ESCOLA POLITÉCNICA DA

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

IMPACTO DAS ATIVIDADES ANTROPOGÊNICAS NO ECOSSISTEMA MARINHO: PROPOSTAS DE AÇÕES MITIGADORAS À POLUIÇÃO DOS OCEANOS

Turma B – Prof. Dr. Marcelo Massarani

SÃO PAULO

2021

RESUMO EXECUTIVO

O escopo deste relatório visa discorrer acerca dos impactos humanos sobre os oceanos, e para tal, houve a separação deste projeto em três grandes subprojetos, os quais se aprofundam nas diferentes origens de tais impactos, sendo elas: os centros urbanos, os transportes marítimos e as atividades de exploração do oceano. Para isso, cada subprojeto foi padronizado de forma a definir e analisar o problema central de seu escopo por meio do levantamento de dados e da estipulação de metas, objetivos e restrições, de modo a buscar uma solução através do levantamento de alternativas, que quando filtradas via uma matriz de decisão, pudessem resultar em uma solução, a qual seria especificada com seu funcionamento, com o levantamento de dados científicos que a validam e denotam estimativas de eficácia relativa às metas estabelecidas, além do levantamento de dados financeiros para sua aplicação.

Para o primeiro subprojeto, "Geração, manejo e descarte indevido de resíduos plásticos pelos grandes centros urbanos e seus impactos nos oceanos", definiu-se o problema central como sendo o descarte inadequado de resíduos plásticos nos oceanos, que causam inúmeros impactos negativos tanto na fauna quanto na flora marinha. Para tal, estipulou-se a meta de forma a impedir que 70% dos materiais plásticos descartados anualmente em centros urbanos cheguem a quaisquer corpos d'água, além de retirar e requalificar 50% dos resíduos plásticos já presentes nos oceanos, de forma que fosse possível atingi-la até o final da Década do Oceano, declarada pela ONU. Buscando possibilidades de resolução desse problema, foram levantadas 46 alternativas como candidatas para a solução final do subprojeto, das quais 36 foram descartadas por não atenderem às restrições estabelecidas, sendo eles a limitação da solução, o impacto ambiental e social da solução, e a alta complexidade ou inviabilidade de implementação. Assim, utilizando-se métricas pré-estabelecidas, analisou-se as alternativas restantes através de uma matriz de decisão composta de 8 critérios com pesos normalizados, sendo eles custo de implantação, simplicidade de implementação, tempo até resultado, impacto ambiental negativo, disponibilidade tecnológica, eficácia, longevidade e benefícios sociais. Com isso em mãos, determinou-se que a solução final seria a junção de três alternativas, o "Ocean Cleanup

Array", os "Plastic Banks" e o "Concreto Aditivado", sendo que a combinação seria feita de forma a abranger a retirada de resíduos dos oceanos com a implementação do "Ocean Cleanup", a geração de benefícios sociais, como empregos à sociedade costeira, por meio dos "Plastic Banks", e um fim para os polímeros coletados reutilizando-os no concreto aditivado. A partir de então, foram estabelecidos métodos de aplicação da solução e como as alternativas se relacionariam, resultando em uma solução final de custo anual aproximado de USD $289 milhões e possuindo um custo de manutenção aproximado de USD $577 milhões, sendo tais valores considerando a aplicação em escala global.

Para o segundo subprojeto, "Manutenção do descarte das variadas substâncias por transportes marítimos", definiu-se o problema de forma que a atual manutenção do descarte de variadas substâncias do transporte marítimo contamina intensamente o ambiente marítimo, das quais destacam-se poluição ambiental por tintas anti-incrustantes, água de lastro, emissão de gases GEE e gases de escape, poluição por resíduos orgânicos e recicláveis e contaminação por hidrocarbonetos. Sendo assim, estipulou-se a meta de reduzir em 35% a quantidade de substâncias e resíduos nocivos liberados ao meio ambiente por embarcações até o ano de 2030. Para tal resolução, foram levantadas 42 alternativas, das quais 26 foram eliminadas inicialmente devido às suas incapacidades de atingir as metas, tal decisão se deu através de critérios pré-estabelecidos, como inviabilidade tecnológica e baixa eficácia para o escopo apresentado. As demais alternativas, que totalizavam 16, foram submetidas a avaliações seguindo os seguintes critérios: eficácia/abrangência, custo-benefício, durabilidade, tempo de implementação, disponibilidade e risco ambiental. Após avaliação pela matriz de decisão, percebeu-se que as alternativas "Ballast-free", responsável pela circulação da água de lastro de forma a evitar a adesão e transporte de espécies exóticas para diferentes ecossistemas; "Energia Eólica e Solar para propulsão e abastecimento", responsável pela conversão de energias renováveis em energia útil às embarcações, visando a redução da emissão de gases poluentes pela queima de combustíveis fósseis, e "Inteligência Artificial", que objetiva o emprego tecnológico de inteligência artificial com o intuito de redução de vazamentos de petróleo e derivados ocasionados por erro humano, além de ser combinada com as outras duas alternativas supracitadas, gerando o controle de informações requisitadas por ambas, e "Reforma Química dos Gases Emitidos", que a partir da aplicação de scrubbers fechados, e ou catalisadores, garantem

uma aceleração das reações químicas envolvendo os gases dos motores de frotas marítimas, gerando assim uma maior eficiência energética na queima de combustíveis, garantindo uma menor liberação de gases como NOx, SOx e CSNOx. A aplicação dessa solução conjunta buscará reduzir de 8 a 50% do consumo de combustível das embarcações, e consequentemente a redução do volume de gases contribuintes ao efeito estufa, além de buscar a redução de cerca de 7% dos vazamentos atuais de petróleo e derivados. Sendo assim, essa solução gerará, graças ao Ballast-free uma economia de aproximadamente USD $0,50 por tonelada de carga de lastro livre, além de uma economia de aproximadamente USD $409,9 mil a cada embarcação construída com esta tecnologia, enquanto a aplicação da alternativa energética gerará custos de aproximadamente USD $1,36 milhões a cada instalação de 400kW, contando, entretanto, com um custo de manutenção praticamente nulo.

Para o terceiro subprojeto, "Impactos Antrópicos da Extração de Recursos Oceânicos: A Sobrepesca", definiu-se que a atual sobrepesca, que se caracteriza como a exploração de animais marinhos em excesso, encontra-se em estágio avançado, de forma que a taxa de reprodução destas espécies é sobrepujada pela pesca, dessa forma sentenciando tais espécies à extinção, caso o ritmo atual se mantenha. Para tal, determinou-se como meta a substituição de 20% da atividade atual da pesca industrial por outra atividade com os mesmos propósitos, porém feita de forma sustentável, dentro dos próximos 10 anos. Para tanto, foram levantadas 22 alternativas para solução do problema levantado, das quais apenas 11 foram selecionadas para serem incluídas na matriz de decisão, sendo as demais 11 eliminadas devido a critérios como escape do escopo do projeto, inviabilidade tecnológica, e baixa garantia de atingimento das metas estabelecidas. As onze alternativas restantes foram comparadas na matriz de decisão seguindo os seguintes critérios: segurança alimentar, impactos ambientais, viabilidade econômica, resiliência a diferentes cenários econômicos, tempo de implementação, viabilidade tecnológica, geração de empregos e conscientização. Assim sendo, a solução selecionada após filtragem na matriz foi a solução conjunta de aquicultura, que visa a substituição da pesca graças ao desenvolvimento de tanques para o cultivo de espécies marinhas altamente procuradas pela indústria pesqueira, de forma a suprir as demandas do atual mercado pesqueiro; e a redução de subsídios, a qual consiste no enfraquecimento da indústria pesqueira através da diminuição de concessões financeiras governamentais, visto que atualmente os subsídios anuais globalmente chegam a USD $35,4

bilhões, sendo que cerca de 56% desse valor enquadra-se no subsídio do tipo "danoso". A aplicação de tal solução implicará em custos aproximados de R$2.235,00 para a implantação de aquaponia para produções familiares, enquanto para produção a nível industrial, cada tanque de aquicultura custará cerca de USD $18.000,00, sendo tais valores cobertos pela conversão de parte dos subsídios dados atualmente à indústria pesqueira para os que forem praticar a aquicultura.

Palavras-chave: *centros urbanos, década dos oceanos, impacto ambiental, poluição oceânica, recursos marinhos, resíduos plásticos, sobrepesca, transporte marítimo.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa do lixo mundial 22

Figura 2 - Quantidade de plástico em toneladas nos oceanos 27

Figura 3 - Gráfico da projeção da proporção entre toneladas de plástico por tonelada de peixes até 2050 28

Figura 4 - Esquema sobre o curso do escoamento fluvial da poluição aos oceanos 30

Figura 5 - Resíduos plásticos presentes no estômago de ave 33

Figura 6 - Descarte indevido de lixos e plásticos em Ilha Grande - RJ 35

Figura 7 - Plásticos descartados indevidamente em Boa Viagem - PE 37

Figura 8 - *Pellets* plásticos e suas perdas 40

Figura 9 - Gráfico dos principais setores consumidores de Transformados Plásticos na Europa 40

Figura 10 - Gráfico da porcentagem do PIB investida em P&D 42

Figura 11 - Camada de resíduos plásticos bloqueando a entrada da luz solar 43

Figura 12 - Ilhas de lixo plástico 44

Figura 13 - Processo de bioacumulação 45

Figura 14 - Quantidade e peso de plástico nos oceanos 46

Figura 15 - Taxa de coleta seletiva por municípios por região 48

Figura 16 – Gráfico da produção de plástico de 1950 a 2016 52

Figura 17 - Concreto aditivado 54

Figura 18 - Placa de componente eletrônico 54

Figura 19 - Ecobarreira feita de plástico 55

Figura 20 - Foto do Ecoboat 55

Figura 21 - Hoola One em funcionamento 56

Figura 22 - Imagem de microplásticos 56

Figura 23 - Esquema de funcionamento do Sea Anchor 57

Figura 24 - Talheres comestíveis 58

Figura 25 - Projeto “Holly Turtle” em funcionamento 58

Figura 26 - Ocean Cleanup Array em funcionamento 59

Figura 27 - Seabin em funcionamento 60

Figura 28 - Marine Drone em funcionamento 60

Figura 29 - Cadeia de transformação do plástico em energia elétrica 61

Figura 30 - Adaptação da indústria à utilização de polímeros 61

Figura 31 - Uso de papel reciclado para substituir sacolas plásticas 62

Figura 32 - Uso de resíduos plásticos na pavimentação urbana 63

Figura 33 - Bactéria que produz enzima que viabiliza a hidrólise do PET 64

Figura 34 - Ponto de coleta de plástico da organização Plastic Bank nas Filipinas 67

Figura 35 - Lâmpadas de Moser 69

Figura 36 - Cauda de baleia feita em plástico exposta no Museum of Plastic 70

Figura 37 - Sunglasses Ocean Cleanup 93

Figura 38 - Interações do Ocean Cleanup Array 95

Figura 39 - Interações presentes no Ocean Cleanup Array 96

Figura 40 - Relação entre o tamanho da partícula e a probabilidade de captura 97

Figura 41 - Protótipo Ocean Cleanup Array 98

Figura 42 - Coleta de plástico 99

Figura 43 – Gráfico do manejo do plástico por região 101

Figura 44 - Gráfico do caminho dos plásticos 102

Figura 45 – Equipe de coleta do Plastic Bank 103

Figura 46 - Desenho representando o concreto aditivado 104

Figura 47 - Representação de irradiador de cobalto-60 105

Figura 48 - Amostra de Cobalto-60 em laboratório 106

Figura 49 - Bloco de concreto composto por plástico marinho 107

Figura 50 - Concreto aditivado 108

Figura 51 - Fluxograma da implementação da solução. 110

Figura 52 - Acidente durante a troca da água de lastro do navio MV Cougar Ace em 2006. 125

Figura 53 - Sistemas de lastro para navios mercantes 126

Figura 54 - *Vibrio cholerae* no microscópio 127

Figura 55 - Mexilhão Zebra 128

Figura 56 - Caranguejo verde 129

Figura 57 - Estrela do mar do Pacífico Norte 129

Figura 58 - *Mnemiopsis leidyi* 130

Figura 59 - Maré Vermelha 131

Figura 60 - Região de SECA na Europa (Mar Basáltico e Mar do Norte) 137

Figura 61 - Exemplo de bioincrustação no casco de um barco de pesca 139

Figura 62 - Casco de Embarcação com Cracas 140

Figura 63 - Desgaste do Hélice de Embarcação Devido ao Acúmulo de Cracas 141

Figura 64 - Estudo sobre ramos da *Acropora formosa* 142

Figura 65 - Gastrópode com Imposex 143

Figura 66 - Grupo de 16 biocidas homologados pela IMO para a utilização em tintas anti-incrustantes 145

Figura 67 - Efeitos dos biocidas em organismos marinhos 147

Figura 68 - Gráfico sobre as principais causas de derramamento de hidrocarbonetos 152

Figura 69 - Acidente do Exxon Valdez (1989) 153

Figura 70 - Gráfico sobre o número de vazamentos de petróleo em navios de grande porte. 154

Figura 71 - Comparação da viscosidade do derramamento de acordo com a massa molar dos óleos derramados 157

Figura 72 - Estação de tratamento móvel 166

Figura 73 - PureBallast 3 Compact Flex (sistema que utiliza a tecnologia mencionada) 167

Figura 74 - Tecnologia e funcionamento da esponja descrita 168

Figura 75 - Reação química da transesterificação para produção de biodiesel 169

Figura 76 - Funcionamento de uma célula-combustível à base de hidrogênio 170

Figura 77 - Formas de propulsão pela ação do vento 171

Figura 78 - Plataforma tipo pipa aproveitada pela empresa SkySails 172

Figura 79 - Painéis solares no cargueiro NYK Auriga Leader, eleito o “Navio do Ano” pela Premiação Global 2009 da Lloyd’s List 172

Figura 80 - Exemplo de uso da tecnologia de bolhas de ar no casco das embarcações 173

Figura 81 - Cenário de teste hidrodinâmico 174

Figura 82 - Mergulhador aplicando a técnica de polimento dos cascos e hélices das embarcações 175

Figura 83 - Esquema que apresenta um exemplo de reforma catalítica dos gases de exaustão 176

Figura 84 - Modelo Ballast-Free Conceitual 218

Figura 85 - Modelo de embarcação da SkySail de “pipa” 224

Figura 86 - Modelos de embarcações com modelos de vela para auxílio na propulsão 225

Figura 87 - Retrato dos painéis solares do navio Auriga Leader 226

Figura 88 - Sistema de CSNOx 228

Figura 89 - Modelo de Relação entre as Soluções 229

Figura 90 - Relação Solução/ Problema Mitigado 230

Figura 91 - Capturas Marinhas ao Longo do Tempo 234

Figura 92 - Distribuição de Estoques em Categorias de Sustentabilidade 235

Figura 93 - Produção Global Pesqueira e de Aquicultura 236

Figura 94 - Relação dos Maiores Países Pesqueiros 237

Figura 95 - Taxa de Crescimento Anual da Produção de Peixes em Sistema de Aquicultura 238

Figura 96 - Empregabilidade dos Setores da Pesca e Aquicultura 239

Figura 97 - Esquema Simplificado da Cadeia Alimentar Marítima 240

Figura 98 - Vulnerabilidade Relativa entre Duas Espécies 245

Figura 99 - Vulnerabilidade Relativa entre Duas Espécies 246

Figura 100 - Distribuição por país dos subsídios à pesca 247

Figura 101 - Distribuição por país dos subsídios à pesca 248

Figura 102 - Plataforma offshore 249

Figura 103 - Tratamento de água de produção 251

Figura 104 - Quantidade de vazamentos de mais de 700 toneladas 252

Figura 105 - Quantidade de toneladas vazadas de petróleo por ano 253

Figura 106 - Distribuição global de depósitos de Sulfeto Maciço 255

Figura 107 - Mapa da biogeografia global de comunidades de fontes hidrotermais. 256

Figura 108 - Produção Global de óxidos de terras raras 257

Figura 109 - Comparação Ração x Sem Ração 260

Figura 110 - Pesca x Aquicultura em Toneladas 261

Figura 111 - Peixe se Destaca no Consumo de Proteína Global 269

Figura 112 - Tanques de Aquicultura Familiar 270

Figura 113 - Concentração Mensal Global de Pesqueiros 271

Figura 114 - Exemplo de Tanques de Piscicultura Continental 272

Figura 115 - Separação dos Animais (Esquerda) e Plásticos (Direita) de uma Amostra de 358m3 de água 272

Figura 116 - Exemplos de Corais Artificiais Usados na Europa 273

Figura 117 - Imagem de Satélite que pode ser sobreposta aos Locais de Atividade Pesqueira 274

Figura 118 - Embarcações Asiáticas Pescando Excessivamente na Costa Sul Americana 275

Figura 119 - Análise econômica 279

Figura 120 - Carteira de trabalho sendo assinada 280

Figura 121 - Redes de pesca abandonadas sendo retiradas 282

Figura 122 - Crianças comendo peixe 284

Figura 123 - Imagem de sistema RAS 300

Figura 124 - Esquema de sistema RAS 301

Figura 125 - Esquema de processos que caracterizam o sistema RAS 301

Figura 126 - Esquema de design RAS da Aquatec-solutions na Dinamarca 302

Figura 127 - Sistema de funcionamento de aquaponia 303

Figura 128 - Equação química representando processo de conversão da amônia 304

Figura 129 - Custos dos materiais utilizados na construção do sistema de aquaponia parte 1 306

Figura 130 - Custos dos materiais utilizados na construção do sistema de aquaponia parte 2 307

Figura 131 - Exemplo do sistema de aquaponia 308

Figura 132 - Especificação e classificação das despesas referentes à piscicultura 309

Figura 133 - Planta de uma unidade aquícola RAS 311

Figura 134 - Estudo sobre a percepção popular a respeito da aquacultura irlandesa 312

Figura 135 - Tanque para aquicultura 313

Figura 136 - Boias de criações de mexilhões 314

Figura 137 - Lanterna japonesa 315

Figura 138 - Projeto de repovoamento de caranguejos-uçá 316

Figura 139 - Distribuição de subsídios por tipo e por país 318

Figura 140 - Principais subsídios fornecidos pelo governo indiano 319

Figura 141 - Esquema funcional da implementação 323

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção e reciclagem de plástico no mundo 28

Tabela 2 - Turismo estrangeiro no Brasil de 1970 a 2009..... 34

Tabela 3 - Nova divisão de Propostas 73

Tabela 4 - Custo de Implementação 79

Tabela 5 - Simplicidade de Implantação 80

Tabela 6 - Tempo até resultado 81

Tabela 7 - Impacto Ambiental Negativo 81

Tabela 8 - Disponibilidade Tecnológica..... 82

Tabela 9 - Eficácia..... 83

Tabela 10 - Longevidade 84

Tabela 11 – Benefícios Sociais..... 84

Tabela 12 - Matriz do Cruzamento de Pesos Relativos..... 86

Tabela 13 - Matriz de Decisão para Medidas Profiláticas..... 90

Tabela 14 - Matriz de Decisão para Medidas Remediativas 91

Tabela 15 - Escala de acumulação de resíduos plástico 96

Tabela 16 - Custos de implantação..... 117

Tabela 17 - Custos de Manutenção..... 118

Tabela 18 - Pesos calculados para cada critério de avaliação 186

Tabela 19 - Escalas usadas para cada critério a serem utilizadas na Matriz de Decisão..... 187

Tabela 20 - Matriz de Decisão.....196

Tabela 21 - Levantamento de Custos com Mudança no Motor.....219

Tabela 22 - Levantamento de Custos sem Mudança no Motor.....220

Tabela 23 - Economia ao Longo dos Anos.....221

Tabela 24 - Requisitos e Restrições.....269

Tabela 25 - Peso dos critérios de avaliação.....285

Tabela 26 - Matriz de decisão.....294

SUMÁRIO

1. Introdução 21

1.1 Impactos causados pelos plásticos dos centros urbanos nos oceanos 21

1.2 Impactos causados pelo transporte marítimo 23

1.3 Impactos causados pela sobrepesca 24

2. Subprojeto 1 – Atividades desenvolvidas nos grandes centros urbanos 26

2.1 Levantamento de dados 26

2.1.1 A relação entre os resíduos plásticos e o meio ambiente marinho 26

2.1.2 Dados introdutórios sobre o plástico 27

2.1.3 Composição dos materiais plásticos e seus efeitos nos mares 30

2.1.4 Origem dos plásticos nos oceanos 31

2.1.5 Panorama mundial da produção e descarte de plástico 31

2.1.6 A influência do turismo na poluição dos oceanos 33

2.1.7 Impactos econômicos da Poluição Marinha 37

2.1.8 Atividade industrial e o descarte de plástico no oceano 39

2.1.9 Impacto do contato de resíduos plásticos com os organismos marinhos 42

2.1.10 Descarte plástico e saúde humana 44

2.2 Análise dos dados 45

2.3 Definição do problema 51

2.3.1 Identificação do problema 51

2.3.2 Objetivos 51

2.3.3 Requisitos 52

2.3.4 Restrições 53

2.4 Alternativas para solução do problema 53

2.5 Critérios de avaliação de solução 70

2.5.1 Medidas Profiláticas 73
2.5.2 Medidas remediativas 75
2.5.3 Determinação dos critérios e seus pesos 76
2.5.4 Critérios 76
2.5.5 Atribuição de notas para cada critério 78
2.6 Avaliação das alternativas 88
2.6.1 Atribuição de Notas por Critério 88
2.6.2 Matriz de Decisão 89
2.6.3 Escolha da Solução 92
2.7 Especificação da solução 93
2.7.1 Esquema Funcional 93
2.7.2 Estimativas e parâmetros 112
2.7.3 Impactos Previstos 118
2.8 Conclusões 120
3. Subprojeto 2 – Atividades relacionadas ao transporte marítimo 124
3.1. Levantamento de dados 124
3.1.1. Água de Lastro 124
3.1.2. Emissão de Gases GEE e Gases de Escape 133
3.1.3 Tinta Anti-Incrustante 139
3.1.4 Poluição Orgânica e Resíduos Recicláveis de Embarcações 147
3.1.5 Contaminação por Hidrocarbonetos e Águas Oleosas 151
3.2. Análise de dados 157
3.2.1. Impactos da Água de Lastro 157
3.2.2. Impactos da Emissão de Gases GEE e Gases de Escape 158
3.2.3. Impactos da Tinta Anti-incrustante 160
3.2.4. Impactos da Poluição Orgânica e Resíduos Recicláveis de Embarcações 161

3.2.5. Impactos da Contaminação por Hidrocarbonetos e Águas Oleosas 162
3.3 Definição do problema: objetivo, meta, requisitos e restrições. 163
3.3.1. Objetivo 163
3.3.2. Meta 163
3.3.3. Requisitos 164
3.3.4. Restrições 165
3.4. Proposição de alternativas 166
3.4.1. Água de Lastro 166
3.4.2 Emissão de Gases GEE e Gases de Escape 168
3.4.3 Tinta Anti-incrustante 177
3.4.4 Poluição Orgânica e Resíduos Recicláveis de Embarcações: 178
3.4.5. Contaminação por Hidrocarbonetos e Águas Oleosas: 181
3.5. Critérios de avaliação de solução 183
3.5.1. Eficácia/Abrangência (A) 183
3.5.2. Custo-Benefício (B) 184
3.5.3. Durabilidade (C) 184
3.5.4. Tempo de Implementação (D) 184
3.5.5. Disponibilidade (E) 185
3.5.6. Risco Ambiental (F) 185
3.5.7. Determinação dos Pesos dos critérios 186
3.6. Avaliação das alternativas de solução (matriz de decisão) 187
3.6.1 Soluções Retiradas da Matriz de Decisão 192
3.6.2. Matriz de Decisão 195
3.6.3 Justificativa das Notas das Soluções da Matriz de Decisão 197
3.6.4 Solução Escolhida 217
3.7. Especificação da solução 217

3.7.1 Emprego do Modelo Ballast-Free 217
3.7.2 Uso de Inteligência Artificial 221
3.7.3 Emprego da Energia Eólica e Solar para Propulsão e funções auxiliares 223
3.7.4 Reforma Química dos Gases Emitidos 226
3.7.5 Solução Definitiva 228
3.8. Conclusões 231
4. Subprojeto 3 – Atividades de exploração dos recursos do mar 233
4.1 Levantamento de dados 233
4.1.1 Evolução Histórica da Sobrepesca 233
4.1.2 Extração de Petróleo em Ambientes Marinhos 248
4.1.3 Mineração Oceânica 254
4.1.4 Aquicultura 257
4.2 Análise de dados 262
4.2.1 Pesca 262
4.2.2 Petróleo 263
4.2.3 Mineração 264
4.2.4 Aquicultura 265
4.3 Definição do problema: objetivo, meta, requisitos e restrições 266
4.3.1 O problema 266
4.3.2 Objetivos 267
4.3.3 Meta 267
4.3.4 Requisitos 268
4.3.5 Restrições 268
4.4 Proposição de alternativas 269
4.5 Critérios de avaliação de solução 277
4.5.1 Descrição dos Critérios 278

4.5.2 Determinação dos Pesos dos Critérios 284
4.6 Avaliação das alternativas 286
4.6.1 Reorganização das Alternativas de Solução 286
4.6.2 Análise das notas 289
4.6.3 Matriz de Decisão 293
4.6.4 Escolha da Alternativa 295
4.7 Especificação da solução 299
4.7.1 Aquicultura 299
4.7.2 Redução de Subsídios 317
4.8 Conclusão 323
5. Considerações finais 326
Referências bibliográficas 331

1. Introdução

Os oceanos representam cerca de 70,7% (SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS, 2020) da superfície terrestre, e desde os primórdios da civilização foram utilizados de forma a beneficiar a existência humana, seja por transporte marítimo, ou por meio da obtenção de alimentos, além de sua influência indireta na manutenção da vida terrestre seja por ser lar da maior parte da biodiversidade da Terra (PELLEGRINI, 2002), ou por regular a temperatura no planeta (RIBEIRO, 2004). Entretanto, os impactos gerados pela exploração desmedida dos recursos oceânicos levaram a um desequilíbrio que ao ser ignorado pode, eventualmente, tornar-se irreversível. Dessa maneira, o relatório tem como objetivo analisar e desenvolver soluções para os impactos causados pelas diversas atividades humanas que impactam os oceanos. As vertentes analisadas foram divididas em três grupos: impactos causados pelos plásticos dos centros urbanos descartados indevidamente nos oceanos, os impactos causados pelo transporte marítimo e o impacto da sobrepesca no ecossistema marítimo.

1.1 Impactos causados pelos plásticos dos centros urbanos nos oceanos

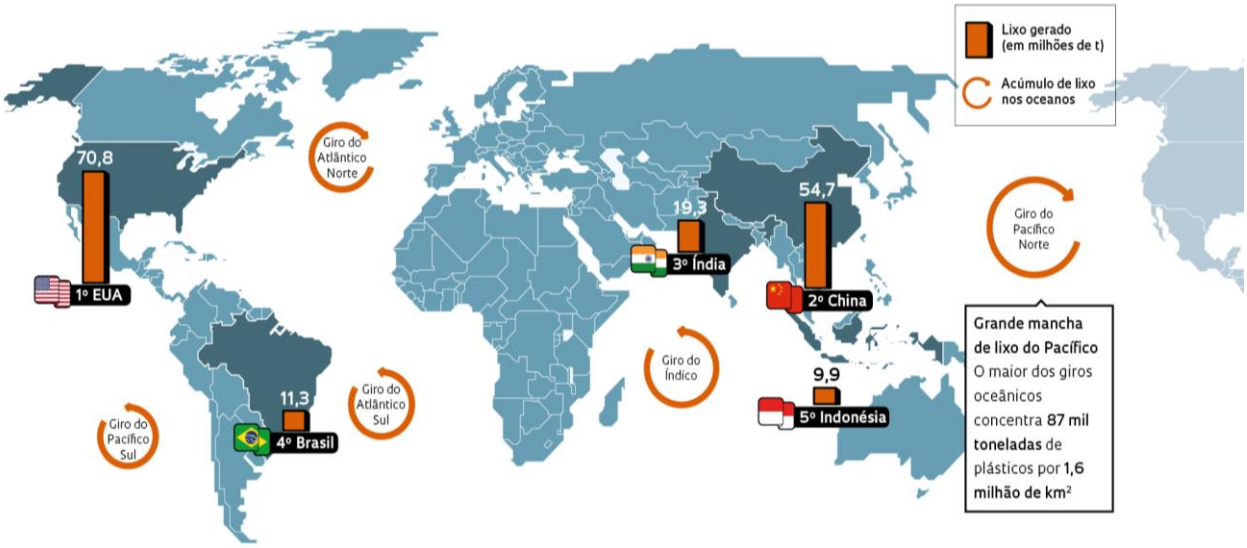
Inicialmente, ao analisar as problemáticas individualmente, é possível aprofundar-se no tema escolhido de forma a desenvolver soluções inovadoras para cada tema abordado. Ao analisar os impactos dos centros urbanos nos oceanos, percebe-se que o descarte indevido de plásticos é um dos principais causadores do desequilíbrio observado. Anualmente, são descartados mais de 8 milhões de toneladas de plástico no mar (GRIMBERG *et al.*, 2008), gerando impactos no ecossistema e poluindo a hidrosfera. Esses impactos são perceptíveis ao analisar os resultados do descarte de plástico nos oceanos nas espécies marinhas. Cerca de 170 espécies marítimas são prejudicadas diretamente pelo descarte de plástico por meio da ingestão de compostos sintéticos, causando a sua extinção e o consequente desequilíbrio do sistema oceânico (ARAÚJO & SILVA-CAVALCANTI, 2010). Dessa maneira, percebe-se que o descarte irregular de plástico no mar afeta também os seres humanos, direta e indiretamente, com espécies desaparecendo dos mares decorrentes da poluição por plástico e microplásticos, produtos que submetidos às condições de intensa radiação solar (FIRME,

2020), temperatura e outros fatores, fragmentam-se em pedaços cada vez mais imperceptíveis. Apesar de apresentarem tamanho microscópico, os microplásticos causam problemas de proporções infinitas, e, por esse motivo, serão o objeto de estudo deste subprojeto.

