



Sistema de Filtragem para Resíduos Sólidos Superficiais em Águas Costeiras Fundamentado na Biomimética e na Economia Circular

Filtration System for Solid Surface Waste in Coastal Waters Based on Biomimicry and Circular Economy

Valter Oliveira Nascimento¹, Isabel Lousanne Fontgalland² & Itamar Ferreira da Silva³

Resumo: Um dos grandes problemas ambientais no mundo é o descarte inadequado de resíduos sólidos nos oceanos. Destarte, este artigo objetiva demonstrar a importância da biomimética e da economia circular no desenvolvimento de um barco com características peculiares do sistema de filtragem existente na boca do tubarão-baleia, que é capaz de filtrar resíduos sólidos superficiais em águas costeiras, submersos a uma profundidade de até dois metros. Sendo assim, a base para a pesquisa concentrou-se em estudos publicados em livros, artigos, dissertações, sites, revistas relevantes para a temática, levando em consideração o processo metodológico do design de produto. Por fim, verificou-se a importância da biomimética, da economia circular e do design como ferramentas estratégicas para encontrar soluções inovadoras no intuito de mitigar problemas ambientais.

Palavras-chave: *Biomimética; Economia Circular; Resíduos; Sustentabilidade.*

Abstract: One of the biggest environmental problems in the world is the inadequate disposal of solid waste in the oceans. Therefore, this article aims to demonstrate the importance of biomimicry and the circular economy in the development of a boat with peculiar characteristics of the filtration system existing in the mouth of the Whale Shark, which is capable of filtering surface solid waste in coastal waters, submerged at a depth up to two meters. Therefore, the basis for the research focused on studies published in books, articles, dissertations, websites, magazines relevant to the topic, taking into account the methodological process of product design. Finally, the importance of Biomimicry, Circular Economy and Design as strategic tools to find innovative solutions in order to mitigate environmental problems was verified.

Keywords: *Biomimetics; Circular Economy; Waste; Sustainability.*

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 04/04/2024; aprovado em 25/10/2023.

¹ Professor Assistente da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e Doutorando no PPGERN (UFCG), valternascimento100@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7460-5745>;

² Professora Titular da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais (UFCG), isabelfontgalland@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0087-2840>;

³ Professor Adjunto da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e de Pós-Graduação em Design (UFCG), itamarfs0210@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0874-9345>.

INTRODUÇÃO

Devido aos enormes problemas ambientais marcados pela crescente demanda de produtos e serviços, provocados pela iniciativa desordenada do homem, o qual acreditava na infinitude dos recursos naturais, surge então a necessidade de refletir e colocar em prática ações sustentáveis que visem mitigar os graves problemas que afetam os ecossistemas do planeta Terra. O relatório *Brundtland* da ONU, em 1987, foi uma importante iniciativa que estabeleceu o debate sobre o desenvolvimento sustentável, que seria atender as necessidades do presente sem comprometer o atendimento das necessidades das gerações futuras, ou seja, promover oportunidades de acesso aos mesmos recursos naturais globais, dentro de uma dimensão socioética, econômica, política e ambiental (Manzinni; Vezzoli, 2011).

Entre os inúmeros problemas ambientais, destaca-se o descarte inadequado dos resíduos sólidos nas ruas, na infraestrutura sanitária, nos rios e mares, provenientes da falta de consciência ambiental. O descarte dos resíduos sólidos nos mares especificamente ocasiona problemas econômicos, impactos ambientais e danos à saúde humana para quem vive perto do mar ou distante dele. A falta de consciência ambiental das pessoas que colocam resíduos sólidos em lugares inapropriados, não fazendo o gerenciamento de maneira adequada com coleta e tratamento, é uma das causas do problema do lixo nos mares, originado dessas fontes terrestres (Turra *et al.*, 2020).

Turra *et al.* (2020) declaram que o mar é belo, imenso e fascinante. É o *habitat* de milhares de espécies marinhas. É fonte de renda para o pescador e toda a cadeia econômica que depende dos frutos do mar, além de impulsionar o turismo. Sua contaminação afeta a todos. Sendo assim, protegê-lo, deixando-o limpo dos resíduos sólidos, é primordial para o desenvolvimento econômico, a saúde humana e o equilíbrio ambiental.

Segundo Manzini (2011), para solucionar ou mitigar diversos problemas na contemporaneidade, são necessárias a intervenção e a atuação de vários saberes, dentre os quais se encontra o design, que, por natureza, tem em seu DNA a busca por solucionar problemas e melhorar a qualidade de vida. O designer, então, tem a responsabilidade social e ética de promover soluções criativas, inovadoras e sustentáveis (Papanek, 1997). Além disso, o designer deve estar atento aos problemas enfrentado pela sociedade, buscando soluções criativas com um olhar para a inovação, a tecnologia e sobretudo para um desenvolvimento sustentável (Kuya, 2023). Nessa perspectiva, caminhar pelo campo do conhecimento da economia circular e da biomimética se faz necessário para apresentar valores que norteiem um pensamento distante dos padrões lineares e cartesianos, vigentes ainda nos dias atuais (Perez, 2023).

