

CEMEP

CENTRO MUNICIPAL DE ENSINO PROFISSIONALIZANTE

Avenida Brasil, 330, Vila Bressani, Paulínia, São Paulo.

CEP: 13140-496 — Telefone (19) 38749457 | E-mail: sec.cemep@gmail.com

Felipe Dalan dos Passos

Guilherme Henrique Moreira

Mateus de Castro Farah Aranha

BARCO AUTÔMATO SUSTENTÁVEL, MOVIDO A MHD, PARA LIMPEZA DOS OCEANOS

ORIENTADORA: Raquel Cristina Bertolini Lot

COORIENTADOR: Diogo Pelaes Franco Pereira

PAULÍNIA-SP

2024

Felipe Dalan dos Passos
Guilherme Henrique Moreira
Mateus de Castro Farah Aranha

**BARCO AUTÔMATO SUSTENTÁVEL, MOVIDO A MHD, PARA LIMPEZA DOS
OCEANOS**

O presente relatório é orientado pela professora Raquel Cristina Bertolini Lot e coorientado pelo professor Diogo Pelaes Franco Pereira para submissão em feiras científicas.

INÍCIO: MARÇO DE 2024
TÉRMINO: OUTUBRO DE 2024

FOLHA DE ASSINATURAS

Felipe Dalan dos Passos

Felipe Dalan dos Passos

Guilherme Henrique Moreira

Guilherme Henrique Moreira

Mateus de Castro F. Aranha

Mateus de Castro Farah Aranha

Bertolini Lot

Orientadora: Raquel Cristina Bertolini Lot

Diogo Pelaes Franco Pereira

Coorientador: Diogo Pelaes Franco Pereira

RESUMO

Desde sua criação no século XX até os dias atuais, o plástico destacou-se por suas propriedades de durabilidade, modelagem e baixo custo. Estimativas indicam que em 2016 foram produzidas mais de 335 milhões de toneladas deste material. Nesse cenário, cerca de 80% do plástico, que na maioria dos casos é mal descartado, atinge os oceanos, impactando significativamente o ecossistema pela formação de grandes ilhas de plástico, que são aglomerações do material na superfície dos oceanos. Diante das circunstâncias, faz-se necessário o investimento em ações mais sustentáveis para preservar ecossistema marinho. O presente projeto busca automatizar uma plataforma móvel controlada por uma placa ESP32 (um chip microcontrolador de 32 bits que possui integrado um conjunto de funcionalidades necessárias para o desenvolvimento de soluções IoT), que se movimenta utilizando a tecnologia de magneto-hidrodinâmica (MHD) e é alimentada por radiação solar, sem emissão de gases do efeito estufa e com mínimo impacto no ecossistema marítimo. A abordagem de baixo custo reflete a preocupação de tornar a solução acessível e viável. A automação não apenas reduz os investimentos iniciais, como também a mão de obra constante de manutenção. A integração de uma rede de coleta acoplada na parte traseira do autônomo é uma prática para a remoção dos resíduos plásticos sobre a água. Ao agir como uma barreira física, a rede tem a capacidade de capturar uma ampla variedade de resíduos, contribuindo assim para a limpeza dos oceanos. O protótipo foi capaz de se mover adequadamente em testes com diferentes concentrações salinas, coletando resíduos com sucesso, embora a velocidade diminuísse conforme a rede se enchia. O barco demonstrou eficiência na propulsão MHD, com testes bem-sucedidos em pequena escala. Melhorias nos materiais e sistemas de coleta são os próximos passos. O projeto é viável e funcional, com potencial para ser ampliado. Ajustes nas peças e otimizações no controle remoto são necessários para garantir maior eficiência e durabilidade em ambientes reais.

PALAVRAS-CHAVE: Automação, MHD, Sustentável.

