (A) Logotipo e (B) Presença na COP30 Belém 2025.

Atualmente a Paradas possui duas vertentes de trabalho fundamentadas na ciência, educação e o *design* sustentável. A primeira consiste na produção de “paradas” sustentáveis, resultantes de uma metodologia autoral de reciclagem mecânica de polímeros plásticos (Figura 2). Tais “paradas” constituem alternativas de menor impacto ambiental em comparação aos produtos convencionais e evidenciam o potencial do plástico, antes descartado e considerado lixo, como um recurso valioso quando reciclado.



A



B



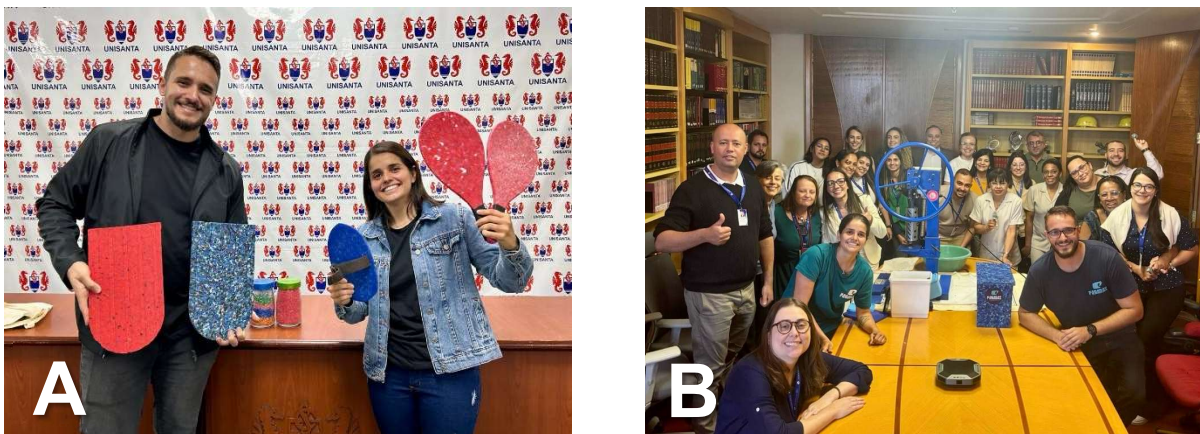
C



D

**Figura 2.** Paradas sustentáveis: (A) Chaveiros, (B) *Handboard*, (C) Quadro e (D) Raquetes de frescobol.

A segunda vertente abrange serviços de educação ambiental e economia circular, oferecidos por meio de cursos, oficinas práticas e palestras, destinados a diferentes setores da sociedade, incluindo instituições privadas e públicas (Figura 3).



**Figura 3.** Serviços da Paradas: (A) Palestra na Universidade Santa Cecília e (B) Oficina prática na SOCIC.

A Paradas é uma solução projetada para ser economicamente viável, escalável e adaptável a diferentes contextos e necessidades. Este negócio de impacto socioambiental tem como objetivo aumentar a conscientização sobre a poluição por plástico, promover mudanças de hábito e capacitar indivíduos a se tornarem agentes ativos na conservação de ecossistemas costeiros e marinhos.

Dessa forma, a iniciativa contribui para evitar que os plásticos alcancem destinos indesejáveis, em especial a natureza, protegendo ecossistemas e todas as formas de vida. Nesse contexto, a Paradas vai além de um empreendimento socioambiental, constituindo-se como um movimento que incentiva a construção de um futuro mais limpo e sustentável.

## **2.2 Aplicações na Educação Básica – Ensino Fundamental I e II**

### ***2.2.1 Escola Municipal Prof.<sup>a</sup> Maria Clotilde Lopes Comitre Rigo – Praia Grande***

A Escola Municipal Prof.<sup>a</sup> Maria Clotilde Lopes Comitre Rigo, localizada em Praia Grande, litoral de São Paulo (SP), é uma instituição pública de Ensino Fundamental com forte compromisso com a educação integral, cidadã e ambiental. Atendendo alunos do Ensino Fundamental I e II (2º ao 9º ano), a escola atua como um espaço de formação acadêmica e humana, promovendo a articulação entre os componentes curriculares e temas transversais como meio ambiente, saúde, esporte e cidadania.

Em 2025, minha atuação na referida unidade como professora III de Educação Física possibilitou a articulação entre a experiência pedagógica da escola e a expertise do negócio de impacto socioambiental Paradas, voltado à transformação de resíduos em produtos sustentáveis

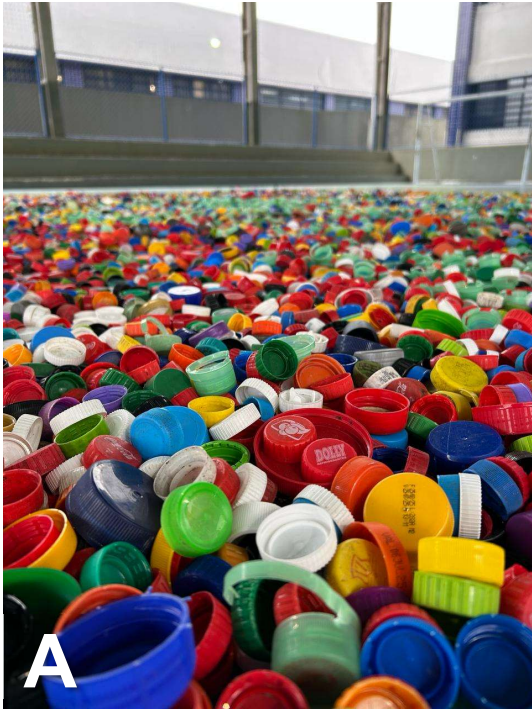
com foco educacional. Dessa forma, a atuação territorial conjunta valorizou o contexto costeiro e os desafios ambientais da cidade de Praia Grande.

Alinhada aos ODS da Agenda 2030 da ONU, especialmente ODS 4 (educação de qualidade), 12 (consumo e produção responsáveis), 13 (ação climática), 14 (vida na água) e 17 (parcerias), a parceria buscou fortalecer o papel da escola como agente de transformação socioambiental e estimular o protagonismo juvenil (ONU, 2015).

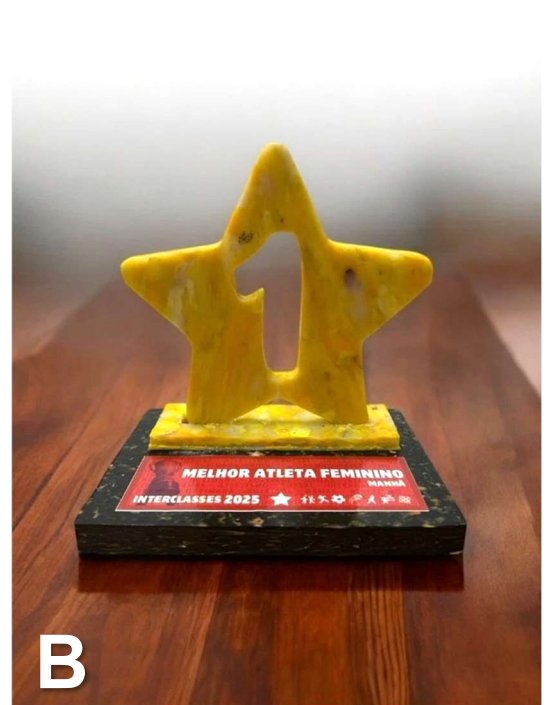
#### *2.2.1.1 Competição Sustentável nos Jogos Interclasses*