Para Perez (2023), a economia circular está alicerçada em princípios socioecológicos, pois apresenta um ciclo semelhante ao da natureza, onde não existe desperdício. Seus princípios básicos, como reutilizar, reduzir e reciclar, são fundamentais para combater o ciclo de vida linear dos produtos na

atualidade. Mostra sua importância pelo zelo com os bens naturais que são finitos, oportunizando estratégias para que não aconteça o desperdício desses bens. A economia circular é fundamentada na natureza, que é econômica e cíclica, não aceita desperdício, bem como aproveita os recursos materiais e energéticos (Benyus, 2010).

A economia circular tem sua base e se inspira na ciência da natureza chamada biomimética, a qual consiste em imitar ou aprender com os padrões e as técnicas da natureza, com o objetivo de solucionar os diversos problemas ou necessidades da humanidade, trazendo sobretudo esperança (Biomimicry Institute, 2023).

Benyus (2010) afirma que a biomimética compreende entender processos, sistemas e inovações na natureza. Não é a simples imitação dos aspectos formais, consiste em aprender com ela. Nesse sentido, verificou-se a importância da economia circular, da biomimética e do design como ferramentas estratégicas de ensino para encontrar soluções inovadoras, a fim de diminuir ou acabar com os problemas ambientais encontrados dentro da sociedade atual. Sendo assim, o objetivo principal deste trabalho foi desenvolver um projeto inovador de um barco que, por analogia com o sistema de filtragem existente na boca do tubarão-baleia, seja capaz de filtrar resíduos sólidos superficiais em águas costeiras, submersos a uma profundidade de até dois metros.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Resíduos sólidos

De maneira equivocada e por falta de conhecimento, os resíduos sólidos são chamados de “lixo”. De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (2010), os materiais, os objetos, as substâncias ou os bens jogados foram gerados e são provenientes das ações humanas, sendo assim chamados de resíduos sólidos. A PNRS (2010) possui como meta a reciclagem, o reaproveitamento e a redução dos resíduos sólidos, ações que se concatenam com a economia circular.

Araújo e Júnior (2018) destacam alguns pontos positivos, negativos e melhorias pós-implantação da PNRS no Brasil, como pode ser visto no Quadro 01.

QUADRO 01 - Características da PNRS

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos	Ações
Pontos positivos	Encerramento de lixões; disposição dos resíduos em aterros sanitários; afirmação do catador como profissional; logística reversa; diminuição dos impactos ambientais, econômicos e de saúde,

	causados pelo descarte de resíduos de forma inadequada; melhoria na qualidade de vida.
Pontos negativos	Resíduos dispostos incorretamente em lixões (fragilidade na aplicação da lei); poucos municípios do Brasil conseguiram destinar corretamente os seus resíduos sólidos, demonstrando que os incentivos para alcançar esta meta foram poucos ou mal planejados.
O que pode ser melhorado	Mais incentivos para municípios de pequeno porte, pois os recursos são escassos, sendo mais difícil adotar as medidas estipuladas pela PNRS; mais incentivo para a sociedade civil separar seus resíduos domiciliares; proposição da educação ambiental para a não geração de resíduos e diminuição de consumo.

Fonte: Adaptado de Araújo e Júnior (2018).

A verdade é que inúmeras quantidades de resíduos sólidos são descartadas de maneira inadequada em ruas, praças, bueiros, canais, esgotos, córregos, o que, inevitavelmente, chega aos rios e oceanos do planeta Terra. Especificamente os resíduos sólidos que chegam ao mar têm impacto negativo no ambiente marinho, afetando o turismo, a saúde humana e toda uma cadeia que depende economicamente dos recursos provenientes do mar. Turra *et al.* (2020) reforçam que:

O mar também é utilizado como fonte de renda para uma grande parcela da sociedade, como as muitas famílias que dependem da pesca. Resíduos jogados no mar danificam seus petrechos de pesca e reduzem a quantidade de pescado a ser capturada. Isso afeta tanto os pescadores, que não terão renda para sustentar suas famílias, quanto você, que poderá não ter peixes e frutos do mar para comer. Além disso, a contaminação nos mares pelo lixo e outros poluentes pode afetar esses alimentos e colocar em risco a saúde humana. Dessa forma, mesmo quem vive distante do mar também pode ser afetado.

Segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) (2023), a quantidade de plásticos produzidos no mundo é muito grande. Estima-se uma produção superior a 430 milhões de toneladas anualmente. Parte desses plásticos tem vida curta, torna-se resíduo e acaba chegando aos oceanos, havendo a possibilidade de ser consumida pelos seres humanos de maneira involuntária.

Uma simples embalagem de bala jogada no esgoto residencial pode chegar ao mar e afetar, de maneira direta, todos os humanos e a vida marinha, como exemplificado na Fig. 01.

FIGURA 01 - Percurso de resíduos sólidos até chegar ao mar.



Fonte: Turra *et al.* (2020).

A proteção dos oceanos deve ser fundamentada nos direitos humanos. Todos necessitam e merecem viver em um ambiente saudável, limpo, seguro e sustentável, o que é preconizado legalmente em 155 países (PNUMA, 2021).