ABSTRACT

Since its creation in the 20th century to the present day, plastic has stood out for its durability, molding and low-cost properties. Estimates indicate that in 2016, more than 335 million tons of this material were produced. In this scenario, approximately 80% of the plastic, which in most cases is improperly discarded, reaches the oceans, significantly impacting the ecosystem by forming large plastic islands, which are accumulations of the material on the surface of the oceans. Given the circumstances, it is necessary to invest in more sustainable actions to preserve the marine ecosystem. This project seeks to automate a mobile platform controlled by an ESP32 board (a 32-bit microcontroller chip that has integrated a set of functionalities necessary for the development of IoT solutions), which moves using magnetohydrodynamic (MHD) technology and is powered by solar radiation, without emitting greenhouse gases and with minimal impact on the marine ecosystem. The low-cost approach reflects the concern to make the solution accessible and viable. Automation not only reduces initial investments, but also the constant maintenance labor. The integration of a collection net attached to the rear of the autonomous vessel is a practical way to remove plastic waste from the water. By acting as a physical barrier, the net has the ability to capture a wide variety of waste, thus contributing to the cleanliness of the oceans. The prototype was able to move adequately in tests with different saline concentrations, successfully collecting waste, although the speed decreased as the net filled. The boat demonstrated efficiency in MHD propulsion, with successful tests on a small scale. Improvements in materials and collection systems are the next steps. The project is viable and functional, with potential for expansion. Adjustments to the parts and optimizations in the remote control are necessary to ensure greater efficiency and durability in real environments.

KEYWORDS: Automation, MHD, Sustainable.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01** – Representação da localização e dimensão das ilhas de plástico distribuídas no lobo, conforme LITTERBASE (2023)
..... pág 07
- Figura 02** – Composição global do lixo marinho conforme LITTERBASE (2023)
..... pág 08
- Figura 03** – Como a propulsão MHD funciona pág 09
- Figura 04** – Como está a estrutura do protótipo pág 12
- Figura 05** – Página do site com o controle manual pág 12

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	07
2. OBJETIVOS	9 e 10
2.1 OBJETIVOS GERAIS	09
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3. METODOLOGIA E MATERIAIS	10
4. DADOS	12
5. ANÁLISE DE DADOS	13
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	13
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13

1. INTRODUÇÃO

Somente no ano de 2016 foram produzidos mais de 335 milhões de toneladas de plástico no planeta (PlasticsEurope, 2017). Quimicamente, o material de baixo custo apresenta propriedades muito atrativas para confecção de objetos, como alta resistência e maleabilidade, sendo largamente utilizado pelas indústrias. Apesar destas propriedades, um estudo promovido pela OCDE em 2019 apontou que somente 9% deste material é reciclado, e boa parte do resíduo não reciclado atinge os oceanos. Neste meio, devido a sua baixa densidade, o plástico flutua e se acumula, formando grande ilhas, por vezes denominadas “ilhas de plásticos”.