Contudo, pouco parece ser feito para realmente evitar a entrada desses polímeros nos oceanos. Apenas 1,28% de todo plástico do Brasil é reciclado (WWF, 2019), com todo o restante sendo incinerado, descartado em aterros e lixões, ou sendo descartado irregularmente em locais como rios, que ao desaguarem no mar, levam consigo seus detritos. Um dos principais exemplos disso é o rio Ganges, na Índia, no qual são descartadas toneladas de resíduos plásticos, fato que ocasionou altas taxas de poluição desse corpo fluvial.

Ademais, com a formação de ilhas de plástico no Oceano Pacífico e no Atlântico decorrentes do seu irregular descarte, o despejo desses polímeros torna-se um problema extremamente palpável. No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos faz pouco para contribuir com a reciclagem e com o descarte devido do plástico, sendo o Brasil o 4° maior produtor de plástico no mundo, entretanto reciclando apenas 1,28% (WWF, 2019).

Figura 1 - Mapa do lixo mundial



FONTE: VASCONCELOS, 2019.

Em síntese, com o Brasil sendo o quarto maior produtor de plástico no mundo (Figura 1), e, consequentemente, o maior na américa latina é fato que a quantidade de resíduos

descartados é alarmante, principalmente quando a maioria destes descartes é irregular e acaba nos oceanos.

1.2 Impactos causados pelo transporte marítimo

Os impactos causados pelo transporte marítimo demonstram-se importantes, pois decorrem da intensa globalização e consequente ampliação do comércio e fluxo tanto de pessoas quanto de mercadorias no âmbito internacional. Por esse fenômeno, torna-se intuitivo que a demanda sobre o transporte marítimo também será intensificada. Embora tal modalidade de transporte seja essencial para o *modus operandi* contemporâneo, quando sua operação se dá desacompanhada de soluções, métodos e tecnologias que visam diminuir suas consequências negativas ao oceano, esse ecossistema é ameaçado. A justificativa para tal proposição é facilmente identificada quando, mesmo que superficialmente, se pesquisa a nocividade e alto potencial de contaminação que a liberação de substâncias estranhas ao oceano apresenta problema que consiste no objeto de estudo do subtema. Tal problema é diretamente associado às consequências listadas a seguir: eutrofização de áreas costeiras; o desequilíbrio de cadeias e teias alimentares marinhas; a acidificação das águas e o consequente comprometimento da estrutura calcária de recifes de corais; a diminuição da produtividade primária líquida da fotossíntese realizada pelo fitoplâncton, e à intensificação do aquecimento global por meio do efeito estufa. (MARTINHO, 2016; OMBANDZA, 2020)

Ademais, a persistência das consequências antrópicas já citadas pode culminar na degradação do ambiente aquático, fato que torna o estudo desse processo - visando a minimização de seus impactos - extremamente essencial. Em um cenário contrário, a sociedade apresentará uma tendência de sofrer retrocessos socioeconômicos, visto que há centenas de comunidades e países que utilizam dos bens provenientes dos mares para movimentação econômica. Sendo assim, além de todas as implicações ambientais da questão, a excessiva contaminação marinha proveniente das embarcações também impacta as dinâmicas econômicas das regiões afetadas.

Além da amplitude dos impactos decorrentes do problema definido, a liberação de substâncias pelo transporte marítimo também se relaciona inerentemente com a eficiência energética de embarcações. Por esse motivo, é relevante apresentar uma extensão ao problema

da poluição que trate da forma com que a otimização do desempenho dos motores afeta a emissão de gases e a contaminação gerada pelo uso de tintas anti-incrustantes- cuja intenção é diminuir a bioincrustação nos cascos, embora, de forma geral, tenha como consequência o aumento do arrasto.

1.3 Impactos causados pela sobrepesca

A exploração dos recursos oceânicos é fundamental para garantir os recursos necessários para a humanidade progredir e se sustentar. Dentre as grandes atividades de exploração dos oceanos pela ação humana, a pesca se destaca como fundamental para alimentar a população humana, portanto foi escolhida como objeto de estudo do terceiro subtema.

A alimentação por peixes é responsável pela nutrição de 3.3 bilhões de pessoas, representando, em média, 20% de toda proteína animal consumida por esse grupo (FAO, 2020). Tendo isso em vista, a pesca se torna fundamental na nutrição de uma porcentagem significativa da população, e para muitos países cuja terra disponível para a agricultura é baixa, ter domínio sobre ela representa ter domínio sobre a própria segurança alimentar.

No entanto, com o crescimento exponencial da população, em diversas regiões do mundo, essa atividade foi se tornando cada vez mais insustentável, superando a capacidade de reprodução dos peixes coletados, assim sendo caracterizada como sobrepesca. Esse fenômeno é observado desde os anos 1800, quando, nos Grandes Lagos da América do Norte, a pesca excessiva das espécies lá presentes acarretou grandes perdas econômicas e ecológicas irreversíveis. Dessa forma, a sobrepesca afeta direta e indiretamente a qualidade de vida humana nesse sentido, evidenciando a necessidade de dar devida atenção a esse tipo de problema.

Por conta da grande importância que a atividade pesqueira tem, em termos econômicos, não é possível substituí-la integralmente. Isso é dado pelo fato de que tal intervenção pode acarretar uma mudança drástica na vida de milhões de pessoas que são dependentes da atividade exploratória em questão. Em contrapartida, a década dos oceanos exige ainda mais ação e comprometimento. Assim sendo, procurar meios pelos quais

podemos atenuar ou acabar com os impactos da pesca na população oceânica torna-se fundamental para garantir a segurança alimentar e a manutenção sustentável da vida humana.

Em suma, ao observar os problemas dos impactos da sociedade contemporânea na exploração dos oceanos é perceptível que os oceanos estão sofrendo diretamente as consequências da exploração descuidada do ser humano, que devido ao extenso processo de globalização explora cada vez mais os oceanos em diversas vertentes, muitas vezes com impactos negativos relacionados a falta de alternativas que busquem a sustentabilidade e o equilíbrio para a manutenção oceânica.

2. Subprojeto 1 – Atividades desenvolvidas nos grandes centros urbanos

Neste capítulo encontra-se a pesquisa feita acerca dos impactos que os centros urbanos têm sobre o oceano. Como foco desse estudo escolheu-se abordar especificamente o tema do descarte de resíduos plásticos.

2.1 Levantamento de dados

Os dados em questão foram levantados em relação ao descarte e manejo de resíduos plásticos gerados pelos grandes centros urbanos e suas consequências, evidenciando suas origens e formas de chegada ao meio oceânico. Assim, estão apresentados em subdivisões relacionadas às relações entre os impactos dos resíduos plásticos no ambiente marinho, bem como as suas origens nos centros urbanos para o melhor entendimento das dimensões do problema.

2.1.1 A relação entre os resíduos plásticos e o meio ambiente marinho

Os materiais plásticos de origem fóssil que chegam aos mares são alguns dos componentes provenientes dos grandes centros urbanos mais prejudiciais aos organismos marinhos. O descarte inadequado desses resíduos das mais variadas origens em rios, que por sua vez deságuam no oceano, tem interferência direta na vida das espécies do ecossistema, pois pode diminuir a disponibilidade de oxigênio dissolvido, bem como intoxicá-los, afetando seu sistema hormonal, e assim impossibilitando a reprodução e podendo até mesmo levá-los à morte (FIRME, 2020).

Anualmente, são descartados indevidamente mais de 8 milhões de toneladas de plástico no mar, (GRIMBERG *et al.*, 2008) gerando um efeito negativo em todo o ecossistema e poluindo a hidrosfera do planeta. Os plásticos já são responsáveis por prejudicar cerca de 170 espécies marítimas, devido a ingestão destes compostos, o que acaba

causando sua extinção e o consequente desequilíbrio do sistema oceânico (ARAÚJO & SILVA-CAVALCANTI, 2010).

A poluição por plásticos no meio oceânico dá origem aos chamados *microplásticos*, que são pequenos grânulos provenientes da degradação gradativa de materiais plásticos maiores, quando estes se encontram em condições de intensa radiação solar, temperatura elevada e outros fatores que o meio aquático pode proporcionar. Apesar de microscópicos, podem causar problemas de proporções infinitas pois afetam toda a cadeia reprodutiva dos seres que ali pertencem (FIRME, 2020).

2.1.2 Dados introdutórios sobre o plástico

O lixo plástico assume o primeiro lugar em quantidade de massa nos oceanos, o material soma aproximadamente 150 milhões de toneladas em todo o oceano, com mais 8 milhões de toneladas sendo descartadas anualmente (Figura 2) (Agência Europeia do Ambiente, 2014).

Figura 2 - Quantidade de plástico em toneladas nos oceanos



FONTE: BBC NEWS, 2017.

O Brasil é um dos grandes responsáveis pela gravidade da situação. Segundo o levantamento da WWF-Brasil em 2019 (WWF, 2019), com base no Banco Mundial, o Brasil

é o 4º país no mundo em geração de lixo plástico, sendo que apenas 1,28% dessa produção é reciclada, uma porcentagem que se encontra abaixo da média global referente a reciclagem plástica de 9%.

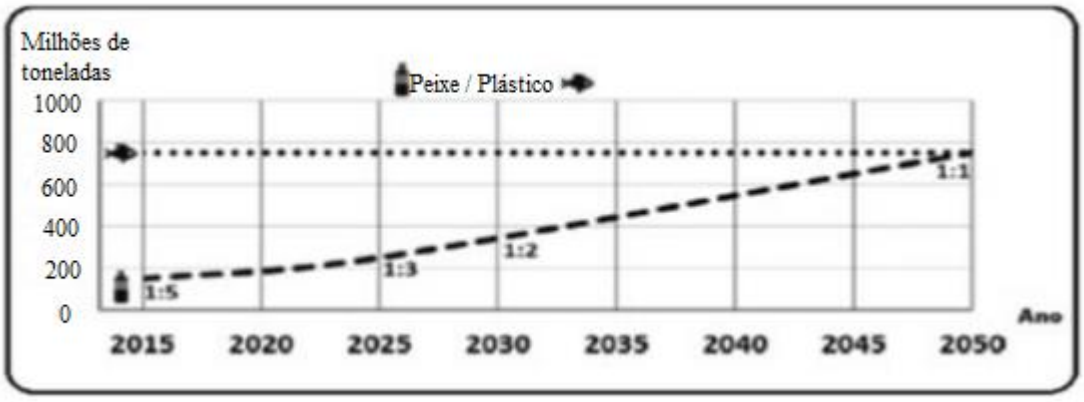
A nação brasileira está na décima sexta posição entre os países mais poluidores do oceano, contribuindo com 2 milhões de toneladas de resíduos sólidos por ano, sendo desse total 70% de composição plástica, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (FRANÇA *et al*., 2019)

Tabela 1 - Produção e reciclagem de plástico no mundo

País	Total de lixo plástico gerado*	Total incinerado	Total reciclado	Relação produção e reciclagem
Estados Unidos	70.782.577	9.060.170	24.490.772	34,60%
China	54.740.659	11.988.226	12.000.331	21,92%
Índia	19.311.663	14.544	1.105.677	5,73%
Brasil	11.355.220	0	145.043	1,28%
Indonésia	9.885.081	0	362.070	3,66%
Rússia	8.948.132	0	320.088	3,58%
Alemanha	8.286.827	4.876.027	3.143.700	37,94%
Reino Unido	7.994.284	2.620.394	2.513.856	31,45%
Japão	7.146.514	6.642.428	405.834	5,68%
Canadá	6.696.763	207.354	1.423.139	21,25%

FONTE: WWF/BANCO MUNDIAL, 2019.

Figura 3 - Gráfico da projeção da proporção entre toneladas de plástico por tonelada de peixes até 2050



FONTE: CRAWFORD, 2017.

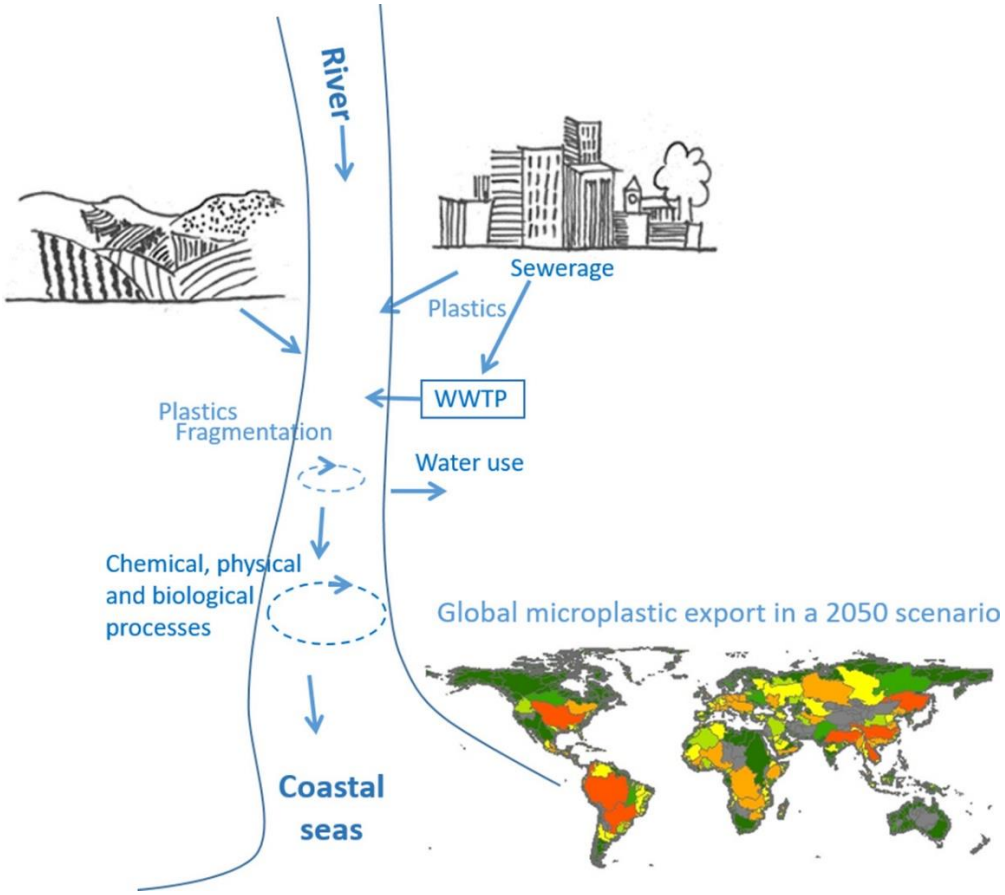
De acordo com o estudo da Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST, 2019), em 2018, foram recicladas cerca de 757 mil toneladas de plástico pós-

consumo, um aumento em relação ao ano de 2016. Ainda no mesmo estudo, verificou-se que grande parte do plástico é proveniente do uso doméstico, cerca de 54,3%, tendo como seus maiores consumidores os estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Segundo dados obtidos via Lei de Acesso à Informação, todos os dias, são retiradas 27.144 toneladas das ruas de São Paulo pela empresa de limpeza da cidade. Contudo, estima-se que esse valor represente apenas 70% do total de lixo jogado nas ruas da maior cidade das Américas (PACHECO, R. 2021).

O descarte desses resíduos nos oceanos e a exposição destes ao meio ambiente causa importantes alterações nas propriedades mecânicas do polímero. Suas cadeias são quebradas e tornam-se cada vez menores, afetando em fatores como a resistência e alongamento, dificultando assim sua reciclagem (ANDRADY, 2011). Com suas propriedades mecânicas reduzidas, muitas vezes os polímeros não podem ser reutilizados em suas aplicações originais, aumentando assim os custos de tais processos.

O descarte incorreto e indevido de plásticos favorece o acúmulo do material no meio marinho, sendo que grande parte chega por meio de escoamento fluvial. De maneira que 80% dos plásticos nos oceanos foram transportados dos continentes. (COLE, 2011).

Figura 4 - Esquema sobre o curso do escoamento fluvial da poluição aos oceanos



FONTE: WIJNEN J, 2019.

2.1.3 Composição dos materiais plásticos e seus efeitos nos mares

A presença de plástico no oceano vem afetando o ambiente marinho de forma negativa, ocasionando o desequilíbrio ecológico. A sua composição conta com uma grande variedade de polímeros, sendo os mais abundantes o Polipropileno (PP), Polietileno (PE), o Policloreto de Vinila (PVC) e o Poliestireno (PS). (THOMPSON *et al.*, 2004; NG & OBBARD, 2006; RIOS, *et al*., 2007)

Os plásticos são não biodegradáveis, porém a fotodegradação e a abrasão mecânica ajudam na decomposição do material no oceano (CORCORAN *et al*., 2009). Ao passar dos anos, o plástico envelhece, fazendo com que sua capacidade de absorção de poluentes hidrofóbicos, como os Poluentes Orgânicos Persistentes (POP), aumente (WURL *et al*., 2004). Esse processo resulta na acumulação do material no fundo do mar, pois com o

envelhecimento e a fragmentação, as partículas afundam-se e ficam disponíveis para os seres bentônicos.

2.1.4 Origem dos plásticos nos oceanos

O grande acúmulo de plástico nas praias e no mar deve-se ao aumento da produção desse material pelas indústrias, aos turistas que contaminam o ambiente e os dejetos vindos do canal de esgoto ligado diretamente ao mar. Em relação às indústrias, o transporte e a comercialização de plásticos podem ocorrer perdas que chegam, inevitavelmente, aos oceanos.

Os produtos de higiene, como hastes flexíveis, absorventes íntimos, papel higiênico etc. são encontrados no ambiente marinho devido ao descarte inadequado pelas redes de esgoto ou pelas pessoas que frequentam as praias. Alguns sabonetes e pastas de dentes possuem minúsculas esferas plásticas na sua composição que, quando jogadas nas redes de esgoto, não é possível fazer com que todas sejam eliminadas após o tratamento para o envio para o oceano, devido ao tamanho microscópico que apresentam.

Outra fonte não muito conhecida dessas partículas plásticas é a degradação da borracha dos pneus de veículos utilizados no meio urbano. O desgaste faz com que os pneus liberem partículas que se acumulam no pavimento e, quando chove, são levados pela água para as redes de águas pluviais, sendo despejadas no mar.

Fracasso do Plano Nacional de Resíduos Sólidos de 2010, que pretendia acabar com os lixões até 2020. Em 2020, 25% do lixo produzido no Brasil ainda é destinado para lixões ou aterros sanitários precários, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (BRUNT, 2016).

2.1.5 Panorama mundial da produção e descarte de plástico

De aproximadamente 6,3 bilhões de toneladas de material plástico geradas pelo mundo no ano de 2015, apenas 9% foram recicladas, e 12% incineradas (GEYER *et al., 2017)*. Por serem não biodegradáveis, os plásticos convencionais, isto é, os derivados de hidrocarbonetos fósseis, geram um acúmulo de resíduos que, ao chegarem ao mar, por diferentes meios, se

fragmentam gerando os chamados microplásticos que geram uma série de impactos à saúde dos oceanos.

Microplásticos sintéticos são partículas microscópicas compreendidas em um diâmetro menor do que 5 mm que possuem origem classificada em dois tipos: primária, de resíduos com proporções pequenas desde o descarte, como os provenientes de produtos da indústria de cosméticos; e secundária, proveniente da fragmentação gradativa de plásticos maiores sofridas pela ação de diferentes agentes externos (LUCIO *et al.*, 2019). A projeção de acúmulo de microplásticos nas superfícies oceânicas pode chegar até 48,4 metros cúbicos de partículas em 2100, o que representa 50 vezes mais do que o total detectado em março de 2020 (FIRME, 2020).

A embalagem de uso único é a principal constituinte do maior mercado de plásticos e é responsável pelo aumento da participação do plástico nos resíduos sólidos urbanos (em massa) em países de renda média e alta (JAMBECK *et al.*, 2015), aumentando o seu descarte, e consequentemente, o impacto nos mares.

Outros dos tipos de microplásticos que vêm frequentemente causando graves problemas à saúde da população marinha são os denominados *pellets* que consistem em pequenas partículas plásticas que são matéria prima de diversos produtos, como garrafas, tampas e recipientes. Esse material chega aos mares e oceanos por meio dos esgotos e são ingeridos pelos animais, mas não, digeridos, acumulando-se em seus organismos causando desnutrição e morte por inanição (ABIPLAST, 2019).

Figura 5 - Resíduos plásticos presentes no estômago de ave



FONTE: JORDAN, 2017.

Entre os anos de 1950 e 2012, houve um aumento exponencial na produção de plástico mundial de aproximadamente 287,3 milhões de toneladas, segundo a Plastics Europe (2013). Esse aumento, dentre outros motivos, decorre do advento da indústria de bens de consumo não duráveis, na segunda metade do século XX.

2.1.6 A influência do turismo na poluição dos oceanos

O turismo e seu crescimento

A palavra turismo caracteriza a atividade de visitar lugares diferentes do habitual, sendo um setor que se encontra em constante crescimento. No Brasil, segundo dados do Ministério do Turismo (MTUR, 2011), a atividade cresceu 1923% de 1970 até 2009, uma expansão que traz diversos benefícios, como diferentes tipos de rendas e empregos.

Tabela 2 - Turismo estrangeiro no Brasil de 1970 a 2009

ANO	TURISTAS	ANO	TURISTAS	ANO	TURISTAS	ANO	TURISTAS
1970	249.900	1980	1.625.422	1990	1.091.067	2000	5.313.463
1971	287.926	1981	1.357.879	1991	1.228.178	2001	4.772.575
1972	342.961	1982	1.146.681	1992	1.692.078	2002	3.784.898
1973	399.127	1983	1.420.481	1993	1.641.138	2003	4.132.847
1974	480.267	1984	1.595.726	1994	1.853.301	2004	4.793.703
1975	517.967	1985	1.735.982	1995	1.991.416	2005	5.358.170
1976	555.967	1986	1.934.091	1996	2.665.508	2006	5.017.251
1977	634.595	1987	1.929.053	1997	2.849.750	2007	5.025.834
1978	784.316	1988	1.742.939	1998	4.818.084	2008	5.050.099
1979	1.081.799	1989	1.402.897	1999	5.107.169	2009	4.802.217
MÉDIA	533.483	MÉDIA	1.589.115	MÉDIA	2.493.769	MÉDIA	**4.805.106**

FONTE: OLIVEIRA, 2013.

No âmbito mundial, segundo dados da Organização Mundial do Turismo (UNWTO), em 2001, o fluxo de turistas aumentou de 25 milhões em 1950 para 456 milhões em 1990, impactando em fatores como o fluxo de mercadorias e arrecadação de impostos.

Entretanto, como um fenômeno socioeconômico que gera enorme lucro, seu crescimento não foi acompanhado por políticas públicas socioambientais, gerando de tal maneira enormes impactos ao meio ambiente e a cultura local, seus valores e ideologias. Nos quais por falta de investimento e planejamento por órgãos governamentais e empresas privadas, muitas regiões entraram em um caminho direcionado para uma condição insustentável.

Praias e a qualidade de suas águas

Com o aumento do fluxo de pessoas durante as altas temporadas do turismo, a escassez de recursos locais se tornou constante, uma vez que esses locais não suportam tamanha quantidade de indivíduos. Com isso, praias e pontos de preservação passam a ser explorados e, consequentemente, poluídos. Embalagens e plásticos são descartados indevidamente, prejudicando assim fatores como a vida marinha e até mesmo a qualidade da água.

Além do descarte inadequado, outro fator contribuinte agravado pelo turismo é o aumento do despejo de efluentes no oceano, o despejo se torna o principal responsável pela

poluição orgânica das águas, ocasionando a presença de agentes patológicos causadores de doenças.

Estudos realizados em pontos turísticos no Brasil

O Brasil é um país que possui uma larga extensão territorial litorânea, sendo uma zona de enorme biodiversidade e gradualmente afetada pela crescente urbanização, resultando na exploração de setores como o turismo. Como consequência da falta de planejamentos e investimento em tais locais, tornou-se visível a carência na infraestrutura de recursos essenciais, como o saneamento básico.

- **Ilha Grande – RJ**

Neste cenário da falta de saneamento básico em pontos turísticos, um exemplo é a região da Ilha Grande – RJ, localizada no município de Angra dos Reis, que se destacou por seu enorme crescimento no fluxo de turistas, contribuindo assim para o sustento dos habitantes locais.

Por outro lado, no aspecto do crescimento econômico, o turismo no local passou a contribuir diretamente para a poluição do ambiente marinho, uma vez que o fluxo de turistas passou a demandar mais recursos, como a hospedagem, aumento da utilização de portos e do fluxo náutico, além do aumento do volume de lixos e microplásticos descartados no meio ambiente, gerando um congestionamento que ultrapassa a capacidade de suporte do local.

Figura 6 - Descarte indevido de lixos e plásticos em Ilha Grande - RJ



FONTE: FOTO DE FELIPE FITTIPALDI PUBLICADO EM VEJARIO, 2015.

Contando com muitas construções antigas sem acesso ao saneamento básico, o lançamento de efluentes no mar se torna constante. Em entrevistas a moradores locais, muitos relatam o alojamento de diversas pessoas em uma única casa, colapsando o sistema de esgotos, impactando diretamente na qualidade da água e no turismo visual.

Em temporadas de maior fluxo turístico, a estação de tratamento de Ilha Grande não consegue lidar com a demanda. Segundo o Instituto Estadual do Ambiente, em 2011 (INEA, 2011), a Estação de Tratamento de Esgoto de Ilha Grande (ETE), tinha a capacidade de beneficiar 7,5 mil pessoas, sobrecarregando o serviço, já que o fluxo é de cerca de 360 mil turistas por ano. Por fim, uma parcela dos esgotos é lançada em rios e mares, contribuindo com o aumento de lixos e plástico nos oceanos.

- **Praia de Boa Viagem – PE**

A praia oceânica de Boa Viagem se situa em um conjunto paisagístico de ecossistemas costeiros, sendo considerada pela prefeitura da cidade do Recife em 2000, como unidade de conservação. Com o crescimento urbano e a exploração de lucros, a orla da praia de Boa Viagem passou a ser alvo da expansão turística, sofrendo assim consequências pela falta de uma infraestrutura prévia.

Como efeito da falta de conscientização e das relações de comodidades fornecidas pelos comércios locais, existe um enorme fluxo de pessoas que descartam lixo e plásticos que chegam ao mar, inviabilizando seu uso em determinadas partes. Destacam-se diversos fatores responsáveis pela poluição da praia, dentre elas a sobrecarga no setor da coleta de lixo aliado à baixa quantidade de lixeiras.

Figura 7 - Plásticos descartados indevidamente em Boa Viagem - PE



FONTE: FOTO DE MARLON COSTA PUBLICADA EM G1, 2020.

2.1.7 Impactos econômicos da Poluição Marinha

O descarte indevido de resíduos sólidos no ambiente marinho causa danos a múltiplas esferas, que partem do meio ambiente e chegam às economias. Ademais, tais prejuízos ultrapassam fronteiras e tomam uma dimensão mundial, demandando ações de diferentes governos na remediação e prevenção desses. Estima-se que o valor total dos serviços associados a ecossistemas marinhos valha €16,5 trilhões (COSTANZA *et al.*, 1997). Tal valor reflete a real dimensão da dependência existente entre as economias dos centros urbanos e o oceano.

Em relação aos impactos econômicos gerados pela poluição dos mares e oceanos, percebe-se que pode haver divergências nas estimativas numéricas. Isso ocorre pois há diferentes fatores a serem analisados, sendo uns efeitos mais diretos (como gastos de limpeza litorânea) e outros, mais indiretos (como perdas nos ecossistemas e diminuição do turismo). Dessa forma, é comprovada a necessidade de se distinguir os diferentes tipos de impactos para o melhor entendimento da abrangência e relevância do problema.

A partir do descarte indevido de plástico no oceano, são três as principais consequências econômicas: despesas diretas para reverter os danos (como limpeza de praias poluídas), quedas na produção e na receita, como as derivadas da diminuição do turismo e

pesca, e aumento de gastos na promoção de bem-estar, isto é, para reverter os impactos na cultura local pela queda da qualidade da água (BRINK *et al*., 2015).

Ainda sobre os impactos pesqueiros, sabe-se que a atividade em baias é muito comum pela alta concentração de peixes nessas localidades. Todavia, a facilidade de acúmulo de lixo nessas regiões estimula a saída das espécies dessas regiões. De acordo com a Secretaria de Agricultura e de Pesca, como consequência desse fato, muitos pescadores enfrentam a diminuição gradativa no número de peixes capturados por dia, causando um prejuízo econômico (CALDAS, 2021).

Ademais, a questão do plástico e das espécies invasoras é um exemplo que evidencia a dimensão do descarte inadequado de plásticos no meio marinho e a interdependência entre os pequenos fatores do ecossistema na garantia do equilíbrio ambiental. O plástico no oceano aumenta em até três vezes a capacidade de organismos marinhos se deslocarem, incluindo-se, assim, as espécies invasoras (BARNES, 2002). Com uma elevada capacidade de adaptação, tais seres facilmente se estabelecem em ambientes novos, competem com as espécies nativas e, assim, desestabilizam o meio, que foi fruto de um longo processo de evolução. Então, a resultante queda na biodiversidade vai além das perdas ecológicas e passa a impactar também na indústria marítima. Finalmente, todas as alterações afetam aquele que primeiro gerou a desestabilização: o homem.

Foi reportado em 2014 (GOLDSTEIN *et al*., 2014) a presença do patógeno ciliado *Halofolliculina* (que infecta os corais) em restos plásticos que flutuavam no oeste do Oceano Pacífico e relacionaram tal ocorrência à presença inédita da infecção em corais do Caribe e Havaí somada à elevada quantidade de lixo constatada nos locais.

Assim, em 2010 uma estimativa foi realizada sobre o custo do lixo marinho para a economia do arquipélago de Shetland, localizado na Escócia: o valor de €1 milhão (MOUAT *et al.,* 2010). Este valor consiste na média anual das despesas reais e das perdas de receita estimadas devido à poluição oriunda das atividades humanas. Apesar deste ser um estudo de um caso específico, tem muito a revelar acerca dos altos valores aos quais podem chegar os custos das cidades litorâneas para a reversão e manutenção com um meio marinho que foi modificado e poluído.