Inserida no contexto dos Jogos Interclasses do Ensino Fundamental II da Escola Municipal Prof.<sup>a</sup> Maria Clotilde Lopes Comitre Rigo, a Competição Sustentável consistiu na arrecadação de tampas plásticas de polietileno de alta densidade (PEAD) e polipropileno (PP), com entrega durante as aulas de Educação Física, ao longo de seis meses. Cada turma possuía um recipiente devidamente identificado para armazenar as tampas e após realizar a contagem mensal, um ranking com as pontuações era disponibilizado nas dependências da escola. Para cada tampa contabilizada, um ponto era concedido à turma correspondente. Ao término da Competição Sustentável, as turmas classificadas em primeiro, segundo e terceiro lugares receberam, respectivamente, 100, 80 e 50 pontos, somados ao ranking geral dos Jogos Interclasses, composto pelas modalidades esportivas arremesso de peso, damas, futsal, queimada, tênis de mesa e voleibol.

Por meio da reciclagem mecânica conduzida pela Paradas, as tampas de plástico coletadas foram transformadas em medalhas e troféus como forma de premiação do Interclasses 2025, aplicando-se a metodologia de reciclagem apresentada no capítulo 3 (Figuras 4 e 5). No período compreendido entre abril e agosto, foram arrecadadas 62.290 tampas de plástico pelos alunos do Ensino Fundamental II da Escola Municipal Prof.<sup>a</sup> Maria Clotilde Lopes Comitre Rigo.



**Figura 4.** Da matéria-prima à reciclagem: (A) Tampas de plástico arrecadadas pelos alunos e (B) Plástico injetado no molde em formato de medalha.



**Figura 5.** Premiação dos Jogos Interclasses 2025: (A) Medalhas e (B) Troféu individual.

### 2.2.1.2 *Cultura oceânica e esporte na praia*

A Competição Sustentável contemplou duas categorias de turmas: 6º e 7º anos e 8º e 9º anos. Em cada categoria, a turma que arrecadou a maior quantidade de tampas foi considerada vencedora e premiada com uma vivência esportiva e pedagógica na praia da Vila Caiçara, com enfoque na cultura oceânica e no esporte.

Nesta oportunidade foi promovida uma roda de conversa sobre os ODS e o papel dos oceanos, bem como o impacto de resíduos sólidos nas práticas esportivas desenvolvidas na praia. Em seguida, foi desenvolvida uma proposta pedagógica de caráter esportivo e ambiental, na qual organizei a estrutura das atividades e elaborei o jogo descrito a seguir, contando com a colaboração dos professores de Educação Física da unidade escolar durante sua aplicação na praia.

### 2.2.1.3 *Beach flag football: ecossistemas em jogo e os desafios da conservação*

A atividade intitulada “*Beach flag football: ecossistemas em jogo e os desafios da conservação*” é uma versão do *flag football*, jogada na areia e com regras adaptadas para o ambiente praiano. Embora seja um esporte de invasão derivado do futebol americano, o contato físico intenso não ocorre. A areia adiciona um elemento extra de dificuldade, exigindo mais força e equilíbrio dos jogadores, tornando o esporte ainda mais desafiador. Com duração de aproximadamente 1 hora e 40 minutos, o objetivo desta proposta foi promover a compreensão de como o resíduo plástico e as pressões humanas causam desequilíbrio e ameaçam a biodiversidade local. Para a realização do jogo foram necessários cones, coletes, faixas de tecido (*flags*), tampas de plástico, cartas de sanção e uma bola de *rugby*.

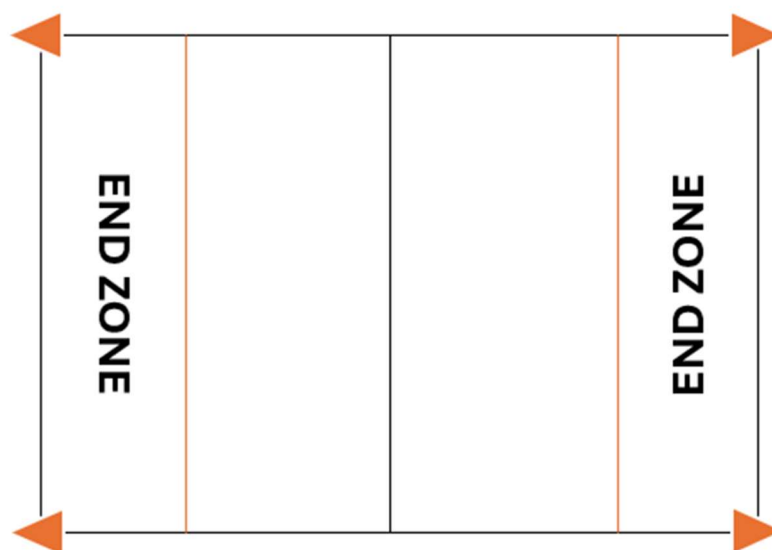
Inicialmente a turma foi reunida para então iniciar uma conversa sobre a presença de resíduos sólidos na praia, questionando os alunos quanto ao tipo (plástico, metal, papel, entre outros) mais observado no local (Figura 6). Indagações importantes como “O que é lixo?”, “O que é resíduo?”, e “O que acontece quando o ser humano descarta algum lixo / resíduo inadequadamente e para onde isso vai?”, foram feitas.



**Figura 6.** Início da vivência pedagógica: (A) Alunos do 9º ano e (B) Diálogos iniciais.

Em seguida, os alunos foram conscientizados de que nesta vivência o esporte funcionaria como uma metáfora para a vida no oceano, onde as regras do jogo fariam a turma refletir sobre os desafios ambientais. Com isso, havia um sistema de “sanções”, isto é, desafios motores e/ou cognitivos que o aluno precisaria cumprir caso seu *flag* fosse retirado pelo adversário. Cada sanção (descrita em cartas) estava diretamente relacionada ao impacto que o resíduo no mar causava a um determinado animal.

Após os alunos realizarem um aquecimento dinâmico orientado, a área de jogo foi delimitada utilizando os cones. A turma foi organizada em grupos compostos por 4 alunos e um tempo de jogo adequado foi estabelecido para que todas as equipes pudessem participar igualmente. O objetivo do jogo era avançar com a bola no campo adversário até alcançar a outra extremidade, denominada *end zone* para marcar pontos (Figura 7). No entanto, não era permitido passar a bola para o companheiro de equipe que estivesse à frente. A bola somente poderia ser passada para o companheiro que estivesse atrás do jogador em posse da bola ou na diagonal também para trás.



**Figura 7.** Delimitação da área de jogo do *beach flag football*.

Como o contato físico durante a disputa não era permitido, era necessário retirar o *flag* do adversário (localizada na cintura) de posse da bola (Figura 8A). Ao ter o *flag* retirado, o aluno escolhia uma carta aleatória para fazer a leitura e cumpria a sanção descrita nela (Figura 8B). Quatro cartas foram então previamente elaboradas, cada uma representando uma situação, um animal marinho, um impacto ambiental e uma consequência para o jogador.