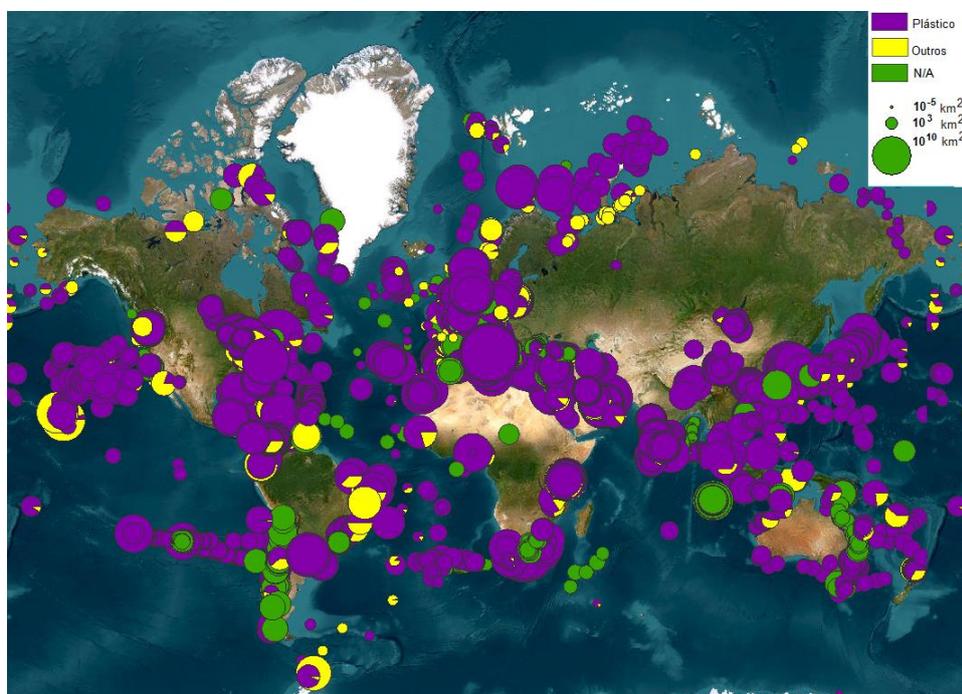


Figura 01 - Representação da localização e dimensão das ilhas de plástico distribuídas no globo, conforme LITTERBASE (2023)

Os impactos negativos de tamanha poluição envolvem a redução da atividade financeira de comunidades pesqueiras, altos custos para a manutenção dos veículos do setor de navegação, crescimento do risco de inundações e grandes impactos nos ecossistemas marítimos, levando a possíveis extinções de algumas espécies que possam vir a ingerir ou se prenderem nos materiais das ilhas de plástico (IUCN, 2020). Segundo estudos da LITTERBASE (2023), já são mais de 1440 o número de espécies afetadas e ameaçadas pelas ilhas de plásticos em nossos oceanos. No mesmo

mapeamento do autor, verificamos a distribuição dos lixos totais nos oceanos, onde 60,23% são da característica plástica.

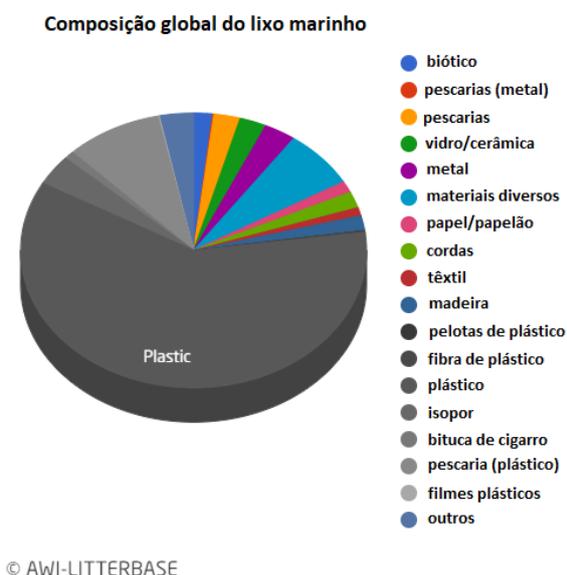


Figura 02 – Composição global do lixo marinho (LITTERBASE, 2023)

O consenso geral converge para a necessidade urgentes de ações sustentáveis que minimizem os riscos ao ecossistema marinho, além de propor soluções para o recolhimento e descarte adequado dos resíduos plásticos.

Diante dessa crise ambiental, torna-se essencial buscar soluções tecnológicas sustentáveis. Uma alternativa promissora é o uso da propulsão Magneto-Hidrodinâmica (MHD), que gera movimento a partir da interação entre campos magnéticos e íons presentes na água do mar, reduzindo os impactos ecológicos. Além disso, o uso do microcontrolador ESP32 se destaca como peça-chave no controle do protótipo. O ESP32 possibilita a automação da embarcação, integrando comunicação via Wi-Fi, controle remoto e monitoramento em tempo real, tornando o sistema eficiente e autônomo para a coleta de resíduos plásticos no oceano.