Houve também a estimativa dos custos do lixo marinho para 21 economias da região do pacífico asiático (MCLLGORM *et al.*, 2011). O valor de €1 bilhão por ano perdido pelas indústrias marítimas, serviços no litoral e queda no turismo, apesar de grande, não abrange a real perda da biodiversidade e os valores que vão além dos de mercado.

2.1.8 Atividade industrial e o descarte de plástico no oceano

No contexto da poluição oceânica, as próprias indústrias de plástico são responsáveis pelo quadro agravante da poluição marinha. Haja vista que a cadeia produtiva passa por diversas etapas e não ocorre em apenas um lugar, o fluxo de plástico industrial conta com vazamentos e descartes do composto que constituem um aumento expressivo.

Segundo a pesquisa de Flávia Cabral Pereira, do Instituto Oceanográfico da USP (CABRAL, 2014), que mapeia os principais pontos de eliminação indevida de resíduos plásticos por parte da indústria, as cadeias nas unidades produtoras a principal via de perda é no armazenamento ao realizar o ensacamento no qual varreduras e fiscalizações que, teoricamente seriam procedimentos padrões das indústrias, não ocorrem devidamente.

As perdas poderiam ser mitigadas com o gradeamento “boca de lobo” que apresenta orifícios inferiores a 5 mm que barram o escoamento dos plásticos. Na etapa de transformação, o descarregamento dos pellets (resina termoplástica no qual o plástico é geralmente comercializado na indústria) é o principal meio de perda, uma vez que muitas vezes é conectado a um canal de drenagem pluvial, facilitando o desperdício das resinas.

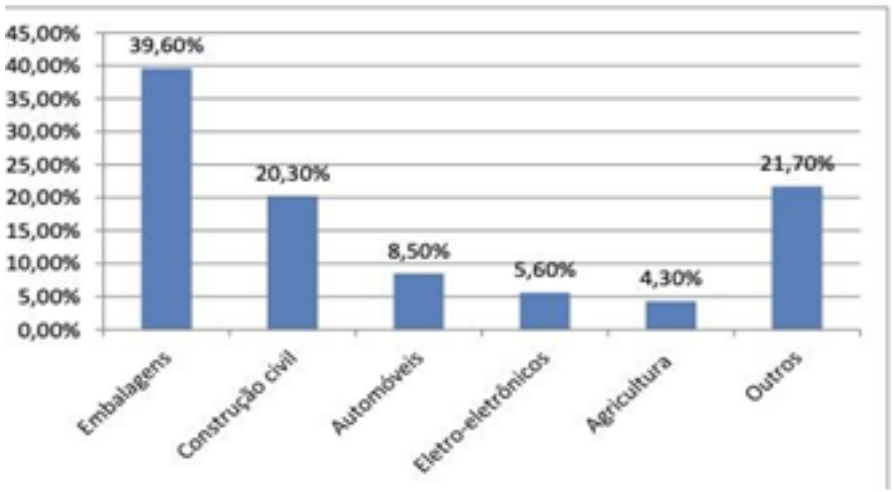
O transporte também é um ponto muito comum de vazão dos pellets plásticos, destacando dessa forma, o transporte a granel ou em sacarias.

Figura 8 - *Pellets* plásticos e suas perdas



FONTE: OPERATION CLEAN SWEEP, 2020.

Figura 9 - Gráfico dos principais setores consumidores de Transformados Plásticos na Europa



FONTE: ELABORAÇÃO DE JULIANA DIAS, 2016, A PARTIR DE DADOS DA PLASTIC EUROPE, 2015.

Além da produção da matéria prima em si, outras indústrias também são responsáveis pelo descarte plástico massivo contemporâneo. Segundo a tese de Juliana Dias de Carvalho (DIAS, 2016), da Universidade Federal do Rio de Janeiro, com dados da Plastic Europe (2015), as indústrias de construção civil, de embalagens e automobilística estão entre as que mais descartam erroneamente seus materiais plásticos.

Principais setores consumidores de Transformados Plásticos

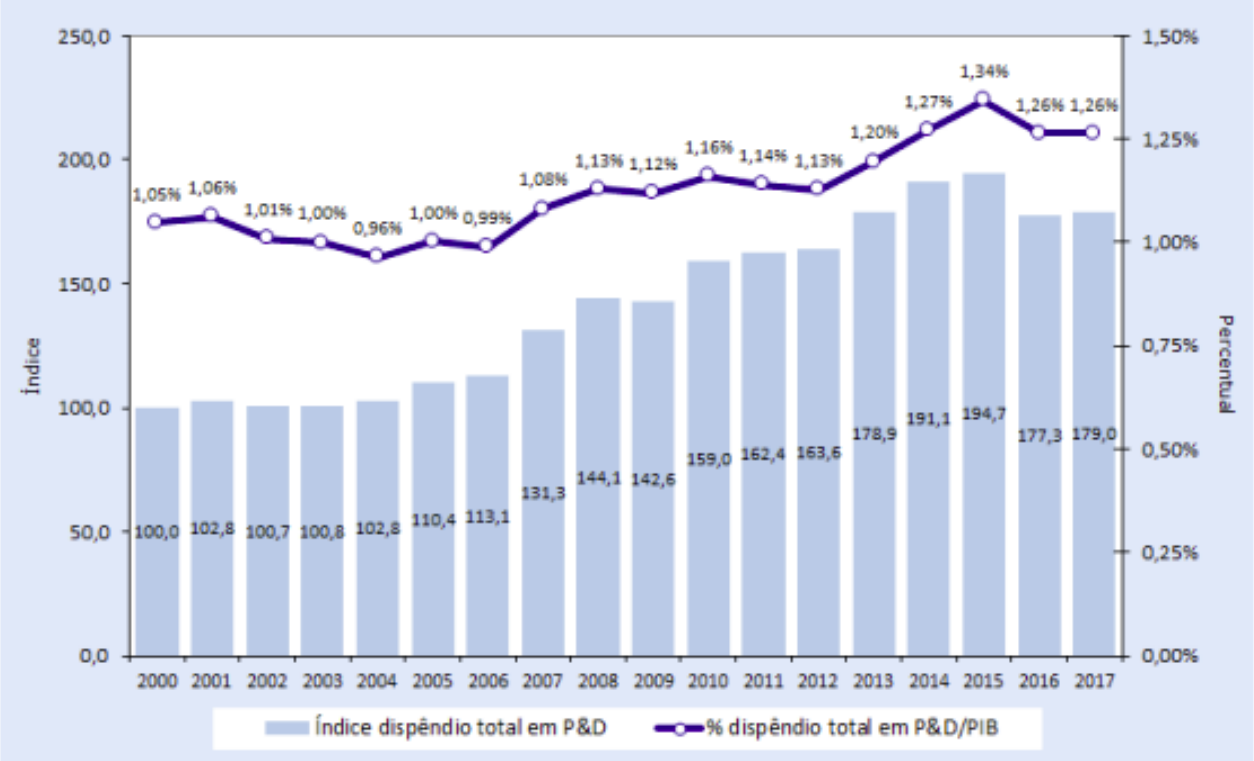
Segundo a tese de Nilson Magagnin Filho (2016), da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, o plástico na construção civil é utilizado em revestimentos de fiação elétrica, resinas, e outros tipos de polímeros utilizados. Como a quantidade de material utilizado é extremamente considerável, isso torna o ramo e as pessoas e empresas envolvidas responsáveis pelo descarte inapropriado. O destino desses entulhos de produção é uma negligência histórica e, segundo o autor da tese, vem sendo visto como oportunidade de empreendimento pela iniciativa privada, apesar de não haver nenhum resultado efetivo até então.

Ademais, a indústria automobilística, com a liberação de microplásticos dos próprios pneus, é apontada também como uma responsável pelo quadro. Pequenas partículas plásticas são produzidas com o desgaste dos pneus e acumulam-se no asfalto. Quando chove, tais são arrastados para rios e, finalmente, para os oceanos. Assim, as produtoras de pneus, nesse contexto, são responsáveis pelo produto que disponibilizam com tecnologia que não condiz com pautas de sustentabilidade.

Iniciativa privada e a Pesquisa & Desenvolvimento

Existe um baixo investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) pelo setor privado: de acordo com a Universidade de Cornell e com o Instituto Europeu de Administração Empresas, empresas brasileiras investem um valor equivalente a 0,6% do PIB em pesquisa e desenvolvimento, enquanto empresas de países desenvolvidos investem aproximadamente 2% do PIB de seus respectivos países (WUNSCH-VINCENT *et al.*, 2020).

Figura 10 - Gráfico da porcentagem do PIB investida em P&D



FONTE: COORDENAÇÃO DE INDICADORES E INFORMAÇÃO (COIND), 2021.

2.1.9 Impacto do contato de resíduos plásticos com os organismos marinhos

A duração do plástico no oceano é uma incógnita, como também a sua degradação e a redução do tamanho das partículas, porém já foram encontrados plásticos com um diâmetro de aproximadamente 20 µm nas praias e em ambientes subtidais. Os tamanhos dessas partículas são semelhantes aos alimentos dos animais invertebrados, fazendo com que se confundam e alimentam-se do material, obtendo problemas digestivos no processo.

Existem vários estudos sobre os fragmentos de plásticos e pellets encontrados nos organismos de várias espécies de aves, de mamíferos marinhos e peixes, tendo como resultado um efeito de transmissão com a cadeia alimentar. Pesquisas feitas no ano de 2010 permitiram identificar a presença de microplásticos (diâmetro de 20 a 2000µm) em invertebrados marinhos. Foi identificada a ingestão de poliestireno de 3 a 9.6 µm de diâmetro por mexilhões (*Mytilus edulis*) e seu transporte para o sistema circulatório (BROWNE *et al.*, 2008).

Esse transporte do plástico no sistema digestivo para o circulatório provoca a danificação de órgãos importantes e traz consigo os efeitos tóxicos (POP's como hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, PAH, bifenis policlorados, PCB) presentes nas partículas. Assim, foi descoberto que o fenantreno (um PAH) absorve grande quantidade de plástico do que os sedimentos (TEUTEN *et al.*, 2007). Esses pellets de plásticos encontrados nas praias da costa dos Estados Unidos e no Giro do Pacífico do Norte são problemas que gera, a dispersão de POP's no meio oceânico, produtos que quando consumidos, são absorvidos no tubo digestivo e acumulam no organismo (RIOS *et al*., 2007).

A respeito dos efeitos à flora marinha, um estudo apresentado na reunião anual da Sociedade Química dos Estados Unidos constatou que materiais plásticos são formados por inúmeros compostos químicos tóxicos hidrossolúveis. O contato da flora marinha com essas substâncias é capaz de provocar a morte dos animais (FAGUNDES *et al.*, 2018).

Em localidades com uma quantidade muito alta de plástico na superfície, há um impedimento da entrada de luz (Figura 11). Em decorrência disso, muitos organismos constituintes da flora marinha morrem em decorrência da diminuição das taxas de fotossíntese (FAGUNDES *et al.*, 2018).

Figura 11 - Camada de resíduos plásticos bloqueando a entrada da luz solar



FONTE: COSTA, 2018.

Um artigo publicado em 2012 por especialistas em vida marinha da Universidade da Califórnia revelou que cadeias de fitoplâncton encontram ilhas de plástico (Figura 12)

espalhadas ao longo do oceano. O contato desses microrganismos, representantes da base da cadeia alimentar oceânica, com as toxinas liberadas pelo lixo é responsável por suas mortes (COHEN, 2015).

Figura 12 - Ilhas de lixo plástico

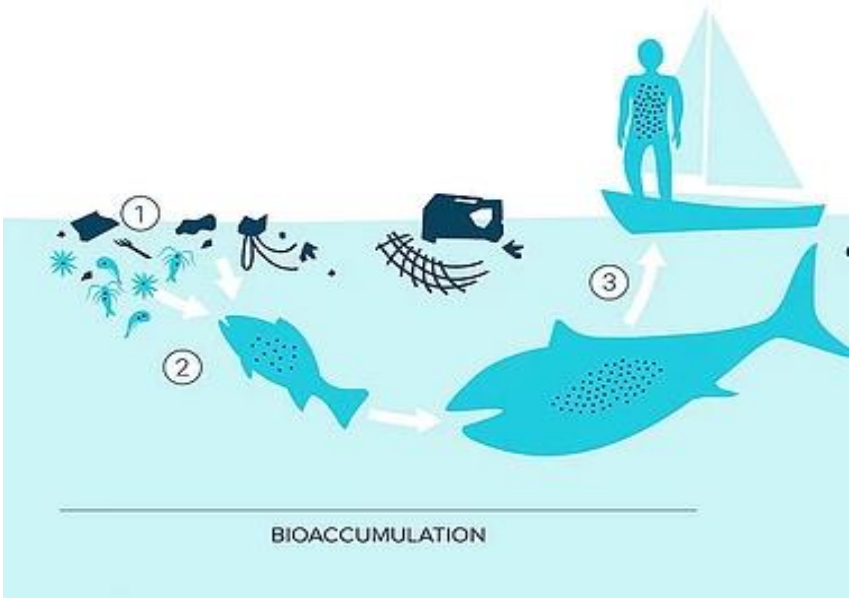


FONTE: SILVEIRA, 2018.

2.1.10 Descarte plástico e saúde humana

Como já mencionado, os microplásticos presentes no oceano são ingeridos e acumulados no organismo de espécies do local. Com isso, há a transmissão desses microplásticos ao longo da cadeia alimentar (Figura 13), fato que afeta diretamente a espécie humana. Uma pesquisa realizada pelo médico Philipp Schwabl, professor da Divisão de Gastroenterologia da Universidade de Medicina de Viena, evidencia que há um acúmulo de microplástico no intestino de grande parte dos seres humanos, devido à bioacumulação. Este problema pode causar uma interferência no funcionamento do órgão (SCHCWABL, 2018).

Figura 13 - Processo de bioacumulação



FONTE: SEA SAVE

Segundo a Universidade de Medicina de Viena, o plástico, no interior do organismo humano, é responsável pela liberação de um conjunto de compostos químicos potencialmente carcinogênicos. Tal fato, provavelmente, é um dos fatores responsáveis pelo aumento nos números de casos de câncer na população mundial nos últimos anos (SCHCWABL, 2018).

2.2 Análise dos dados

A partir da análise dos dados apresentados, pode-se concluir que dentro do amplo problema definido pelo lixo presente nos oceanos, mares e elementos geográficos marítimos, o principal expoente a se analisar é o lixo urbano, responsável por 80% do volume de resíduo presente nesses elementos, segundo a Associação Internacional de Resíduos Sólidos (ISWA), e existem vários meios pelos quais as atividades urbanas contribuem para a geração de resíduos plásticos e sua chegada aos oceanos. Aprofundando-se ainda mais neste âmbito, é possível discernir como agente central dessa situação o lixo plástico, com 150 milhões de toneladas flutuando pelos oceanos do mundo todo e 8 milhões de toneladas sendo adicionadas a esse total anualmente (AEA, 2014). Dessa forma, pode-se centralizar o lixo plástico urbano

como o maior vilão, dada a amplitude do volume deste tipo de resíduo quando comparado a outros gêneros descartados.

Figura 14 - Quantidade e peso de plástico nos oceanos



FONTE: PLAS ONE, 2018.

Limitando o espaço amostral ao Brasil, é fácil perceber que a situação não é diferente. O país, ao contrário do senso comum, não é periférico ou irrelevante no quesito geracional de lixo plástico, ocupando o quarto lugar no ranking dos países que mais descartam o material (WWF BRASIL, 2019). São 2 milhões de toneladas de resíduo sólido por ano, com o lixo plástico ocupando uma fatia de 70% desse total, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2016) (FRANÇA *et al.*, 2019).

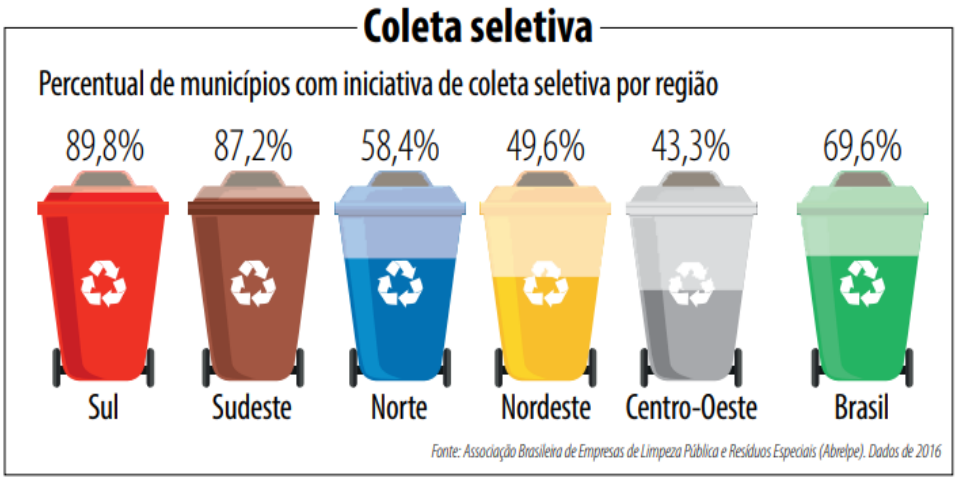
Nota-se que os principais problemas enfrentados na tentativa de mitigação do acesso desse produto aos mares são as falhas no planejamento da infraestrutura e gestão do lixo. Também é possível ver que a carência de informações sobre a importância do descarte correto de resíduos plásticos à população e a falta de recursos que possibilitem o manejo e destinação corretos desse material constituem alguns dos maiores desafios à resolução desse problema.

De fato, é visível o insuficiente alcance de ações governamentais neste âmbito, já que os lixões e aterros irregulares, que já deveriam ter sido extinguidos, seguem sendo o destino

de um quarto dos resíduos. Mais além, o investimento tanto do setor público quanto do privado na infraestrutura de controle do lixo não dá conta da demanda sob sua jurisdição. Isso pode ser evidenciado especialmente na indústria do turismo litorâneo. O crescimento da atividade turística no Brasil, se deu de forma veloz, impactante e caótica (Tabela 2); exemplo disso recai no aumento do turismo estrangeiro entre os anos de 1997 e 1998, com um acréscimo superior a 1,9 milhões de pessoas (OLIVEIRA, 2013). Entretanto, o crescimento não foi acompanhado por suporte de infraestrutura, especialmente nas áreas litorâneas. A falta de logística de descarte, coleta de lixo e o próprio saneamento básico, fazem com que os resíduos sejam atirados no oceano de forma descuidada (Figuras 11 e 12).

Ademais, a pífia taxa de reciclagem de plástico no Brasil quando comparada aos números de outras nações expõe um baixo investimento na área de pesquisa e desenvolvimento e de coleta seletiva do lixo (Figura 15), o que dificulta muito o reuso deste tipo de material, pavimentando o caminho para que ele seja descartado irregularmente. Essa baixa taxa de reciclagem também é resultado direto do desconhecimento e despreparo da população brasileira, que além de descartar o lixo em locais inapropriados como as ruas e os próprios corpos d'água, também raramente realizam a separação correta do lixo, dificultando o reaproveitamento adequado de todo o material descartado. Também não se pode ignorar a cultura atual de exagerado consumismo, que resulta em uma produção exagerada de embalagens e de lixo, muitas vezes em uma quantidade muito maior que a capacidade do sistema de reciclagem.

Figura 15 - Taxa de coleta seletiva por municípios por região



FONTE: ABRELPE, 2016.

Tal desconhecimento faz com que muitas vezes artigos plásticos ainda em bom estado e com pleno potencial de reutilização sejam considerados inúteis e descartados, ao invés de reciclados. O uso único do plástico é uma prática banalizada e recorrente em países de renda média e alta, uma vez que se julga precipitadamente que o plástico, após perder sua função original, não pode ser reutilizado por tratar-se de um processo custoso financeiramente. Contudo, isso não condiz com a realidade, já que o descarte incorreto de plásticos impacta economias direta e indiretamente (BRINK *et al.*, 2015).

A limpeza de praias e oceanos, as imensuráveis perdas na biodiversidade, a queda na qualidade da água e, consequentemente, nas taxas de bem-estar de cidades litorâneas constituem reais perdas econômicas. Tais são exemplificadas nos débitos anuais de €1 milhão, no caso do arquipélago de Shetland (MOUAT *et al.*, 2010), chegando ao impactante €1 bilhão perdido nas 21 economias do Pacífico asiático (MCLLGORM *et al.*, 2011). Desse modo, o cuidado com o descarte de resíduos de plástico atua na redução do material no mar e impulsiona um ciclo virtuoso econômico que ultrapassa fronteiras espaciais e setores industriais.

Isso demonstra a necessidade de transformar em pauta pública os destinos dos plásticos já utilizados com ainda potencial em uma lógica de logística reversa. Caso contrário, a concentração do polímero nos oceanos seguirá um caráter acumulativo, prejudicando o

ecossistema marinho como um todo, trazendo graves consequências à vida no planeta. De fato, uma grande fatia da população não tem a noção da amplitude dos impactos gerados pelo descarte inadequado de resíduos, em especial o plástico.

Os animais marinhos ingerem sacolas, embalagens e outros elementos plásticos lançados ao mar, o que pode levar à sua morte devido à possível obstrução dos sistemas digestório e/ou respiratório devido ao grande volume, além da liberação de toxinas e produtos químicos usados na fabricação de certos tipos de plástico, que podem causar envenenamento ou alterações hormonais e fisiológicas com potencial para desestabilizar a existência da espécie e toda a cadeia alimentar adjacente.

Dentre os tipos de resíduo plástico, é possível discernir os *microplásticos* como possivelmente os mais perigosos, pela fácil ingestão dos fragmentos pelos organismos marinhos e sua capacidade de absorção e absorção de toxinas. Dessa forma, expõe-se o impacto desastroso do lixo plástico na fauna marinha, sendo uma das principais causas da morte precoce e em larga escala de diferentes espécies oceânicas.

Não obstante a profunda influência do lixo plástico na fauna dos oceanos, a flora também é profundamente afetada pela grande quantidade de resíduos presentes nos mares. Ao mostrar que diversos compostos químicos tóxicos presentes no plástico são hidrossolúveis, a Sociedade Química dos Estados Unidos (ACS) revela que essas substâncias podem ser absorvidas por algas, corais e outros organismos, não apenas causando a sua morte, mas também gerando bioacumulação quando esses organismos são ingeridos por animais marinhos. Além disso, as grandes ilhas de lixo formadas pelas correntes oceânicas impedem a entrada de luz em níveis mais profundos do oceano, impedindo diretamente a fotossíntese e, por consequência, o desenvolvimento de qualquer tipo de vegetação marinha na área. Sendo os organismos autótrofos a base de qualquer cadeia alimentar, torna-se claro que o lixo plástico interfere, direta ou indiretamente, em todos os níveis tróficos presentes no oceano e até mesmo fora dele, em animais que se alimentam de organismos marinhos, como o próprio ser humano.

De fato, sendo o causador do problema do lixo plástico, o homem não escapa de suas consequências. Além da bioacumulação de microplástico e toxinas, que podem ser ingeridos junto a frutos do mar causando intoxicação, problemas gastrointestinais, e até mesmo certas

formas de câncer, o lixo plástico flutuante tem grande impacto em atividades econômicas humanas.

Muitas vezes, o movimento marítimo traz os resíduos para perto da área costeira ou mesmo para a praia, dificultando diversos tipos de atividades recreativas e turísticas em regiões litorâneas, tendo impacto direto na receita dessas regiões, muito dependentes do turismo, o que traz prejuízo a estabelecimentos hoteleiros e de outras naturezas em municípios à beira-mar. Indo além, diversas atividades econômicas dependentes do mar são afetadas, como a pesca, o transporte e as estruturas portuárias. Assim, é facilmente visível o grande impacto do lixo plástico também sobre a vida humana e sobre a economia.

Evidencia-se, portanto, que a poluição oceânica por plásticos oriundos dos centros urbanos é multifacetária e apresenta abordagens distintas que fogem ao senso comum. Também fica claro que o Brasil é um dos principais agentes causadores deste cenário, e os esforços para mudar tal realidade são insuficientes e retardados pela falta de conscientização popular e pela falta de infraestrutura.

Com isso, são gerados impactos em escala global, seja a morte da fauna e flora marinhas, a liberação de toxinas na água, a bioacumulação dessas toxinas na cadeia alimentar ou o impacto em atividades econômicas humanas, seja pelo descarte inadequado de resíduos que podem ser reutilizados ou pelas consequências ambientais que afetam cidades litorâneas e ribeirinhas.

A necessidade de reverter esse cenário é evidente, a começar pela atividade industrial. As perdas de pellets plásticos nos processos produtivos são significativas nas diferentes etapas de produção. A finalidade desses resíduos, como observado, não constitui, hoje, uma preocupação da indústria em si, sendo ignorado e levado pelo sistema de esgotos, chegando eventualmente aos oceanos. Existe uma demanda para que essas "perdas" produtivas retornem à indústria através da logística reversa, porém até então não foi suprida.

Além dessas perdas, reaproveitamento econômico, logística reversa, infraestrutura e conscientização da população são aspectos que devem ser levados em conta na elaboração de uma solução, a fim de reduzir a quantidade de plásticos descartados nos oceanos e preservar o ambiente marinho.

2.3 Definição do problema

2.3.1 Identificação do problema

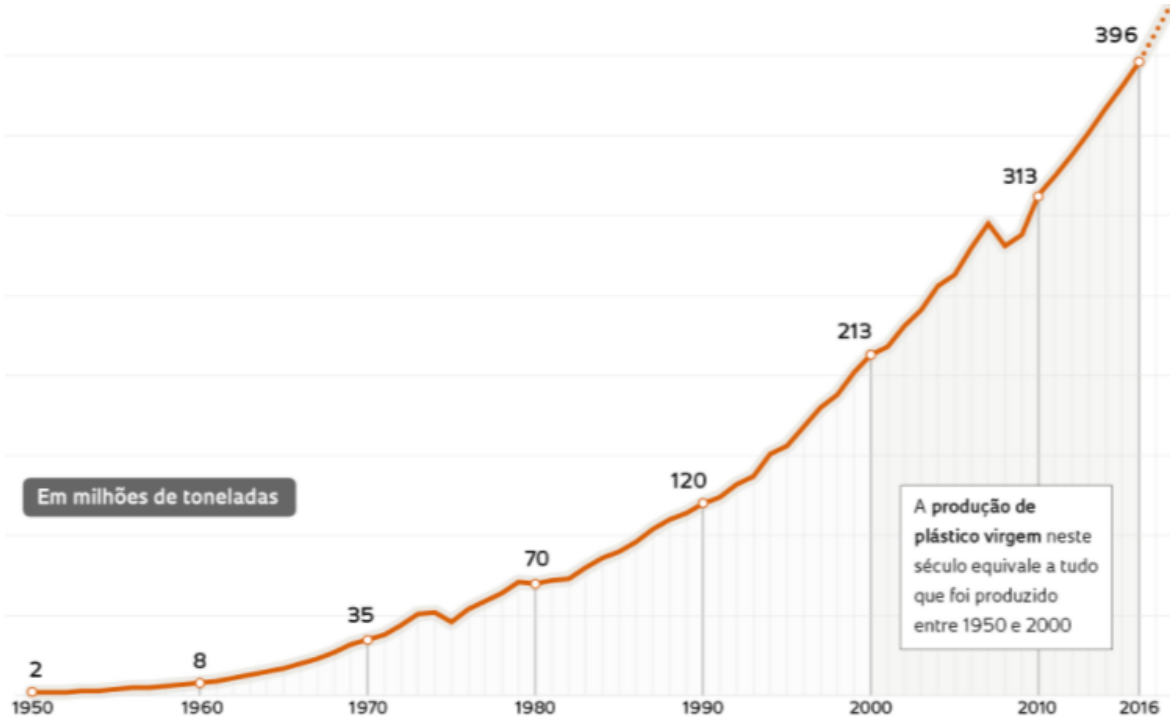
Ao longo dos anos, o descarte inadequado de resíduos plásticos nos oceanos, e o não tratamento de esgotos que deságuam nos mares, bem como o montante já existente destes resíduos no oceano, proporcionou diversos impactos graves, como a intoxicação e morte de animais marinhos, afetando a reprodução e a sobrevivência de diversos seres. Essas ações têm seus efeitos agravados principalmente por favorecerem a geração dos já mencionados microplásticos.

2.3.2 Objetivos

Diante do exposto até aqui, torna-se claro o problema da emissão irrestrita de dejetos plásticos – em suas várias formas e tamanhos – nos oceanos, principalmente provenientes de países mais urbanizados.

Para tanto, faz-se necessário, e é proposto por este projeto, impedir que 70% dos materiais plásticos inadequadamente descartados anualmente, tendo como referência o ano de início do projeto, cheguem a quaisquer corpos d’água e, consequentemente, aos mares e oceanos, de modo que o crescente aumento da concentração desses compostos nos ambientes mencionados seja interrompido, traduzindo-se em uma situação inédita desde o deslanchar da indústria petroquímica do pós-guerra (Figura 16).

Figura 16 – Gráfico da produção de plástico de 1950 a 2016



FONTE: VASCONCELOS, 2019.

Por outro lado, a ação conjunta de eliminação ou retirada e requalificação de 50% dos polímeros poluentes presentes nas águas, no ano de início do projeto, traduz-se em uma medida remediativa importante à saúde dos oceanos. Sendo, portanto, a união dessas duas frentes de atuação (a remediativa e a profilática) o objetivo do projeto, cujo êxito se pretende obter até o final da década dos oceanos.

2.3.3 Requisitos

Acompanhando a busca por se alcançar os objetivos dados, são considerados requisitos essenciais da solução (1) o fortalecimento das práticas de logística reversa, que consiste em um método de tratar e requalificar os produtos residuais do pós-consumo, principalmente o plástico; (2) a criação de uma indústria competitiva e integrada a centros de P&D, cujo produto final seja um componente de toda a cadeia de transformações rumo à sustentabilidade e, consequentemente, (3) a geração de empregos aos indivíduos socioeconomicamente vulneráveis das regiões mais afetadas pela poluição, sempre que possível.

