

**DESCONTAMINAÇÃO DE AMBIENTES MARINHOS:
ESTRUTURA DE FILTRAGEM**

**DECONTAMINATION OF MARINE ENVIRONMENTS:
FILTERING STRUCTURE**

Felipe Muniz

Bacharelado em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: 449, R. Itacolomi, Portão, Curitiba - PR, CEP: 81070-150

E-mail: muniz.1511@gmail.com

Heitor Klettenberg

Bacharelado em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: 449, R. Itacolomi, Portão, Curitiba - PR, CEP: 81070-150

E-mail: klettenbergheitor@gmail.com

Lucas Henrique Fragoso Dressler

Bacharelado em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: 449, R. Itacolomi, Portão, Curitiba - PR, CEP: 81070-150

E-mail: lucashdressler@gmail.com

Marianne Kawano Sumie

Doutora pelo Programa de Pós-Graduação Engenharia Elétrica e Informática Industrial pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: 449, R. Itacolomi, Portão, Curitiba - PR, CEP: 81070-150

E-mail: marianne.sumie@unifatecpr.com.br

Victor Hugo Pancera Tedeschi

Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Gestão da Informação pela Universidade Federal do Paraná (UFPR)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: 449, R. Itacolomi, Portão, Curitiba - PR, CEP: 81070-150

E-mail: victor.tedeschi@unifatecpr.com.br

RESUMO

O artigo aborda a problemática dos microplásticos nos oceanos e propõe uma solução inovadora para filtrar esses resíduos. Os microplásticos, fragmentos menores que 5mm, estão amplamente distribuídos nos ambientes marinhos, causando danos à fauna e ameaçando a cadeia trófica. O Bio Trash Whale é apresentado como um submarino não tripulado capaz de filtrar microplásticos, utilizando peneiras e espumas de aço. O objetivo geral do artigo é desenvolver um projeto de filtragem acoplável a navios e rebocadores

para reduzir os níveis de microplásticos nos oceanos. A justificativa destaca a urgência do problema, enfatizando a ameaça aos ecossistemas marinhos e à saúde humana, já que os microplásticos podem ser ingeridos através da cadeia alimentar. O artigo menciona a falta de soluções técnicas e economicamente viáveis para a remoção dos microplásticos já presentes nos oceanos. A metodologia descreve o desenvolvimento do filtro baseado no modelo do Bio Trash Whale, adaptando-o para ser acoplado aos cascos de navios cargueiros e rebocadores. O material escolhido para resistir às condições marítimas é o aço AISI 316, devido à sua resistência à corrosão. O filtro é composto por peneiras e espumas de aço em seções, proporcionando fácil acesso e manutenção. O artigo explora as consequências da distribuição de microplásticos no ecossistema marinho, destacando os impactos em diferentes organismos, desde fitoplâncton até seres humanos. São citados casos de obstrução do trato digestório, desequilíbrio hormonal e impactos na reprodução. A inclusão de cálculos de mecânica dos fluidos visa analisar o impacto do filtro no desempenho de grandes cargueiros. Os resultados indicam que a adição do filtro exige apenas 1% a mais de potência para vencer o arrasto.

Palavras-chave: Microplásticos, Filtragem, Bio Trash Whale, Aço AISI 316.

ABSTRACT

The article addresses the issue of microplastics in the oceans and proposes an innovative solution to filter these residues. Microplastics, fragments smaller than 5mm, are widely distributed in marine environments, causing harm to fauna and threatening the food chain. The Bio Trash Whale is presented as an unmanned submarine capable of filtering microplastics using steel sieves and foams. The overall objective of the article is to develop a filtering project that can be attached to ships and tugboats to reduce microplastic levels in the oceans. The justification highlights the urgency of the problem, emphasizing the threat to marine ecosystems and human health, as microplastics can be ingested through the food chain. The article mentions the lack of technically and economically viable solutions for removing microplastics already present in the oceans. The methodology describes the development of the filter based on the Bio Trash Whale model, adapting it to be attached to the hulls of cargo ships and tugboats. The chosen material to withstand maritime conditions is AISI 316 steel, due to its corrosion resistance. The filter consists of steel sieves and foams in sections, providing easy access and maintenance. The article explores the consequences of the distribution of microplastics in the marine ecosystem, highlighting impacts on different organisms, from phytoplankton to humans. Cases of digestive tract obstruction, hormonal imbalance, and reproductive impacts are mentioned. The inclusion of fluid mechanics calculations aims to analyze the impact of the filter on the performance of large cargo ships. The results indicate that the addition of the filter requires only 1% more power to overcome the drag.