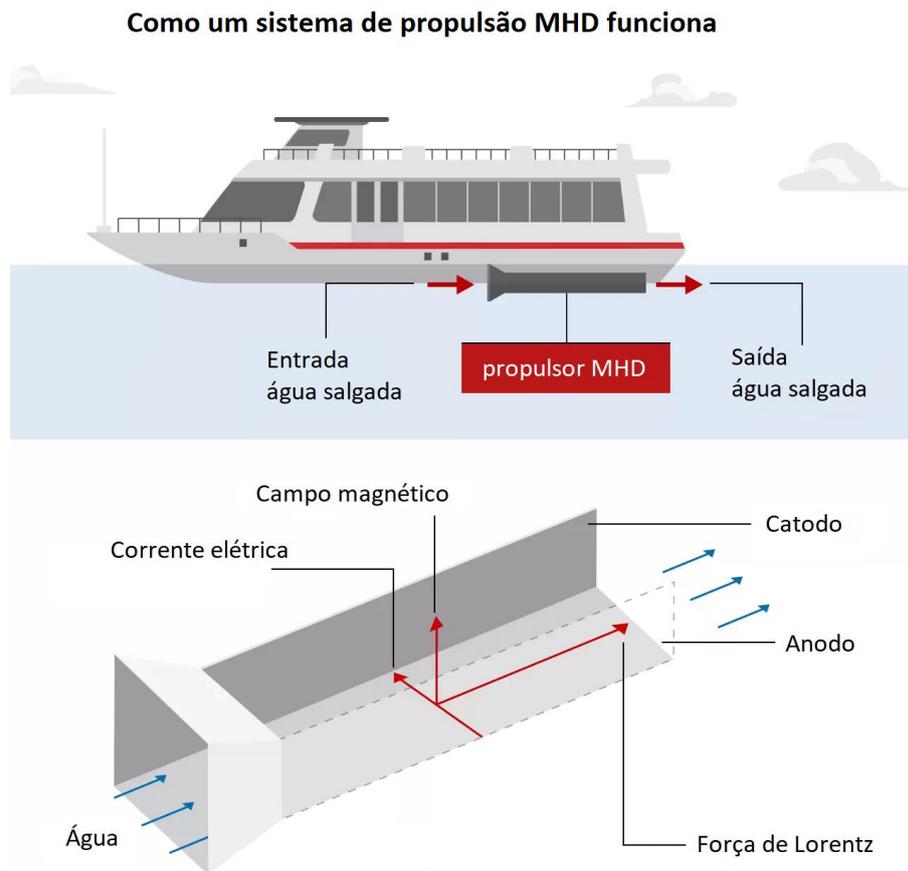


Figura 03 – Como funciona a propulsão MHD.

Considerando a discussão sobre a necessidade de ações práticas para reduzir o acúmulo de plástico nos oceanos, além de promover uma tecnologia sustentável como a propulsão MHD, nossa pesquisa propõe combinar a propulsão MHD com a automação via ESP32, desenvolver um barco sustentável e de baixo custo, voltado para a limpeza dos oceanos, sem emissão de poluentes e com mínimo impacto no ecossistema marinho.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Temos como objetivo criar um protótipo de embarcação autônoma com propulsão MHD, automatizado pela plataforma ESP32 com um sistema mecânico de recolhimento de plástico acoplado em sua parte traseira, que ficará responsável por recolher os resíduos sobre o oceano e levá-los até determinado ponto de coleta. Juntamente ao protótipo terá a criação de um site, onde o usuário conseguirá ter

acesso a localização da embarcação, junto com seu controle manual e informações do projeto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Melhorar o protótipo com o MHD (melhorar a condutividade das placas paralelas trocando o material e ajustando a configuração dos ímãs).
- Adicionar um sistema de energia solar para ionização dos sais na água salgada (a placa solar seria uma medida mais sustentável para fornecer a corrente elétrica responsável pela ionização dos sais presentes na água salgada).
- Adicionar o sistema de coleta (Integrar ao protótipo um sistema de rede para a coleta dos resíduos plásticos sem danificar organismos marinhos).
- Realizar testes de coleta (Os testes de coleta serão conduzidos em tanques de simulação, onde serão adicionadas partículas de plástico em diferentes tamanhos e densidades).
- Aprimorar o protótipo com características que sejam mais sustentáveis (Buscar materiais mais sustentáveis e de baixo impacto ambiental para a construção do protótipo).
- Criar um site com informações do projeto e controle manual da embarcação (Desenvolver um site que permita o monitoramento do protótipo e controle manual da embarcação em tempo real).