2.3.4 Restrições

Como restrições às soluções possíveis, cabe destacar a essencialidade de tornar o projeto economicamente viável. Depreende-se disso que as soluções implantadas devam ter custo operacional à longo prazo inferior ao custo combinado da produção tradicional de plástico com o de combate aos seus ônus; sendo esse custo combinado traduzido não somente no gasto de capital financeiro, mas também no desgaste do capital humano, social, ambiental e cultural, que ocorre devido aos malefícios dos plásticos poluidores.

Além disso, caso a eliminação desses poluentes seja dada como fim de métodos que gerarão novos resíduos não aproveitáveis, não é cabível que esses métodos sejam praticados. Como, por exemplo, a incineração dos lixos plásticos sem utilização dos gases resultantes, o que solucionaria o problema dos resíduos poliméricos não biodegradáveis ao mesmo tempo que agravaria o problema dos resíduos gasosos, visto que resultaria em uma alta taxa de liberação de gases nocivos ao meio ambiente.

2.4 Alternativas para solução do problema

1. **Concreto aditivado:** Mesclagem de plástico em pó com concreto, os resíduos plásticos atuam como aditivo para o concreto (Figura 17). Ao misturar estes dois materiais uma gama de novas características é conferida ao produto final em comparação com o concreto puro. Dentre elas destacam-se uma maior resistência e menor peso, além dos benefícios financeiros.

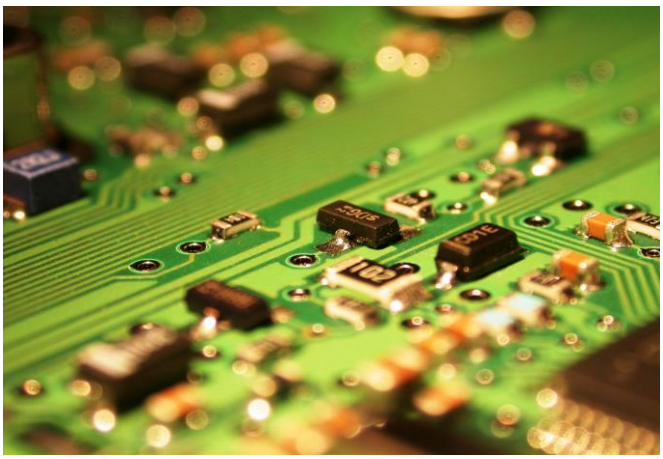
Figura 17 - Concreto aditivado



FONTE: CATRACA LIVRE, 2018.

2. **Confecção de produtos de pequeno porte:** Utilização do plástico em pó para confecção e reparação de produtos produzidos em larga escala e de pequeno porte (artefatos de decoração, equipamentos eletrônicos e robóticos etc.)

Figura 18 - Placa de componente eletrônico



FONTE: PRODUZA, 2014.

3. **Ecobarreiras:** Implementação de barreiras ecológicas em corpos d’água para reter o lixo sólido e facilitar sua retirada e posterior reutilização. Podem inclusive ser feitas com plástico reutilizado.

Figura 19 - Ecobarreira feita de plástico



FONTE: TV GLOBO, 2019.

4. **Ecoboat/Renove:** projeto brasileiro que utiliza embarcações com pás coletoras que auxiliam na retirada do lixo flutuante em corpos d'água.

Figura 20 - Foto do Ecoboat



FONTE: ECOBOAT AMBIENTAL.

5. **Hoola One:** Sistema de aspiração de lixo plástico e microplástico em regiões litorâneas.

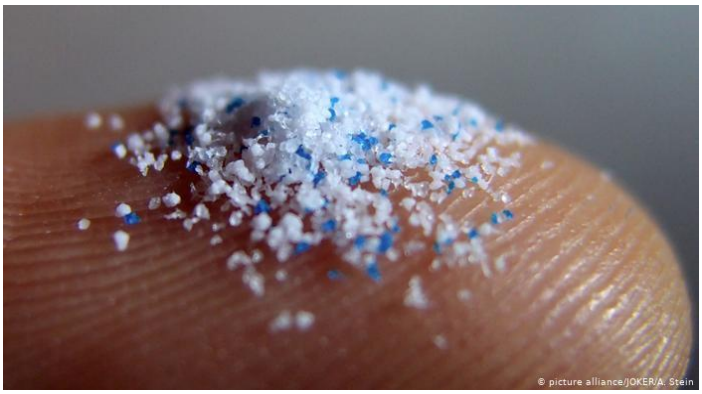
Figura 21 - Hoola One em funcionamento



FONTE: HOOLA ONE/ PRIX NOVAE, 2020.

6. **Proibição de microplásticos em produtos de higiene:** Muitos produtos de higiene pessoal como máscaras faciais, pastas de dentes, esfoliantes e algumas espumas de barbear possuem microesferas de plástico não biodegradável as quais dificilmente são retiradas durante o processo de tratamento da água e podem contaminar as águas dos rios e, consequentemente, as águas marítimas. Diante dessa situação, o governo deve criar situações que dificultem o uso desses elementos como benefícios fiscais para empresas que reduzirem suas produções de plástico e o aumento da carga tributária sobre o microplástico.

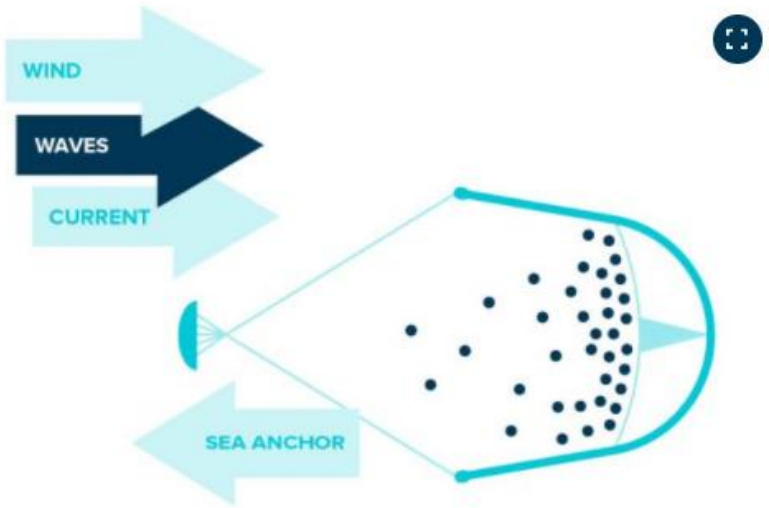
Figura 22 - Imagem de microplásticos



FONTE: RUETER, 2019.

7. **Sea Anchor:** a invenção é composta por uma grande rede coletora em uma das extremidades e por uma estrutura chamada de âncora, semelhante a um paraquedas, na outra, que dificulta a movimentação da Sea Anchor pela correnteza. Assim, o lixo plástico oceânico vai sendo coletado pela rede e depois é retirado por um barco de limpeza.

Figura 23 - Esquema de funcionamento do Sea Anchor



FONTE: OCEAN CLEANUP

8. **Talheres comestíveis:** A startup indiana chamada Bakey produz talheres comestíveis feitos de sorgo e com esse produto promete colocar fim aos talheres descartáveis.

Figura 24 - Talheres comestíveis



FONTE: RAMOS, 2016.

9. **Holy Turtle:** A "Holy Turtle" é um cordão de 310 m, feito para ser coordenado por dois barcos ao longo do oceano. O projeto tem o objetivo de recolher resíduos na superfície, enquanto suas rupturas garantem que seres vivos não sejam coletados.

Figura 25 - Projeto “Holly Turtle” em funcionamento



FONTE: PRNEWSWIRE, 2018.

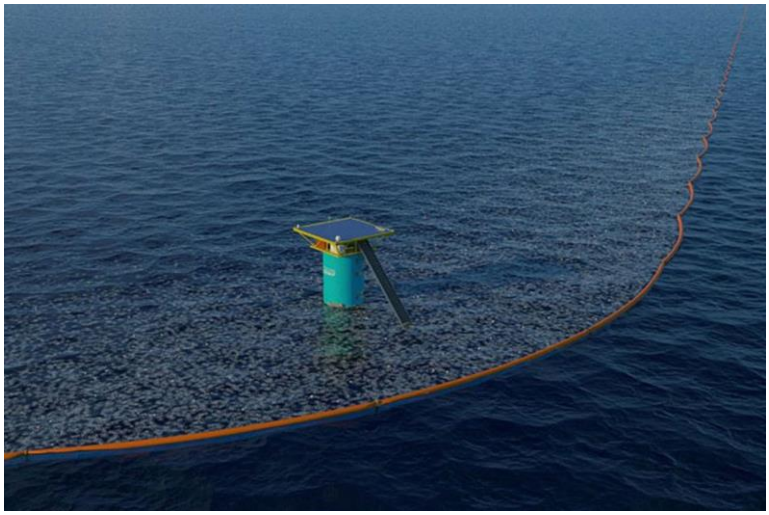
10. **Aplicação de multas:** Multas aplicadas a instituições públicas e privadas que não fizerem o descarte devido do plástico produzido, com o valor das multas sendo convertido em incentivos a empresas de reciclagem e retirada de resíduos plásticos em praias.

11. **“Créditos de plástico”:** Sistema similar aos Créditos de Carbono para o tratamento de resíduos plásticos, contemplando as indústrias que optarem por reciclagem e produção de plásticos biodegradáveis com benefícios como isenção de impostos.

12. **Programas de reciclagem:** Criação de programas municipais eficientes de reciclagem, com os moradores do município sendo recompensados com descontos em impostos como o IPTU baseado na quantidade de plástico que a cidade reciclou.

13. **Ocean Cleanup Array:** barreiras flutuantes que, utilizando as correntes marítimas a seu favor, acumulam o lixo plástico nelas, permitindo que o plástico seja recolhido posteriormente.

Figura 26 - Ocean Cleanup Array em funcionamento



FONTE: THE OCEAN CLEANUP, 2018.

14. **Seabin:** lixeiras acopladas a bombas aquáticas, que através do uso de filtros, conseguem reter os resíduos plásticos para a sua retirada dos oceanos.

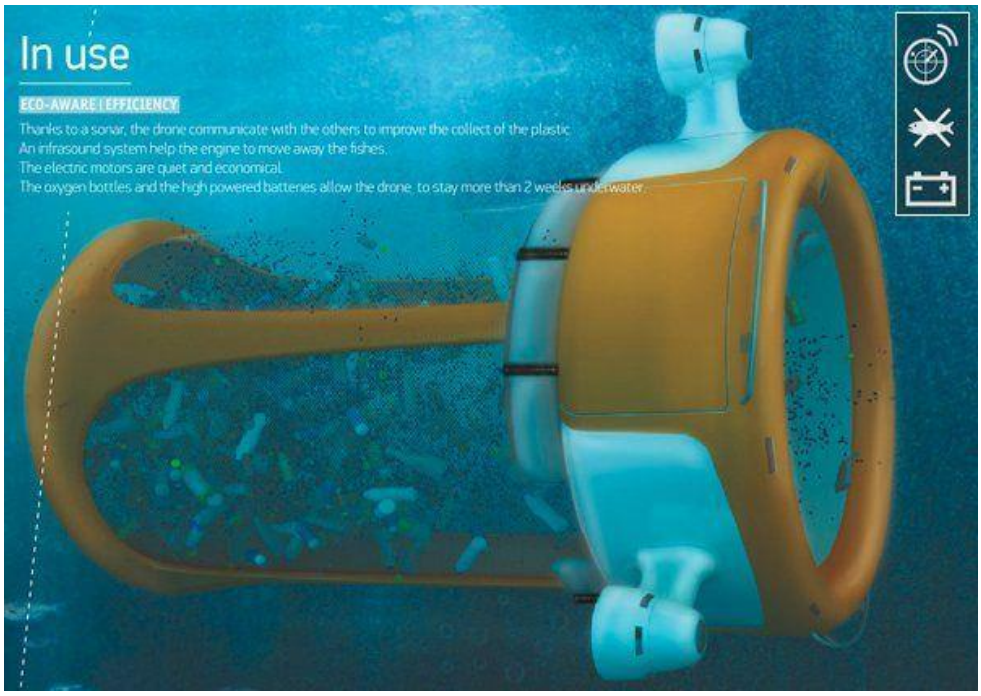
Figura 27 - Seabin em funcionamento



FONTE: IGUI ECOLOGIA, 2019.

15. **Marine Drone:** espécie de rede de pescador via satélite, que coleta o lixo ao se mover pela água, fazendo uso de baterias para a locomoção; emite ondas sonoras com frequência que afasta os animais da sua área.

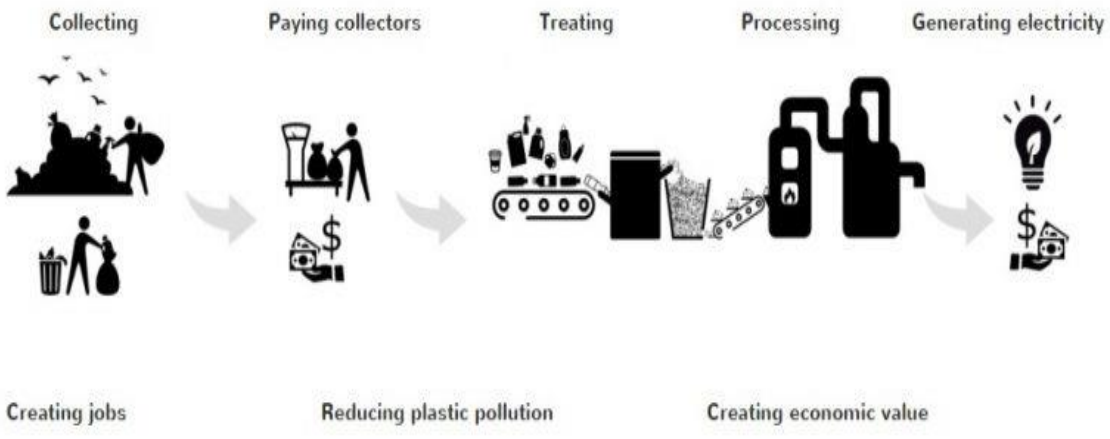
Figura 28 - Marine Drone em funcionamento



FONTE: IGUI ECOLOGIA.

16. **Produção de energia:** Transformação de resíduos plásticos em energia, a partir da sua transformação em gás sintético, que é capaz de gerar eletricidade em turbinas.

Figura 29 - Cadeia de transformação do plástico em energia elétrica



FONTE: CONEXÃO PLANETA, 2016

17. **Uso de plásticos reciclados na indústria:** Adaptação da indústria aos materiais reciclados (moda, calçados, automóveis etc.), de modo a possibilitar destinos alternativos para os resíduos plásticos.

Figura 30 - Adaptação da indústria à utilização de polímeros



FONTE: MAIS POLÍMEROS, 2019.

18. **Substituição de plásticos:** Substituição dos plásticos por outros materiais no ambiente industrial e comercial, que possuam maior durabilidade, a exemplo do vidro, ou maior biodegradabilidade, a exemplo do papel.

Figura 31 - Uso de papel reciclado para substituir sacolas plásticas



FONTE: IN TODAY.

19. **Pavimentação aditivada:** Mesclagem de resíduos plásticos com materiais utilizados na pavimentação de rodovias. A mistura final dos dois materiais iniciais diferentes confere ao material final uma série de novas características, dentre elas cabe destacar a durabilidade e a resistência a choques de altíssima intensidade, além de possibilitar a absorção de *microplásticos,* provenientes do desprendimento por atrito nos pneus de automóveis, em seu interior.

Figura 32 - Uso de resíduos plásticos na pavimentação urbana

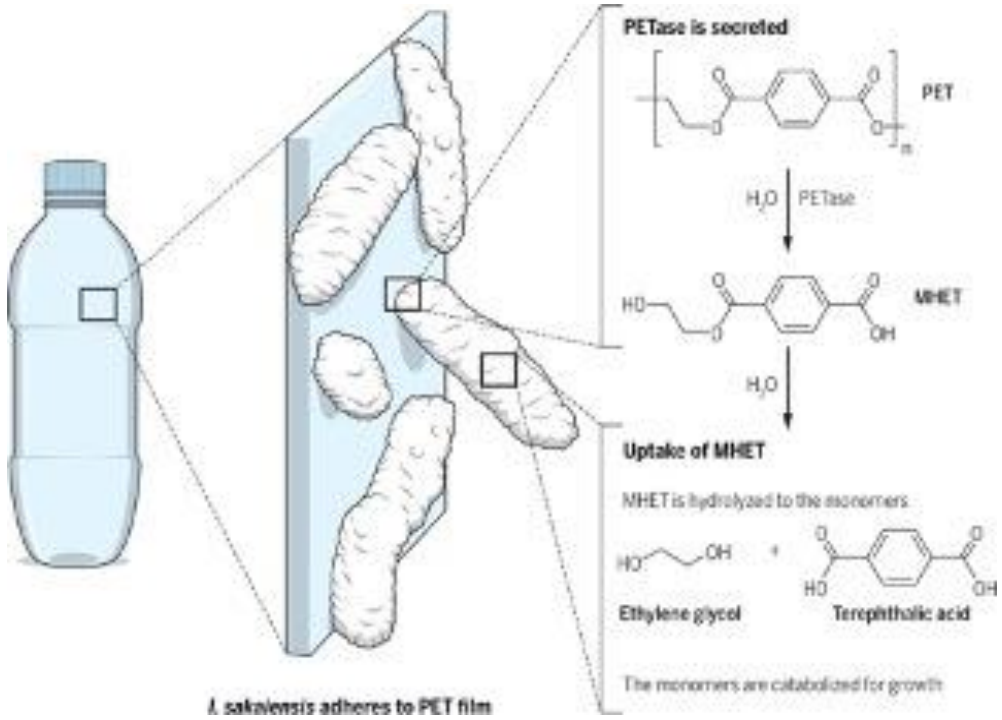


FONTE: UNILAD UK, 2018.

20. **Responsabilização das indústrias produtoras em dar um fim aos plásticos:** Tornar as indústrias que produzem ou utilizam plásticos em seus produtos – tanto na forma de embalagem como de constituinte do produto final – corresponsáveis pela gestão dos resíduos gerados após o uso, sendo essa corresponsabilidade passível de ser terceirizada a empresas especializadas em gestão de resíduos, o que criaria um cenário favorável à inovação, traduzindo-se na criação de novos métodos de remediação e no descobrimento de novos usos possíveis dos polímeros residuais, além de incentivar a substituição dos materiais plásticos.

21. **Uso da PETase:** Implementação da enzima Petase (AUSTIN *et al*., 2018), capaz de degradar o Polietileno Tereftalato (PET), junto aos diferentes projetos de biodegradação realizada por agentes decompositores, como alguns fungos (SILVA, 2009), em locais destinados ao descarte desse tipo de plástico, um dos mais utilizados atualmente.

Figura 33 - Bactéria que produz enzima que viabiliza a hidrólise do PET



FONTE: HUEY, 2016.

22. **Bioplástico:** Planejar e implementar de maneira gradativa a substituição, quando essa mudança em nada altera a utilidade e as demandas do produto, do uso plástico convencional, isto é, aquele originário de hidrocarbonetos fósseis, para aquele derivado de biomassa e outras fontes renováveis.

23. **Proibição do plástico convencional:** Proibir, quando viável, o uso do plástico comum para a produção de embalagens em indústrias de bens de consumo, visando acarretar uma migração massiva para o uso de material derivado de outras fontes menos prejudiciais.

24. **Sistema de tubulação logística para o transporte de "plástico puro":** Criar, planejar e implementar um sistema de tubulação logística que possa transportar o plástico "puro", isto é, o material bruto do qual derivam os diversos tipos de plástico. Seria uma forma de transporte que chega diretamente à fábrica, evitando-se grandes perdas no descarregamento.

25. **Isenção fiscal:** Isenção de alguns impostos para aquelas empresas que realizarem a logística reversa de maneira eficiente e substituírem, quando viável, o uso de plásticos de origem fóssil em 5% ao ano. Reduzindo assim, a demanda massiva de plástico no mercado.

26. **Pneu não poluente:** A criação de pneus que não deixariam resíduos poluentes quando em atrito com os asfaltos. Já que muitos dos *microplásticos* liberados pelos pneus, quando em uso, têm como destino os mares e oceanos através do escoamento da água da chuva.

27. **Ampliação da fiscalização e multa para as indústrias irregulares:** O poder público atuaria reforçando a fiscalização e aplicando multas às indústrias que praticarem o descarte inadequado dos resíduos plásticos. As multas devem ser de maneira proporcional aos impactos causados. O valor arrecadado seria direcionado a ONGs e instituições que atuam na proteção dos oceanos.

28. **Mapeamento de pontos turísticos:** Mapear os pontos turísticos mais procurados de maneira a identificar possíveis irregularidades quanto ao despejo de efluentes nestas regiões e promover, por meio de incentivos fiscais, o investimento no setor de saneamento básico da localidade.

29. **Proibição do descarte de esgoto em rios:** Visto que a grande maioria dos efluentes domésticos contêm quantidades significativas de resíduos plásticos, e, mesmo assim, são despejados nos rios, e por esse meio chegam aos oceanos, uma alternativa para a solução desse problema seria a proibição da destinação de esgotos não tratados aos rios.

30. **Uso de imagens impactantes:** Criação de lei que obrigaria as empresas produtoras de embalagens plásticas exibirem imagens fortes que ilustram os impactos à vida marinha causados pelo descarte inadequado desse produto nos rios e mares. Semelhante à veiculação de imagens determinadas pela Anvisa nas embalagens de cigarro.

31. **Incentivo ao uso de pisos de borracha:** Incentivar o uso de pisos de borracha feita a partir de plásticos e pneus velhos onde for viável, de forma a planejar previamente o

destino desses materiais que perderam suas funções originais, mas que ainda são potenciais poluentes ambientais e marinhos.

32. **Quebra de polímeros plásticos por meio do vapor:** O uso de vapor supercrítico já é uma realidade, porém pouco usada devido à falta de estudos sobre sua implementação. Uma oportunidade de uso seria, por meio da separação de lixo plásticos nos lixões, seguida da quebra das cadeias poliméricas por meio do vapor supercrítico, restaurando assim os monômeros componentes do plástico. Assim, os produtos desse processo poderiam ser reutilizados como novos.

33. **Banco de plástico:** Assim como a quebra de polímeros plásticos por meio do vapor, o chamado banco de plástico já existe em algumas partes do mundo. Assim a proposta dessa solução seria implementá-la no Brasil amplamente. A atitude consiste em um tipo de “mercado” em que ao invés de dinheiro, usa-se materiais plásticos, como embalagens e afins, para a troca por diversos tipos de produtos, como alimentos e roupas, a depender da quantidade de materiais trazidos e da necessidade do consumidor. Os resíduos coletados são encaminhados para a reciclagem. Para sua viabilidade, o mercado seria administrado pelas próprias empresas que atuam na manipulação desse material. A proposta não só diminuiria consideravelmente as perdas de plástico para o meio ambiente como daria ao plástico um grande valor social.

Figura 34 - Ponto de coleta de plástico da organização Plastic Bank nas Filipinas



FONTE: PLASTIC BANK, 2016.

34. **Imã que atrairia os plásticos dos oceanos, facilitando a sua retirada:** Desenvolver um tipo de imã que atraia os materiais plásticos em suspensão nos oceanos. Estes seriam acoplados a pequenos barcos que navegariam pelos mares apenas para a retirada desses materiais. Após a realização de tal processo, esses produtos plásticos seriam encaminhados para o remanejamento de forma que o material tenha o destino correto e seja reciclado.

35. **Incentivar a criação de empresas que reciclam plástico:** Por meio de incentivos fiscais, incentivar a criação de empresas de reciclagem especializadas em cada tipo de resíduo derivado de plástico, facilitando a sua separação e remanejamento. Estas seriam responsáveis pela coleta desses produtos nas residências.

36. **Aumentar os pontos de coleta de lixo plástico:** Aumentar pontos de coleta de lixo plástico reciclável nas residências, praias e demais locais de grande aglomeração, assim como aumentar a quantidade de propagandas educativas acerca da importância do descarte correto desse material, para a salvação dos oceanos e da humanidade.

37. **Utilizar pó de plástico triturado na composição do chão de construções públicas:** Utilizar no chão de vias públicas o plástico em pó como matéria prima para o material de revestimento do chão de vias públicas, como praças e ruas.

38. **Utilizar plástico para criar uma pasta de solda que tenha como função "colar" outros produtos de plástico:** Utilizar o plástico reciclado como matéria-prima para a fabricação de um tipo de material de “solda” para remendar alguns objetos que não precisem de tanta resistência.

39. **Criação de um produto que decante os microplásticos nas estações de tratamento de esgoto:** Criar uma substância que decante os *microplásticos* em suspensão nas estações de tratamento de esgoto para que sejam coletados mais facilmente e não cheguem aos oceanos quando despejados neste.

40. **Utilizar um filtro resistente à tensão da água para reter o plástico nas estações de tratamento:** Desenvolver e implementar a utilização de um filtro que seja resistente à tensão da água para reter a passagem de plástico e resíduos após o tratamento da água proveniente dos esgotos, e, em seguida, se tornar viável encaminhá-los as estações de reciclagem mais próximas.

41. **Impor leis para que a entrada de utensílios de plástico seja proibida nas praias:** Criar, reforçar e implementar leis que proíbam o uso de materiais não biodegradáveis nas praias, bem como, aumentar a fiscalização desses locais. O descumprimento dessas normas estaria sob pena de trabalho comunitário de coleta de lixo plástico em praias e obrigatoriedade da realização de um curso sobre a importância de se evitar a entrada de plásticos nos ecossistemas marinhos, com o objetivo de conscientização sobre tais consequências.

42. **Utilizar plástico na criação de móveis de baixo custo:** Utilizar plástico remanejado para a fabricação de móveis como mesas, cadeiras e portas de baixo custo para a população de baixa renda, incentivando a criação de empresas especializadas nesse serviço.

43. **Plástico reciclado na fabricação de painéis solares:** Utilizar plástico reciclado para fabricar painéis solares, diminuindo os custos. Além de favorecer a geração de energia limpa, esta solução reduz o desperdício de material plástico que pode contaminar os oceanos.

44. **Lâmpada de garrafa PET (lâmpadas de Moser):** Utilizar garrafas PET para a fabricação ampla de lâmpadas de baixo custo para a população de baixa renda, aumentando os índices de reciclagem desse material. Além disso, essa solução poderia favorecer a criação de empresas coletoras dessas garrafas e melhorar a condição de vida de muitas famílias.

Figura 35 - Lâmpadas de Moser



FONTE: ROMEIRO, 2017.

45. **Criação de um museu feito inteiramente de plástico de modo que conscientize as pessoas sobre seu uso e descarte incorreto:** A criação de espaços culturais feitos de plástico que permitam que as pessoas entendam as consequências do acúmulo de lixo plástico nos oceanos, bem como aprendam técnicas de reciclagem, descarte e separação desses materiais em suas residências, e os seus diversos usos na indústria de bens de consumo. Espaço cultural inspirado no Museum of Plastic de Nova Iorque.

Figura 36 - Cauda de baleia feita em plástico exposta no Museum of Plastic



FONTE: BARRITT, 2019.

46. **Em grandes eventos, organizar coletas e conscientização em massa:** Organizar, em locais de grande aglomeração, principalmente em praias, planos de coletas de produtos plásticos, bem como fazer uso da grande visibilidade desses eventos para promover informações sobre o uso e descarte consciente desses resíduos, diminuindo a falta de instrução sobre a importância do manejo correto destes.

2.5 Critérios de avaliação de solução

Devido ao grande rol de soluções propostas, sendo mais de 40, foi realizada uma filtragem em busca das alternativas que se destacam. Sobre as demais, as razões de eliminação foram agrupadas em cinco blocos, considerados limitantes para a descontinuidade da análise dessas proposições.

1. **Impacto indireto no problema**

   As alternativas A30, A36, A45 e A46 abordam de forma indireta a questão do plástico no oceano. Ao invés de atacar diretamente a temática, essas soluções propõem a conscientização e a sensibilização como forma de contornar o descarte inadequado de

plástico no mar. Além de não tangíveis para uma possível análise, esse tipo de proposição tem uma eficácia potencial reduzida.

2. **Baixa eficácia em sua proposição**

   As alternativas A3, A5, A8, A14, A24, A26 e A44 não possuem impacto significativo no problema atacado quando comparadas com outras ideias propostas. Apesar de interessantes, os projetos apresentados por estas alternativas simplesmente são incompatíveis com a magnitude do problema do descarte inadequado do plástico no oceano e, portanto, foram excluídos da análise final da pesquisa.

3. **Legislação e Fiscalização como pontos centrais**

   As alternativas A6, A10, A20, A23, A27, A29 e A41 apoiam-se em mudanças de cunho legislativo ou de atuação do Estado. Levando em consideração a extensão do problema do plástico por centenas de países com culturas e normas distintas, seria difícil uma viabilidade desses projetos, que necessitam de uma mobilização mundial em busca de um consenso sobre normas específicas. A elevada complexidade na implementação dessas soluções foi o fator motivador para seu descarte da lista.

4. **Alta complexidade ou inviabilidade**

   As alternativas A9, A18, A22, A34 e A38 apresentam muitas restrições tecnológicas e/ou são consideravelmente menos viáveis que suas adversárias. Essas alternativas têm em comum a dependência em inovações tecnológicas, que ainda são muito distantes, ou em mudanças culturais inviáveis. Por esse motivo, essas propostas foram desconsideradas.

5. **Abordagens restritas**

   As alternativas A2, A12, A35, A42 e A43 têm como ponto comum a especificidade exagerada em suas definições. Apesar de apresentarem projetos interessantes, a redução demasiada de suas áreas de atuação limita consideravelmente sua eficácia na resolução do problema do descarte inadequado no oceano.

Muitas das alternativas listadas, mesmo aquelas que não foram descartadas, não são efetivas se aplicadas isoladamente. Portanto, em alguns casos, é preciso compor conjuntos de alternativas que terão melhor desempenho na tentativa de abranger os objetivos determinados. Há, todavia, pelo menos duas categorias de soluções que trabalham em planos distintos: as *profiláticas* e as *remediativas*, nos termos da definição do problema.