Keywords: Microplastics, Filtration, Bio Trash Whale, AISI 316 Steel.

1 INTRODUÇÃO

Dentre os tipos de itens de lixo marinho plástico mais sujeitos a interações com a fauna por ingestão estão aqueles de tamanho reduzido, os microplásticos. Esses itens de <5mm são onipresentes em habitats aquáticos, tendo sido reportados para literalmente todos os compartimentos ambientais conhecidos. Os microplásticos estão presentes nos ambientes costeiros e marinhos misturados ao plâncton e aos sedimentos (Ivar do Sul and Costa, 2014; Lima et al., 2014, p. 5).

Sua origem pode ser o decaimento de itens maiores ou, em casos especiais como o das esférulas plásticas de diversos tamanhos, já são produzidos para várias finalidades (ex. plásticos primários, abrasivos, cosméticos), e chegam ao mar em pequenos tamanhos mas em grandes quantidades. Os microplásticos podem ser ingeridos e causarem danos físicos, químicos e biológicos em todos os grupos animais (Ivar do Sul and Costa, 2014, p. 5).

Este dano ambiental tem causado a diminuição das populações de animais e espécies marinhas, podendo assim afetar toda a cadeia trófica e ocasionar extinções.

Para amenizar as consequências da poluição, soluções inovadoras e criativas vêm sendo criadas como o Bio Trash Whale, um complexo submarino não tripulado capaz de filtrar o microplástico do mar. O equipamento utiliza peneiras e espumas de aço para realizar a filtragem, e com base nessa configuração um projeto mais simples, mais barato e de aplicação mais fácil pode ser criado.

É possível aproveitar navios e rebocadores para ajudar a reduzir os níveis de poluição nos oceanos e regiões portuárias utilizando tal projeto. Dotado de uma estrutura simples, tem fácil acesso para manutenção e pode ser instalado em qualquer embarcação.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um projeto de filtragem que pode ser acoplado ao calado de navios e rebocadores, para reduzir os níveis de microplásticos dos oceanos.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Conceituar a poluição do microplástico no ambiente marinho e suas consequências.
- Conhecer o projeto do submarino não tripulado *Bio Trash Whale*.

- Estudar os materiais para uso no projeto.
- Definir a estrutura, montagem e uso do projeto.
- Identificar os prováveis impactos e resultados do projeto na vida marinha.

3 JUSTIFICATIVA

Desde há quase meio século, cientistas e outros atores sociais, relatam problemas causados pela presença e acúmulo de lixo em todos os ambientes marinhos, inclusive interações com animais (Ivar do Sul et al., 2012).

A necessidade de se desenvolver um sistema de filtragem de microplásticos do oceano é baseado no impacto no ambiente marinho que afeta a cadeia trófica, onde o plástico é ingerido por peixes e crustáceos sendo consumido pelo ser humano. O microplástico interfere na saúde da fauna marinha bem como na saúde humana.