**Figura 8.** Jogo propriamente dito: (A) Equipes em disputa e (B) Leitura da carta de sanção.

Carta 1: A foca, ao confundir plástico com alimento, pode ter seu corpo aprisionado ou morrer por asfixia. Como forma de sanção, para simular a perda de mobilidade da foca, o jogador só poderá segurar a bola e se movimentar com o braço dominante apoiado nas costas.

Carta 2: A tartaruga é frequentemente encontrada presa em rede de pesca abandonada, o que restringe seus movimentos, causa ferimentos e pode levar à morte por afogamento. Como forma de sanção, para simular o emaranhamento na rede e dificultar a movimentação, uma fita será amarrada nos punhos do jogador.

Carta 3: O albatroz confunde plástico com alimento e ao ingeri-lo acaba morrendo de inanição. Como forma de sanção, para representar o plástico no estômago do animal, o jogador deverá carregar tampinhas de plástico em uma das mãos, sem poder soltá-las, o que afetará a maneira como irá segurar a bola.

Carta 4: O golfinho utiliza a ecolocalização e sons para se comunicar, se alimentar e se orientar. A poluição sonora causada por navios e motores interfere nessa comunicação. Como forma de sanção, para simular a dificuldade de comunicação do animal, o jogador deverá jogar toda a partida sem falar, interagindo somente por sinais.

Ao final do jogo propriamente dito, a turma foi reunida para que pudessem compartilhar quais foram as sensações quando tiveram que cumprir as sanções e se foi possível sentir as dificuldades que os animais marinhos enfrentam. Além disso, os alunos foram indagados sobre o que podemos fazer em nosso dia a dia para que a vida dos animais citados nas cartas seja preservada. Além disso, foi enfatizada a importância do descarte correto, considerando o que é lixo e o que é resíduo, assim como a destinação para a reciclagem.

Após a dinâmica, contatou-se que os alunos das turmas de 7º e 9º ano (vencedores da Competição Sustentável) demonstraram um alto nível de engajamento e uma retenção notória dos conceitos que envolvem a cultura oceânica e impacto ambiental. A simulação dos desafios impostos pelos resíduos nos animais, por meio de sanções motoras e cognitivas, gerou conexão e empatia, facilitando a percepção entre a ação do descarte inadequado e suas consequências ecológicas.

#### *2.2.1.4 Selo Escola Azul*

Diante dos resultados positivos obtidos entre a parceria da Escola Municipal Prof.<sup>a</sup> Maria Clotilde Lopes Comitre Rigo com a Paradas, as iniciativas descritas anteriormente ganharão maior escala futuramente visando a obtenção do selo de Escola Azul. Criado em Portugal, o conceito Escola Azul busca trabalhar a cultura oceânica no ambiente escolar,

integrando o tema oceano de forma transversal, estimulando o desenvolvimento do pensamento crítico e criativo. Nessa perspectiva, a escola implementa projetos educacionais que incentivam o engajamento da comunidade na preservação dos oceanos, no enfrentamento das mudanças climáticas e no fortalecimento de ações sustentáveis (ESCOLA AZUL BRASIL, s.d.).

Com base nesse panorama, um projeto interdisciplinar que integra esporte, reciclagem e educação ambiental, em fase final de elaboração, será submetido ao Maré de Ciência, da Universidade Federal de São Paulo, responsável pela concessão do selo do Programa Escola Azul no Brasil.

Em consonância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), o projeto em questão promoverá a coleta seletiva de tampas plásticas e seu reaproveitamento na confecção de medalhas e troféus, contribuindo para a valorização dos resíduos como recurso e para a logística reversa, ao estimular nos estudantes a corresponsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos (BRASIL, 2010).

Por meio da articulação entre as disciplinas de Ciências, Educação Física e Geografia, o projeto adotará uma abordagem interdisciplinar e crítica, essencial para a formação de cidadãos conscientes e comprometidos com o desenvolvimento sustentável, corroborando a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981) (BRASIL, 1981).

Além disso, ao se apoiar na Política Nacional de Educação Ambiental (Lei nº 9.795/1999), o projeto incorporará práticas pedagógicas transformadoras, integrando atividades lúdicas, esportivas e ecológicas a conteúdos curriculares e experiências práticas, como a vivência pedagógica na praia (BRASIL, 1999).

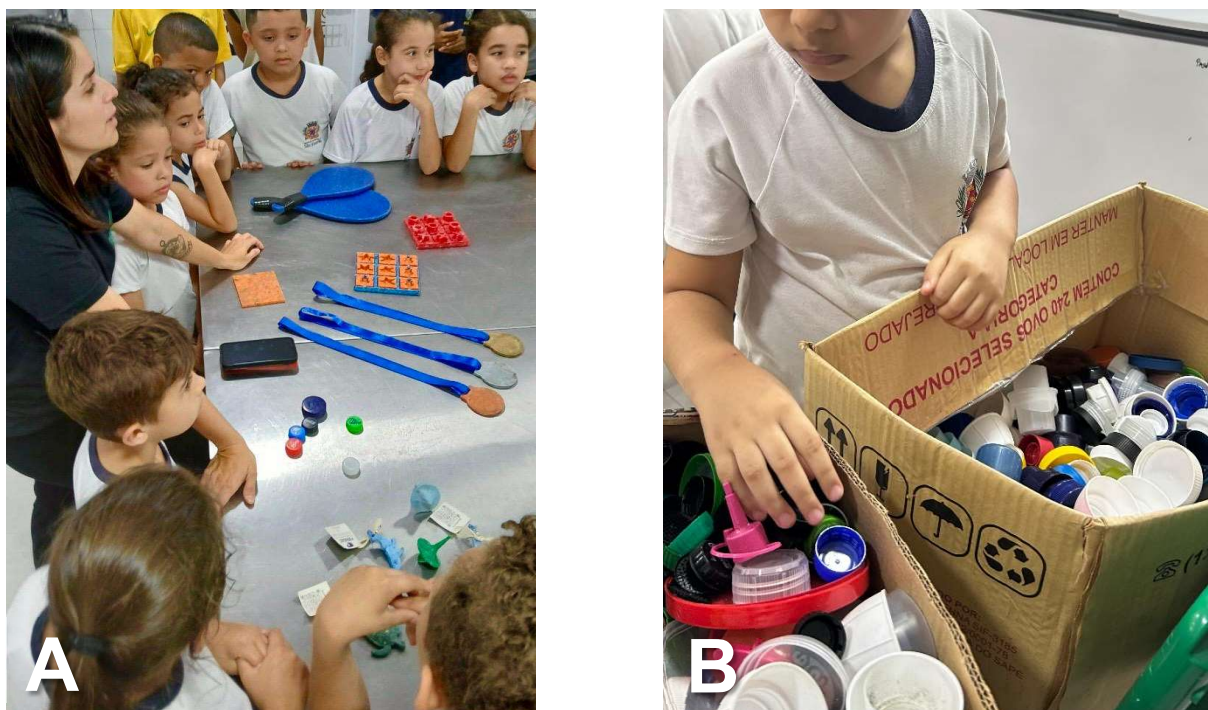
Por fim, a proposta estará alinhada aos compromissos globais expressos nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, com destaque para os ODS 4 (educação de qualidade), 12 (consumo e produção responsáveis), 13 (ação contra a mudança global do clima), 14 (vida na água) e 17 (parcerias e meios de implementação).