Economia circular e design

Para Benyus (2010), a natureza é econômica e cíclica, não aceita o desperdício. Seguindo esta mesma visão e percepção, a economia circular não está alicerçada em padrões lineares fechados e questionamentos e sim em procedimento no desenvolvimento dos produtos que se tornam “lixo” (Perez, 2023).

A economia circular busca ideias e concepções fundamentadas em uma percepção sistêmica da vida, compreendendo as pessoas e a natureza como elementos integrados. Portanto, as relações entre natureza e ser humano não podem ser concebidas como polos independentes, mas sim como sistemas entrelaçados, como uma teia tecida na vida corrente, com fios e nós intensamente articulados (Fontgalland, 2022). A economia circular entende que os recursos naturais são finitos e, por isso,

precisam ser protegidos, renovados e reaproveitados. Sendo assim, desenvolver produtos com consciência ambiental é pensar em todo o ciclo de desenvolvimento do produto, da concepção até a sua última possibilidade de uso. Segundo Platchek (2012), significa que todo processo de projeto de *design* que atende aos critérios de funcionalidade, segurança, ergonomia, estética, confiabilidade e viabilidade técnica deve também incluir o meio ambiente como parte integrante do processo. Isso é chamado de *ecodesign*!

A economia circular tem como objetivo fundamental a reutilização, a reciclagem e a mitigação ou a erradicação da criação de resíduos, contrapondo-se assim ao modelo linear vigente nos moldes atuais (Santos *et al.*, 2018). Sabe-se que nem todos são totalmente a favor da proposta da economia circular ou ainda é um tema ambivalente, não sendo consenso entre pesquisadores, pensadores e ambientalistas. Um dos principais questionamentos é que, para reaproveitar ou reciclar um produto, são necessários outros gastos, não havendo assim uma preocupação com os impactos socioambientais do ciclo de vida do produto (Kuya, 2023).

A economia circular está intrinsecamente ligada ao *ecodesign*, à biomimética e ao *Life Cycle Design*, pois todos esses conceitos buscam a regeneração da natureza, com produtos sustentáveis e estratégias de um *design* circular, por meio da reutilização, da reciclagem e do aumento da vida útil dos produtos, por exemplo. Essas atitudes só fomentam o emprego e a inovação, consequentemente impulsionando o crescimento econômico. Portanto, aplicar a economia circular em todo campo do conhecimento só beneficia os consumidores com produtos mais duráveis e inovadores, além do benefício incalculável para a natureza e as futuras gerações.

Princípios da economia circular

Para Santos *et al.* (2018), a economia circular é um modelo que se contrapõe ao modelo atual de consumo e produção linear ao utilizar estratégias para solucionar problemas atuais da sociedade. Os princípios básicos são diminuir ou eliminar a produção de resíduos. Reduzir, reutilizar, reciclar e regenerar por ciclos contínuos são prioridades fundamentais.

É primordial reduzir a quantidade de material utilizado e seus resíduos, por meio de um pensamento e atitudes de resíduo zero, procurando consumir menos produtos, os quais podem ser substituídos por serviços ou alternativas interessantes de inovação, proporcionando assim a diminuição da pegada ecológica.

A reutilização de materiais, resíduos e produtos é uma alternativa criativa, econômica, viável, interessante e sustentável, caso a redução não seja possível ou suficiente. É econômica, pois consome menos energia, promove a mitigação do consumismo e proporciona o bem-estar socioambiental. Além de

não passar por todo o sistema complexo da reciclagem, que consome energia, às vezes, até matéria-prima virgem e compromete a qualidade dos materiais. Portanto, deve ser a última ferramenta a ser utilizada caso faltem opções (Perez, 2023).

A reciclagem tem encontrado restrições quanto ao seu uso no cenário atual. Mesmo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS incentivando e estimulando o processo da reciclagem no Brasil, a quantidade de material reciclado efetivamente é muito pouca. Além de que, no contexto brasileiro, ainda faltam políticas públicas de incentivo por parte das autoridades governamentais, no intuito de promover amplamente a reciclagem e torná-la uma realidade nacional.

McDonough e Braungart (2002) defendem o conceito *upcycling*, que é uma reutilização criativa de resíduos, produtos e suas peças, sem fragmentá-las, mas ganhando novas funções, diferentes daquelas com que inicialmente foram concebidos. Este conceito é muito utilizado no design da moda, com intervenções nos vestuários, mas já ganhando campo em outras vertentes do design, como pode ser visto na Fig. 02 (Ideia Circular, 2023).

FIGURA 02 - Design de produto com peças de bicicletas utilizando o conceito *upcycling*.



Fonte: Site bikefurniture.com (2023).