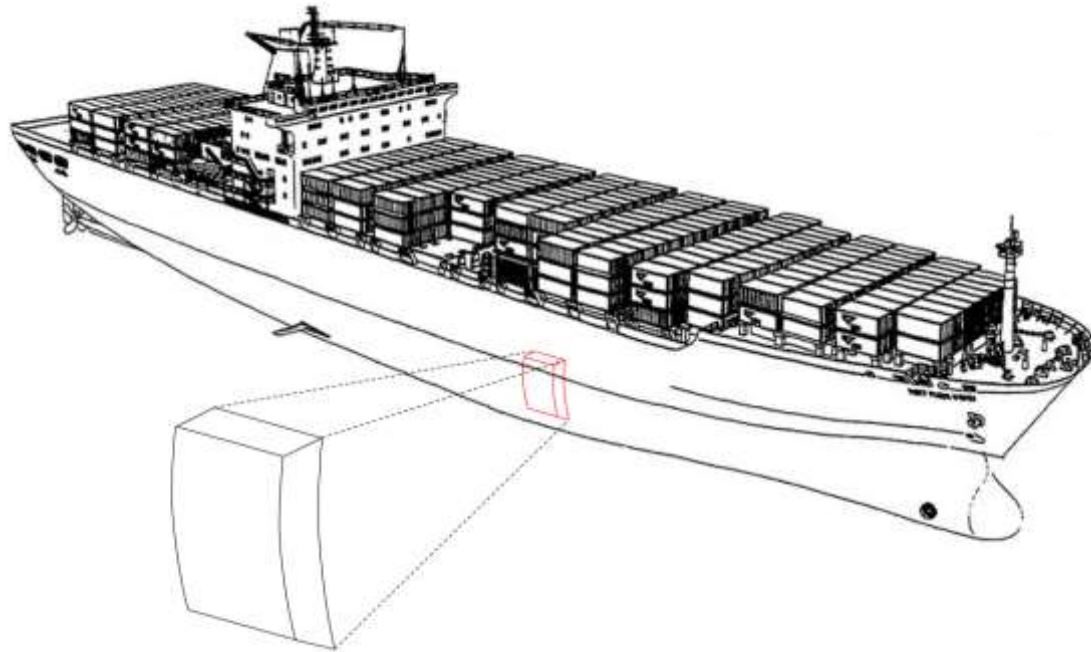
Atualmente, considera-se que os microplásticos no mar são uma “bomba-relógio”, cujas consequências ainda não sabemos estimar com precisão. Não existe remediação técnica e economicamente viável para a retirada (despoluição) do volume de escalas oceânicas de microplásticos. E o problema tende a se agravar com o tempo. Mesmo que as fontes atualmente conhecidas cessem imediatamente, já existe um passivo ambiental de escala incalculável a ser resolvido (DA COSTA et al., 2015).

4 METODOLOGIA

Com o objetivo de adaptar um projeto para a retirada de microplásticos do mar com o menor impacto na vida marinha, foi desenvolvido um filtro baseado no modelo de submarino não tripulado Bio Trash Whale. Trash Whale é um grupo formado pelos argentinos Luniano Cabanillas, Marín Baldés, Andrés Loyola, Mario López, Julieta Bertolin e Elías Pérez. O projeto foi iniciado no ano de 2019 para a competição NASA Space Apps Challenge, com o objetivo de retirada de microplásticos da água com um protótipo em formato de um submarino pilotado a distância. Os microplásticos são retirados da água através de peneiras e espumas de aço.

Adaptamos a ideia do filtro com espumas de aço em uma estrutura acoplada nos cascos de navios cargueiros e rebocadores conforme mostra a **Figura 1**.

Figura 1: Estrutura fixada no calado de um navio.



Fonte: Compilação do autor.

Existiu também outra solução, que seria uma estrutura que pudesse criar energia estática para a retirada dos microplásticos da água sem impactar no ambiente marinho, porém por motivos de falta de tecnologia no mercado o projeto seguiu em sua primeira alternativa.