3. METODOLOGIA E MATERIAIS

Para este projeto, a metodologia que melhor se adequa é o tipo de pesquisa voltado para o método da engenharia. A pesquisa será exploratória, e consta basicamente em criar um protótipo na modalidade de embarcação, que se utiliza de um sistema de coleta em rede com distanciamento conveniente para capturar os plásticos sobre o oceano. A movimentação deste barco depende exclusivamente da propulsão em MHD. Para a ionização do sal contido na água salgada dos oceanos, iremos construir uma canaleta que contém duas placas paralelas, ligadas a uma placa

solar capaz de produzir uma diferença de potencial de 12 V. Ao adentrar a canaleta, o sal é ionizado e fica submetido a um campo magnético produzido por um ímã de neodímio. A partir deste momento a partícula carregada do íon do sal é impulsionado para trás, o que faz com que a embarcação seja impulsionada para frente.

O controle de deslocamento será feito utilizando uma plataforma ESP32. Escolhemos essa plataforma por ter um hardware potente e, principalmente, por possuir uma placa de Wi-Fi embutida, utilizada para a criação do site. Este controle pode ser automático ou manual. Junto ao sistema, o barco deve identificar quando coletou uma determinada massa e retornar ao ponto de reciclagem para que o plástico tenha um destino apropriado, ou até mesmo, informar, emitindo um sinal de radiofrequência, que a rede está cheia e necessita da coleta do material. Mesmo o processo de propulsão da MHD sendo pouco potente, o tempo que o barco permanecerá em operação valida sua criação.

Pretende-se acoplar um módulo de GPS GY-NEO7MV2 para rastrear a localização da embarcação em um mapa, acessado por meio de um site, onde também será possível controlar manualmente a embarcação usando um dispositivo conectado à mesma rede Wi-Fi que o ESP32. O site terá como tela inicial um login para entrada de pessoas autorizadas no projeto. No menu terá um resumo do nosso projeto, com uma foto da embarcação e nossos contatos de e-mail, também uma barra de navegação para controle, trajetos e informar um problema sobre o protótipo. Na página de controle, terá um mapa que mostrará a localização da embarcação e o controle manual dela. Na página de trajetos, será ligado a um banco de dados que mostrará os trajetos anteriores da embarcação, como hora de saída, local de saída, hora da chegada, local da chegada e o trajeto que a embarcação fez.

Como materiais necessários à criação do projeto, listamos:

- plataforma/protótipo em pequena escala para a embarcação.
- propulsão em MHD com um ímã de neodímio e uma fonte de 12V de energia solar.
- placa ESP32 para operação de deslocamento do protótipo.
- motores de passo para operação dos lemes.
- GPS para identificação da localização da embarcação.
- Site para visualização e controle da embarcação.

Ademais, criar um site em html com a linguagem PHP, esta, por sua vez, que ficará responsável pela conexão do banco de dados desenvolvido no MySql. Haverá também a programação do controle do barco pelo usuário com a linguagem de programação C.