Design sustentável, inovação e economia circular

O design tem, por natureza, a busca por solucionar problemas, com o objetivo de melhorar a vida das pessoas e do seu entorno. No entanto, por muito tempo, os artefatos foram concebidos, produzidos, distribuídos e utilizados sem a preocupação com aspectos ambientais e de sustentabilidade, ou seja, pensava-se em vários aspectos menos em fazer um produto ecoeficiente sob uma perspectiva ambiental, socioética e econômica (Platcheck, 2012). É necessária, portanto, uma mudança de paradigma com relação à prática do design, cujo objetivo primordial seja realizar ações para um design circular,

regenerativo e sustentável (Perez, 2023). Para Papanek (1997), o designer tem a responsabilidade social e ética de promover soluções sustentáveis e inovadoras. Os designers são apontados como um dos atores responsáveis pelos impactos socioambientais negativos, resultantes de uma economia que tem como base a lógica de mercado e o forte apelo pelo consumo de produtos que gerem lucros exorbitantes e resíduos na sua concepção e depois na sua utilização, sendo oriundos de um modelo econômico linear, presente na sociedade contemporânea.

A obsolescência programada é outra técnica ou armadilha que o design tem incluído na concepção de produtos, ou seja, o produto nasce já com dias programados para “morrer”, fazendo com que o consumidor tenha de adquirir um novo artefato. Como consequência, há mais gastos de recursos naturais, de energia, geração de mais resíduos, poluição do solo, do ar, dos rios e mares, além de prejudicar a saúde da população. No design, é essencial considerar as dimensões da sustentabilidade desde a concepção, a maturação, o desenvolvimento e a solução final do produto, resolvendo problemas ambientais como poluição e descarte inadequado de resíduos sólidos (Platcheck, 2012).

As estratégias de design voltadas para solucionar e mitigar problemas ambientais com criatividade e inovação, em busca de uma sociedade melhor com desenvolvimento sustentável, podem acontecer por meio de projetos com designs circulares (Vezzolli *et al.*, 2018).

A Revoada é uma empresa que aproveita e reutiliza câmaras de pneu e tecidos de guarda-chuvas descartados e os transforma em produtos, como carteiras, jaquetas e bolsas de alta qualidade (ver Fig. 03), proporcionando emprego para catadores de recicláveis e borracheiros. Para isso, pratica o design, a economia circular e, conseqüentemente, a sustentabilidade, evitando que muitos resíduos sólidos urbanos fiquem nas ruas causando poluição e cheguem aos rios e oceanos (Ideia Circular, 2021).

FIGURA 03 - Produtos desenvolvidos pela Revoada.



Fonte: Design Circular (2021).

A Revoada permite aos materiais um novo ciclo de vida, com a possibilidade de transformá-los em novos produtos. O que seria descartado é aproveitado com criatividade e responsabilidade ambiental. Os seus produtos também entram em novos ciclos de reaproveitamento e são desenvolvidas pesquisas com novos materiais.

Outro exemplo louvável de reaproveitamento de resíduos sólidos é encontrado no Quênia, onde os artesãos com criatividade, boa vontade e inovação transformam chinelos jogados no mar em artesanatos com aspecto formal de animais incríveis e coloridos, como pode ser contemplado na Fig. 04.

FIGURA 04 - Artesãos do Quênia.



Fonte: Adaptado do Ocean Soles (2023).

Segundo Camargo (2018), o projeto Ocean Sole, que transforma chinelos em obra de arte, garante fonte de renda para a região, pois mais de 900 pessoas são beneficiadas. Essa renda é proveniente da coleta de chinelos plásticos encontrados no mar do Quênia, 500 mil unidades por ano, contribuindo positivamente com o meio ambiente.

Biomimética e *Life Cycle Design*

Benyus (2010) afirma que a biomimética busca entender processos, sistemas e inovações na natureza (bio: vida – mimesis: imitação). Não é a simples imitação dos aspectos formais, consiste em aprender com ela. dessa forma, o design sustentável busca soluções inovadoras por meio da espetacular ciência biomimética, imitando suas táticas naturais (Biomimicry Institute, 2023).

A *Life Cycle Design*, como a biomimética, tem o intuito de conceber novos produtos por meio dos métodos e ensinamentos da natureza (ver Quadro 02). Manzini e Vezzoli (2008) afirmam que todo o processo de desenvolvimento de produto deve ser sistêmico. Todo o processo de produção, desde a concepção ao descarte final, é considerado como uma única unidade.

QUADRO 02 - Estratégias do *Life Cycle Design*.

ESTRATÉGIAS	PARÂMETROS
Mínimização dos recursos	Reduzir o uso de materiais e de energia
Escolha de recursos e processos de baixo impacto ambiental	Selecionar os materiais, os processos e as fontes energéticas de maior ecocompatibilidade
Otimização da vida dos produtos	Projetar artefatos que perdurem
Extensão da vida dos materiais	Projetar em função da valorização (reaplicação) dos materiais descartados
Facilidade de desmontagem	Projetar em função da facilidade de separação das partes e dos materiais

Fonte: Adaptado de Manzini e Vezzoli (2008).

A natureza, em milênios de evolução, já possui todo o segredo de como as coisas funcionam perfeitamente. Cada ser vivo, plantas, animais, microrganismos são designers e engenheiros experientes e excelentes. Utilizar seus conhecimentos para resolver problemas da sociedade por meio de um design circular e regenerativo é primordial.