A primeira etapa foi encontrar o material para as condições solicitadas de variação de temperatura e corrosão devido ao ambiente e ao local onde será acoplada a estrutura, pois por motivos de encontrar muitos tipos de plásticos em diferentes profundidades, a melhor opção foi instalar em uma altura equivalente ao nível da superfície com um material de alta resistência mecânica, resistência em variação de temperatura e resistência a corrosão, assim temos a certeza da retirada de PP, PEAD e PEBD. A ideia da estrutura é ser resistente e filtrar a água de maneira que não necessite de um operador para o equipamento. Isto só é possível com o desenvolvimento de uma estrutura de aço AISI 316 e com espumas e peneiras de mesmo material, localizado nas laterais do navio. Esse aço destaca-se pela sua alta resistência a corrosão e por possuir alta dureza e resistência mecânica devido às ligas de Silício, Manganês, Cromo, Molibdênio, Níquel, Fósforo e Enxofre. Internamente a estrutura possui cinco sessões sendo as três primeiras composta por peneiras e as duas últimas por espumas, ambas de aço. Cada sessão é composta por uma gaveta para o fácil acesso e retirada para troca. Logo a tecnologia e desenvolvimento

estão em seu formato dinâmico, onde a água entra e passa pelas seções de filtração no qual, cada seção em que a água passa maior é a capacidade de filtração, sendo assim a saída do conjunto deve ter uma porcentagem muito menor de microplásticos em relação a inicial. A estrutura tem largura, comprimento e altura respectivamente a 2m, 6m e 10m.

Ao final da rota dos navios, os filtros devem ser substituídos para a próxima rota para que faça todo o processo novamente. A estrutura do projeto é feita com chapas de aço e em seu interior está apenas as esponjas e barras para encaixe e remoção da estrutura inteira, para ser utilizada como refil. Internamente possui seções com diferentes porosidades, assim o refil é individual para cada etapa de filtração, toda a sua estrutura é soldada ao casco do navio. O material que for retirado dos filtros será encaminhado para a reciclagem de maneira que o novo produto não retorne para o mar.

5 CONSEQUÊNCIAS DA DISTRIBUIÇÃO DO MICROPLÁSTICO NO ECOSISTEMA MARINHO

Por conta do seu diâmetro o microplástico se torna biodisponível para diversos organismos, tais como corais, zooplânctons, lagostas, vermes, ouriços do mar, peixes etc. (BROWNEET al. 2008 apud SHARMA & CHATTERJEE, 2017, p. 21537). Pois isto se torna bioacumulativo na cadeia trófica e conseqüentemente alcançando níveis maiores na mesma (GREGORY 1996 apud SHARMA & CHATTERJEE, 2017, p. 21537). Os diversos tamanhos do plástico podem causar doenças graves se forem ingeridos pela fauna marinha (FENDALL e SEWELL 2009 apud SHARMA & CHATTERJEE, 2017, p. 21537).

Foram detectados no mundo todo acúmulo de micro plástico em animais como aves, tartarugas, crustáceos e peixes. (DERRAIK 2002; Cole et al. 2011, p. 843). Como resultado temos a obstrução do trato digestório, inibição da secreção de enzimas gástricas, desequilíbrio dos níveis de hormônios esteroides, atraso na ovulação e infertilidade, o que leva a redução dos organismos no ambiente, diminuição da taxa de reprodução e restrição alimentar causada pelos altos níveis de microplástico no oceano.

5.1 IMPACTO NOS PRINCIPAIS ORGANISMOS MARINHOS

O fito plâncton exerce uma função essencial no ecossistema, pois estes são parte de inúmeras dietas de organismo de alto nível trófico. Os microplásticos penetram nas paredes celulares e membranas dos plânctons e reduzem concentrações de clorofila nas

algas verdes, sendo assim uma cascata de efeitos que podem atingir até mesmo a vida dos seres humanos.

A comunidade bentônica representa cerca de 98% da biota marinha, como ostras, mexilhões e outros bivalves (NERLAND et al. 2014 apud SHARMA & CHATTERJEE, 2017, p. 21540). Sendo amplamente afetados pelo microplástico, estudos experimentais têm demonstrado que a exposição extensa e crônica do poliestireno microplástico em espécies bentônicas resulta em redução da aptidão alimentar bem como redução de peso (BESSELING et al. 2013 apud SHARMA & CHATTERJEE, 2017, p. 21540).