As medidas remediativas são aquelas focadas apenas no abrandamento dos impactos causados pelo descarte indevido de resíduos plásticos nos oceanos. Já as medidas profiláticas são aquelas capazes de prevenir de fato esse problema, e consequentemente, impedir os prejuízos, se implementadas de forma correta. Assim, pode-se dividir as alternativas, após sua composição e pré-seleção, naquelas que retiram o plástico diretamente do oceano (remediativas) e nas outras que estabelecem uma finalidade para o plástico retirado e/ou tratado a partir dos resíduos sólidos, evitando seu destino aos oceanos (profiláticas). Obtém-se, a partir desse processo, 5 alternativas completas, totalizando 10 opções viáveis (Tabela 3). Nota-se que cada conjunto de cinco alternativas deve ser abordado dentro de matrizes de decisão diferentes, visto que atuam em funções diferentes. Portanto, serão necessárias duas matrizes para realizar a escolha dentre as propostas definidas a seguir.

Tabela 3 - Nova divisão de Propostas

Profiláticas	Remediativas
ENGENHARIA CIVIL E PLÁSTICO	**PETASE**
PRODUÇÃO DE ENERGIA	**MARINE DRONE**
INCENTIVO EMPRESARIAL	**OCEAN CLEANUP**
TRATAMENTO DE ESGOTO REFORMULADO	**BANCO DE PLÁSTICO**
DECOMPOSIÇÃO/REÚSO INDUSTRIAL DO PLÁSTICO	**ECOBOAT**

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

2.5.1 Medidas Profiláticas

A seguir estão listadas as alternativas de solução pré-selecionadas consideradas profiláticas.

P1. Engenharia Civil e Plástico: trata-se da união de várias alternativas (A1, A19, A31 e A37) que fazem referência a construções usando concreto e pavimentação aditivados com plástico ou, ainda, vias e pisos com processo similar. Seria, dessa forma, uma solução com aplicação rápida já que novas edificações e reformas acontecem a todo instante, exigindo constantemente o uso desse novo material.

P2. Produção de Energia: é equivalente à alternativa A16, agora com nova simbologia. O sistema de geração de energia por meio da queima de plástico - assim como outros resíduos - é uma realidade já existente em alguns países. Para que não haja impacto ambiental subsequente, contudo, essas termelétricas deverão instalar filtros especiais que possam conter

os gases tóxicos gerados a partir da combustão do plástico, em especial as dioxinas que comumente são liberadas em incinerações.

P3. Incentivo Empresarial: consiste na composição A11 e A25. É, portanto, essencialmente uma medida governamental que estimula economicamente as empresas que têm um desempenho positivo na diminuição do uso de plástico. Nesse sentido, sistemas de logística reversa são mais do que bem-vindos, porquanto contribuem para reduzir a produção e descarte de embalagens plásticas. A maneira como funcionará a isenção fiscal pode ocorrer de várias formas, entre elas a de créditos de plástico, para empresas que usarem uma porcentagem de plástico em seus produtos abaixo de um limite definido. Assim, é esperado que gradualmente seja promovida uma substituição do plástico na indústria ou a inserção de produtos feitos de plástico reciclado, que pode também integrar parte de uma logística reversa.

P4. Tratamento de Esgoto Reformulado: propõe-se uma adaptação das atuais estações de tratamento de esgoto para tratar, além dos dejetos usuais, o microplástico presente no efluente. Há pelo menos duas formas de atingir esse objetivo (A39 e A40). Uma delas é o desenvolvimento de uma substância coagulante específica para o microplástico (eventualmente serviria mesmo para outras impurezas), a ser utilizada nos tanques de floculação já existentes. Além disso, há a possibilidade de usar filtros ou biofiltros na limpeza da água. De maneira geral, essa adaptação serviria melhor ao propósito se fosse aplicada às cidades costeiras, pois nelas o esgoto passa pelo estágio final antes de ser tratado e é despejado no mar.

P5. Decomposição e Reuso Industrial do Plástico: faz uma combinação das alternativas A32 e A17, propondo a quebra do plástico por meio do fluido supercrítico e a reinserção do material obtido na indústria, respectivamente. Talvez no momento ainda não haja concretamente uma sistematização que possa executar estas duas etapas com eficiência. Todavia, uma vez que o processo industrial permitir o uso dessa tecnologia de maneira prática, a proposta ganha força para recuperar plástico e garantir preventivamente sua destinação correta.

2.5.2 Medidas remediativas

A seguir estão listadas as alternativas de solução pré-selecionadas consideradas remediativas:

R1. PETase: inserção controlada de enzimas em meio oceânico para degradação do microplástico dissolvido na água (A21). Em um primeiro momento, limitar-se-ia à zona costeira para avaliar a interação e reação com os ecossistemas locais e por ser a região onde se concentra mais efluentes advindos das cidades. Posteriormente, se confirmado o sucesso, a PETase poderia ser usada em regiões oceânicas mais desafiadoras, possibilitando a limpeza desses locais longínquos.

R2. Marine Drone: uso de uma tecnologia mais avançada, tal qual a alternativa A15, que possibilita remover plástico em locais muito difíceis de acessar usando drones submarinos para coleta. A tecnologia também dispõe de dispositivos sonoros que, apesar de perturbar a tranquilidade do ambiente, evita colisões e capturas de seres marinhos.

R3. Ocean Cleanup: reformulando a alternativa A13, em consonância com A7, pode-se empregar a tecnologia das barreiras flutuantes na contenção de plástico para sua posterior coleta. Apesar de relativamente simples se comparada com a medida R2, a área de cobertura exigida para o projeto seria considerável para o efeito pretendido, abrangendo grande área costeira sem impedir a navegação e o uso dos portos. Além disso, a alternativa não é dependente de nenhum tipo de energia para seu funcionamento, simplificando e barateando o processo de retirada do plástico.

R4. Banco de Plástico: proposta de cunho predominantemente social e derivada da A33, pretende realizar uma parceria com as populações de cidades costeiras para recolhimento de lixo plástico. Logicamente seria necessário, antes de tudo, uma campanha de conscientização para os moradores que integrariam o projeto, na qual ficassem claros os termos para sua execução. A abordagem inicial compreende a simples troca de material recolhido por artigos de subsistência - o que atenderia majoritariamente à população socioeconomicamente vulnerável - mas pode ser eventu*al*mente estendida para outros tipos de trocas que beneficiassem de maneiras diferentes os catadores de plástico.

R5. Ecoboat: prevê a utilização de embarcações equipadas com pás coletoras que atuariam principalmente em rios e em trechos costeiros retirando o plástico encontrado na superfície. Seguindo o mesmo raciocínio de A4, seriam utilizados barcos eficientes na medida do possível, de modo a não depender exageradamente de combustíveis fósseis, evitando a poluição atmosférica. Nesse quesito, fica aberta a possibilidade de desenvolvimento de embarcações movidas a fontes renováveis de energia para uso nessas condições.

2.5.3 Determinação dos critérios e seus pesos

A metodologia utilizada para escolher uma solução deve, sobretudo, evitar a subjetividade, de maneira a tornar a avaliação mais rigorosa. Para tanto, estabelecem-se primeiramente critérios de decisão, os quais devem seguir uma lógica coerente com o tipo de problema tratado. Em seguida, são definidos os pesos, de tal maneira que reflitam com melhor aproximação dos objetivos do projeto.

Por último, todos os dados são formatados em uma tabela especial, a *Matriz de Decisão*, lugar onde são colocadas as notas de cada alternativa por critério e onde é feita a média ponderada considerando-se os pesos adotados. Assim, a solução escolhida deve ser aquela que possuir, em tese, a maior nota nessas condições.

2.5.4 Critérios

C1 - Custo de Implantação: valor quantitativo de recursos monetários necessários para implementação - até o início dos resultados esperados - e manutenção da alternativa, o que inclui o custo anual exigido para manter sua eficácia a longo prazo. Para a classificação das alternativas neste critério foi levado em conta o aspecto relativo do custo, preço de cada uma. A comparação foi feita da seguinte forma: definiu-se a alternativa mais custosa, *Marine Drone*, e esta recebeu nota mínima (2,5); definiu-se também a menos custosa, *Banco de Plástico*, e esta recebeu nota máxima (10).

C2 - Simplicidade de Implantação: complexidade da proposta a ser aplicada, o que engloba as dificuldades técnicas inerentes e a consequente exigência de mão de obra qualificada. Além disso, o alinhamento com a legislação local também é relevante, na medida em que considera o processo burocrático de implantação da solução.

Analogamente ao critério anterior, a estratégia utilizada na criação da escala para o critério simplicidade de implantação foi a comparação entre alternativas. Definiu-se a alternativa considerada mais simples e acessível, *Engenharia Civil e Plástico*, e esta recebeu a nota máxima (10,0); definiu-se também a mais complexa e com mais obstáculos à sua implantação, *PETase*, e esta recebeu a nota mínima (2,5).

C3 - Tempo até Resultado: tempo necessário para a solução em questão gerar resultados, tendo vantagem evidente aquelas alternativas que resolvem o problema proposto mais rapidamente. Tendo em vista a Década dos Oceanos como marco decisivo para o projeto, a classificação "*pontual"* será aplicável para toda alternativa que apresentar resultados no intervalo de 5 a 10 anos, antes do fim da década. Menos do que 5 anos, porém acima de 2 anos, é um intervalo que se encaixa na categoria "*ideal"*, pois é um tempo muito razoável dada a dimensão do problema. Qualquer alternativa que bater um recorde de menos de 2 anos entrará, por fim, na classificação *"excepcional"*.

C4 - Impacto Ambiental Negativo: considera desdobramentos da proposta que podem afetar de forma negativa o meio ambiente e sua ecologia. Mesmo nas restrições do problema, foi colocado expressamente que um problema não se deve resolver gerando outro, ainda mais se for ambiental. Porém, desde que o eventual impacto seja considerado muito leve se comparado com a dimensão real do problema dos oceanos, então uma proposta nessa colocação pode ser passível de análise.

Para tal critério foram utilizadas escalas para parâmetros de comparação entre as alternativas. Definiu-se, então, que as alternativas de solução que não estão sujeitas a promover distúrbios ambientais ou que gerem mínimas alterações no meio ambiente serão consideradas ideais. Em contrapartida, as soluções que produzem algum tipo de impacto relevante ao ecossistema, porém com tal impacto minimizado em decorrência dos outros benefícios trazidos pela mesma alternativa, serão consideradas regulares.

C5 - Disponibilidade Tecnológica: relacionado ao caráter inovador ou não da solução. Ideias previamente implementadas e já conhecidas a fundo pela comunidade científica levam vantagem sobre alternativas mais complexas e de baixa sistematização. Nesse sentido, o aprimoramento da solução - isto é, sua adaptabilidade às adversidades práticas - também é valorizado.

C6 - Eficácia: determina o quão bem uma alternativa consegue atender ao objetivo específico a que se propõe. Sabidamente, uma alternativa dificilmente conseguirá cobrir todo o espectro do problema com suficiência; logo, entende-se que a eficácia deve se relacionar apenas com aquilo que a alternativa pretende resolver, isto é, se cumpre o que promete de modo adequado.

Para a classificação das alternativas neste critério fez-se necessário a utilização de uma escala percentual da capacidade de resolução do problema definido.

C7 - Longevidade: período de tempo no qual a alternativa de solução permanece útil. Tempo de vida de uma alternativa de solução. Para atribuir nota a esse critério foram estabelecidos períodos de tempo adequados em que a solução permanece útil. Dessa forma, atribuiu-se notas de 2,5 até 10, numa progressão aritmética de razão 2,5 para cada intervalo de 5 anos que a solução permaneça em atividade.

C8 - Benefícios Sociais: dentro de uma alternativa ou conjunto de propostas, avalia qualitativamente se há algum benefício social para a população - no local de sua implementação - de forma direta ou indireta. A geração de empregos, por exemplo, contribui favoravelmente para uma dada proposta.

2.5.5 Atribuição de notas para cada critério

Com a devida definição de cada critério atribuiu-se notas aos respectivos, demonstrando assim suas importâncias e relevâncias quanto à solução do problema. As notas foram definidas entre 0 e 10, sendo 10 máxima e 0 a nota mínima.

Tabela 4 - Custo de Implementação

Custo de Implantação	Nota atribuída
Muito Caro	**2.5**
Caro	**5**
Barato	**7.5**
Muito Barato	**10**

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

Tabela 5 - Simplicidade de Implantação

Simplicidade de Implantação	Nota atribuída
Complexa e com muitos obstáculos à implantação	**2.5**
Complexa apenas no aspecto técnico da implantação	**5**
Simples em algum aspecto da implantação	**7.5**
Simples na maioria dos aspectos da implantação	**10**

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

Tabela 6 - Tempo até resultado

Tempo até Resultado	Nota atribuída
Pontual	**3**
Ideal	**6**
Excepcional	**10**

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

Tabela 7 - Impacto Ambiental Negativo

Impacto Ambiental Negativo	Nota atribuída
Regular	**5**
Ideal	**10**

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

Tabela 8 - Disponibilidade Tecnológica

Disponibilidade Tecnológica	Nota atribuída
Apoiam em tecnologias ainda em fase de desenvolvimento ou pesquisa	**2.5**
Baseadas em inovações tecnológicas	**5**
Necessitam de certo refinamento tecnológico	**7.5**
Não apresentam grandes necessidades tecnológicas	**10**

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

Tabela 9 - Eficácia

Eficácia	Nota atribuída
Próximo de 25%	**2.5**
Próximo de 50%	**5**
Próximo de 75%	**7.5**
Próximo de 100%	**10**

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

Tabela 10 - Longevidade

Longevidade	Nota atribuída
Inferior a 5 anos	**2.5**
Inferior a 10 anos e superior a 5 anos	**5**
Inferior a 15 anos e superior a 10 anos	**7.5**
Superior a 15 anos	**10**

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

Tabela 11 – Benefícios Sociais

Benefícios Sociais	Nota atribuída
Não proporcionam impacto social positivo	**0**
Apresentam impacto indireto ou mais moderado	**5**
Proporcionam impacto direto na vida da comunidade	**10**

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

Definição dos pesos dos critérios

Conforme anteriormente afirmado, é preciso escolher pesos para cada critério de maneira a moldar a seleção ao que é melhor do ponto de vista dos oceanos. Para o problema proposto, foram então definidos 8 critérios de decisão, alguns mais importantes que outros. De modo objetivo, fez-se um cruzamento de critério a critério em uma tabela (Tabela 12) de maneira a indicar o peso relativo de dois a dois. Além disso, convencionou-se 1 para indicar "maior importância" e 0 para "menor importância". Logo, a tabela pode ser lida como "o critério da linha "**i**" é superior em importância ao critério da coluna "**j**" se o valor de "$\mathbf{a_{ij}}$" for 1; se o valor for 0, vale o oposto".

Alguns critérios claramente se destacaram após essa comparação preliminar; em especial, o impacto ambiental negativo (C4) e a eficácia (C6). De fato, por ser o meio ambiente, na figura dos oceanos, o foco do empreendimento, é nada menos do que razoável este critério receber uma pontuação elevada (19,44%). Do mesmo modo, a eficácia é um dos pontos mais fortes de qualquer proposta, afinal ela avaliará a qualidade da alternativa em questão de resultados. Se é sabido que uma proposta tem grande chance de funcionar da maneira esperada, então ela receberá, com efeito, um bônus relativamente alto, dado que a eficácia tem o maior dos pesos.

Tabela 12 - Matriz do Cruzamento de Pesos Relativos

Critérios	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Total Critério	Peso Relativo
C1	1	0	0	0	1	0	0	1	3	8,33%
C2	1	1	0	0	0	0	0	1	3	8,33%
C3	1	1	1	0	0	0	1	1	5	13,89%
C4	1	1	1	1	1	0	1	1	7	19,44%
C5	0	1	1	0	1	0	1	1	5	13,89%
C6	1	1	1	1	1	1	1	1	8	22,22%
C7	1	1	0	0	0	0	1	1	4	11,11%
C8	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2,78%
								Total	36	100,00%

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

Os valores encontrados acima foram discutidos de forma que os pesos e preferências de cada critério estivessem estreitamente alinhados com o problema, ou seja, com as restrições e os requisitos das soluções já definidos previamente.

Iniciando pelo critério de maior peso, eficácia, percebe-se após uma rápida análise que este parâmetro deveria de fato ser o mais importante de todos, afinal busca-se uma solução que atenda plenamente ao objetivo. De nada adianta, por exemplo, uma solução que possua um baixo custo ou que seja simples, mas pouco efetiva.

Aliado com o parâmetro anterior, o impacto ambiental negativo (C4) se mostrou como o critério de segundo maior peso da matriz. Um dos requisitos fixados foi de que a solução não deve causar mais danos ao meio ambiente que o modelo atual, logo é de suma importância evitar uma substituição de problema.

Devido à urgência do problema, considerou-se que a disponibilidade tecnológica, ao lado do tempo até resultado, deveria ter maior relevância em relação aos parâmetros citados abaixo. A espera pela criação, prototipagem de uma nova tecnologia e posteriormente o período necessário para ela trazer resultados significativos poderia demandar muito mais tempo para resolver o problema do que o prazo estipulado. Portanto, tomado o prazo da Década dos Oceanos, terão maior peso as alternativas que tiverem tecnologia suficiente para conseguirem cumprir essa determinação.

Longevidade foi considerado o quarto maior peso e isso se deve à dimensão do problema. Com a poluição de plástico nos oceanos chegando a níveis catastróficos e sendo esta dispersa em grandes áreas, a alternativa escolhida deve se manter operacional em níveis aceitáveis durante um longo período a fim de obter resultados aceitáveis e duradouros.

De extrema relevância para a viabilidade de um projeto, o custo de implantação foi considerado o próximo critério de maior peso, alinhado com a simplicidade da solução. Soluções caras podem se tornar pouco atrativas e por isso nunca serem executadas. Por outro lado, alternativas não tão custosas, porém complexas em sua instalação ou execução também não contribuem favoravelmente para o desempenho do projeto.

Devido ao quadro crítico atual, mesmo que as soluções não sejam grandes geradoras de empregos para as comunidades locais, o critério não deve ser contado como maior peso. A situação é grave e, neste momento, os esforços devem ser empreendidos em prol de soluções viáveis, que resolvam o problema o quanto antes. Assim, benefícios sociais é o critério de menor peso.

2.6 Avaliação das alternativas de solução

Após todas as definições de critérios, pesos e escalas, torna-se possível avaliar individualmente as medidas propostas e conferir-lhes uma nota. Naturalmente a nota final não representa a decisão absoluta, mas é um parâmetro central que deve ser levado em conta. No modelo adotado, é selecionada uma alternativa para cada função, porém o que vale é, na verdade, a nova composição dessas duas propostas. Logo, a viabilidade da combinação também é um parâmetro extra a se considerar assim que as notas são obtidas.

2.6.1 Atribuição de Notas por Critério

A cada solução foi atribuída uma nota para determinado critério, totalizando uma média ponderada que gera a nota final da alternativa. A justificativa dessas notas pode ser melhor explicada com uma comparação entre as soluções que apresentaram maior nota e menor nota nos respectivos critérios, desde o C1 (critério 1) até o C8 (critério 8).

No C1, Custo de Implantação, destacaram-se as soluções Banco de Plástico, com nota máxima (10) e Isenção Fiscal, Quebra de Polímeros na Indústria e Marine Drone, ambas as três com a menor nota (2,5).

No C2, Simplicidade de Implantação, destacaram-se as soluções Engenharia Civil e Plástico, com nota máxima (10) e Isenção Fiscal, PETase e Marine Drone, ambas as três com a menor nota (2,5).

No C3, Tempo até Resultado, destacaram-se as soluções Produção de Energia, Marine Drone, Ocean Cleanup e Ecoboat, ambas as quatro com nota máxima (10) e Isenção Fiscal e Tratamento de Esgoto, ambas as duas com a menor nota (2,5).

No C4, Impacto Ambiental Negativo, destacaram-se as soluções que apresentam de alguma forma e em alguma magnitude impactos ambientais, sendo elas: Produção de Energia, Quebra de Polímeros e Uso na Indústria, PETase, Marine Drone, Ocean Cleanup e Ecoboat. Entretanto, vale ressaltar que estes impactos são mínimos e pouco prejudiciais ao ecossistema marinho.

No C5, Disponibilidade Tecnológica, destacaram-se as soluções Isenção Fiscal e Banco de Plástico, ambas com nota máxima (10) e Tratamento de Esgoto e PETase, ambas as duas com a menor nota (2,5).

No C6, Eficácia, nenhuma solução conseguiu atingir nota máxima, uma vez que é praticamente impossível que ela apresente 100% de eficácia; não obstante, destacaram-se as soluções Engenharia Civil e Plástico, Tratamento de Esgoto, Quebra de Polímeros e Uso na Indústria, Marine Drone e Ocean Cleanup com a maior nota (7,5) e Banco de Plástico, com a nota mínima (0).

No C7, Longevidade, destacaram-se as soluções Isenção Fiscal, Tratamento de Esgoto, Quebra de Polímeros e Uso na Indústria e PETase com nota máxima (10) e Marine Drone, com a menor nota (2,5), devido à sua alta manutenção e exposição do aparato ao ambiente marinho.

No C8, Benefícios Sociais, destacaram-se as soluções Produção de Energia e Banco de Plástico, as únicas a pontuar nota máxima (10) neste critério, tendo em vista a participação direta da comunidade local, bem como as consequências positivas da implantação de tais soluções para as populações desfavorecidas.

2.6.2 Matriz de Decisão

Para avaliar as alternativas de solução foi proposto uma matriz de decisão, na qual cada alternativa recebe uma nota em cada critério. Levando em conta os pesos de tais critérios, cada uma recebe uma nota final de 0 a 10. Em caso de atender às duas condições, isto é, nota alta na matriz de decisão e boa relação entre medida profilática e remediativa, a proposta estará em condições de ser aprovada e detalhada. Nas Tabelas 13 e 14, são apresentadas as matrizes referentes a cada tipo de medida, considerados os pesos e as propostas definidas neste subprojeto.

Os critérios representados nas duas tabelas são:

C1 - Custo de Implantação

C2 - Simplicidade de Implantação

C3 - Tempo até Resultado

C4 - Impacto Ambiental Negativo

C5 - Disponibilidade Tecnológica

C6 - Eficácia

C7 - Longevidade

C8 - Benefícios Sociais

Tabela 13 - Matriz de Decisão para Medidas Profiláticas

Notas	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Média Ponderada
P1	7,5	10	6	10	7,5	7,5	7,5	0	7,78
P2	5	5	10	5	5	5	7,5	10	6,11
P3	2,5	2,5	3	10	10	5	10	0	6,39
P4	7,5	7,5	3	10	2,5	7,5	10	5	6,88
P5	2,5	5	6	5	5	7,5	10	0	5,90
			Alternativa Vencedora						P1

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

Legenda da tabela 13:

P1. Engenharia Civil e Plástico

P2. Produção de Energia

P3. Incentivo Empresarial

P4. Tratamento de Esgoto Reformulado

P5. Decomposição e Reuso Industrial do Plástico.

Tabela 14 - Matriz de Decisão para Medidas Remediativas

Notas	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Média Ponderada
R1	5	2,5	6	5	2,5	5	10	0	5,00
R2	2,5	2,5	10	5	5	7,5	2,5	0	5,83
R3	7,5	7,5	10	5	7,5	7,5	5	0	6,88
R4	10	7,5	6	10	10	0	7,5	10	6,74
R5	5	5	10	5	7,5	5	5	5	6,04
			Alternativa Vencedora						R3

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

Legenda da tabela 14:

R1. PETase

R2. Marine Drone

R3. Ocean Cleanup

R4. Banco de Plástico

R5. Ecoboat:

2.6.3 Escolha da Solução

Pela classificação parcial, considerando apenas o quesito nota, destacam-se as medidas P1, R3 e R4, uma possível composição. Em primeiro lugar, nota-se que, para as medidas profiláticas, a média geral foi de 6,61, ao passo que a P1 atingiu mais de um ponto acima desse valor. De fato, essa alternativa foi bem avaliada em quase todos os critérios, o que explica sua boa classificação. Em especial, conforme previsto, a parte de impactos ambientais e eficácia foi decisiva, posto que essa alternativa foi considerada ideal e com alto potencial de resolução para esses critérios, respectivamente. Nesse sentido, a complexidade, prevista no C2, foi também um diferencial, afinal foi somente a P1 que obteve o máximo nesse critério.

Em segundo lugar, o placar das medidas de recuperação oceânica ficou um tanto acirrado, sobretudo entre as alternativas R3 e R4. A diferença entre elas foi de apenas 0,14 pontos e verifica-se que em critérios onde uma das soluções possui baixa pontuação, a outra costuma receber uma nota alta. De fato, a alternativa R4 perde especialmente em eficácia, já que a amplitude da proposta não consegue suficientemente resolver o problema do plástico nos oceanos, mesmo porque está muito limitada à região costeira e à limpeza de praias, e também no tempo até resultado - ambos critérios em que a R3 pontua bem. Por outro lado, a alternativa R3 recebeu nota mínima em benefícios sociais, já que envolve poucas pessoas, minimizando a geração de empregos, e apenas 5 pontos em impacto ambiental negativo, enquanto a R4 recebeu nota máxima nestes dois quesitos. Desta forma, as duas podem complementar-se, cobrindo os pontos de fraqueza da outra e possibilitando uma solução mais eficiente.

Portanto, a solução escolhida foi a junção entre a P1, *Engenharia Civil e Plástico*, a R3, *Ocean Cleanup*, e a R4, *Banco de Plástico*.

2.7 Especificação da solução

2.7.1 Esquema Funcional

Considerando as avaliações da última seção, foi então definida a proposta principal de solução. Por ser esta uma composição de alternativas, é preciso explorar algumas frentes de trabalho: uma relacionada à coleta de plástico diretamente no ambiente dos oceanos, outra na sua utilização na construção civil. No meio desse processo, pela interdependência das alternativas, o material recolhido deve ser transportado até os centros de preparação da argamassa, componente essencial do concreto, onde será tratado e então adicionado com aditivo. Há, portanto, pelo menos três pontos de logística a serem especificados, a começar pela operação de recolhimento.

Ocean Cleanup

A Ocean Cleanup é uma organização sem fins lucrativos idealizada por Boyan Slat, atualmente com grande equipe de pesquisadores e engenheiros envolvidos na área. Funciona sobretudo por meio de doações e pela contribuição de trabalho voluntário. Além de realizar o trabalho de coleta de plástico mundo afora, produz objetos feitos com o material coletado (Figura 37), cujo valor da venda é revertido em capital para instalar mais sistemas de limpeza.

Figura 37 - Sunglasses Ocean Cleanup



FONTE: OCEAN CLEANUP, 2019.

Tal como mencionado na definição da alternativa R3, que foi selecionada, a Ocean Cleanup faz uso de métodos de retenção de plástico passivos, isto é, que funcionam por conta própria sem dispêndio de energia. Dentro dessa tecnologia, há o tipo *array*, que faz uso da corrente marítima para acumular um montante de plástico em um sistema composto de barreiras flutuantes fixadas numa extensão de cerca de 2km; e *sea anchor*, que é um dispositivo móvel acoplado de uma rede longa para coleta de resíduos plásticos, também movido pelas correntes marítimas. Os componentes também contam, em alguns casos, com eletrônicos autônomos movidos à luz solar para a detecção do aparato pelos navegantes na proximidade, como luzes de identificação. De maneira geral, boa parte da diferença entre os métodos está na mobilidade do conjunto. Em 2017, contudo, a organização preferiu investir majoritariamente no modelo *sea anchor*, o que não descarta, de todo, a possibilidade de instalação dos *arrays*, a depender da localidade.

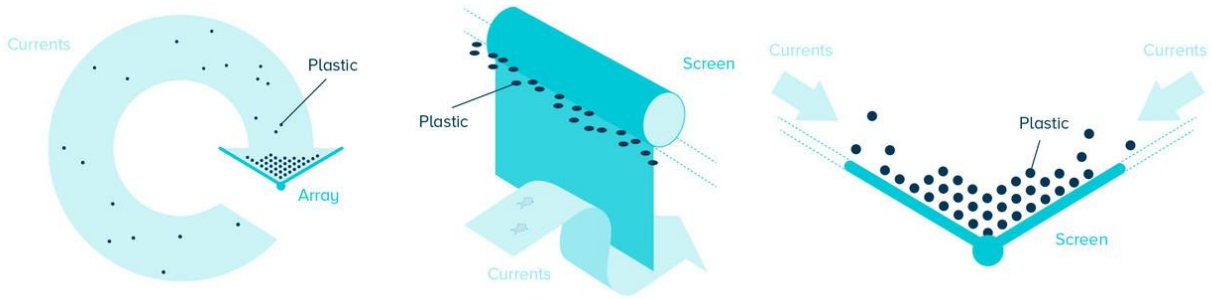
Existe tecnologia ainda em desenvolvimento, como o *Interceptor I* e *Interceptor 2*, aplicada já em rios, mas ainda não totalmente concluída para atuar no mar aberto. Interceptar o lixo em rios, entretanto, é também uma espécie de medida profilática, afinal o plástico é capturado antes mesmo de chegar ao oceano e dificultar sua coleta. Decerto, isso mostra que há pesquisa sendo realizada constantemente, o que amplia a capacidade de adaptação do projeto.

Vale ressaltar que nenhuma dessas opções consegue retirar microplástico, que é também parte do problema, o que novamente indica que a sua eficácia não é máxima. Mesmo assim, o "plástico flutuante" é suficientemente coletado, o qual seria, a priori, o mais impactante e imediato em termos da ecologia marinha. Uma sacola plástica, por exemplo, pode em poucos minutos asfixiar um animal marinho, enquanto o microplástico causa danos a longo prazo, sobretudo pela biomagnificação. Desse modo, é possível coletar plástico de maneira eficiente e concentrá-lo em pontos de coleta definidos. A seguir, será apresentado o funcionamento de alguns desses mecanismos citados.