### ***2.2.2 Ambiente Municipal Prof.<sup>a</sup> Vera Lucia Machado Assis – São Vicente***

O Ambiente Municipal de Educação Integral Prof.<sup>a</sup> Vera Lucia Machado Assis, situado no município de São Vicente (SP), é uma unidade pública de ensino que atende estudantes do Ensino Fundamental I. Reconhecida e premiada em diversos eventos, a instituição integra o Programa Escola Azul e, tradicionalmente, desenvolve projetos que articulam educação ambiental, cidadania e esporte.

Considerando que a unidade escolar está localizada entre a Serra do Mar, o estuário e o oceano, foi desenvolvido, no ano de 2025, o projeto intitulado “Entre a serra e o mar, quem mora lá?”. A proposta pedagógica integrada tomou o território como espaço educativo vivo, articulando currículo, comunidade, ciência, cultura e sustentabilidade. Entre as oficinas e práticas pedagógicas previstas no projeto, incluiu-se a atividade de educação ambiental e reciclagem mecânica de plásticos, realizada em parceria com a Paradas.

No primeiro encontro, os alunos conheceram o processo de transformação de tampas plásticas e foram apresentadas algumas “paradas” sustentáveis de caráter esportivo e recreativo, tais como raquetes de frescobol, medalhas, jogo da velha e piões (Figura 9A). Conforme prática recorrente na unidade escolar, os alunos mobilizaram-se para a arrecadação de tampas plásticas (Figura 9B).



**Figura 9.** Primeira ação na escola: (A) Apresentação das “paradas” e (B) Arrecadação de tampas plásticas.

No encontro subsequente, realizou-se a oficina prática de reciclagem, ocasião em que os estudantes puderam acompanhar, de forma direta e em tempo real, todas as etapas do processo (Figura 10A). No encerramento do projeto “Entre a serra e o mar, quem mora lá?”, todos os estudantes receberam um chaveiro em formato de caranguejo-uçá, espécie escolhida como símbolo da iniciativa (Figura 10B).



**Figura 10.** Segundo momento na escola: (A) Oficina prática de reciclagem e (B) Chaveiros com o símbolo do projeto.

### ***2.2.3 Unidade Municipal de Ensino Prof. João Papa Sobrinho – Santos***

A Unidade Municipal de Ensino Prof. João Papa Sobrinho, localizada na cidade de Santos (SP), atende alunos do Ensino Fundamental I e, desde 2022, faz parte do Programa Escola Azul. Entre as propostas desenvolvidas com o objetivo de integrar o oceano às atividades pedagógicas, destaca-se o projeto Embaixadores do Século XXI (Figura 11A).

Idealizada no ano de 2020, a iniciativa está alinhado à Agenda 2030, à Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável da ONU e à Lei Municipal de Cultura Oceânica (nº 3.935/2021). O projeto tem como propósito formar cidadãos ativos e protagonistas na valorização da importância do oceano para a vida na Terra, engajados na sustentabilidade. As ações são desenvolvidas localmente e inspiram a comunidade escolar, cujos integrantes atuam como agentes multiplicadores, promovendo boas práticas e fortalecendo uma cultura positiva de cuidado com o planeta.

Ao longo do ano, os Embaixadores do Século XXI realizam campanhas de coleta seletiva (arrecadação de tampas plásticas, lacres e óleo de cozinha usado), monitoramento de resíduos e limpezas de praia para incentivar o cuidado com o ambiente costeiro. Também promovem atividades de leitura, música e arte no Cantinho do Oceano (Figura 11B), o primeiro

espaço de leitura infantil em uma unidade municipal de Santos com enfoque na cultura oceânica.



**Figura 11.** Embaixadores do Século XXI: (A) Logotipo do projeto e (B) Cantinho do Oceano.

Entre as atividades programadas para 2025, uma delas teve como foco a reciclagem de plástico, especialmente de materiais coletados na praia. No primeiro encontro, os Embaixadores do Século XXI foram apresentados à solução criativa da Paradas, adquirindo conhecimentos sobre o processo de reaproveitamento de resíduos. No encontro seguinte, alunos do 4º ano participaram de uma atividade prática na praia, de caráter esportivo e ambiental, durante a qual realizaram a limpeza do local e praticaram frescobol com raquetes produzidas pela Paradas. Ao unir esporte, educação e sustentabilidade, o aprendizado tornou-se mais significativo ao se conectar à realidade vivenciada pelos próprios estudantes.

#### **2.2.4 Livro “*Cultura Oceânica e Educação Física: conexões no currículo escolar*”**

A crescente preocupação com a crise ambiental e a busca por práticas pedagógicas mais significativas impulsionaram minha iniciativa de aprofundamento na Educação Física escolar como campo formativo privilegiado para desenvolver práticas que articulem cultura oceânica, consciência ambiental e movimento corporal.

Após realizar o estudo científico com os professores de Educação Física apresentado no capítulo 4, pude obter um panorama mais abrangente quanto aos principais desafios enfrentados por esses profissionais na tentativa de implementar práticas associadas a temas ambientais. Por entender que é fundamental que a ciência ultrapasse os muros que cerceiam a universidade e alcance a sociedade para contribuir na solução de seus problemas, desenvolvi um livro que contém planos de aula de Educação Física com enfoque nas práticas esportivas associadas à cultura oceânica.

As atividades foram elaboradas para favorecer o trabalho pedagógico de professores em diferentes contextos, visando democratizar o acesso a práticas corporais que dialoguem com a cultura oceânica, a Educação Ambiental e a construção de uma consciência sustentável por meio do movimento. O conteúdo do livro não será disponibilizado nesta tese uma vez que a obra se encontra em fase de submissão a editais e processos de captação de recursos voltados à sua publicação e distribuição direcionada a professores da educação básica. Tal decisão fundamenta-se na compreensão de que a circulação do material, mediada por políticas de fomento e acompanhada de ações formativas, potencializará seu alcance, uso pedagógico e impacto social.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As ações desenvolvidas pelo negócio de impacto socioambiental Paradas, nas três instituições públicas de ensino, demonstram versatilidade na integração entre cultura oceânica, Educação Ambiental, economia circular e práticas pedagógicas de Educação Física no contexto escolar. Para além de configurar uma intervenção isolada, a Paradas constitui um ecossistema educativo, propondo formatos pedagógicos distintos, porém complementares, e ampliando o alcance formativo das ações socioambientais no contexto escolar.

A coleta de tampas plásticas, a produção de objetos a partir da reciclagem desses resíduos, oficinas práticas e as vivências pedagógicas na praia evidenciam que os alunos podem se engajar ativamente na compreensão dos impactos ambientais, promovendo a conscientização sobre a presença de resíduos na praia e a cultura oceânica. Tais resultados corroboram estudos que mostram que a Educação Ambiental baseada em experiências práticas é mais eficaz na formação de atitudes pró-ambientais do que a mera transmissão de conhecimento teórico (KELLY, 2018; COLLADO, ROSA e CORRALIZA, 2020).

Ao transformar resíduos plásticos em produtos com valor agregado para estudantes, a Paradas elucidou a aplicação prática dos princípios da economia circular, conectando teoria e

prática pedagógica. Estudos anteriores sugerem que projetos escolares práticos que envolvam a reutilização e reciclagem de materiais podem aumentar a percepção dos estudantes sobre os problemas ambientais, favorecendo mudanças comportamentais positivas (CHOW *et al.*, 2017; CHEANG *et al.*, 2019).