A cadeia de peixes é amplamente afetada na questão econômica, pois serão parte da alimentação humana. Esses animais frequentemente consomem espécies bentônicas já contaminados com o microplástico, sendo isto uma das causas da redução dos peixes no ambiente, pois afeta sua reprodução e sua taxa de sobrevivência, alterando todo o seu nicho ecológico e comportamental (SHARMA & CHATTERJEE, 2017, p. 21540).

5.2 CONSEQUÊNCIAS DO MICROPLÁSTICO NA SAÚDE DOS ANIMAIS HUMANOS

A população humana vem sendo exposta diariamente a esses contaminantes, em cremes dentais, esfoliantes entre outros cosméticos, bem como na alimentação pela ingestão de espécies comerciais marinhas. A ingestão alternativa de micropartículas pode causar alteração nos cromossomos que pode levar à infertilidade, obesidade e câncer (GESAMP 2015 apud SHARMA & CHATTERJEE, 2017, p. 21541). Em mulheres, substâncias químicas simuladas estrogênicas podem causar Câncer. E não há evidências detalhadas sobre o consumo de alimentos contendo microplástico, mas sabe-se que este vem afetando a saúde humana.

6 TRASH WHALE – LIMPEZA DE LIXO

O BIO-TrashWhale é um submarino não tripulado que coleta pequenos fragmentos de micro e nano plástico em nosso ecossistema marinho. Levando em consideração a não necessidade de tripulação, ele é programado para seguir uma rotina retornando sua posição via satélite (GPS), estabilizando com o uso de um giroscópio e posteriormente ser atribuído a determinadas áreas. No interior do submarino há três peneiras e duas esponjas feitas com aço AISI 316, filtrando substancialmente todas as macropartículas que poderiam entrar no submarino por meio de sua cavidade frontal. A primeira peneira tem

a funcionalidade de evitar que objetos grandes e animais entrem no sistema de filtragem. O Objetivo das duas peneiras e as duas esponjas seguintes é filtrar partículas ainda menores, com seus tamanhos se reduzindo respectivamente (BERTOLIN et all. 2019).

7 AÇO AISI 316 / AISI 316 L

Segundo a empresa Favorit – Aços Especiais, em uma publicação do ano 2020 cita o AISI 316, formado por cromo, níquel e molibdênio. É um aço austenítico, não-temperável, não-magnético com boa resistência à corrosão, indicado na fabricação de equipamentos navais e peças como válvulas, tubos, recipientes, equipamentos hospitalares, indústria química, petrolífera, têxtil, de laticínios, frigorífica, e de tintas. Também é indicado para uso em ambientes onde exista o ataque de substâncias corrosivas como ácidos sulfúricos, ácidos sulfurosos, banhos clorados, soluções alcalinas, soluções salinas, etc. Com as mesmas aplicações do AISI 316, o AISI 316 L possui menor precipitação de carbonetos durante a soldagem e menor corrosão intergranular, devido ao baixo teor de carbono. Na **Tabela 1** observa-se a composição química dos aços, medido em porcentagem.

Tabela 1: Composição química dos aços AISI 316 e AISI 316 L.

ABNT/SAE/AISI	C máx.	Mn máx.	P máx.	S máx.	Si máx.	Ni	Cr	Mo
316	0,08	2,00	0,045	0,030	0,75	10,00 -	16,00 -	2,00 -
						14,00	18,00	3,00
316 L	0,03	2,00	0,045	0,030	0,75	10,00 -	16,00 -	2,00 -
						14,00	18,00	3,00