Nesse sentido, a biomimética é usada e se inspira na natureza para solucionar diversos problemas do homem. Na Fig. 05 abaixo, está exemplificado como o pássaro martim-pescador foi inspiração para modificar o desenho do bico do trem-bala, o qual, por sua alta velocidade, produzia poluição sonora. Com a solução, os trens tornaram-se mais silenciosos, rápidos e econômicos (Rico, 2022).

FIGURA 05 - Design de produto a partir da biomimética.



Fonte: Rico (2022).

Concatenado com a *Life Cycle Design*, o *cradle-to-cradle* (do berço ao berço) é um conceito importante criado pelo arquiteto **McDonough** e pelo engenheiro químico **Michael Braungart**, como forma de contrapor e questionar o modelo de produção linear que se baseia na ideia de considerar a vida de um produto desde berço ao túmulo. A natureza é a inspiração do método *cradle-to-cradle*, que tem sua funcionalidade fundamentada em processos cíclicos (Ideia Circular, 2023).

METODOLOGIA

A visão metodológica empregada para este estudo teve como base a pesquisa do tipo estudo de caso descritivo, com a finalidade de demonstrar o projeto de um barco desenvolvido a partir da analogia com o sistema de filtragem existente na boca do tubarão-baleia, o qual levou em consideração o processo metodológico do design de produto sob a ótica da biomimética e da economia circular, visando à responsabilidade socioambiental.

O projeto foi desenvolvido na disciplina Projeto V, do curso de Design da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), sob orientação do professor Itamar Ferreira da Silva, com a participação dos alunos Adriano Ramos, Amanda Marinho, Matheus Ferreira e Yasmin Basílio. O processo metodológico seguiu as seguintes fases, como demonstrado no Quadro 03.

QUADRO 03 - Etapas do processo do projeto.

PROJETO	ESTRATÉGIAS
FASE DE PESQUISA	<ul style="list-style-type: none">- Definição do problema a partir da morfologia e dos sistemas funcionais do tubarão-baleia, norteado pelo design, pela biomimética e pela economia circular;- Caracterização dos objetivos, delimitação e finalidade do projeto;- Definição do usuário;- Coleta, análise, interpretação e conclusão dos dados;- Requisitos e parâmetros projetuais.
GERAÇÃO DE SOLUÇÕES	Apresentação do conjunto de soluções geradas por meio de desenhos manuais, digitais, modelagem virtual e modelagem física (<i>mockup</i>).
ANÁLISE, AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DAS SOLUÇÕES	Apresentação da capacidade de distinguir soluções geradas de uma variação de uma mesma solução.
REFINAMENTO DA SOLUÇÃO	<ul style="list-style-type: none">- Refinamento da solução (estética, forma, funcionalidade, ergonomia, processos e materiais de fabricação);- Apresentação do produto com desenhos manuais ou digitais mostrando o refinamento do produto, com vistas diversas, detalhes do produto, texturas e materiais, cores e medidas esquemáticas básicas.
DETALHAMENTO TÉCNICO DA	<ul style="list-style-type: none">- Detalhamento dos sistemas funcionais, materiais e texturas;- Perspectiva explodida e <i>renderings</i> digitais;

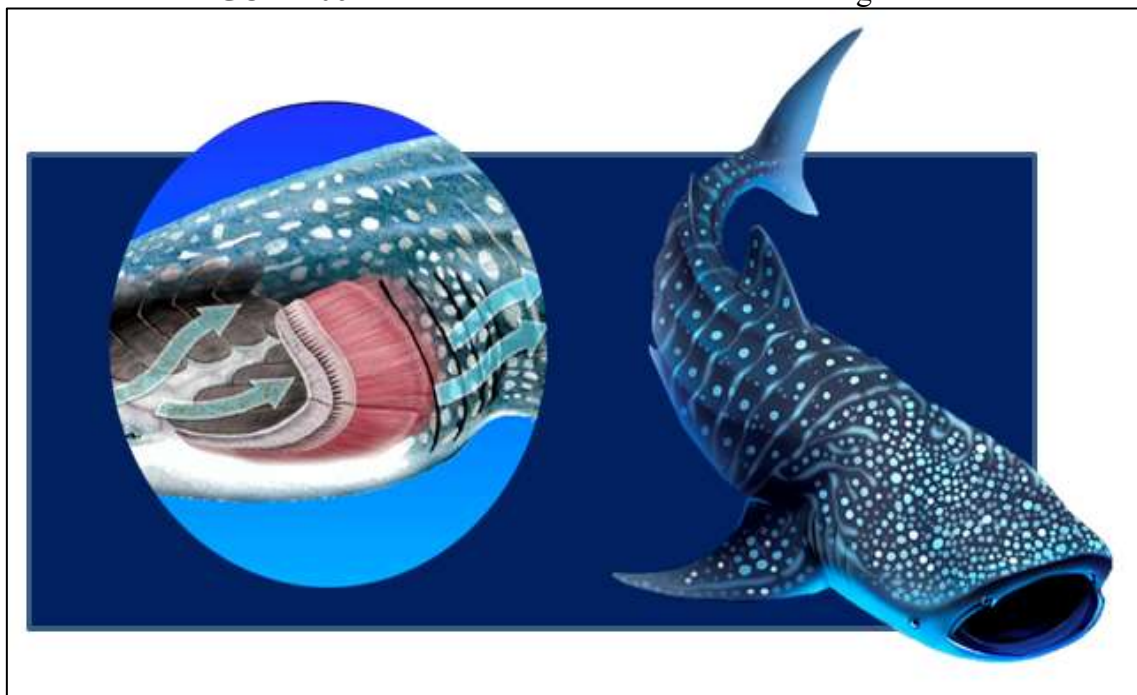
SOLUÇÃO	<ul style="list-style-type: none">- Processos de fabricação que serão utilizados na confecção do produto;- Desenho técnico;- Ergonomia e usabilidade;- Exposição do produto no ambiente.
APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	<ul style="list-style-type: none">- Utilização de banner com detalhes importantes do projeto;- Apresentação de protótipo virtual e físico.