A integração curricular de temas ambientais e atividades práticas nas aulas de Educação Física da Escola Municipal Prof.<sup>a</sup> Maria Clotilde Lopes Comitre Rigo, destaca a importância de ambientes de aprendizagem holísticos que estimulam a cidadania, a reflexão crítica e a ação responsável frente aos desafios socioambientais (BEATLEY, 2014; SACHS *et al.*, 2021). A gamificação de atividades, como o *beach flag football*, possibilitou que os alunos experimentassem, de maneira simbólica e lúdica, limitações físicas que representavam os impactos sofridos por animais marinhos provocados pela poluição por plástico. Assim, os estudantes tiveram a oportunidade de refletir não apenas intelectualmente, mas também corporalmente sobre as consequências do descarte inadequado de resíduos. Essa relação entre corpo, emoção e aprendizagem é apontada como elemento-chave para o desenvolvimento de atitudes pró-ambientais duradouras (CHAWLA e CUSHING, 2007). A literatura indica que metodologias participativas e experiências sensoriais, onde os alunos são protagonistas, contribuem significativamente para a internalização de conceitos ambientais e o desenvolvimento de habilidades socioemocionais, como empatia e senso coletivo (KELLY, 2018; TALAVERA-MENDOZA, CAHUANA SUNI e CAYANI CACERES, 2025).

O projeto “Entre a serra e o mar, quem mora lá?” do Ambiente Municipal Prof.<sup>a</sup> Vera Lucia Machado Assis utiliza o território local como ponto de partida das práticas pedagógicas, dialogando com as abordagens *place-based education*. De acordo com alguns autores, ao incorporar o território ao currículo como elemento estruturante da aprendizagem, os estudantes estabelecem maior conexão afetiva com o ambiente e fortalecem o senso de pertencimento (GRUENEWALD, 2003; SOBEL, 2004). A oficina prática de reciclagem mecânica e a produção de chaveiro de caranguejo-uçá promovidas pela Paradas, reforçam essa dimensão socioambiental, aproximando biodiversidade local, cultura oceânica e ação prática com resíduos. A literatura também defende que ao acompanhar todas as etapas da reciclagem, os alunos não apenas observam a transformação do resíduo, mas percebem de forma tangível os princípios da economia circular, compreendendo o resíduo como recurso e não lixo (STERLING, 2001).

A Unidade Municipal de Ensino Prof. João Papa Sobrinho demonstra um aprofundamento da dimensão participativa e comunitária da Educação Ambiental. A realização

de campanhas de coleta seletiva, monitoramento de resíduos e limpezas de praia, lideradas pelo projeto Embaixadores do Século XXI, alinha-se a estudos que indicam que o engajamento de crianças em ações comunitárias fortalece o senso de responsabilidade coletiva (HART, 1992; STEVENSON, 2007). Ao se tornarem “embaixadores”, os alunos vivenciam uma transição simbólica para agentes multiplicadores, expandindo o impacto das ações além do espaço escolar (STEVENSON, 2007). Além disso, as atividades desenvolvidas em parceria com a Paradas, centradas na Educação Ambiental, limpeza de praia e esporte utilizando materiais produzidos a partir de plástico reciclado, exemplificam uma pedagogia que conecta ação ambiental, prática corporal e reflexão crítica. Nesse sentido, Wells e Lekies (2006) verificaram que vivências na infância em ambientes naturais, associadas a atividades físicas, contribuem para uma maior conexão com a natureza e para a predisposição a comportamentos sustentáveis na vida adulta. Assim, ao participarem ativamente do cuidado com o ambiente costeiro, os alunos constroem aprendizagens que transcendem a teoria e se tornam saberes incorporados. Ademais, o engajamento dos embaixadores e a criação de espaços como o “Cantinho do Oceano” reforçam a importância de práticas que extrapolem a sala de aula, tornando a aprendizagem concreta e significativa.

Um aspecto relevante que sobressai das experiências nestas três instituições de ensino é a escalabilidade do modelo. Diferentemente de ações pontuais, a Paradas apresenta um formato replicável, adaptável a diferentes contextos e alinhado a políticas públicas de Educação Ambiental. A literatura sobre *whole-school approaches* destaca que iniciativas sustentáveis são mais eficazes quando incorporadas à cultura institucional e articuladas a múltiplos atores (HENDERSON e TILBURY, 2004). Ao integrar ciência aplicada, empreendedorismo socioambiental e escola pública, o modelo aproxima-se dos ODS e das diretrizes promovidas pelo Pacto Global da ONU, especialmente no que se refere à responsabilidade corporativa, inovação sustentável e parcerias intersetoriais (UNITED NATIONS GLOBAL COMPACT, 2021).

Nas três escolas observou-se a convergência entre economia circular, cultura oceânica e práticas pedagógicas, potencializando o engajamento estudantil em temas ambientais. Enquanto a experiência da Escola Municipal Prof.<sup>a</sup> Maria Clotilde Lopes Comitre Rigo enfatizou a dimensão simbólico-corporal e competitiva, o Ambiente Municipal Prof.<sup>a</sup> Vera Lucia Machado Assis evidenciou a centralidade do território e da identidade socioambiental e o projeto Embaixadores do Século XXI destacou o protagonismo juvenil e a ação comunitária. Em conjunto, essas experiências reforçam o entendimento de que a Educação Ambiental eficaz

é aquela que articula conhecimento, experiência, emoção e ação, promovendo não apenas conscientização, mas também transformação cultural no ambiente escolar.

Em síntese, o presente relato de caso demonstra que é possível articular Educação Ambiental, Educação Física, economia circular e práticas pedagógicas de forma eficaz, gerando aprendizado significativo e incentivando o comportamento pró-ambiental em escolas públicas. A transformação de resíduos em recursos educativos, aliada à vivência prática de reciclagem e às práticas pedagógicas na praia, fortalece a conexão cultural com os oceanos e estimula a preservação ambiental. A abordagem elaborada pelo negócio de impacto socioambiental Paradas evidencia que a combinação de ação prática, experiência lúdica e conteúdo curricular estruturado constitui um modelo promissor para o desenvolvimento de futuros cidadãos conscientes e engajados na sustentabilidade.

#### **4 CONCLUSÕES**

As intervenções desenvolvidas nas referidas escolas públicas demonstram que a articulação entre cultura oceânica, economia circular, Educação Ambiental e Educação Física pode ampliar o significado das propostas pedagógicas escolares, transformando atividades esportivas, oficinas e campanhas de coleta em oportunidades de aprendizagem crítica e experiencial. De maneira integrada, as ações nas três escolas evidenciam que a abordagem do negócio de impacto socioambiental Paradas não se restringe à transformação de resíduos, colaborando também para a formação dos estudantes. A conversão de tampas plásticas em chaveiros, medalhas, raquetes de frescobol, troféus e outros objetos materializa os princípios da economia circular, ao mesmo tempo em que ressignifica o conceito de resíduo no âmbito escolar. Essa dimensão concreta favorece a compreensão do ciclo de vida dos produtos, da responsabilidade compartilhada e da corresponsabilidade socioambiental.

Os resultados, observados por meio do engajamento estudantil, da mobilização da comunidade escolar e da consolidação de parcerias institucionais, sustentam a hipótese de que a integração entre Educação Física, Educação Ambiental e práticas de reciclagem de plástico, mediada por um negócio de impacto socioambiental, é viável e pode ser implementada por meio de estratégias pedagógicas interdisciplinares. Além disso, o caso evidencia potencial de replicabilidade e escalabilidade, desde que respeitadas as especificidades territoriais e institucionais de cada escola.