4. DADOS



Figura 04 – Como está a estrutura do protótipo

ID	Hora da saída	Hora da chegada	Data da saída	Data da chegada	Local da saída	Local da chegada	Status
1	08:30:00	10:45:00	2024-07-20	2024-08-20	Santos	Shanghai	Inativo
2	11:00:00	13:30:00	2024-08-21	2024-08-21	Santos	Santos	Inativo
3	14:15:00	16:00:00	2024-07-22	2024-08-22	Santos	Singapore	Inativo
4	12:45:00	19:30:00	2024-08-23	2024-08-23	Santos	Santos	Inativo
5	17:45:00	19:30:00	2024-08-25	2024-08-23	Santos	Buian	Inativo

Figura 05 – Página do site com o controle manual

O sistema de propulsão por Magneto-Hidrodinâmica (MHD) demonstrou a capacidade de ionizar a água com baixa incidência solar, mesmo utilizando uma solução salina caseira com concentração inferior à da água do mar. Nessas condições, o protótipo se movimentou adequadamente. Com uma concentração salina mais elevada, a embarcação apresentou um aumento significativo em sua velocidade final. A placa solar localizada na parte superior gerou uma diferença de potencial de até 12V sob máxima incidência solar, funcionando conforme o previsto para o projeto.

A automação via ESP32 possibilitou o controle do leme traseiro de forma remota e programada, garantindo precisão no direcionamento da embarcação. A ESP32, alimentada por uma bateria de 9V, também pode ser alimentada pela placa solar, oferecendo versatilidade ao sistema. A programação permite que a embarcação realize diferentes trajetos, com opções de controle remoto utilizando WiFi e módulo de localização GPS. Nos testes, o direcionamento automatizado para rotas específicas mostrou-se altamente confiável.

A rede acoplada à parte traseira da embarcação foi eficaz na coleta de pequenos resíduos plásticos. Contudo, observou-se uma diminuição gradual na velocidade conforme a massa dos resíduos coletados aumentava.

Um vídeo separado do funcionamento do MHD foi gravado para demonstrar com maior clareza o método de propulsão utilizado, auxiliando na compreensão do processo.

A conexão com o site de controle da ESP32 é feita por meio de uma rede WiFi compartilhada. Para acessar, basta digitar o endereço IP da ESP32 no navegador de qualquer dispositivo conectado à mesma rede. O site permite o controle manual da embarcação, além de exibir dados importantes sobre a operação, como localização e trajeto.

5. ANÁLISE DOS DADOS

O sistema de propulsão Magneto-Hidrodinâmica (MHD) foi testado separadamente em uma bacia utilizando uma configuração simples. Um ímã de neodímio dipolo e uma bateria de 12V foram usados para gerar a diferença de potencial nas placas paralelas. A água, com salinidade similar à do mar, permitiu que

o sistema operasse com eficiência, gerando movimento adequado por meio da propulsão iônica.

Para validar o MHD em um protótipo, foi utilizado um modelo leve de embarcação, criado em impressora 3D. Equipado apenas com o sistema MHD, o protótipo demonstrou movimentação bem-sucedida, comprovando a eficácia da propulsão iônica em estruturas leves.

Também foi desenvolvido um site que permite o controle da embarcação pelos usuários. A página inicial oferece informações detalhadas do projeto, juntamente com fotos da embarcação. O site possui um sistema de login que direciona os usuários para um menu onde é possível controlar manualmente a embarcação e visualizar o histórico de trajetos anteriores. Desenvolvido em HTML, o site utiliza a linguagem PHP e o framework Bootstrap para o design, enquanto o controle manual da embarcação foi programado em C no ESP32. As informações operacionais são armazenadas em um banco de dados MySQL.

O sistema automatizado em ESP32 está em fase avançada de planejamento, permitindo o controle do micro servo responsável pela direção da embarcação. A próxima etapa do projeto prevê a integração de um sistema de coleta de plásticos na parte traseira, além de substituir a fonte de alimentação da bateria pela energia solar. Se os testes de coleta de lixo em pequena escala forem bem-sucedidos, o protótipo demonstrará potencial para ser implementado em maior escala.

6. CONCLUSÕES

Concluimos que o protótipo é funcional, com base no grau de avanço do projeto. Pretendemos melhorar ainda mais e identificamos a necessidade de recomprar algumas das peças do projeto, como duas placas paralelas novas para melhorar a condutividade elétrica e mais ímãs para fortalecer a força do campo magnético, assim obtendo-se um melhor resultado na propulsão MHD. Em relação ao site, o design está quase finalizado, precisando apenas de alguns ajustes. O banco de dados está conectado corretamente, faltando apenas a programação em C para controle do barco pelo usuário.