Visando abranger a retirada de polímeros dos oceanos, a tecnologia "Ocean Cleanup Array" foi selecionada como parte da solução conjunta supracitada. Tal alternativa está em desenvolvimento desde 2012 e, no ano de 2021, já apresenta protótipos desenvolvidos e submetidos a testes de eficiência em mar aberto (THE OCEAN CLEANUP, 2021). Tal

tecnologia consiste em um longo flutuador, em forma de V, o qual permanece flutuando sobre as águas oceânicas, sendo responsável, além da flutuação, pela interceptação e condução das partículas de plástico até o centro do flutuador, onde se concentra o montante de polímeros, e de uma longa barreira que se estende para dentro do oceano, com o objetivo de evitar que as partículas plásticas passem por baixo do flutuador. A figura 38 demonstra o design desta tecnologia e sua interação com as correntes marítimas.

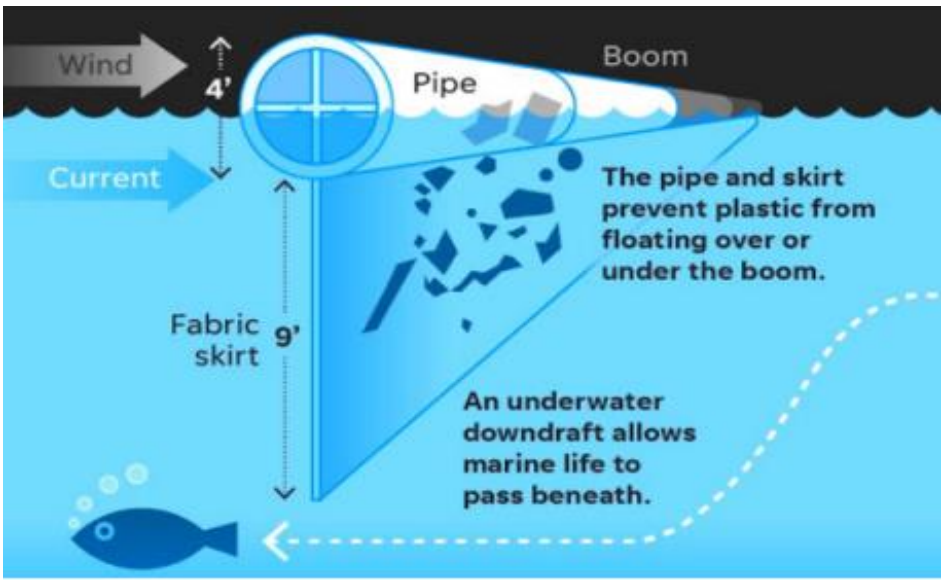
Figura 38 - Interações do Ocean Cleanup Array



FONTE: DOMMERGUES, B., 2017.

O funcionamento de tal tecnologia se dá pelas interações entre esta e as correntes de ar e marítimas nas quais o Ocean Cleanup Array é introduzido. Serão priorizadas inserções em áreas de giro oceânico, movimentação em formato circular das correntes marítimas (MENDES, 2007), nas quais encontra-se o ponto crítico de concentração de poluentes plásticos (DOMMERGUES, 2017). Assim sendo, o aparelho tecnológico é carregado pelos ventos e mares, de forma a ir de encontro com os resíduos que encontram-se flutuando nos oceanos e, assim, através da diferença de forças de contato presentes, tende a convergir e aglomerar os resíduos no centro do dispositivo. Além disso, graças ao deslocamento contínuo do Ocean 41 Cleanup Array, há a garantia de que os polímeros não vão se desprender do flutuador. Para tal, a figura 39 representa a interação entre o dispositivo, os ventos e a rede para conter os plásticos.

Figura 39 - Interações presentes no Ocean Cleanup Array



FONTE: OCEAN CLEANUP, 2019.

Contudo, para a acumulação final dos resíduos no centro do dispositivo, há diferentes estágios de captura do resíduo pelo Ocean Cleanup Array, que variam de acordo com métricas como o comprimento da "ilha de plástico", e o tempo necessário que tais resíduos devem ficar em contato com o dispositivo (SAINTE-ROSE, 2016). Para tal, esses estágios são parametrizados de acordo com as métricas citadas, as quais são representadas pela Tabela 15, na qual, denota-se a relação entre o comprimento dos montantes de plástico e o tempo decorrente até total captação do resíduo plástico. (SAINTE-ROSE, 2016)

Tabela 15 - Escala de acumulação de resíduos plástico

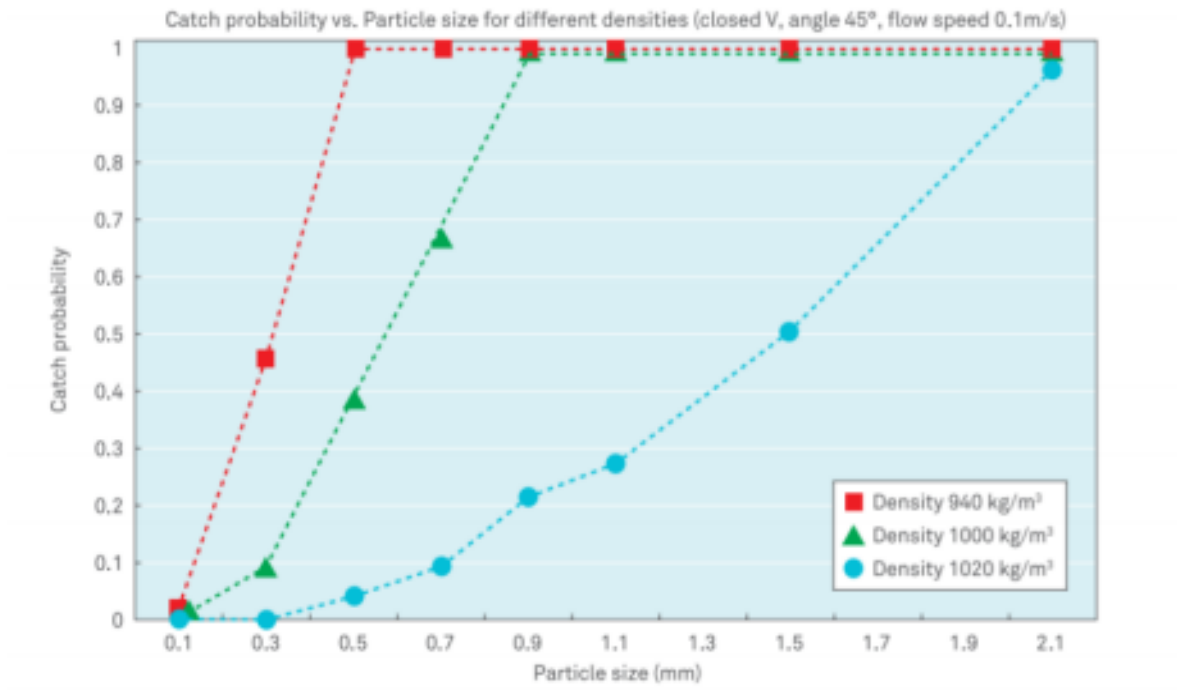
Phase	Length scale	Time scale
Interception	10^3 km – 1 km	months - weeks
Concentration	1 km – 10 m	weeks - hours
Capture	10 m – 10^{-2} m	10 s – 10^{-2} s

FONTE: SAINT-ROISE, B, 2016.

Além disso, a captação de resíduos plásticos dispersos é diretamente afetada pelo tamanho e pela densidade dos polímeros. Tal evento é categorizado na Figura 40, na qual, no

eixo vertical denota-se a probabilidade de captura, enquanto o eixo horizontal refere-se ao tamanho da partícula, adotando-se uma velocidade relativa média entre a partícula e o dispositivo, de 1m/s (SAINTE-ROSE, 2016).

Figura 40 - Relação entre o tamanho da partícula e a probabilidade de captura



FONTE: SAINT-ROISE, B., 2016.

Uma vez estabelecido as métricas para análise e estimativas de tempo para retenção dos resíduos plásticos, atreladas à relação entre probabilidade de captura e o tamanho da partícula, torna-se viável projetar a geometria do flutuador para maximizar a captação dos polímeros nas áreas desejadas do oceano (DOMMERGUES, 2017). Contudo, para uma aplicação prática desta solução, necessita-se de intervenções governamentais, visto que, apesar dessa alternativa já apresentar diversos estudos e estipulações de métricas a partir de testes, vide as métricas supracitadas, essa solução se trata de uma tecnologia que ainda está em fase de testes. Sendo assim, os valores de retenção de polímeros e valores de investimentos necessários são estipulados conforme os avanços dos estudos e testes, sendo tais números disponibilizados pela Ocean Cleanup, organização sem fins lucrativos responsável pelo desenvolvimento do Ocean Cleanup Array (THE OCEAN CLEANUP, 2021). Para tal, a Figura 41 representa o protótipo aplicado no Pacífico Norte em 2019.

Figura 41 - Protótipo Ocean Cleanup Array



FONTE: OCEAN CLEANUP, 2019.

Devido à necessidade de intervenção governamental para a aplicação desta solução, uma vez que a fundadora do conceito é uma organização sem fins lucrativos, o tempo de aplicação pode variar, dadas as diferentes políticas encontradas nos mais diversos países. Além do mais, necessita-se da construção dos flutuadores e transporte para os oceanos. Tal situação beneficiaria a sociedade, visto a necessidade de abertura de empregos para produção e suporte à manutenção dos flutuadores.

Portanto, apesar de ainda ser uma alternativa em desenvolvimento, o Ocean Cleanup Array possui baixa complexidade técnica para construção, atrelado a estimativa de baixos custos totais para retirada de 42% dos plásticos presentes no oceano e a possibilidade de desenvolvimento de benefícios sociais, tornando-se uma solução extremamente viável, sendo tomada como um dos constituintes da composição da solução final deste projeto.

Banco de plástico

O Plastic Bank é uma das soluções selecionadas e escolhidas através da matriz de decisão que, junto das demais, constituirá uma proposta de intervenção mais vigorosa para alcançar a efetividade dos objetivos planejados por essa pesquisa no combate à poluição antropogênica do ambiente aquático. No contexto atual, os plastic banks foram criados pela empresa social que leva o próprio nome da ideia, Plastic Bank, fundada em 2013 com o

objetivo inicial de transformar o plástico numa moeda, com foco no desenvolvimento social, para que assim pessoas pudessem adquirir produtos simples de subsistência mesmo em economias deficientes (PLASTIC BANK, 2021). Os primeiros testes do programa piloto foram feitos no Peru e no Haiti, onde obtiveram sucesso e conseguiram escalar o projeto até às Filipinas, nação que se tornou um dos focos principais para a empresa nos últimos anos.

O projeto atualmente consiste em um sistema digital integrado a pontos de coleta do material descartável. A mecânica de reciclagem funciona da seguinte forma: primeiro o coletor realiza um cadastro no sistema do Plastic Bank, em sequência ele já pode iniciar com as atividades de coleta do material, que será levado a um ponto de coleta onde será pesado e selecionado e, por fim, o coletor é contemplado com determinada quantia de tokens (pontos), que são gerenciados pelo sistema da empresa. Pela própria plataforma é possível realizar a troca dos tokens por produtos de higiene, alimentação, aulas particulares, planos de saúde e outros artigos de subsistência. A empresa também dá a opção de converter os tokens na moeda local, essa acessibilidade contribui para a formação do caráter de "moeda" que a Plastic Bank tem por objetivo vincular ao plástico descartado (PLASTIC BANK, 2021).

Figura 42 - Coleta de plástico



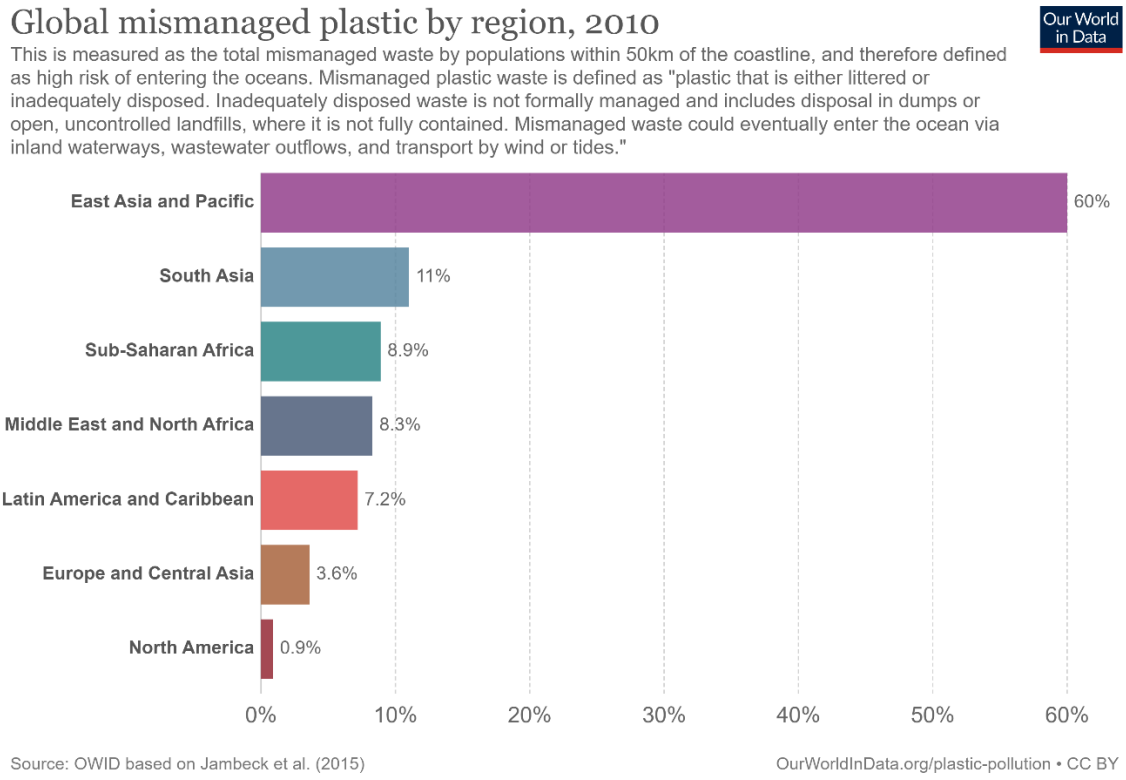
FONTE: NATION, 2015.

O CEO e fundador da empresa, David Katz, percebeu que, em países de extrema pobreza, é comum as pessoas viverem próximas a grandes quantidades de resíduos plásticos

pois não possuem infraestrutura de reciclagem, já que o transporte do material reciclado até as indústrias tornaria o valor do mesmo mais caro do que se produzido novamente, não estimulando o desenvolvimento de cooperativas locais. Vendo isso, Katz criou a Plastic Bank e junto dela o conceito de Social Plastic. A empresa veio com o objetivo de construir pontos de coleta em localidades carentes, como Haiti e Filipinas, onde a população local pudesse levar o material reciclado. Paralelamente, o Social Plastic é o que faz a mecânica acontecer, o conceito eleva o plástico reciclado pelo sistema da Plastic Bank à categoria de um item que contribui para o desenvolvimento humano, um "plástico social" (KATZ, 2019). Dessa forma, as empresas que utilizarem esse plástico serão estimuladas a pagar essa diferença a mais em relação ao plástico fabricado em troca de promoverem seus produtos a itens que patrocinam o combate à pobreza e à poluição dos oceanos.

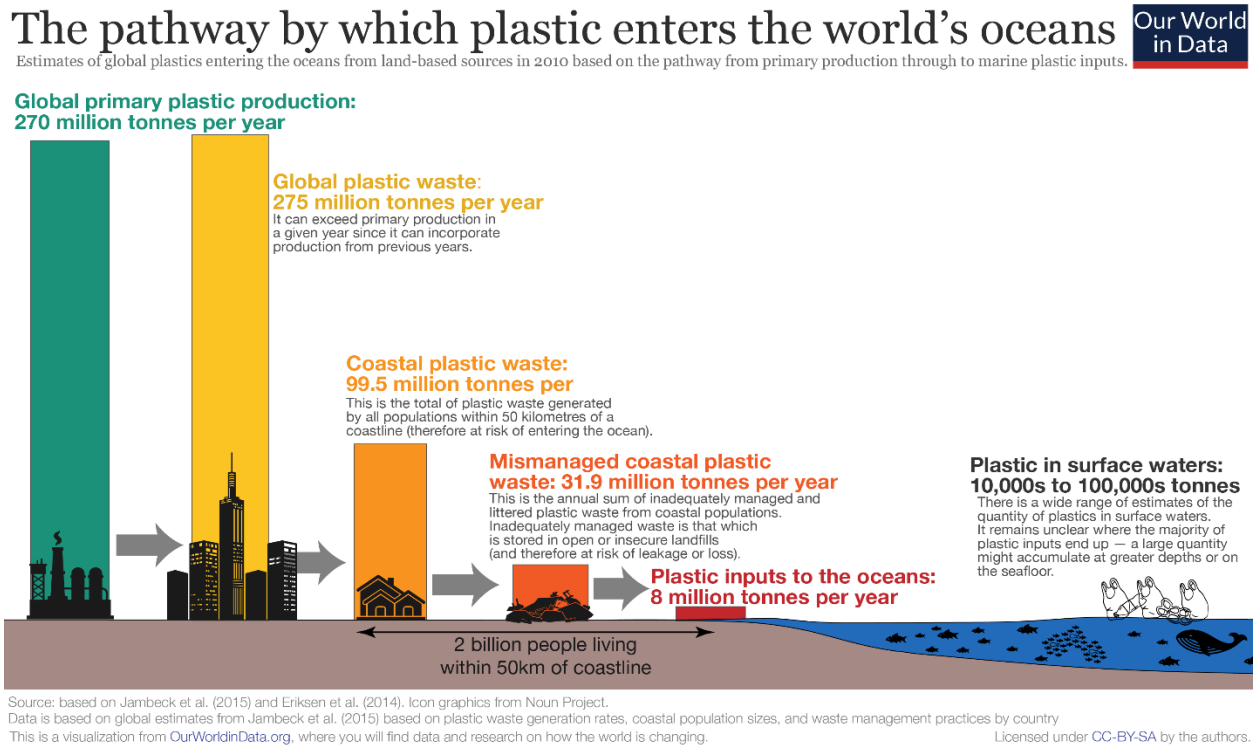
Para alcançar a efetividade dentro dos objetivos propostos por essa pesquisa, o Plastic Bank deve passar por aprimoramentos na fase inicial de implantação das soluções. Dessa forma, para que o projeto de David Katz alcance patamares globais, será preciso desenvolver características ao projeto que fomentem estímulos que tornem essa solução não só atraente para países subdesenvolvidos, mas também para os desenvolvidos e, principalmente, para os grandes polos de industrialização do Sudeste Asiático, região responsável por mais de 60% do total anual de resíduos plásticos despejados nos oceanos (OUR WORLD IN DATA, 2021).

Figura 43 – Gráfico do manejo do plástico por região



FONTE: OUR WORLD IN DATA, 2010.

Figura 44 - Gráfico do caminho dos plásticos



FONTE: OUR WORD IN DATA, 2010.

Em relação a sua avaliação pelos critérios da matriz de decisão, tanto em benefícios sociais quanto em disponibilidade tecnológica, impacto ambiental e longevidade da solução, em todos esses parâmetros o Plastic Bank recebeu nota 10,0 no desenvolvimento da matriz de decisão. Nesse sentido, a solução foi criada a partir de uma ideia que tinha por objetivo desenvolver comunidades carentes de países onde a pobreza atinge níveis extremos, satisfazendo o parâmetro social. Da mesma forma, o Plastic Bank está adequado às tecnologias existentes, necessitando, apenas, de uma interface virtual, que já está desenvolvida e operante, satisfazendo o parâmetro tecnológico. É uma solução com zero potencial de poluição, sendo desenvolvida totalmente em função de ser uma atividade saudável para o ambiente, de acordo com o parâmetro medido de impactos ambientais. Ademais, é uma solução cujas perspectivas de atuação são muito longínquas, visto que o plástico permanecerá sendo um elemento muito presente na indústria nas próximas décadas. A Plastic Bank, portanto, constitui uma opção para contemplar o conjunto de soluções escolhidas para alcançar os objetivos do projeto, sendo uma proposta que carrega características que se enquadram dentro da exigência de tempo que o projeto almeja e traz,

dentre as três soluções, o caráter social mais enfatizado e efetivo, atingindo diretamente as regiões que mais precisam de intervenções humanitárias.

Figura 45 – Equipe de coleta do Plastic Bank



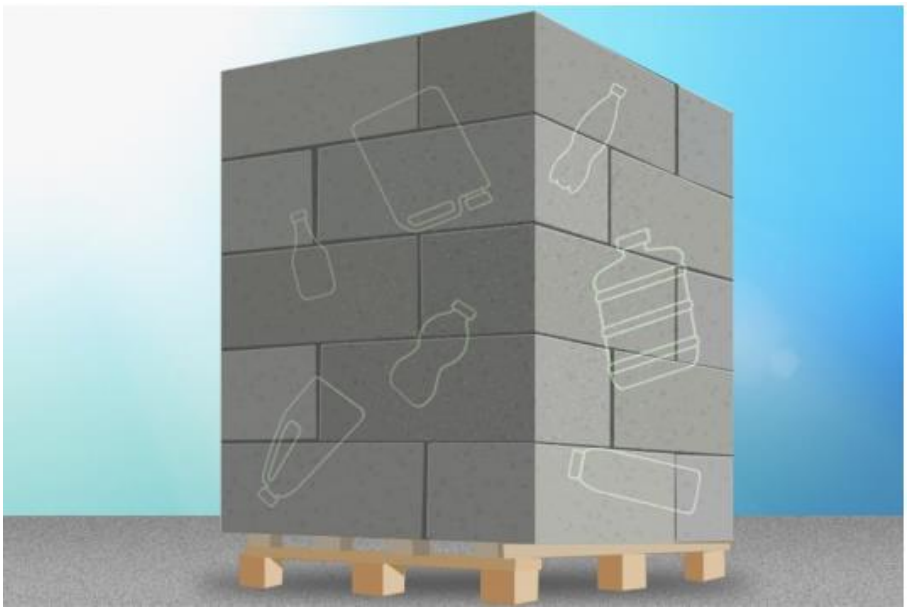
FONTE: WORD PULSE, 2018.

Concreto aditivado

A adição de plásticos na produção de concretos tem sido tema de inúmeras pesquisas nos últimos anos. Além de uma forma eficaz de reciclagem do plástico, estudos demonstram até benefícios em certos casos na utilização dessas substâncias na composição dos materiais de construção, contribuindo mais ainda para a competitividade dessa alternativa para a resolução do problema dos plásticos no oceano (ALMESHAL *et al*., 2020).

Esta solução pretende dar um destino ao plástico retirado pelas outras soluções apresentadas, mesclando-o de forma pulverizada ao concreto utilizado na construção civil, em especial em obras públicas ou de grande porte, assim evitando que ele seja novamente descartado de maneira irregular e volte à natureza ou aos oceanos e conferindo ao produto final diversas propriedades novas, como aumento da resistência, menor peso e menor impacto ambiental.

Figura 46 - Desenho representando o concreto aditivado



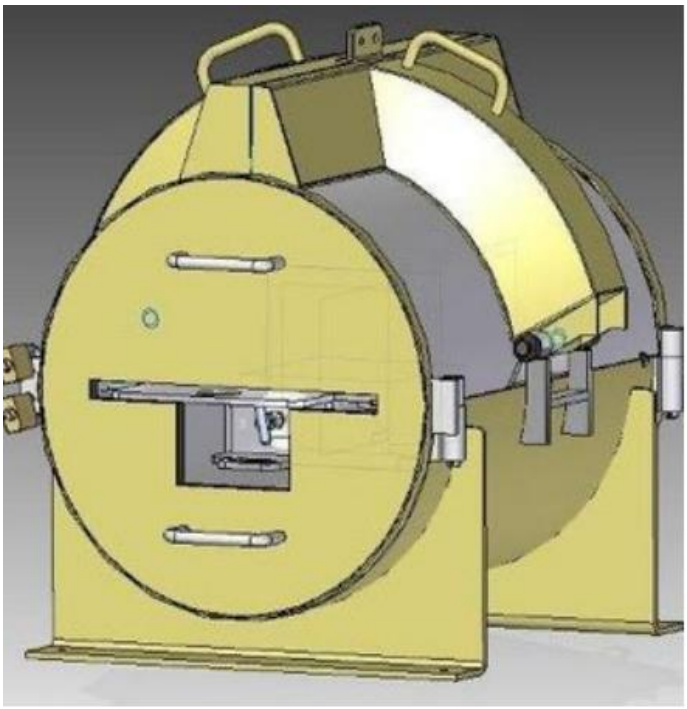
FONTE: CHU, 2017.

De fato, em pesquisa conduzida no Massachusetts Institute of Technology (MIT), o tratamento de flocos de politereftalato de etileno (PET), comumente utilizado em garrafas e embalagens, com radiação gama de baixa intensidade proveniente de um irradiador de cobalto-60 (Figuras 47 e 48), sua posterior pulverização em partículas finas e adição à pasta de cimento para produção de concreto teve como resultado um aumento de até 15% na resistência em relação ao concreto convencional (SCHAEFER *et al*., 2017).

Além disso, há uma clara melhoria com relação à geração de dióxido de carbono no processo. A indústria de cimento é responsável por cerca de 5% do dióxido de carbono liberado por atividades humanas em todo o mundo (WORRELL *et al*., 2001). Com a substituição de parte do cimento utilizado na fabricação do concreto pelo plástico reciclado irradiado, haveria uma redução no volume de gás carbônico liberado por metro cúbico de produto final. O concreto resultante, apesar de conter o plástico tratado com radiação gama, não possui radiação residual e não é de forma alguma prejudicial à saúde humana. A quantidade de plástico utilizada é de 1,5% volume/volume ou 1,25% massa/massa, mesclada ao cimento tradicional, popularmente chamado “cimento Portland”, e a um aditivo mineral comum, constituído por cinzas volantes ou microssílica. O melhor resultado foi obtido no

concreto contendo o plástico irradiado juntamente às cinzas volantes (SCHAEFER *et al*., 2017).

Figura 47 - Representação de irradiador de cobalto-60



FONTE: MOURA, 2011.

Figura 48 - Amostra de Cobalto-60 em laboratório



FONTE: WIKIPEDIA, 2020.

Juntando-se a isso, há a dificuldade em implantar uma solução tão inovadora em uma indústria já profundamente estabelecida. Em 2019, o Brasil produziu mais de 59 milhões de toneladas de cimento Portland, o tipo mais comum utilizado para a produção do concreto aditivado (SNIC, 2019), representando 1,5% do total produzido mundialmente no mesmo ano (USGS, 2020). Uma grande quantidade de empresas, de indústrias e de produto significa mais tempo para implantação total, maior gasto com instalações e maior possibilidade de resistência por parte das empresas de acatar o novo método. Assim, aumentam tanto o tempo de implantação da solução quanto sua complexidade.

A adição do plástico irradiado no concreto traz vantagens à construção civil, como elevada resistência e durabilidade, permitindo seu uso em obras públicas e de larga escala. Seu uso traz vantagens ambientais, diminuindo a pegada de carbono da indústria cimenteira, e sociais, gerando grande quantidade de empregos. Porém, faz-se necessário lembrar novamente que os estudos relacionados a este produto ainda têm muito a avançar, para que se possa avaliar o comportamento do material a longo prazo e assim atingir máxima eficácia.

Um ponto de destaque desta solução é sua longevidade. O tempo necessário para a degradação do plástico, que pode chegar a 450 anos (NOAA, 2018) torna-se uma qualidade quando aplicada à construção civil. O concreto aditivado com plástico reciclado tem grande durabilidade, dando um fim ao resíduo retirado dos oceanos, mantendo suas propriedades por um longo período, sendo por isso eficaz para construções públicas de largas dimensões e de alta demanda.

Outro ponto a ser levado em conta é o benefício social que pode ser gerado pela solução. O setor da construção civil, nos primeiros nove meses de 2020, gerou 102.108 empregos formais (CBIC, 2020). Com a adição de novos processos, será necessário envolver um maior número de profissionais de diversas áreas na produção, demandando assim a abertura de vagas de emprego, especialmente para mão-de-obra especializada para a realização dos processos técnicos e químicos. Além disso, há também a necessidade de trabalhadores para construírem as obras com o concreto aditivado, envolvendo assim mais uma gama de empregados para dar conta de projetos desse porte.

Figura 49 - Bloco de concreto composto por plástico marinho



FONTE: REPLAST BYFUSION, 2018.

Deve-se notar que a aplicação de resíduos plásticos como aditivo do concreto é uma área de pesquisa ainda muito recente e que necessita de trabalhos mais aprofundados e de maior amostragem de análise, além de pesquisas que avaliem a manutenção de suas

propriedades a longo prazo. No estudo conduzido pelo MIT, os pesquisadores responsáveis estimulam pesquisas que pesquisas na área sejam realizadas para que possa ser definida qual a taxa mais eficiente de plástico a ser adicionado ao material e quais os aditivos minerais mais recomendados para obter a máxima qualidade do concreto (SCHAEFER *et al*., 2017).

Em suma, apesar de possuir problemas notáveis quanto ao tempo e complexidade de implantação, processos altamente técnicos, equipamentos e profissionais especializados, sua eficiência como medida profilática faz do concreto aditivado uma solução eficaz para os objetivos dessa pesquisa, estabelecendo um destino ideal para o resíduo plástico retirado dos oceanos.

Figura 50 - Concreto aditivado



FONTE: CATRACA LIVRE, 2018.

Junção das soluções selecionadas

A partir do detalhamento do funcionamento, dos custos e dos benefícios das três soluções selecionadas, torna-se possível estruturar um plano de funcionamento para a solução final, que será a junção das três alternativas supracitadas.

Inicialmente, a implementação deve ser aprovada dentro das leis de cada país, gerando a necessidade da criação de meios reguladores tanto para o processo de implementação como para o funcionamento da solução conjunta, visto que todas as etapas buscam métodos de

contribuir para a retirada de resíduos poluentes dos oceanos de forma a criar conjuntamente benefícios para a sociedade e, desta forma, a regulação torna-se necessária contra casos de fraude.