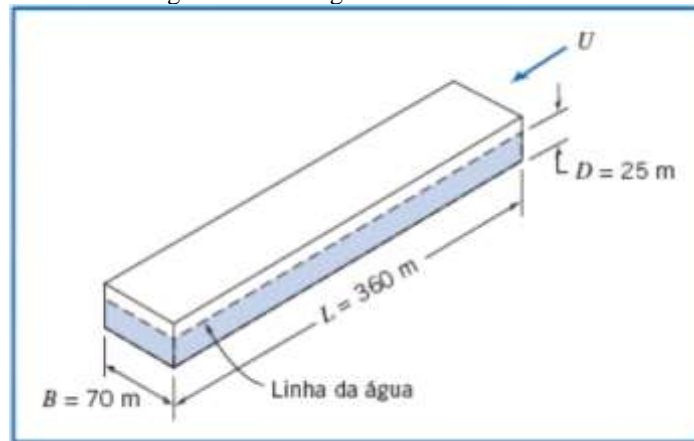
Fonte: Favorit – Aços Especiais.

8 EXEMPLO DE CÁLCULO DE MECÂNICA DOS FLUÍDOS: ARRASTO DE ATRITO SUPERFICIAL EM UM SUPERPETROLEIRO

Um superpetroleiro, com 360 m de comprimento, tem um través de 70 m e um calado de 25 m. Estime a força e a potência requeridas para vencer o arrasto devido ao atrito superficial, para uma velocidade de cruzeiro de 6,69m/s em água do mar a 10°C (Fox et all, 2010, p.548).

Solução: Modele o casco do navio como uma placa plana, de comprimento L e largura $b = B + 2D$, de acordo com a **Figura 2**, em contato com a água. Estime o arrasto devido ao atrito superficial a partir do coeficiente de arrasto. (Fox et all, 2010, p.548).

Figura 2: Modelagem do casco do navio



Fonte: Introdução à Mecânica dos Fluídos.

Equações básicas:

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho U^2 A} \quad (1)$$

$$C_D = \frac{0,455}{(\log Re_L)^{2,58}} - \frac{1610}{Re_L} \quad (2)$$

$$Re_L = \frac{UL}{\nu} \quad (3)$$

$$\mathcal{P} = F_D U \quad (4)$$

Dados:

Para água do mar a 10°C, $\nu = 1,37 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$

Sendo (3):

$$Re_L = \frac{6,69 \text{m}}{\text{s}} \times 360 \text{m} \times \frac{\text{s}}{1,37 \times 10^{-6} \text{m}^2} = 1,76 \times 10^9$$

Logo (2)

$$C_D = \frac{0,455}{(\log Re_L)^{2,58}} - \frac{1610}{1,76 \times 10^9} = 0,00147$$

Temos então (1):

$$F_D = 0,00147 \times (360 \times (70 + 50))m \times \frac{1}{2} \times 1020 \frac{kg}{m^3} \times \frac{(6,69)^2 m^2}{s^2} \times \frac{N \cdot s^2}{kg \cdot m}$$

$$F_D = 1,45MN$$

A potência correspondente é (4):

$$\mathcal{P} = 1,45 \times 10^6 N \times 6,69 \frac{m}{s} \times \frac{W \cdot s}{N \cdot m}$$

$$\mathcal{P} = 9,70MW$$

Este problema ilustra a aplicação das equações de coeficiente de arrasto para uma placa plana paralela ao escoamento (Fox et all, 2010, p.549).

- A potência requerida (cerca de 9,70MW) é muito grande, porque, embora a tensão de atrito seja pequena, ela age sobre uma área muito grande (Fox et all, 2010, p.549).
- A camada-limite é turbulenta para quase todo o comprimento do navio (a transição ocorre em $x \approx 0,1m$) (Fox et all, 2010, p.549).

9 POLÍMEROS

A palavra polímero significa “muitas partes” e obtidos por reações químicas de polimerização, que consistem em formar estruturas moleculares que se repetem. O tamanho e a estrutura da molécula do polímero determinam as propriedades do material plástico (Kantoviscki, 2011, p.4-5).

A maioria dos polímeros comerciais são considerados termoplásticos, que são constituídos por cadeias lineares e que podem apresentar ramificações. Esta estrutura mais simples permite que sejam reorganizadas mais facilmente, permitindo a fundição desse material diversas vezes. Sua resistência mecânica varia com o tipo de plástico, que em temperatura ambiente podem ser maleáveis, rígidos ou até mesmo frágeis (Kantoviscki, 2011, p.45).