Por fim, este relato contribui para o campo da Educação Ambiental ao apresentar experiências aplicadas que articulam ciência, empreendedorismo socioambiental e prática

pedagógica, demonstrando que a escola pode assumir papel estratégico na promoção da cultura oceânica e na formação de indivíduos ativos, críticos e comprometidos com a sustentabilidade. Assim, recomenda-se a realização de estudos longitudinais que avaliem mudanças atitudinais e comportamentais decorrentes desse tipo de intervenção, ampliando as evidências sobre seu impacto educacional e socioambiental.

## 5 AGRADECIMENTOS

L.P. Moreira agradece à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro por meio da bolsa de estudos (Código de Financiamento 001) e às escolas públicas participantes na realização deste estudo.

## 6 REFERÊNCIAS

BEATLEY, T. **Blue urbanism: exploring connections between cities and oceans**. Washington: Island Press, 2014.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Brasília, DF: Diário Oficial da União: 1981. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l6938.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm) . Acesso em: 24 jan. 2026.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. **Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências**. Brasília, DF: Diário Oficial da União: 1999. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19795.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm) . Acesso em: 24 jan. 2026.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências**. Brasília, DF: Diário Oficial da União: 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm) . Acesso em: 24 jan. 2026.

BUONOCORE, E., GRANDE, U., FRANZESE, P.P., RUSSO, G.F. 2021. Trends and evolution in the concept of marine ecosystem services: an overview. **Water**. 13, 15, 2060. <https://doi.org/10.3390/w13152060>

CAVASINI, R., PETERSEN, R.D.S., JACOMETTI, L.A., BREYER, R.F. 2015. Educação Ambiental ao ar livre: intervenções em esportes na natureza. **RevBEA**. 10, 2, 270–282. <https://doi.org/10.34024/revbea.2015.v10.1899>

CHAWLA, L. 2020. Childhood nature connection and constructive hope: A review of research on connecting with nature and coping with environmental loss. **People Nat**. 2, 3, 619–642. <https://doi.org/10.1002/pan3.10128>

CHAWLA, L., CUSHING, D.F. 2007. Education for strategic environmental behavior. **Environ. Educ. Res.** 13, 4, 437–452. <https://doi.org/10.1080/13504620701581539>

CHEANG, C.C., CHEUNG, T.Y., SO, W.W.M., CHENG, I.N.Y., FOK, L., YEUNG, C.H., CHOW, C.F. **Enhancing pupils' pro-environmental knowledge, attitudes, and behaviours toward plastic recycling: A quasi-experimental study in primary schools.** In: Environmental Sustainability and Education for Waste Management: Implications for Policy and Practice. Singapore: Springer Singapore, p. 159–188, 2019.

CHOW, C.F., SO, W.M.W., CHEUNG, T.Y., YEUNG, S.K.D. **Plastic waste problem and education for plastic waste management.** In: Emerging practices in scholarship of learning and teaching in a digital era. Singapore: Springer Singapore, p. 125–140, 2017.

COLLADO, S., ROSA, C.D., CORRALIZA, J.A. 2020. The effect of a nature-based environmental education program on children's environmental attitudes and behaviors: A randomized experiment with primary schools. **Sustainability.** 12, 17, 6817. <https://doi.org/10.3390/su12176817>

EGGER, M., SULU-GAMBARI, F., LEBRETON, L. 2020. First evidence of plastic fallout from the North Pacific Garbage Patch. **Sci. Reports.** 10, 1, 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64465-8>.

ESCOLA AZUL BRASIL. **O que é a Escola Azul.** Disponível em: <https://escolaazul.maredeciencia.eco.br/sobre/>. Acesso em: 24 jan. 2026.

GALGANI, F., HANKE, G., MAES, T. **Global distribution, composition and abundance of marine litter.** In: Marine anthropogenic litter. Cham: Springer International Publishing, p. 29–56, 2015.

GEISSDOERFER, M., SAVAGET, P., BOCKEN, N.M., HULTINK, E.J. 2017. The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. **J. Clean. Prod.** 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>

GEYER, R., JAMBECK, J.R., LAW, K.L. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances.** 3, 7, e1700782.

GRUENEWALD, D.A. 2003. The best of both worlds: A critical pedagogy of place. **Educ. Res.** 32, 4, 3–12.

HART, R.A. **Children's participation: From tokenism to citizenship.** Florence: UNICEF Innocenti Research Centre, 1992.

HENDERSON, K., TILBURY, D. **Whole-school approaches to sustainability: An international review of whole-school sustainability programs.** Sidney: ARIES, 2005.

INÁCIO, H.L.D., MORAES, T.M., SILVEIRA, A.B. 2013. Educação Física e educação ambiental: Refletindo sobre a formação e atuação docente. **Conexões.** 11, 4, 1–23. [10.20396/conex.v11i4.8637587](https://doi.org/10.20396/conex.v11i4.8637587).

IOC-UNESCO. 2020. **Global Ocean Science Report 2020–Charting Capacity for Ocean Sustainability**. Paris: UNESCO Publishing. Disponível em: [https://unesco.org.uk/site/assets/files/3043/global\\_ocean\\_science\\_report\\_2020\\_-\\_charting\\_capacity\\_for\\_ocean\\_sustainability\\_-\\_executive\\_summary.pdf](https://unesco.org.uk/site/assets/files/3043/global_ocean_science_report_2020_-_charting_capacity_for_ocean_sustainability_-_executive_summary.pdf). Acesso em: 04 fev. 2026.

JAMBECK, J.R., GEYER, R., WILCOX, C., SIEGLER, T.R., PERRYMAN, M., ANDRADY, A., NARAYAN, R., LAW, K.L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**. 347, 6223, 768–771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>

JOUFFRAY, J.B., BLASIAK, R., NORSTRÖM, A.V., ÖSTERBLÖM, H., NYSTRÖM, M. 2020. The blue acceleration: the trajectory of human expansion into the ocean. **One Earth**. 2, 1, 43-54. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.12.016>

KELLY, C. 2018. ‘I Need the Sea and the Sea Needs Me’: Symbiotic coastal policy narratives for human wellbeing and sustainability in the UK. **Mar. Policy**. 97, 223–231. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.03.023>

KIRCHHERR, J., REIKE, D., HEKKERT, M. 2017. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resour. Conserv. Recy.** 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

KOLB, D.A. **Experiential learning: Experience as the source of learning and development**. New Jersey: FT Press, 2014.

LOUREIRO, C.F.B. **Sustentabilidade e educação: um olhar da ecologia política**. São Paulo: Cortez Editora, 2014.

MININO, R., TROISI LOPEZ, E., JOKSIMOVIC, M. 2025. Outdoor sports as a tool for environmental sustainability: An educational model for schools and communities. **Riv. Stud. Sost.** 10, 1, 109–119. <https://doi.org/10.3280/riss2025oa19893>

MONDAL, S., SAMANTA, G., DE LA SEN, M. 2022. Dynamics of Oxygen-Plankton Model with Variable Zooplankton Search Rate in Deterministic and Fluctuating Environments. **Mathematics**. 10, 10, 1641. <https://doi.org/10.3390/math10101641>

NASH, K.L., VAN PUTTEN, I., ALEXANDER, K.A., BETTIOL, S., CVITANOVIC, C., FARMERY, A.K. ET AL. 2022. Oceans and society: feedbacks between ocean and human health. **Rev. Fish Biol. Fish.** 32, 1, 161–187. <https://doi.org/10.1007/s11160-021-09669-5>

NELMS, S.E., GALLOWAY, T.S., GODLEY, B.J., JARVIS, D.S., LINDEQUE, P.K. 2018. Investigating microplastic trophic transfer in marine top predators. **Environ. Pollut.** 238, 999–1007. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.016>

ONU. Organização das Nações Unidas. **Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 24 jan. 2026.