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O produto foi desenvolvido com o intuito de filtrar resíduos submersos a uma profundidade de até dois metros, utilizando as técnicas da biomimética aplicadas ao tubarão-baleia. O animal marinho possui 10 pares de órgãos filtradores, responsáveis por filtrar seu alimento da água; uma boca larga, medindo 2 metros de largura, que permite a entrada de água, a qual é filtrada por 300 minidentes; um par de nadadeiras dorsais e peitorais, que ajudam a manter a estabilidade na água e proporcionam melhor controle ao nadar; sua nadadeira caudal tem forma de lua e capacidade de detectar as vibrações produzidas pelo som, ajudando a localizar presas ou vida marinha próxima. Sendo assim, a composição funcional escolhida foi o sistema de filtragem de fluxo cruzado, no qual a água entra pela boca e sai pelas guelras, deixando o alimento, como ilustrado na Fig. 06.

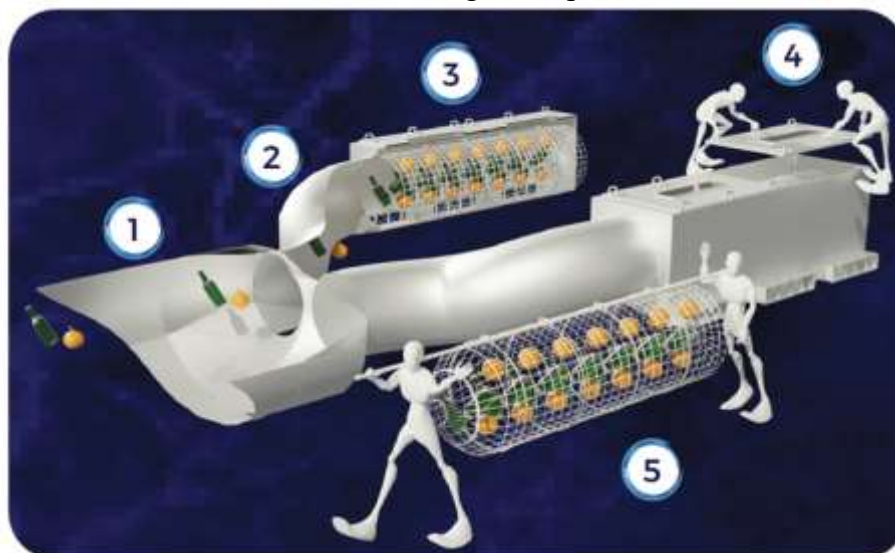
FIGURA 06 - Tubarão-baleia e seu sistema de filtragem.



Fonte: Design UFCG (2023).

Além disso, o sistema consiste em uma estrutura em fibra de vidro acoplada na composição inferior de um barco de pequeno porte, motorizado. O barco é deslocado em baixa velocidade, logo os animais se afastam durante o processo, o que permite o arrasto apenas dos resíduos sólidos, garantindo a segurança das espécies marinhas. O equipamento é capaz de coletar e armazenar aproximadamente 400 kg de resíduos sólidos (Fig. 07). Veja a seguir as partes:

FIGURA 07 - Sistema de filtragem do produto desenvolvido.