Polímeros termorrígidos são materiais formados em dois estágios: a resina e o transformador, o qual completa o processo de polimerização por consequência da ação de calor ou um agente de cura (Kantoviscki, 2011, p.46).

São rígidos e frágeis, sendo muito estáveis a variações de temperatura. Depois de formados e moldados, são irreversíveis e não se fundem novamente. O seu aquecimento acarretará na decomposição do material, tendo assim, sua reciclagem complicada (Kantoviscki, 2011, p.47).

10 TERMOPLÁSTICOS MAIS COMUNS

Os termoplásticos convencionais são produzidos e consumidos em larga escala; tem suas matérias-primas baratas e baixo custo de fabricação. Representam 90% da produção mundial (Kantoviscki, 2011, p.48).

Dentre eles podemos citar:

- PP – Polipropileno;
 - Densidade: entre 0,895g/cm³ e 0,92g/cm³;
 - É reciclado em caixas e recipientes para medicamentos, para transporte, em cadeiras de plástico e alguns móveis de jardim, caixas de bateria, cabos, vasos, baldes, barcos e algumas ferramentas.
- PEBD - Polietileno de baixa densidade;
 - Densidade: varia entre 0,91g/cm³ e 0,94g/cm³;
 - É reciclado em sacos de lixo, recipientes, tábuas plásticas e embalagens para uso agrícola.
- PEAD - Polietileno de alta densidade;
 - Densidade: 0,941 g/cm³;
 - É reciclado em outros recipientes dedicados a detergentes, xampus, garrafas para óleo ou outros usos industriais, tubos e recipientes de plástico, mesas e estruturas.
- PS – Poliestireno
 - Densidade: varia entre 1,04g/cm³ e 1,08g/cm³
 - É reciclado em vasos de plástico, isolamento térmico, termômetros, tampas, latas de lixo e alguns acessórios de escritório.
- PVC - Policloreto de vinila;
 - Densidade: varia entre 1,16g/cm³ a 1,58g/cm³;

- É reciclado em móveis de exterior e outras estruturas de plástico, como armários, encanamentos, cercas, parte de tapetes, equipamentos elétricos e cones.
- PET - Politereftalato de etileno;
- Densidade: 1.38 g/cm³;
- É reciclado em peças de vestuário e têxteis, tapetes, telas, fios e cordas.

11 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para entender o comportamento que o nosso filtro pode causar no desempenho de deslocamento de grandes cargueiros, podemos utilizar noções da mecânica dos fluidos, onde assumiremos trabalhar em regime laminar para efetuar os cálculos. Também utilizaremos as dimensões do Susan Maersk, que segundo o site Vessel Tracking, é um navio cargueiro registrado sob a bandeira da Dinamarca, construído em 1997 com capacidade de container de 9578 TEU.

Seguindo os dados da área do Susan Maersk que é $A_1 = 24290\text{m}^2$, viscosidade para a água do mar a 10°C sendo $\nu = 1,37 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$, e as equações básicas:

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho U^2 A} \quad (1)$$

$$C_D = \frac{0,455}{(\log Re_L)^{2,58}} - \frac{1610}{Re_L} \quad (2)$$

$$Re_L = \frac{UL}{\nu} \quad (3)$$

$$\mathcal{P} = F_D U \quad (4)$$

Temos (3):

$$Re_L = \frac{6,5\text{m}}{\text{s}} \times 347\text{m} \times \frac{\text{s}}{1,37 \times 10^{-6}\text{m}^2} = 1,65 \times 10^9$$

Logo (2):

$$C_D = \frac{0,455}{(\log ReL)^{2,58}} - \frac{1610}{1,65 \times 10^9} = 0,001476$$