ROSA, P.F., CARVALHINHO, L.A.D. 2012. A educação ambiental e o desporto na natureza: Uma reflexão crítica sobre os novos paradigmas da educação ambiental e o potencial do desporto como metodologia de ensino. **Movimento**. 18, 3, 259–280.

RYABININ, V., BARBIÈRE, J., HAUGAN, P., KULLENBERG, G., SMITH, N., MCLEAN, C., et al. 2019. The UN decade of ocean science for sustainable development. **Front. Mar. Sci.** 6, 470. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00470>

ROCHMAN, C.M., BROWNE, M.A., HALPERN, B.S., HENTSCHEL, B.T., HOH, E., KARAPANAGIOTI, H.K., et al. 2013. Classify plastic waste as hazardous. **Nature**. 494, 7436, 169–171. <https://doi.org/10.1038/494169a>

SACHS, J., SCHMIDT-TRAUB, G., KROLL, C., LAFORTUNE, G., FULLER, G., WOELM, F. **The sustainable development goals and COVID-19: Sustainable development report 2020**. Cambridge: Cambridge University Press, 2020.

SOBEL, D. 2004. Place-based education: Connecting classrooms and communities. **Educ. Mean. Soc. Justice**. 17, 3, 63–64.

STEVENSON, R.B. 2007. Schooling and environmental education: Contradictions in purpose and practice. **Environ. Educ. Res.** 13, 2, 139–153.

TALAVERA-MENDOZA, F., CAHUANA SUNI, N.R., CAYANI CACERES, K.S. 2025 Fostering ecological awareness and pro-environmental intentions through gamification in high school students. **Front. Educ.** 10:1650480. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1650480>

UNESCO. **Cultura Oceânica para todos: kit pedagógico**. 2020. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373449> . Acesso em: 18 fev. 2026

UNITED NATIONS GLOBAL COMPACT. **The Ten Principles of the UN Global Compact. United Nations Chronicle**. 2021. Disponível em: <https://unglobalcompact.org/what-is-gc/mission/principles> . Acesso em: 10 fev. 2026.

WELLS, N.M., LEKIES, K.S. 2006. Nature and the life course: Pathways from childhood nature experiences to adult environmentalism. **Child. Youth Environ.** 16, 1, 1–24. <https://doi.org/10.1353/cye.2006.0031>

WRIGHT, S.L., KELLY, F.J. 2017. Plastic and human health: a micro issue? **Environ. Sci. Technol.** 51, 12, 6634–6647. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>

ZENG, X., OGUNSEITAN, O.A., NAKAMURA, S., SUH, S., KRAL, U., LI, J., GENG, Y. 2022. Reshaping global policies for circular economy. **Circular Economy**. 1, 1, 100003. <https://doi.org/10.1016/j.cec.2022.100003>

ZENG, X., LI, J. 2021. Emerging anthropogenic circularity science: Principles, practices, and challenges. **IScience**. 24, 3. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102237>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese foi estruturada a partir da compreensão de que a poluição por resíduos plásticos em ambientes costeiros e marinhos constitui um dos desafios socioambientais mais complexos da atualidade, exigindo abordagens que transcendam ações isoladas e integrem ciência, educação, tecnologia e inovação. Ao longo de cinco capítulos, a pesquisa investigou a percepção de usuários de praias brasileiras sobre a presença de resíduos sólidos, explorou uma técnica para a identificação de polímeros plásticos, propôs uma metodologia de reciclagem mecânica e analisou a percepção de professores de Educação Física frente à temática ambiental, culminando na consolidação de um modelo de negócio de impacto socioambiental articulado com a Educação Básica.

Na dimensão sociocultural, observou-se como praticantes e não praticantes de esportes percebem e se relacionam com a poluição por resíduos sólidos nas praias. Os resultados permitiram compreender os desafios e as oportunidades para engajamento comunitário e educação ambiental, bem como identificar soluções compatíveis com a realidade socioeconômica brasileira.

No âmbito técnico-laboratorial, a espectroscopia Raman mostrou-se uma ferramenta precisa e confiável para a identificação de diferentes tipos de plástico pós-consumo, permitindo a classificação adequada dos materiais antes do processamento, fornecendo informações essenciais para otimizar os processos de reciclagem e assegurar a qualidade dos produtos.

No contexto do *design* sustentável, os resultados confirmaram que resíduos plásticos coletados em ambientes costeiros, quando adequadamente processados, são passíveis de reinserção na cadeia produtiva, originando produtos funcionalmente adequados e socialmente relevantes. A transformação de tampas plásticas em produtos esportivos e recreativos evidenciou não apenas a versatilidade do processo de reciclagem mecânica, mas também seu potencial competitivo de mercado, aliado a forte apelo socioambiental, considerando o valor ambiental, econômico e simbólico gerado.

A investigação avançou na dimensão pedagógica com a análise da percepção de professores de Educação Física sobre a abordagem de temas ambientais nas aulas. Os achados revelaram que a articulação entre conteúdos curriculares e experiências práticas fortalece a formação de cidadãos críticos e engajados, ampliando o impacto das ações educativas em prol da sustentabilidade.

Um dos diferenciais centrais desta pesquisa reside na transposição do conhecimento acadêmico para a prática social por meio da consolidação de um negócio de impacto socioambiental e de ações concretas na Educação Básica. A iniciativa Paradas demonstrou que a ciência pode gerar transformação territorial, promovendo engajamento comunitário, sensibilização ambiental e geração de renda. Nas escolas públicas, foram implementadas oficinas de reciclagem criativa e atividades pedagógicas que aproximaram alunos e professores da temática dos resíduos plásticos, consolidando aprendizagens significativas e visibilidade social. A repercussão pública obtida reforça o potencial de replicabilidade do modelo e evidencia que soluções fundamentadas cientificamente podem alcançar legitimidade social e institucional, ampliando a interface entre reciclagem criativa, políticas públicas e educação ambiental.

Do ponto de vista científico, a tese contribui ao demonstrar que a reciclagem mecânica de plásticos provenientes de ambientes costeiros pode ser abordada a partir de uma perspectiva integrada, combinando ciência dos materiais, design sustentável, economia circular, educação ambiental e educação escolar. A pesquisa amplia o campo de discussão sobre gestão de resíduos e propõe uma abordagem sistêmica que conecta laboratório, oficina e escola. Em síntese, esta tese cumpre seu objetivo central de analisar a relação entre esporte e educação a partir da problemática dos resíduos plásticos, articulando os princípios da economia circular ao desenvolvimento de práticas pedagógicas no contexto educacional, evidenciando que resíduos plásticos podem se tornar ponto de partida para ciclos educativos, materiais e sociais transformadores.