O protótipo foi desenvolvido em pequena escala, mas sua aplicação pode ser expandida para uso em larga escala em ambientes marinhos reais. Para isso, seria

necessário considerar matérias mais resistentes e desenvolver soluções que aumentem a eficiência da coleta dos resíduos.

Os próximos passos incluem a adaptação dos componentes para resistirem a ambientes corrosivos, a melhoria do sistema de coleta para adquirir maior eficiência e a otimização do controle remoto para garantir o funcionamento adequado do sistema.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BRASIL. **Combate ao Lixo no Mar**. Disponível em : <https://www.marinha.mil.br/combate-ao-lixo-no-mar#:~:text=O%20lixo%20marinho%20%C3%A9%20composto,nossa%20economia%20e%20%C3%A0%20sociedade>. Acesso em 14/04/2023.

DW. **Plástico é responsável por 80% do lixo nos oceanos**. 11 jun. 2021. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/pl%C3%A1stico-%C3%A9-respons%C3%A1vel-por-80-do-lixo-nos-oceanos/a-57859624>. Acesso em: 14/04/2023.

FUNVERDE. **Já são mais de 1400 as espécies afetadas pelo lixo que despejamos nos oceanos**. 09 out. 2017. Disponível em: <https://www.funverde.org.br/blog/ja-sao-mais-de-1400-as-especies-afetadas-pelo-lixo-que-despejamos-nos-oceanos/>. Acesso em: 14/04/2023.

HALLIDAY, D.; WALKER, J.; RESNICK R. **Fundamentos de Física**. 7. ed., pág 737. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

<https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/relatorio-da-onu-sobre-poluicao-plastica-alerta-sobre#:~:text=O%20relat%C3%B3rio%20destaca%20que%20o,costa%20em%20todo%20o%20mundo>. Acesso em: 16/04/2023.

IUCN, Centre for Mediterranean Cooperation. **Plastic Waste Free Islands in the Mediterranean**. 2020. pág 6. Disponível em: https://www.iucn.org/sites/default/files/2022-08/plastic_waste_free_islands_med_final_report_0.pdf. Acesso em: 18/04/2023.

LITTERBASE. **The amount and distribution of litter and microplastic**. 2023. Disponível em: https://litterbase.awi.de/litter_detail. Acesso em: 14/04/2023.

ONU. **Relatório da ONU sobre poluição plástica alerta sobre falsas soluções e confirma necessidade de ação global urgente**. 21 out. 2021. Disponível em:

PARIS. **Menos de 10% do plástico do mundo é reciclado, estima OCDE**. 23 fev. 2022. Disponível em <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2022/02/menos-de-10-do-plastico-do-mundo-e-reciclado-estima-ocde.shtml>. Acesso em: 24/04/2023.

PLASTICSEUROPE. **Plastics – the Facts 2017 An analysis of European plastics production, demand and waste data**. 2017. pág 16. Disponível em: <https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/10/2017-Plastics-the-facts.pdf>. Acesso em: 18/04/2023.

THESS, A., VOTYAKOV, E. V. e KOLESNIKOV, Y. **Lorentz Force Velocimetry**. Physical Review Letters. PRL 96, 164501 (2006).

THOMAS, Jennifer Ann. **Poluição dos Oceanos: de onde vem o lixo**. Um só Planetas, 19 jun. 2021. Disponível em:

<https://umsoplaneta.globo.com/biodiversidade/noticia/2021/06/19/poluicao-dos-oceanos-de-onde-vem-o-lixo.ghtml>. Acesso em: 07/04/2023.

WOOLLACOTT, Emma. **The US military revives an idea for stealthy sea power**. BBC em 17 jul. 2023. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/business-65958967>. Acesso em: 24/04/2023.