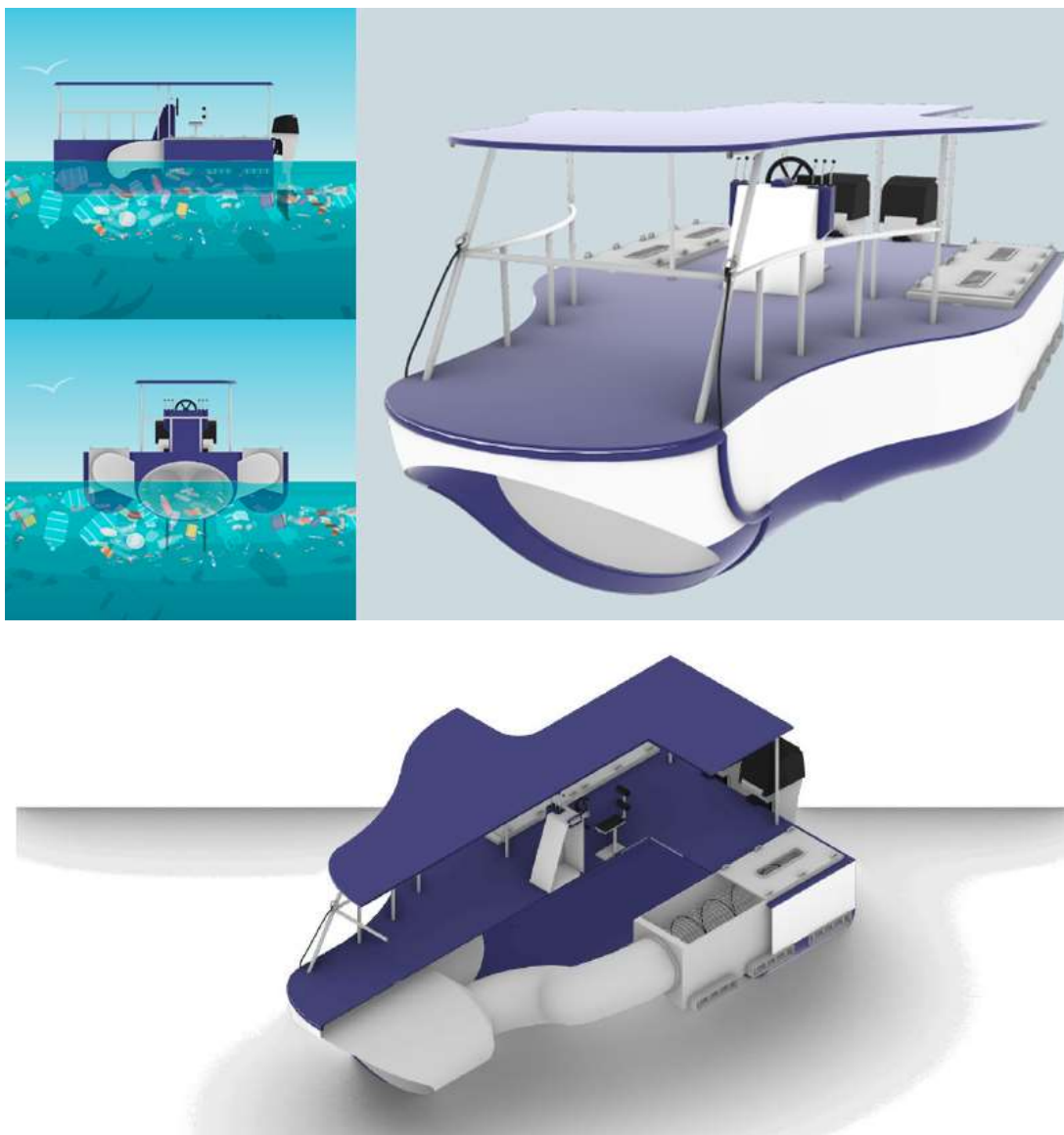
Fonte: Design UFCG (2023).

Legenda da Figura 07

1. Coleta - Através da abertura frontal, os resíduos superficiais são coletados e direcionados para dois dutos de destino; **2. Destino** - Dutos que ligam a abertura frontal aos compartimentos laterais; **3. Armazenamento** - Compartimentos responsáveis por conter as redes de captura e receber os resíduos e a água; **4. Retirada** - Através das comportas de pressão, dois usuários levantam as tampas e assim têm acesso às redes de captura para amarrá-las para o transporte; **5. Transporte** - Através das alças presentes nos arcos das redes de captura, os usuários pegam uma vara de comprimento suficiente para que possam manter a rede fechada entre ambos, enquanto a apoiam sobre os ombros.

Na Fig. 08, podem-se observar diversas vistas ortogonais do sistema desenvolvido.

FIGURA 08 - Barco para coleta de resíduos superficiais em águas costeiras em vistas lateral, frontal, em perspectiva e perspectivado.



Fonte: Design UFCG (2023).

Ambiente de uso

O mar é o ambiente em que o produto seria utilizado, mais especificadamente nas praias, para fazer a coleta dos lixos e resíduos presentes na superfície das águas. Mais de 95% do lixo encontrado nas praias brasileiras é composto por itens feitos de plástico, como garrafas, copos descartáveis, canudos, cotonetes, embalagens de sorvete e redes de pesca. A Figura 09 ilustra o ambiente de uso do produto.

FIGURA 09: *Rendering* digital do produto final no ambiente.



Fonte: Design UFCG (2023).

CONCLUSÕES

Em primeiro lugar, vale destacar a importância dos conhecimentos e ensinamentos adquiridos, voltados para a preservação do meio ambiente, bem como a busca por um ecossistema mais sustentável. Um projeto que pretende reduzir ou acabar com os resíduos sólidos presentes nas águas das praias, melhorando tanto a vida marinha como a das pessoas, é louvável e inspirador.

A composição do projeto de design com os conhecimentos de soluções bioinspiradas, provenientes da biomimética, concatenados e alinhados com a economia circular, amplia o campo de prospecções na busca de soluções que visem à melhoria da qualidade de vida do meio ambiente. O desenho de um barco que apresenta uma analogia ao sistema de filtragem existente na boca do tubarão-baleia se mostra como alternativa ou proposta para solução de coleta de resíduos em águas costeiras.