## REFERÊNCIAS GERAIS

- ABALANSA, S., EL MAHRAD, B., VONDOLIA, G.K., ICELY, J., NEWTON, A. 2020. The marine plastic litter issue: a social-economic analysis. **Sustainability**, 12, 20, 8677. <https://doi.org/10.3390/su12208677>
- AHMAD, S.A., WANKHADE, V. **Entry of macro, micro, and nanoplastic in the food chain and their impact on marine life (from source to sink)**. In: Impact of Plastic Waste on the Marine Biota. Singapore: Springer Nature Singapore, p. 211–222, 2022.
- ASSAD, Leonor. 2016. Apresentação-lixo: uma ressignificação necessária. **Ciênc. Cult.**, 68, 4, 22–24.
- BEEHARRY, Y., GIRISH, B., DEVINA, B., CHANDRADEO, B., PHILLIPS, M.R. 2021. Perspectives of leisure operators and tourists on the environmental impacts of coastal tourism activities: a case study of Mauritius. **Environment, Development and Sustainability**, 23, 10702–10726. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01080-7>.
- BEERY, T.H., WOLF-WATZ, D. 2014. Nature to place: Rethinking the environmental connectedness perspective. **Journal of Environmental Psychology**. 40, 198–205. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2014.06.006>
- BELLASI, A., BINDA, G., BOLDROCCHI, G., POZZI, A., BETTINETTI, R. 2022. What are lake beaches made of? An assessment of plastic beach litter on the shores of Como Bay (Italy). **Appl. Sci.** 12, 11, p. 5388. <https://doi.org/10.3390/app12115388>
- BORJA, A., WHITE, M.P., BERDALET, E., BOCK, N., EATOCK, C., KRISTENSEN, P., et al. 2020. Moving toward an agenda on ocean health and human health in Europe. **Frontiers in Marine Science**. 7, 37. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00037>
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana: Plano de Combate ao Lixo no Mar**. Brasília, DF: MMA, 2019. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/dellaguna/sites/www.marinha.mil.br/dellaguna/files/Downloads/Plano-de-Combate-ao-Lixo-no-Mar-20.03-FINAL.pdf> . Acesso em: 10 ago. 2025.
- DALAMA-GONZALEZ, M.A. **Os caiçaras da Ilha do Cardoso e a “coisa fora do lugar”**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- DE MELLO SOUZA, T., CHOUERI, R.B., NOBRE, C.R., DE SOUZA ABESSA, D.M., MORENO, B.B., CARNAÚBA, J.H., et al. 2023. Interactive effects of microplastics and benzo [a] pyrene on two species of marine invertebrates. **Mar. Pollut. Bull.** 193, 115170. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115170>

- DEPLEDGE, M.H., WHITE, M.P., MAYCOCK, B., FLEMING, L.E., et al. 2019. Time and tide. **BMJ**. 366. <https://doi.org/10.1136/bmj.l4671>
- DE RAMOS, B., ALENCAR, M.V., RODRIGUES, F.L., DE FIGUEIREDO LACERDA, A.L., PROIETTI, M.C. 2021. Spatio-temporal characterization of litter at a touristic sandy beach in South Brazil. **Environ. Pollut.** 280, 116927. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116927>.
- DI, J., RECK, B.K., MIATTO, A., GRAEDEL, T.E. 2021. United States plastics: Large flows, short lifetimes, and negligible recycling. **Resour. Conserv. Recy.** 167, 105440. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105440>
- FLEMING, L.E., MAYCOCK, B., WHITE, M.P., DEPLEDGE, M.H. 2019. Fostering human health through ocean sustainability in the 21st century. **People Nat.** 1, 3, 276–283. <https://doi.org/10.1002/pan3.10038>
- GALGANI, F., OOSTERBAAN, L., POITOU, I., HANKE, G., THOMPSON, R., AMATO, E., JANSSEN, C., GALGANI, F., FLEET, D., FRANEKER, J.VAN, KATSANEVAKIS, S., MAES, T. 2010. **Marine Strategy Framework Directive: Task Group 10 Report Marine Litter**. JRC. <https://doi.org/10.2788/86941>.
- JAMBECK, J.R., GEYER, R., WILCOX, C., SIEGLER, T.R., PERRYMAN, M., ANDRADY, A., NARAYAN, R., LAW, K.L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**, 347, 6223, 768–771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>.
- KEARNS, R., COLLINS, D. 2012. Feeling for the coast: the place of emotion in resistance to residential development. **Soc. Cult. Geogr.** 13, 8, 937–955. <https://doi.org/10.1080/14649365.2012.730150>
- KWON, G., CHO, D.W., PARK, J., BHATNAGAR, A., SONG, H. 2023. A review of plastic pollution and their treatment technology: A circular economy platform by thermochemical pathway. **Chem. Eng. J.** 464, 142771. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.142771>
- onCK, B., NIKOLIĆ, M., COLWELL, J. M., GAUTHIER, E., HALLEY, P., BOTTLE, S., GEORGE, G. 2017. Lifetime prediction of biodegradable polymers. **Prog. Polym. Sci.** 71, 144–189. <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2017.02.004>
- MUCELIN, C.A., BELLINI, M. 2008. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Soc. Nat.** 20, 111–124. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132008000100008>
- NAPPER, I.E., BAROTH, A., BARRETT, A.C., BHOLA, S., CHOWDHURY, G.W., DAVIES, B.F. 2021. The abundance and characteristics of microplastics in surface water in the transboundary Ganges River. **Environ. Pollut.** 274, 116348. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116348>
- ONINK, V., JONGEDIJK, C.E., HOFFMAN, M.J., VAN SEBILLE, E., LAUFKÖTTER, C. 2021. Global simulations of marine plastic transport show plastic trapping in coastal zones. **Environ. Res. Lett.** 16, 6, 064053. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abecbd>

RAMASAMY, E.V., SRUTHY, S., HARIT, A.K., MOHAN, M., BINISH, M.B. 2021. Microplastic pollution in the surface sediment of Kongsfjorden, Svalbard, Arctic. **Mar. Pollut. Bull.** 173, 112986. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112986>

RODRIGUES, M.L., MALHEIROS, T.F., FERNANDES, V., DAGOSTIN DARÓS, T. 2012. A percepção ambiental como instrumento de apoio na gestão e na formulação de políticas públicas ambientais. **Saúde Soc.** 21, 96-110. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902012000700009>

SILVA, C. M. A. **Educação ambiental e a troca de saberes.** 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

STIFTUNG, H.B., 2020. **Atlas do plástico: fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos.** Fundação Heinrich Böll.

TESSNOW-VON WYSOCKI, I., LE BILLON, P. 2019. Plastics at sea: Treaty design for a global solution to marine plastic pollution. **Environ. Sci. Policy.** 100, 94–104. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.06.005>

TURRA, A., SANTANA, M., OLIVEIRA, A.D.L., BARBOSA, L., CAMARGO, R.M., MOREIRA, F., DENADAI, M.R., 2020. **Lixo nos mares: do entendimento à solução.** Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo.

UESUGI, A., KUDO, Y. 2020. The relationship between outdoor sport participants' place attachment and pro-environment behaviour in natural areas of Japan for developing sustainable outdoor sport tourism. **Eur. J. Sport Soc.** 17, 2, 162-179. <https://doi.org/10.1080/16138171.2020.1737424>

ZHANG, K., HAMIDIAN, A.H., TUBIĆ, A., ZHANG, Y., FANG, J. K., WU, C., LAM, P. K. 2021. Understanding plastic degradation and microplastic formation in the environment: A review. **Environ. Pollut.** 274, 116554. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116554>