Temos então (1):

$$F_D = 0,001476 \times 24290m^2 \times \frac{1}{2} \times 1020 \frac{kg}{m^3} \times \frac{(6,5)^2 m^2}{s^2} \times \frac{N \cdot s^2}{kg \cdot m}$$

$$F_D = 772,6kN$$

A potência 1 correspondente é (4):

$$P_1 = 772,6 \times 10^3 N \times 6,5 \frac{m}{s} \times \frac{W \cdot s}{N \cdot m}$$

$$P_1 = 5,022MW$$

Sabendo isso, temos as dimensões do nosso filtro sendo 2m x 6m x 10m. Desconsiderando a medida ao longo do calado temos a área adicional para os cálculos sendo $A_2 = 12m^2$ para cada filtro, logo teremos (1):

$$F_D = 0,001476 \times (24290 + (2 \times 12))m^2 \times \frac{1}{2} \times 1020 \frac{kg}{m^3} \times \frac{(6,5)^2 m^2}{s^2} \times \frac{N \cdot s^2}{kg \cdot m}$$

$$F_D = 773,3kN$$

A potência 2 correspondente é (4):

$$P_2 = 773,3 \times 10^3 N \times 6,5 \frac{m}{s} \times \frac{W \cdot s}{N \cdot m}$$

$$P_2 = 5,026MW$$

Podemos verificar que é necessário 1% de potência a mais para vencer o arrasto gerado pela adição do filtro no calado do navio.

O ideal seria fazer o uso de CFD como o SimFlow, mas não temos conhecimento nem recursos técnicos para tal atividade, assim podemos somente trabalhar com aproximações, noções de como o navio vai se comportar com o filtro instalado no seu calado.

12 CONCLUSÃO

A adaptação do projeto da equipe Trash Whale se dá ao fato de possuir um operador para o equipamento, o custo de manutenção e fabricação.

Portanto o projeto de uma estrutura soldada em navios terá mais facilidade para a limpeza do ecossistema Marinho além do baixo custo de manutenção assim os objetivos do projeto foram alcançados em tornar a filtragem como atividade secundária com o menor custo e não tendo Impacto significativo na eficiência do navio.

REFERENCIAS

Aço AISI 316 / AISI 316 L | FAVORIT. 2020. Disponível em:

<<http://www.favorit.com.br/produtos/acos-inoxidaveis/aco-aisi-316-aisi-316-l>> Acesso em: 4 abr. 2020.

BERTOLIN *et al.* **TRASHWHALE.** 2019. Disponível em:

<<https://2019.spaceappschallenge.org/challenges/earths-oceans/trash-cleanup/teams/trashwhale/project>> Acesso em: 4 abr. 2020.

Derraik JGB (2002) **The pollution of the marine environment by plasticdebris:** a review. *Mar Pollut Bull* 44:842–852

FOX, Robert et al. **INTRODUÇÃO À MECÂNICA DOS FLUÍDOS.** 8ª edição. Minas Gerais: Gen-LTC, 2010.

KANTOVISCKI, A., Gerente de Engenharia de Produto, and S. A. Renault do Brasil. "**Materiais Poliméricos.**" (2011).

SHARMA, Shivika; CHATTERJEE, Subhankar. **Microplastic pollution,** a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 24, n. 27, p. 21530-21547, 2017.

SUSAN MAERSK (IMO 9120853, COINTAINER SHIP). 2020. Disponível em:

<[http://www.vesseltracking.net/ship/susan-maersk-9120853#:~:text=SUSAN%20MAERSK%20\(IMO%3A%209120853\),container%20capacity%20is%209578%20TEU.](http://www.vesseltracking.net/ship/susan-maersk-9120853#:~:text=SUSAN%20MAERSK%20(IMO%3A%209120853),container%20capacity%20is%209578%20TEU.)> Acesso em: 13 jun. 2020.

VEGA-PÉREZ, Luz Amelia. **Estudo do zooplâncton da região de Ubatuba,** Estado de São Paulo. **Publicação Especial do Instituto Oceanográfico,** v. 10, p. 65-84, 1993.