A partir da aprovação da solução, deve-se iniciar os estudos para o desenvolvimento de flutuadores mais adequados de acordo com as condições oceânicas de cada região de implementação e consequente construção e emprego da tecnologia Ocean Cleanup. Tal processo deve ser aplicado de forma a abrir vagas de emprego em regiões litorâneas para assim gerar benefícios para tais comunidades.

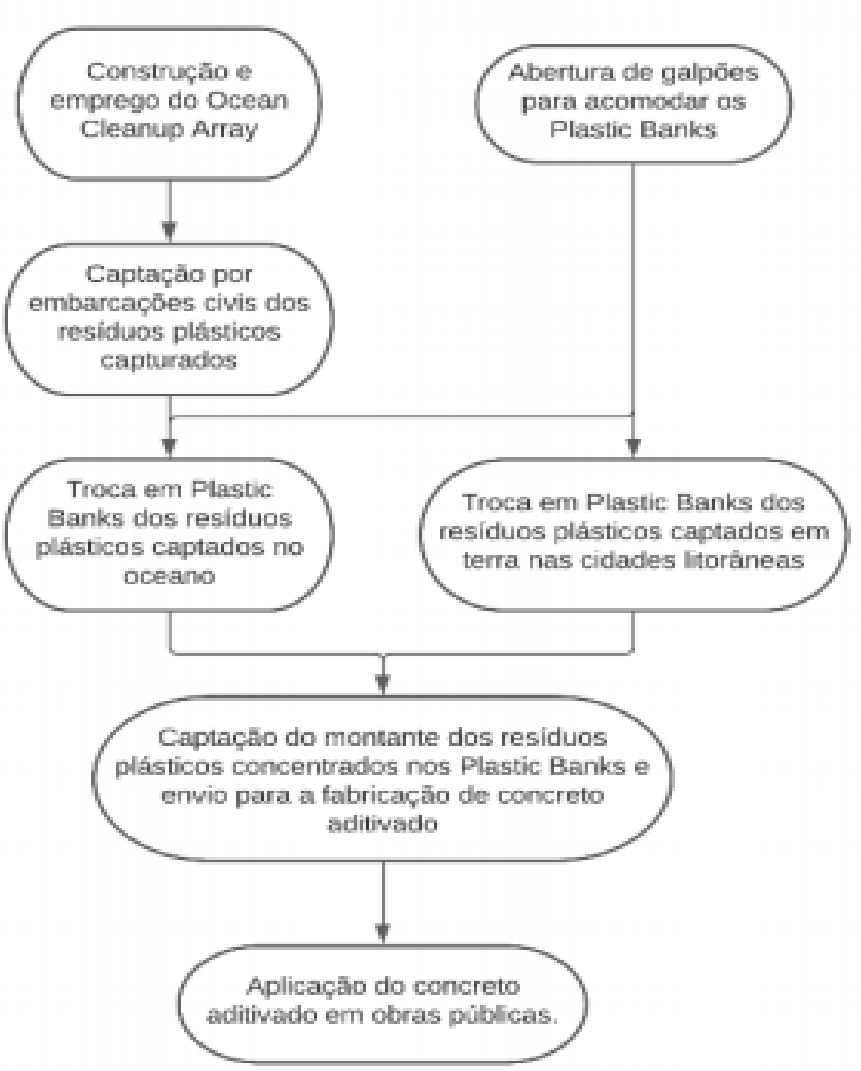
Juntamente com o desenvolvimento do equipamento de captação de resíduos poluentes dos oceanos, deve-se iniciar o processo de abertura de galpões em regiões litorâneas com intuito de implementar bases para os Plastic Banks. Da mesma forma que o desenvolvimento do Ocean Cleanup Array, essa fase de implementação deve buscar abertura de vagas para a população das comunidades de regiões costeiras. Além disso, deve-se iniciar os preparativos econômicos para o suporte dos benefícios fornecidos nos bancos de plástico.

Em sequência, cada nação deve iniciar um programa de investimentos na indústria capaz de converter plástico em concreto aditivado. Esta fase deve ser altamente regulada, devido a uma maior necessidade de investimento de recursos financeiros governamentais, seguido do objetivo de estimular o desenvolvimento de acordos comerciais com a iniciativa privada para a fabricação do concreto aditivado.

Com a conclusão dessa etapa de captação de recursos e preparação logística, a solução pode ser implementada com campanhas de conscientização, marketing, e divulgação dessas novas alternativas de descarte do plástico, fornecidas por este projeto.

O funcionamento citado está representado no fluxograma a seguir:

Figura 51 - Fluxograma da implementação da solução.



FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

A partir da construção e emprego do Ocean Cleanup Array, juntamente com a abertura e implementação dos Plastic Banks, o projeto estará pronto para início. Para tal, os Ocean Cleanup Arrays desenvolvidos irão captar os resíduos sólidos dos mares e a partir das campanhas governamentais de marketing, espera-se que a população litorânea com acesso a embarcações, dentre os quais visa-se todos os diferentes portes, desde pequenos barcos pesqueiros até grandes embarcações, tornem a captar tais resíduos coletados nos aparelhos em alto mar.

Ocorrendo a captação dos resíduos sólidos, estes devem ser encaminhados para os galpões abertos para o estabelecimento dos Plastic Banks, onde ocorrerá a separação de de plásticos do montante de resíduos coletados e, concluída a separação, os indivíduos responsáveis pela captação serão contemplados com os tokens.

Dessa forma, o Estado fica responsável pela captação dos resíduos plásticos acumulados nesses galpões, os quais serão direcionados diretamente para as indústrias responsáveis pela produção de concreto aditivado. Tal concreto, dependendo dos acordos comerciais firmados na fase de implementação do projeto, pode ser destinado tanto para obras públicas quanto para obras de iniciativa privada.

A frente referente ao transporte também deve ser abordada para recolher o material coletado pela Ocean Cleanup, assim como pelos bancos de plástico. Periodicamente, similar aos caminhões de lixo atuando em vias urbanas, “barcos de lixo” farão o recolhimento do material acumulado para processamento. No modelo atual, ainda não adaptado ao projeto, esses barcos retornam aos centros de triagem da empresa e então lá despejam o conteúdo da coleta. Para a composição de alternativas funcionar plenamente será preciso que esses resíduos sejam, numa próxima etapa, encaminhados ao setor fabril de produção dos elementos do concreto ou piso.

Assim, toda a logística de transporte dependerá da localização dessas empresas para ser eficiente. Há, por exemplo, indústrias desse tipo que já se localizam na costa e têm acesso ao porto, o que facilita o transporte, visto que boa parte do caminho já é por via naval. Os barcos de lixo podem, então, optar pelo caminho de retornar aos centros de triagem e percorrer pequeno trecho na costa até a indústria ou simplesmente recorrer diretamente a ela, se possível.

No caso de unidades fabris interioranas, o processo é mais complicado, pois é a negação de vários passos da suposição anterior. Primeiramente, há de se convir que é inviável entregar resíduos num centro e então cruzar o país inteiro via rodovias para chegar à fábrica.

Logo, deve-se estabelecer um limite aceitável de distância continente adentro para o lixo plástico ser transportado por sistemas terrestres. Em faixas de até 50 km, pode-se considerar a região ainda litorânea e, ao menos para países minimamente urbanizados,

razoável de ser transportada. Se a distância excede esse parâmetro, torna-se difícil definir em que medida a proposta deixa de ser viável, afinal o benefício obtido é ofuscado pelo custo de transporte. Então, a depender da região a ser desenvolvido o projeto, é preciso avaliar as empresas parceiras e escolher as mais convenientes para executar o serviço, considerando sua acessibilidade.

2.7.2 Estimativas e parâmetros

Ocean Cleanup

Os principais estudos desta solução estão localizados nos mares do Pacífico Norte, no qual, estima-se que contenha cerca de 580.000 resíduos plásticos por km² (ALGALITA *et al.*, 2008). Para tal condição, assumindo um flutuador de 2 km de comprimento e um metro de profundidade, estima-se retirar até 13.2 toneladas de plásticos ao ano (SLAT'S, 2021).

Em relação aos custos, segundo estudos disponibilizados acerca da eficácia da solução citada, a estimativa é que em 10 anos, considerando o início da década do oceano como base, estima-se que esta solução, caso aplicada em larga escala, pode retirar até 42% dos polímeros presentes nos oceanos, e isto a um custo total de USD $390 milhões (OCEAN CLEANUP, 2013). Além disso, a OMAE 2017, a 36ª conferência internacional dos oceanos, determinou que esta solução pode ser tida como viável para a retirada de plásticos dos oceanos (DOMMERGUES, 2017). Assim sendo, com a solução demonstrando-se viável, necessita-se avaliar seus benefícios relativos aos critérios estabelecidos previamente para a escolha das soluções.

Banco de Plástico

O primeiro parâmetro analisado para a possibilidade de aprimoramento foi o custo de implantação, o qual obteve nota 10,0 na análise da matriz de decisão. Por ser uma empresa autossuficiente, já que cobre os gastos do gerenciamento com a própria venda do Social Plastic, e que, muitas vezes, consegue aproveitar uma infraestrutura local para se instalar, realizando parcerias com cooperativas de reciclagem locais (KATZ, 2019), os plastic banks podem instalar-se sem gerar custos significativos para a empresa.

Ademais, as despesas com a instalação do projeto em uma localidade se resumem à contratação de uma equipe local de suporte aos catadores e do envio de equipamentos de acessibilidade ao sistema digital, já que a empresa costuma atuar em construções locais sem uso para sediar a unidade de plastic bank, isso quando não há cooperativas locais.

Nesse sentido, os custos de implantação de um plastic bank estão numa média de $50.000,00, contando com equipamentos digitais e maquinários, se preciso, e uma manutenção mensal, fruto dos salários das equipes locais e a manutenção dos sistemas integrados a rede, de $5.000,00. Se escalada a níveis globais, estima-se que a implementação de aproximadamente 5.000 novas unidades de plastic bank, quantidade suficiente para lidar com 5 nações em condições análogas ao Haiti (PLASTIC BANK, 2021), gere um custo de, aproximadamente, $250.000.000,00, e um custo mensal de $25.000.000,00 com funcionários e manutenção dos serviços.

Dessa forma, a solução possui características ideais para ser escalada a um patamar de influência global, podendo estar em locais de extrema fragilidade econômica por não necessitar de grandes investimentos para sediar um plastic bank em uma região debilitada, visto que o retorno dos valores investidos é rapidamente coberto pela venda do Social Plastic.

O tempo até atingir resultados é um dos parâmetros que precisa de aprimoramento para alcançar a efetividade ideal no projeto. Desde sua fundação, em 2013, a Plastic Bank já reciclou 24.921 toneladas de plástico, sendo que 17.448 toneladas, aproximadamente 70% do total, foram somente no último ano, evidenciando um notável crescimento exponencial da influência da startup (PLASTIC BANK, 2021). Todavia, todo ano são liberados aproximadamente 275 milhões de toneladas de resíduos plásticos aos mares (OUR WORLD IN DATA, 2021), ou seja, apesar dos esforços, a Plastic Bank não reciclou, em toda sua existência, 0,009% do plástico descartado dentro de 1 ano.

Para a efetividade dessa solução no âmbito do projeto, o tempo de desenvolvimento dos percentuais de plástico reciclado devem ser reduzidos, para isso a empresa deve investir em expandir sua influência nas áreas com os maiores índices de descarte irregular do material, como Índia, China e Indonésia. Outra opção, que pode ser trabalhada em paralelo, seria buscar apoios governamentais para gerar estímulos para a implementação do sistema em nações que sofrem com a deficiência no sistema de coleta desses rejeitos.

Nesse sentido, considerando os problemas com pobreza, quantidades excessivas de resíduos plásticos em corpos d'água e vias públicas, unidos do potencial de desenvolvimento de infraestrutura que a industrialização levou a esses países do Sudeste Asiático, uma boa receptividade ao projeto pelos governos locais é um cenário real.

A eficácia da solução é outro parâmetro que necessita de aprimoramento para o escalonamento à nível global da solução. Assim como disse David Katz em sua participação no TED em 2018, antes de solucionarmos o problema do plástico que já está no mar devemos solucionar o problema do plástico que será jogado no mar, e este é o real objetivo da Plastic Bank até então (KATZ, 2019).

O aprimoramento do caráter no critério de eficácia para essa solução seria elevar ela à possibilidade de solucionar o problema de maneira total, ou seja, evitando que resíduos entrem no ambiente marinho e removendo aquele que já está lá. Esse poderia ser um cenário real se o conceito de Social Plastic se desenvolvesse de tal modo a estimular a busca de plástico em alto mar, com o nascimento de cooperativas próprias para isso.

Todavia, a valorização desse conceito em níveis econômicos é um fenômeno que levaria um mínimo de 5 anos, não sendo possível contar com isso para os objetivos desse projeto, considerando a proposta de atingir a meta em até 10 anos. Ademais, essa área de deficiência da solução envolvendo a Plastic Bank será assegurada pela solução envolvendo o Ocean Cleanup Array, e, por esse motivo, o aprimoramento desse critério dentro da solução de Plastic Bank não será necessário.

Concreto Aditivado

Há tempos busca-se uma maneira de baratear os custos de fabricação do concreto, pois os aditivos utilizados para torná-lo mais leve são caros e têm severos problemas de qualidade (CHOI *et al*., 2005). Apesar dos custos envolvidos para irradiação dos flocos plásticos, já que o cobalto-60 possui um custo aproximado de 139 dólares por grama (FLINN, 2021) ou 2,50 dólares por Curie (GIPA, 2014) e os irradiadores que utilizam esse composto podem ter um preço entre 920,000 e 3,3 milhões de dólares (MORRISON, 1989), o uso de plástico reciclado – uma matéria-prima tipicamente barata – pode contribuir para uma diminuição do custo de

certas partes do processo produtivo que, aliada às melhorias na qualidade, dão ao concreto um custo-benefício mais vantajoso, influenciando as indústrias a utilizar este novo método.

O preço médio do concreto convencional fica entre 55 e 85 dólares por tonelada e o cimento Portland utilizado na mistura custa cerca de 11,50 dólares por saca de 94 libras (42,6 kg) (HG, 2021), totalizando assim aproximadamente 270 dólares por tonelada de cimento Portland. Sendo a densidade do concreto de aproximadamente 2400 kg/m3 (ARI, 2009) e a do cimento Portland de aproximadamente 3130 kg/m3 (BREEDON, 2021) e utilizando-se da proporção mais comum para mistura de concreto, que tem a sétima parte do volume constituída pelo cimento (BN, 2017). Assim, uma tonelada de concreto tem volume de aproximadamente 0,416 m³, sendo desses, 0,059 m³, ou 186 kg, são de cimento Portland. Portanto, há um custo de até 50,22 dólares em cimento por tonelada de concreto produzida.

No concreto aditivado, há a substituição de um volume de cimento Portland equivalente a 1,25% do volume total de concreto pelo politereftalato de etileno (PET) retirado da natureza (SCHAEFER *et al*., 2017). Isso representa uma redução de 0,0052 m³, ou 16,276 kg, de cimento por tonelada de concreto, totalizando uma economia de cerca de 4,39 dólares por tonelada de produto final, uma redução de 8,75% no preço, que cai para 45,83 dólares por tonelada, considerando o preço do plástico desprezível, já que ele seria obtido diretamente da natureza e reciclado. O custo total da produção seria obtido ao unir todos os fatores citados, entre os utilizados na irradiação e os aditivos envolvidos, atingindo 240 dólares por jarda cúbica de concreto aditivado (ALQAHTANI *et al*., 2020) ou 315,78 dólares/m³, ou ainda, sendo a densidade do plástico reciclado igual a 630 kg/m3 em média (ALQAHTANI *et al*., 2020), aproximadamente 127,80 dólares por tonelada.

Apesar de tal fator balancear os custos, fazendo com que ele não seja exageradamente caro para as empresas, há uma complexidade consideravelmente alta envolvida na implantação do processo, como mostrado no estudo do MIT. O processo de irradiação do politereftalato de etileno demanda mão-de-obra e equipamentos altamente especializados, além de estrutura bem planejada e construída, já que há a manipulação de um isótopo radioativo. O Co-60, quando em contato com a pele humana, pode causar queimaduras severas, mal-estar e até mesmo a morte, e é absorvido em pequenas quantidades pelo fígado, rins ou tecido ósseo quando ingerido, podendo levar a um câncer (CDC, 2018). Portanto, é

necessário extremo cuidado na instalação e manipulação dos irradiadores durante o processo de tratamento do plástico.

Custos de implantação e Manutenção

A partir da construção e emprego do Ocean Cleanup Array, juntamente com a abertura e implementação dos Plastic Banks, o projeto estará pronto para início. Para tal, os Ocean Cleanup Arrays desenvolvidos irão captar os resíduos sólidos dos mares, e a partir das campanhas governamentais de marketing supracitadas, espera-se que a população litorânea com acesso a embarcações, dentre os quais visa-se todos os diferentes portes, desde pequenos navios pesqueiros, até grandes embarcações, tornem a captar tais resíduos coletados nos aparelhos em alto mar. Ocorrendo a captação dos resíduos sólidos, estes devem ser encaminhados para os galpões abertos para o estabelecimento dos Plastic Banks, onde ocorrerá a separação de plásticos do montante de resíduos coletados, e concluído a separação, será fornecido aos indivíduos responsáveis pela captação os benefícios existentes, dentre os quais podem variar desde fornecimento desde alimentação até planos de saúde, por exemplo. A partir de então, o Estado fica responsável pela captação dos resíduos plásticos acumulados nesses galpões, os quais serão direcionados diretamente para as indústrias responsáveis pela produção de concreto aditivado. Tal concreto, dependendo dos acordos comerciais firmados na fase de implementação do projeto, pode ser destinado tanto para obras públicas quanto para obras de iniciativa privada.

Ademais, o custo relativo para a implantação deste projeto leva em conta muitas variáveis, visto que existem medidas ainda em processo de prototipagem, ou medidas já aplicadas com sucesso em diferentes regiões do mundo. Para base de cálculo, se levará em conta o dólar estadunidense como moeda padrão, sendo a fonte de informações já supracitadas no detalhamento de cada solução.

- **Ocean Cleanup Array:** Esta fase do projeto não possui dados estudos assertivos de implementação, apenas uma estimativa de valores para retirada de 42% de resíduos sólidos ao longo de 10 anos de USD $390 milhões, e para fins de cálculo, será adotado o valor de USD $39 milhões ao ano e USD $3,25 milhões ao mês;

- **Plastic Bank:** Para implantação de uma unidade de plastic bank, estima-se o valor de USD $50.000,00, além de USD $5.000,00 para o mantimento de cada unidade, contendo neste valor gastos para o funcionamento da unidade. Assumindo a construção de 5000 novas unidades ao redor do mundo, estima-se o valor de USD $250 milhões para implantação destas unidades, além de USD $25 milhões para o mantimento do funcionamento das unidades de plastic bank.

- **Concreto aditivado:** Segundo estudos do MIT, o concreto aditivado é estimado para possuir um valor em torno de USD $50,22 por tonelada de concreto produzido. Este valor depende de variáveis como nível de engajamento da população ao longo do processo de funcionamento do projeto, mas será assumido a produção de 11 milhões de toneladas de concreto aditivado ao ano, visto que este valor representa um trezentos avos da produção global de concreto em geral (THE GLOBAL CEMENT REPORT, 2020), totalizando um custo de produção aproximado de USD $552 milhões ao ano, e USD $46 milhões ao mês.

A tabela 16, apresenta a junção dos custos de produção para cada parte do projeto, e contempla uma estimativa de total de gastos a nível global para a implantação deste projeto. Entretanto, o concreto aditivado não possui valor estipulado para implementação do processo de fabricação na indústria, então este será considerado apenas na tabela de custos de manutenção do projeto.

Tabela 16 - Custos de implantação

	Mensal	Anual
Ocean Cleanup Array	USD $3,25 milhões	USD $39 milhões
Plastic Banks	USD $20,83 milhões	USD $250 milhões
Total	USD $24,08 milhões	USD $289 milhões

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

A tabela 17 apresenta os custos de manutenção do projeto, segmentado para cada área de atuação, contemplando assim uma estimativa global do total de gastos. Contudo, o Ocean

Cleanup Array não possui valores de manutenção devido a como seu projeto foi desenvolvido.

Tabela 17 - Custos de Manutenção

	Mensal	Anual
Plastic Banks	USD $2,08 milhões	USD $25 milhões
Concreto Aditivado	USD $46 milhões	USD $552 milhões
Total	USD $48,08 milhões	USD $577 milhões

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

2.7.3 Impactos Previstos

Apesar de toda a logística aparentemente funcionar muito bem, eventuais dúvidas podem surgir quanto à funcionalidade do esquema. Por exemplo, na parte de recolhimento, lançar redes "desgovernadas" em pleno oceano (*sea anchor)* não capturaria animais marinhos? E que garantia se pode ter de que navios não cruzem o sistema, causando sua destruição? Ademais, se alguns dos componentes das barreiras e coletores também forem de plástico, ao largá-los no mar não se estará contra intuitivamente recaindo no mesmo problema que se quer resolver? Essas e outras questões podem incomodar em um primeiro momento, alertando para um possível impacto ambiental, mas, na verdade, são refutáveis.

Um estudo divulgado pela própria organização (OCEAN CLEANUP, 2019) tratou da observação intensiva de um dos sistemas em atuação por 116 dias com monitoramento contínuo de 1045 horas, tanto visual quanto sonoro. Nesse longo período analisado, concluiu-se que, de fato, a taxa de captura de seres marinhos é mínima, considerando que nenhum sequer foi capturado. Com efeito, não se pode comparar um sistema passivo desse tipo com um esquema de pesca industrial, que usa redes de forma muito mais controlada e com outros artifícios visando unicamente a captura. Portanto, a conclusão é de que, pelo menos nesse sentido, não há ameaça direta ao ecossistema oceânico.

Da mesma forma, a chance de cruzamento entre um barco e uma *sea anchor* é muito pequena, considerada a extensão do oceano. Contudo, mesmo que haja uma aproximação entre os dois, há pelo menos 5 camadas de reconhecimento que permitem ao condutor da embarcação identificar uma *sea anchor*. São elas: (1) avisos de navegação periódicos; (2) uso de AIS no sistema (Automatic Identification System), uma espécie de sistema de monitoramento por radar; (3) sistema de reflexão de radar; (4) luzes do próprio sistema; e por último (5) a visualização a olho nu dos componentes, o que só ocorre quando a distância é realmente curta e todas as outras camadas não obtiverem êxito. Com todas essas precauções, é altamente improvável que ocorra uma colisão.

Ademais, dada a complexidade do sistema inserido no oceano, não se pode absolutamente afirmar que "joga-se plástico no mar para tirar plástico do mar", porquanto tudo é muito bem controlado para que funcione conforme o esperado. Todas as unidades em funcionamento são rastreadas e eventualmente o material por elas coletado é descarregado por barcos. Logo, não se acumula plástico, como também não fica estagnado no mesmo ponto, conforme a questão sugere. Destarte, as ações da Ocean Cleanup para a redução do plástico têm grande capacidade de resolver a parte do problema que lhes cabe sem causar impactos ambientais cumulativos, uma vez que haja adequado suporte à iniciativa.

O sistema também é composto pela aplicação dos plásticos na construção civil. Sobre essa medida profilática é evidente que existem questionamentos a respeito do seu uso direto na engenharia civil, tais como acerca de sua resistência estrutural. Como, por exemplo, a aplicação de um material tão maleável como o plástico não pode diminuir a resistência da fundação e da estrutura dos edifícios?

Diante disso, um estudo realizado pelo Instituto de Tecnologia de Massachusetts, dirigido por Michael Ortega, sênior do MIT (Massachusetts Institute of Technology), prova que a mistura do plástico com o concreto convencional pode resultar em até 15% no ganho de resistência, tendo, assim, ao contrário dos questionamentos, um ganho estrutural grande (ORTEGA, 2017).

Além dessas falhas de logística não se deve esquecer da ação conjunta do Plastic Bank. Ditando sobre tal medida, é inegável que surgem dúvidas sobre possíveis impactos gerados por essa medida. Por exemplo, um possível questionamento que pode ser levantado é

de como compensar os custos do processo de reciclagem e do comissionamento dos catadores no valor do produto final. A questão é que o plástico reciclado por um plastic bank é vendido com a característica de Social Plastic, um plástico que contribui para o desenvolvimento humano. Esse caráter é interessante de ser vinculado a um produto pois as tendências atuais de mercado são justamente contribuir para um mundo melhor, seja de modo ecologicamente sustentável ou sob a forma de programas sociais, por isso são itens atraentes para as empresas.

Logo, considerando todas essas respostas, pode-se dizer que a solução escolhida apresenta pouco ou quase nenhum impacto ambiental negativo. Isto só é possível porque trata-se de um processo complexo e bem estruturado que reflete cada experiência isoladamente, seja no recolhimento ou na construção. Portanto, se tais experiências já funcionam bem com o conhecimento existente hoje, então é de se esperar que também o farão quando estiverem associadas, sem perda de qualidade ou geração de impacto adicional. A menos do transporte, que se traduz como o elo entre as medidas profiláticas e remediativas, as alternativas tendem a gerar, na verdade, um ganho enorme para os oceanos, assim como para o meio ambiente.

2.8 Conclusões

É notória a importância imediata de projetos com o objetivo de reduzir os impactos ambientais causados pelos seres humanos ao longo da cadeia industrial de produção e consumo. Dessa forma, o objetivo dessa pesquisa foi buscar maneiras, seguindo algumas restrições e requisitos, para solucionar o problema do descarte indevido e do acúmulo de resíduos plásticos no oceano. As soluções encontradas apresentam grande potencial de serem referência no combate à poluição, com foco em plásticos.

Na primeira etapa do desenvolvimento do trabalho foram levantados dados sobre os danos causados pelo descarte incorreto de plástico nos oceanos, em conjunto com os danos causados pelo montante já existente de plástico nos oceanos. Além disso, foram levantadas estatísticas, pesquisas internacionais, leis, artigos científicos de universidades renomadas, entre outros, que pudessem se relacionar com o problema estudado de modo a adicionar informações à nossa pesquisa. Com esse volume de informações houve uma etapa de análise dos dados levantados, que consistiu em uma visão crítica em relação ao que havia sido

pesquisado anteriormente. Foram tiradas breves conclusões sobre alguns temas e apontadas algumas falhas no sistema nacional de combate à poluição relacionada à resíduos sintéticos.

Já na segunda etapa do desenvolvimento foi feita uma definição do problema abordado. Tal definição foi dividida em objetivos, metas, requisitos e restrições e a separação nestes módulos foi escolhida visando uma melhor interpretação do que de fato era o problema. Chegou-se à conclusão de que o objetivo da pesquisa é o impedimento da liberação de dejetos plásticos no mar, bem como a retirada do montante deles dos oceanos.

Nesse sentido, fica evidente a relevância de uma perspectiva racional e crítica no processo de desenvolvimento de soluções que mitiguem o problema definido acerca da contaminação antropogênica dos oceanos por resíduos plásticos. Nesse sentido, a aplicação do método usado para a formulação dos critérios de avaliação permitiu com que, após a análise de uma matriz de decisão, fossem selecionadas as alternativas que se mostraram efetivamente consonantes com as características ideias almejadas para atingir as metas. Assim, estudos a respeito do funcionamento, eficácia, custos e impactos ambientais e sociais das alternativas levaram à identificação de que, dentre as 46 propostas de combate à contaminação plástica levantadas inicialmente, o conjunto formado pelo Ocean Cleanup Array, Plastic Bank e o uso de concreto aditivado é o que melhor proporciona resultados, considerando o objetivo do estudo. A atribuição de notas e a especificação de cada solução pré-selecionada na matriz de decisão permitem a conclusão de que a execução em conjunto das três seria a opção que oferece a maior amplitude de problemas combatidos e, assim, a que deveria ser priorizada para um estudo de aplicação. Ainda, a análise da matriz mostra que o conjunto atuaria nos três pilares fundamentais do estudo: a retirada dos resíduos do oceano, a requalificação destes e a diminuição do fluxo contaminante dos centros urbanos aos corpos d’água.

Em relação ao Ocean Cleanup Array, percebeu-se que, embora ainda esteja em desenvolvimento e sob teste de eficiência, o modo simples de operação e manejo do dispositivo o conferem uma alta viabilidade de implantação, uma vez que os gastos requeridos para a obtenção dos resultados de redução da quantidade de plástico presente nos oceanos não se mostraram elevados. Também pôde ser identificada uma dependência entre aplicação da solução e intervenções governamentais, o que gera uma variação no tempo necessário até a obtenção dos resultados quantitativos desejados. Concluiu-se, ademais, a importância da

otimização de fatores como a geometria do dispositivo nas localidades de implantação, de modo a reduzir o tempo até a obtenção de resultados satisfatórios ao estudo. Contudo, no geral, levando em conta ainda os benefícios sociais oferecidos por sua execução, o Ocean Cleanup Array mostrou-se uma solução altamente viável e positiva para o cumprimento dos objetivos propostos.

Já o Banco de Plástico, conclui-se que a tecnologia já em aplicação demanda melhorias em sua eficácia, ou seja, na quantidade absoluta de plástico que é coletado para requalificação. Para tal, identificou-se a necessidade de priorizar a ampliação em áreas do Sudeste Asiático, uma vez que abarcam os maiores índices de descarte irregular de resíduos plásticos. Todavia, fica evidente seu elevado potencial de redução da quantidade de plástico poluente aos oceanos, isso vinculado a inúmeros benefícios sociais e econômicos, fazendo com que a solução contemple o esperado de sua implantação e execução.

Por sua vez, o concreto aditivado é uma solução eficiente na captação dos rejeitos compostos de plásticos que foram obtidos pela descontaminação dos oceanos, uma vez que se identificaram diversas vantagens decorrentes da implantação da técnica. Concluiu-se que, entre as vantagens mais relevantes, está a conferência de novas propriedades ao produto final, como o aumento da elasticidade e resistência a impactos, o que pode ser um importante fator para a ampliação de seu uso no mercado da construção civil. Outra vantagem é vista quando considerados os objetivos do estudo, uma menor emissão de dióxido de carbono ao ser comparada com a cadeia produtiva convencional do concreto. Porém, por meio do estudo de funcionamento e aplicação, puderam ser identificados fatores que aumentariam a complexidade de implantação da solução, mas que, no geral, não interferem em sua alta viabilidade e em seu potencial de requalificar os resíduos plásticos de modo a não contaminarem os oceanos novamente, o que não impediu que a adesão de tal tecnologia agrega-se importantes vantagens ao conjunto final de soluções. Assim, por assumir um problema já internacionalizado, o fato de o estudo em questão propor aplicações e resultados no âmbito global faz com que o conjunto formado pela conjugação das três soluções seja viável.