Dessa forma, a conexão de conceitos e características do design, da biomimética e da economia circular em busca de soluções cada vez mais sustentáveis é parte essencial do processo. A natureza é econômica e cíclica, não aceita o desperdício!

REFERÊNCIAS

- [1] ARAÚJO. A. L; JÚNIOR. P. M. I. Análise crítica da política nacional de resíduos sólidos: pontos positivos, negativos e melhorias. *Cadernos de Graduação* (Ciências exatas e tecnológicas), v. 4, n. 3, p. 11-16, maio 2018.
- [2] BENYUS, J. M. *Biomimética: inovação inspirada pela natureza*. São Paulo: Cultrix, 2010.
- [3] BIOMIMICRY INSTITUTE. *O que é biomimética*. Disponível em: <https://biomimicry.org/what-is-biomimicry/>. Acesso em: out. 2023.

- [4] CAMARGO, S. *Artesãos do Quênia transformam chinelos jogados no mar em bichos incríveis e coloridos*. Disponível em: <https://conexaoplaneta.com.br/blog/artesaos-do-kenia-transformam-chinelos-jogados-no-mar-em-bichos-incriveis-e-coloridos/#fechar>. Acesso em: out. 2023.
- [5] Ellen MacArthur Foundation and IDEO. (2017). *The Circular Design Guide*. Retrieved October 13, 2023, from <https://www.circulardesignguide.com>.
- [6] FONTGALLAND, I. L. *Economia circular e consumo sustentável* [livro eletrônico]. Campina Grande: Editora Amplla, 2022. p. 86.
- [7] IBAMA. *Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)*. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/emissoes-e-residuos/residuos/politica-nacional-de-residuos-solidos-pnrs>. Acesso em: out. 2023.
- [8] IDEIA CIRCULAR. *O que é upcycle ou superciclagem e por que seu uso é defendido pela economia circular?* Disponível em: <https://ideiacircular.com/o-que-e-upcycle-ou-superciclagem-e-por-que-seu-uso-e-defendido-pela-economia-circular/>. Acesso em: out. 2023.
- [9] IDEIA CIRCULAR. *28 estudos de caso: design e inovação para a economia circular no Brasil e no mundo*. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.ideiacircular.com/estudos-de-caso-economia-circula>. Acesso em: out. 2023.
- [10] MANZINI, E.; VEZZOLI, C. *O desenvolvimento de produtos sustentáveis: os requisitos ambientais dos produtos industriais*. 1. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011. 366 p.
- [11] ONUBR. Nações Unidas no Brasil. *A ONU e o meio ambiente*. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>. Acesso em: out. 2023.
- [12] PAPANEK, V. *Diseñar para el mundo real*. 1 ed. espanhol. Rosario: Hermann Blume Ediciones, 1977.
- [13] PEREZ, I. U. *Economia circular e design*. Ceará: KUYA – Centro de Design do Ceará, 2023. 38 p.
- [14] PLATCHECK, E. R. *Design Industrial: metodologia de ecodesign para o desenvolvimento de produtos sustentáveis*. São Paulo: Atlas, 2012.
- [15] PNUMA. *Campanha Mares Limpos promove o direito a um meio ambiente saudável, incluindo oceanos sem plástico*. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/reportagem/campanha-mares-limpos-promove-o-direito-um-meio-ambiente-saudavel>. Acesso em: out.2023.
- [16] PNUMA. *República da Coreia sediará o Dia Mundial do Meio Ambiente de 2025 com foco no fim da poluição plástica*. Disponível em: <https://www.unep.org/news-and-stories/press-release/republic-korea-host-world-environment-day-2025-focus-ending-plastic>. Acesso em: out. 2023.
- [17] RICO, J. *Biomimética: soluções engenhosas que copiam a natureza*. Disponível em: <https://elasombrario.publico.es/biomimesis-ingeniosas-soluciones-copiando-a-naturaleza/>. Acesso em: out. 2023.

[18] SANTOS, A. dos; BRAGA JUNIOR, A. E.; SAMPAIO, C. P.; PACHECO, D.; ANDRADE, E. R. de; MERINO, E. A. D.; TREIN, F.; DUARTE, G. G.; ROSA, I. M. da; MASSARO, J. G.; LEPRE, P. R.; NORONHA, R.; ENGLER, R.; VASQUES, R. A.; MENDONÇA, R. M. L. O.; NUNES, V. dos G. A. *Design para a Sustentabilidade: dimensão econômica*. Curitiba: Insight, 2018.

[19] TURRA, A.; SANTANA, M. F. M.; OLIVEIRA, A. de L.; BARBOSA, L.; CAMARGO, R. M.; MOREIRA, F. T.; DENADA, M. R. *Lixo nos Mares: do entendimento à solução*. São Paulo: Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 2020. 124 p.

[20] VEZZOLI, C.; KOHTALA, C.; SRINIVASA, A. *Sistema produto + serviço sustentável: fundamentos*. Tradução Aguinaldo dos Santos. Curitiba, PR: Insight, 2018. 178 p.