Desse modo, a viabilidade de implantação das soluções decorre do fato que os respectivos custos de operação sejam diluídos em tratados entre nações. A consonância do

funcionamento do conjunto de soluções, conferida a partir dos critérios de avaliação estabelecidos, permite identificar um caráter universal à implantação das soluções, sendo atrativas para qualquer cenário político e social hoje visto entre as nações, o que leva a uma percepção sobre a capacidade do conjunto final ser absorvido por empresas e governos do mundo. Em conclusão, o cumprimento dos objetivos estabelecidos necessita de colaboração total entre os países e da otimização da junção entre as soluções finais para que a realização das metas propostas na fase inicial do estudo se torne viável no prazo estipulado.

3. Subprojeto 2 – Atividades relacionadas ao transporte marítimo

A seguir será apresentada a pesquisa feita acerca dos impactos do transporte marítimo sobre o oceano. Devido à grande abrangência do tema, fez-se necessário dividir essa problemática em cinco áreas: água de lastro, emissão de gases, tinta anti-incrustante, poluição orgânica e resíduos recicláveis, e, por fim, contaminação por hidrocarbonetos.

3.1 Levantamento de dados

Neste capítulo serão apresentados os dados coletados pela equipe acerca do problema em questão. Todas as informações obtidas vieram de instituições oficiais que estudam e trabalham com o tema do projeto, como a IMO (Organização Marítima Internacional), ou de artigos e teses acadêmicas publicados em revistas científicas e/ou sites de universidades renomadas, sejam elas nacionais ou estrangeiras.

3.1.1 Água de Lastro

Água de Lastro e sua Importância

Lastro é qualquer material colocado em um objeto para lhe conferir maior estabilidade. Nos últimos 2000 anos, muitos materiais sólidos serviram como lastro para manter o equilíbrio das embarcações, como pedras e areia. Entretanto, a partir de 1880 (CARLTON, 2001), a água passou a ser o material mais comumente utilizado pelos navios (padrão que se mantém até hoje) por motivos de maior disponibilidade, menor tempo de carga e descarga e para evitar instabilidades que surgem com o movimento do lastro quando este é sólido.

Segundo a própria IMO (2004, p.2), a definição completa de água de lastro é: água com suas partículas em suspensão levada a bordo de um navio para o controle do trim[1],

[1] TRIM: inclinação longitudinal do casco do navio.

banda[2], calado[3], estabilidade ou tensões do navio. Em outras palavras, a integridade estrutural, o controle da estabilidade e o funcionamento adequado do hélice são fatores diretamente ligados ao sistema de lastro do navio. Ainda de acordo com essa organização, são despejados 10 bilhões de toneladas dessa água anualmente nos oceanos.

Figura 52 - Acidente durante a troca da água de lastro do navio MV Cougar Ace em 2006



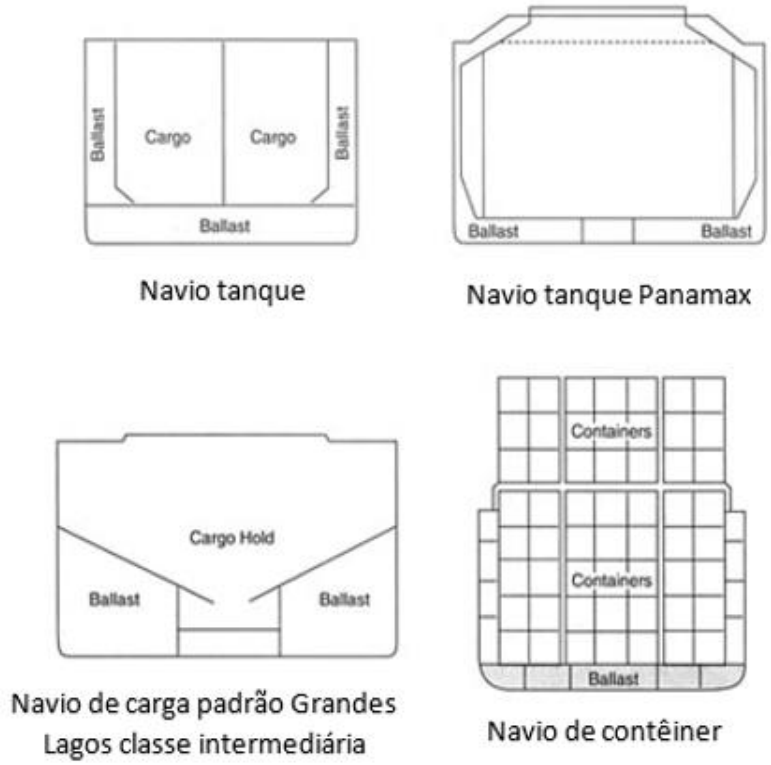
FONTE: SAFETY4SEA, 2019.

O tamanho e o arranjo do sistema variam muito de acordo com o tamanho e o tipo do navio, sendo os navios petroleiros os portadores dos maiores tanques, podendo carregar até 200.000m³ de água de lastro em uma viagem (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996). A quantidade de água dentro dos tanques também é variável de acordo com a carga transportada pelo navio e a quantidade de combustível utilizada durante a viagem.

[2] BANDA: inclinação para um dos bordos da embarcação.

[3] CALADO: distância vertical entre a parte inferior da quilha e a linha de flutuação do navio.

Figura 53 - Sistemas de lastro para navios mercantes



FONTE: ADAPTADO DE NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1996

Problemas e Impactos Ambientais

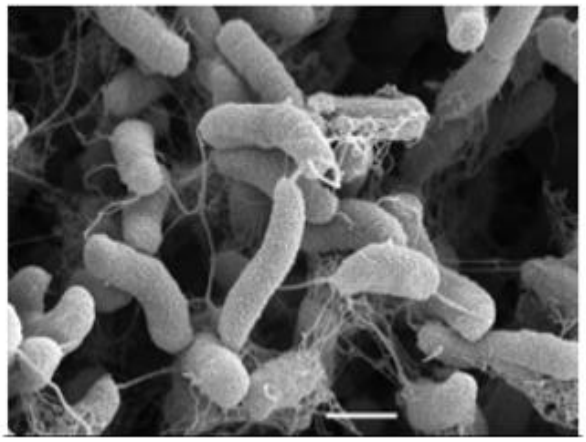
Pela própria definição de água de lastro, é possível observar que não apenas a água dos oceanos é captada pelos navios como também todos os organismos e partículas nela presentes. Consequentemente, milhões de organismos são retirados do seu habitat, levados a bordo do navio e transportados para os mais diversos cantos do mundo e lá despejados. Alguns desses organismos são: bactérias, algas, moluscos, crustáceos etc.

De acordo com a IMO (2017), mais de 7000 espécies já foram transportadas por navios através da água de lastro e mais se somam a essa extensa lista a cada dia. Apesar de muitos desses organismos morrerem durante o transporte ou quando são liberados no novo local, devido aos mais diversos fatores bióticos ou abióticos, muitos também conseguem se estabelecer com sucesso. Tais espécies são chamadas de exóticas e o processo de instalação delas em um novo ambiente é denominado bioinvasão marinha, considerada uma das quatro maiores ameaças aos oceanos do mundo (UNESCO, 2017).

A introdução bem-sucedida de uma espécie exótica pode trazer grandes problemas para o ecossistema local e até para os seres humanos. Casos de problemas com a bioinvasão de espécies através da água de lastro têm sido registrados desde o início do século XX em muitos países ao redor do mundo (HALLEGRAEFF; BOLCH, 1992). Serão apresentados abaixo apenas alguns dos exemplos mais famosos de bioinvasão marinha pelo transporte e despejo de água de lastro, que criaram graves complicações para os países afetados.

- Vibrião colérico (*Vibrio cholerae*): introduzida no Golfo do México e na América do Sul pela água de lastro, sendo encontrada até mesmo na costa brasileira (ANVISA, 2003), essa bactéria tem sido responsável por diversos surtos de cólera e pela morte de milhares de pessoas em regiões costeiras nos últimos 30 anos e é apenas um exemplo de bactéria nociva à saúde humana que pode ser transportada pela água de lastro;

Figura 54 - *Vibrio cholerae* no microscópio



FONTE: LABORATÓRIO CENTRAL DE SAÚDE PÚBLICA DO MARANHÃO, 2017.

- Mexilhão zebra (*Dreissena polymorpha*): oriundo dos Mares Negro e Cáspio na Europa Oriental, esse molusco chegou à região dos Grandes Lagos no nordeste dos EUA no final da década de 80 e já se espalhou por parte da malha hidroviária desse país. Esse mexilhão se reproduz rapidamente e em grande quantidade, compete com o zooplâncton por comida (interferindo nas cadeias alimentares) e não possui predadores naturais no seu novo habitat. Foi apontado por cientistas canadenses da Universidade Ryerson em 2006 que ele poderia alterar o pH da água de algumas regiões, favorecendo o desenvolvimento

de cianofíceas (algas azuis). Entretanto, o pior impacto causado por esse organismo e que é responsável por ele integrar a lista das 100 piores espécies invasoras do mundo da ISSG - *Invasive Species Specialist Group* - (2004) se deve à sua capacidade de incrustar em superfícies duras, formando grandes colônias em tubulações (principalmente de transporte de água), estruturas de usinas energéticas e cascos de navios. O gasto total do governo americano com esses problemas é da ordem dos bilhões de dólares (U.S. DEPARTMENT OF STATE ARCHIVE, 2001);

Figura 55 - Mexilhão Zebra



FONTE: U.S. DEPARTMENT OF STATE ARCHIVE, 2001.

- Caranguejo verde (*Carcinus Maenas*): esse molusco nativo da Europa e do norte da África já invadiu diversos locais como Austrália, EUA, África do Sul e Canadá. Uma predadora voraz, essa espécie altamente adaptável e agressiva compete com outras espécies por alimentos e já dizimou populações inteiras de presas. Por esse motivo, ela também faz parte da lista da ISSG citada anteriormente (ISSG, 2009);

Figura 56 - Caranguejo verde



FONTE: WORLD REGISTER OF MARINE SPECIES, 2011.

- Estrela do mar do Pacífico Norte (*Asterias amurensis*): um prolífero reprodutor, esse animal invadiu o sul da Austrália há mais de 20 anos e tem causado sérios problemas econômicos para esse país. Por se alimentar de ostras, vieiras e mariscos de grande importância comercial, essa espécie é considerada uma peste para a maricultura e também está na lista da ISSG (ISSG, 2010);

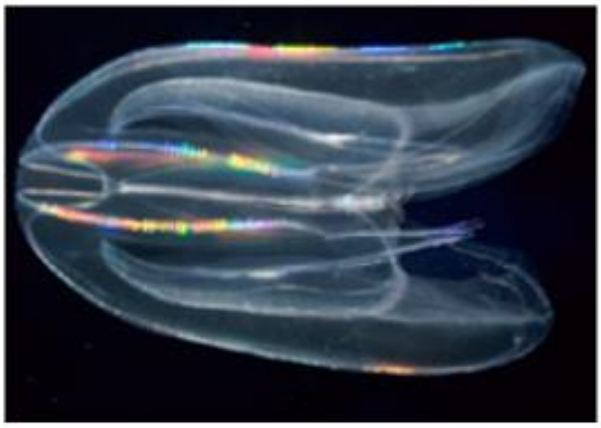
Figura 57 - Estrela do mar do Pacífico Norte



FONTE: GISD, 2010.

- *Mnemiopsis leidyi*: essa espécie é um ctenóforo[4] nativo da costa leste dos EUA que invadiu os Mares Negro e de Azov no começo da década de 80. Sua rápida reprodução foi favorecida por ser um animal hermafrodita e logo 95% da biomassa do Mar Negro era composta somente por esse ctenóforo. Essa espécie se alimenta vorazmente de fitoplâncton, o que alterou a cadeia alimentar nesses locais e, consequentemente, contribuiu para o colapso da pesca nessas regiões, criando sérios problemas sociais e econômicos para as nações atingidas. Esse animal também faz parte da lista da ISSG (TRAVIS, 1993; ISSG, 2005);

Figura 58 - *Mnemiopsis leidyi*



FONTE: USP, 2006.

- Dinoflagelados: esses pequenos protistas flagelados são microalgas integrantes do fitoplâncton que já espalharam através da água de lastro por diversos países no mundo, incluindo Austrália, Nova Zelândia, Papua Nova Guiné e África do Sul. Essas algas são as responsáveis pelas marés vermelhas quando se tornam muito abundantes em um local e podem matar peixes e invertebrados. As marés vermelhas também podem prejudicar seriamente o turismo e a pesca local. Algumas algas também produzem neurotoxinas que podem se acumular em moluscos que, quando consumidos, podem deixar pessoas doentes ou até matá-las (HALLEGRAEFF, 1998; COHEN, 1998).

[4] CTENÓFORO: grupo taxonômico recente com cerca de 100 espécies muito parecidas com águas-vivas.

Figura 59 - Maré Vermelha



FONTE: SUPER INTERESSANTE, 2018.

BWMC e Gerenciamento Atual da Água de Lastro

Frente a tantos problemas, a comunidade internacional não ficou inerte. A Resolução 18 da Conferência Internacional sobre Poluição Marinha (1973) determinou a realização de uma pesquisa para avaliar o papel do transporte da água de lastro na disseminação de espécies patogênicas no mundo (IMO, 1993). Alguns países como Austrália, Nova Zelândia, Canadá e EUA também decidiram tomar medidas nacionais e criaram suas próprias regras de gerenciamento da água de lastro (COHEN, 1998).

A Agenda 21 adotada na ECO-92 já incluía um pedido à IMO para a definição de normas adequadas para a descarga da água de lastro. Em 1993, a IMO aprovou a Resolução A.774(18), que foi substituída pela Resolução A.868(20) em 1997, sendo essa última mais abrangente. Ambas serviam para encorajar países de todo mundo a tomarem precauções durante a troca da água de lastro e possuíam diretrizes para orientar essas nações no intuito de diminuir a transferência de organismos e patógenos (IMO, 1997).

Outra iniciativa internacional para o controle da água de lastro foi o GloBallast (Programa de Gerenciamento Global de Água de Lastro), criado a partir de uma parceria entre IMO, PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento) e GEF (Fundo Global para o Meio Ambiente) em 1999 que vigorou de 2000 a 2004 e de 2007 a 2017. Esse programa tinha o objetivo de ajudar países em desenvolvimento (inclusive o Brasil) a lidar

com o problema da água de lastro e implementar as medidas sugeridas na Resolução A.868(20) citada anteriormente (IMO, 2017).

Todos esses esforços culminaram na Convenção Internacional sobre Controle e Gestão da Água de Lastro e Sedimentos de Navios (BWMC) em 2004. Esse acordo definiu normas e padrões aceitáveis para o tratamento e a troca da água de lastro que deveriam ser implementados pelas nações que assinassem o documento[5]. Entretanto, devido a uma cláusula dentro desse acordo, a Convenção só entrou em vigor em 2017 (IMO, 2017).

É importante ressaltar que essa convenção passa por constantes alterações até hoje e teve emendas e diretrizes adicionadas ao seu texto original pelo MEPC (Comitê de Proteção do Meio Ambiente Marinho) da IMO ao longo dos anos.

A BWMC passou a exigir que cada navio pertencente à frota dos países integrantes tenha e implemente um plano de gerenciamento de água de lastro. As embarcações também devem possuir um livro de registro que contenha todas as informações acerca das operações referentes à água de lastro daquela embarcação e um certificado indicando que é parte da BWMC e obedece a suas normas (IMO, 2004).

Duas das mais importantes normas da convenção são as Regras D-1 e D-2. A primeira definiu que a troca da água de lastro deve ser feita no mínimo a 200 milhas náuticas da costa (caso não seja possível, o novo critério mínimo passa a ser 50 milhas náuticas) e em águas com pelo menos 200 metros de profundidade (IMO, 2004). Esse critério foi definido sobre o princípio de que espécies costeiras têm maior dificuldade de sobreviver em alto-mar e o oposto também é válido, o que não implica 100% de eficiência nesse processo (PEREIRA, 2012).

Por esse motivo, a IMO considera a troca da água de lastro apenas uma solução temporária enquanto os navios não possuem um sistema de tratamento de água de lastro. Os principais métodos de troca de água de lastro aprovados pela IMO, que garantem uma troca

[5] O Brasil foi o segundo país do mundo a assinar esse documento (em 2005) e nesse mesmo ano aprovou sua legislação nacional de gerenciamento de água de lastro: a NORMAM-20/DPC.

de no mínimo 95% do volume de água contida nos tanques de lastro, são (IMO, 2006; MARINS, 2013):

- Método sequencial: tanques de lastro esvaziados e, em seguida, cheios;
- Método do fluxo contínuo: tanques de lastro simultaneamente cheios e esgotados;
- Método de diluição (desenvolvido pela Petrobras): carregamento da água de lastro pelo topo do navio e descarga pelo fundo à nível de água constante (evita problemas de estabilidade e tensão).

Por sua vez, a Regra D-2 estipula padrões mínimos de desempenho dos sistemas de tratamento de água de lastro nos navios. Segundo as regras atuais, todos os navios deverão possuir um sistema de tratamento de água de lastro até 2024 (ABS, 2018). Os sistemas aprovados até hoje utilizam três tipos diferentes de tratamento (tanto de forma separada quanto mista): físico, químico e mecânico, cada um com suas vantagens e limitações. Tratamentos inovadores devem ser aprovados pelo MEPC de acordo com as diretrizes G8 e G9 (essa última somente no caso de tratamentos que envolvam o uso de substâncias ativas) da BWMC antes de serem aplicados.

Além disso, as nações devem ter instalações apropriadas em seus portos para receber os sedimentos que permanecem nos tanques de lastro depois que a água já foi removida (IMO, 2004). Relacionado diretamente a esse assunto, existe a possibilidade de tratar a água de lastro no porto no qual o navio atraca. O procedimento adotado deve primeiro ser aprovado pelo MEPC de acordo com a diretriz G5 da BWMC.

3.1.2 Emissão de Gases GEE e Gases de Escape

Atualmente, a frota marítima depende da energia proveniente da queima de uma mistura de derivados do petróleo, chamada de *bunker oil*. Aproximadamente 85% de todo o combustível utilizado para o transporte marítimo é desse tipo, também conhecido como HFO (*Heavy Fuel Oil*) (GLOBAL MARINE FUEL TRENDS 2030, 2014). Esse tipo de óleo é escolhido com frequência sobre outros tipos de combustíveis por causa de seu preço mais acessível, provindo do fato desta substância ser considerada resíduo indesejável do processo de destilação e craqueamento do petróleo bruto. Os meios de transporte marítimos absorvem

cerca de 50% de todo o combustível residual do mundo (CONCAWE, 2016), estratégia para reduzir custos que fere profundamente o ecossistema terrestre. A mistura é formada por óleos residuais com maior massa molar, provenientes das primeiras camadas geradas pela destilação fracionada do petróleo bruto. Assim, como subproduto da combustão de tais combustíveis no motor, são emitidos diretamente no ambiente gases que contribuem para a intensificação do efeito estufa e, por conseguinte, para o aquecimento global, como o CO_2 (dióxido de carbono), N_2O (óxido nitroso) e CH_4 (metano). Outros gases igualmente nocivos ao ambiente também são liberados, os quais serão chamados de gases de escape, que são: SO_x (óxidos de enxofre), NO_x (óxidos de nitrogênio), CO (monóxido de carbono) e o conjunto NMVOC (compostos orgânicos voláteis não metânicos) (MONTOYA, 2012).

Apesar de, junto com o ferroviário, ser considerado um modal eficiente energeticamente e, portanto, pouco poluente, o transporte de mercadorias por mar assume uma parcela relevante das emissões globais de resíduos gasosos. Isso acontece devido a sua ampla participação na economia internacional, uma vez que o transporte marítimo é responsável por 90% das transações comerciais no mundo. (MONTOYA, 2012) Assim, a quantidade de poluentes gasosos que são liberados como subproduto da queima de combustíveis assume uma proporção que permite impactos drásticos no meio ambiente e no bem-estar dos seres humanos e animais. Desde 2012, já foi identificado um aumento de mais de 9,6% nas emissões de resíduos gasosos pelas diversas modalidades de transporte marítimo. A análise do cenário historicamente apresentado evidencia uma clara tendência de intensificação dos impactos gerados por tal problema (FOURTH IMO GHG STUDY, 2020).

Considerando as respectivas proporções dos impactos da emissão pela navegação marítima, os óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x) e ao dióxido de carbono (CO_2) são os principais, sendo os dois primeiros causadores da em regiões costeiras. Restringindo a análise ao transporte marítimo, o CO_2 é o gás cuja emissão apresenta o maior impacto, uma vez que, no motor, se queimam hidrocarbonetos. Porém, ao comparar as participações das emissões com outras fontes, os óxidos de nitrogênio e enxofre têm destaque, já que a navegação por mar emite 7 - 13% da quantidade total emitida de NO_x e 4 – 7% da emissão global de SO_x (SILVA, 2004).

Em relação ao CO_2, principal gás responsável pelas atuais mudanças climáticas, o transporte marítimo emite, em média, 900 milhões de toneladas ao ano, o que consiste em cerca de 2,8% da quantidade emitida anualmente por todas as fontes poluidoras (MONTOYA, 2012). Como consequência da globalização e dinamização em grande escala da economia global, é previsto que as emissões de dióxido de carbono pelo transporte marítimo sofram um aumento de 90-130% em 30 anos (FOURTH IMO GHG STUDY, 2020).

Como aproximadamente 70% do transporte marítimo de mercadorias ocorre em um raio de até 400 km da costa, vale ressaltar que muitos dos impactos já citados na introdução do presente relatório também possuem efeitos nas populações que habitam locais próximos ao litoral. (LACK *et al*., 2009) Um exemplo é a chuva ácida, um fenômeno causado pela emissão atmosférica de NO_x e SO_x, que reagem com as moléculas de água presentes no ar úmido das regiões costeiras por meio de uma oxidação ácida, formando compostos como o ácido nítrico (HNO_3) e o sulfúrico (H_2S_4). Quando precipitados no oceano, o pH reduzido dos óxidos de nitrogênio e enxofre presentes na chuva, junto com a dissolução direta do gás carbônico provocam o efeito conhecido como acidificação dos oceanos. A alta concentração de íons hidroxônio (H_3O^+) decorrente faz com que o equilíbrio químico de formação do calcário estrutural dos corais se desloque no sentido contrário, favorecendo sua solubilização e a consequente desaparição de grandes fragmentos de recifes (DONEY *et al*., 2008).

Além disso, vale destacar também o impacto direto que a emissão de óxidos de nitrogênio tem sobre a pele e outros órgãos do corpo humano e de animais. Exposições prolongadas em regiões com alta concentração desses óxidos na forma de pequenas partículas suspensas no ar podem resultar em irritações e danos irreversíveis nos tecidos pulmonares e, em casos extremos, até queimaduras graves nos olhos e na pele (SARDINHA, 2013).

Para que se possa atingir o objetivo de tal relatório, é necessário também compreender que os óxidos de enxofre emitidos provêm da alta concentração de contaminantes nos combustíveis pesados utilizados como fonte de energia. Ao serem queimados, são produzidos óxidos ácidos poluentes. Seguindo o mesmo raciocínio, os óxidos de nitrogênio são emitidos à atmosfera quando acontecem picos de elevadas temperaturas dentro da câmara de combustão dos motores das embarcações. O ar atmosférico admitido pelas válvulas tem uma alta concentração de nitrogênio, o qual, quando queimado, origina NOx (MONTOYA, 2012).

Legislação

Analisar a situação referente à emissão de gases também implica em compreender o panorama legal, uma vez que há um amplo conjunto de normas que pretendem regular grande parte dos impactos gerados, mas que, na prática, ainda apresentam brechas. Assim, entender a regulamentação e os dados normativos acerca do problema é essencial.

A Organização Marítima Internacional (IMO) foi criada em 1948, sendo uma agência da Organização das Nações Unidas (ONU) com um dos propósitos de garantir a segurança e proteção marítima, e a prevenção da poluição oceânica. A IMO regulamenta o transporte marítimo a nível internacional. Especificamente, a IMO trata sobre a poluição atmosférica por meio da Convenção Internacional de Prevenção da Poluição por Navios, a MARPOL (SARDINHA, 2013). Atualmente, a MARPOL é composta por 6 anexos técnicos.

O Anexo VI da MARPOL (1973), modificado pelo Protocolo de 1978 e pelo Protocolo de 1997, apresenta as regras para a prevenção da poluição do ar por navios. Especificamente, as regras 13 e 14 do referido anexo tratam, respectivamente, dos óxidos de NO_x e SO_x.

Segundo a Regra 14 do Anexo VI da MARPOL 73/78, o teor de enxofre de qualquer combustível usado a bordo dos navios não deverá ultrapassar o limite de 0,50 % m/m a partir de 1° de janeiro de 2020. Nas Áreas de Controle de Emissão para SO_x (SECAs, Sulphur Emission Control Areas), esse limite não deverá ultrapassar 0,10 % m/m, a partir de 1° de janeiro de 2015, enquanto os navios estiverem operando dentro da respectiva área, a qual abrange o Mar Báltico, Mar do Norte (Figura 60) e a área Norte Americana (esta última conforme o apêndice 7 do Anexo VI).

Figura 60 - Região de SECA na Europa (Mar Basáltico e Mar do Norte)



FONTE: ECG, SULPHUR CONTENT IN MARINE FUELS, 2011, APUD SARDINHA, 2013.

A Regra 13 (para óxidos de nitrogênio) do Anexo VI da MARPOL 73/78, na Categoria III, diz o seguinte quanto ao funcionamento de um motor diesel marítimo instalado em um navio construído a partir de 1° de janeiro de 2016:

> *é proibido, exceto quando a emissão de óxidos de nitrogênio (calculada sob a forma de peso total das emissões de NO_2) do motor estiver dentro dos seguintes limites, onde n = velocidade nominal do motor (rotações do eixo de manivelas por minuto):*
>
> *.1 3,4 g/kWh, quando n for menos de 130 rpm;*
>
> *.2 9 $n^{(-0,2)}$ g/kWh, quando n for 130 ou mais, mas menos de 2.000 rpm;*
>
> *.3 2,0 g/kWh, quando n for 2.000 rpm ou mais.*

Essa norma se aplica quando o navio se encontra dentro das Áreas de Controle de Emissão para NO_x (NECAs, NO_x Emission Control Areas), que abrange a área Norte Americana, conforme o Apêndice 7 do Anexo VI. Fora dessa área, as normas se enquadram na Categoria II, sendo elas:

> *é proibido o funcionamento de um motor diesel marítimo que estiver instalado em um navio construído em 1º de janeiro de 2011 ou depois, exceto quando a emissão de óxidos de nitrogênio (calculada sob a forma de peso total das emissões de NO_2) do motor estiver dentro dos seguintes limites, onde n = velocidade nominal do motor (rotações do eixo de manivelas por minuto):*
>
> *.1 14,4 g/kWh, quando n for menos de 130 rpm;*
>
> *.2 44 $n^{(-0,23)}$ g/kWh, quando n for 130 ou mais, mas menos de 2.000 rpm;*
>
> *.3 7,7 g/kWh, quando n for 2.000 rpm ou mais.*

É importante salientar que a Regra 13 do Anexo VI da MARPOL apenas se aplica a:

> *.1 todo motor diesel marítimo com uma potência de saída superior a 130 kW instalado num navio; e*
>
> *.2 todo motor diesel marítimo com uma potência de saída superior a 130 kW que sofra uma conversão de vulto em 1º de janeiro de 2000 ou depois, exceto quando for demonstrado, de modo a satisfazer a Administração, que aquele motor é um substituto de outro motor idêntico e, diferentemente, não é abrangido pelo parágrafo 1.1.1 desta regra.*

Portanto, ela é mais restrita, não se aplicando a navios de toda a frota. Além disso, observa-se que a Categoria III (a mais estrita) apenas se aplica em regiões de NECAs, as quais não cobrem a região da Europa.

3.1.3 Tinta Anti-Incrustante

Ao longo dos anos observou-se que as estruturas submersas servem de refúgio para a fixação de organismos tais como: algas e bactérias ou até multicelulares bem desenvolvidos, como cracas e mexilhões. Esse processo, conhecido como bioincrustação, indiretamente causa impacto na economia, principalmente no que diz respeito às embarcações de transportes marítimos que vêm sendo utilizadas cada vez mais como um modal essencial para exportações e importações nos países.

Figura 61 - Exemplo de bioincrustação no casco de um barco de pesca



FONTE: AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, 2010.

Nesse sentido, com o avanço da tecnologia e o desenvolvimento comercial, a interferência dessas incrustações são consideráveis em relação ao desempenho dessas embarcações e, consequentemente, geram maior consumo de combustível, por exemplo. Diante do exposto, foram elaboradas tintas especiais, chamadas genericamente de sistema anti-incrustante (AFS - Antifouling System), a fim de minimizar tais efeitos listados a seguir:

> *a) as incrustações na área submersa do casco (obras-vivas) resultam em rugosidades, que aumentam o atrito do casco com a massa líquida, resultando em perda de velocidade;*

b) consequentemente, ocorre maior consumo de combustível;

c) bloqueiam as caixas de mar, dificultando a refrigeração dos motores;

d) geram a necessidade de docagens com maior freqüência, para limpeza do casco; e

e) provocam a ocorrência de ruídos e vibrações prejudiciais à estrutura, aos propulsores e aos equipamentos da embarcação.

(Marinha do Brasil, Diretoria de Portos e Costas, 2007)

A formação de uma camada de 0,001cm de rugosidade média ocasiona um aumento de até 1% no consumo total de combustível (CHAMP; LOWENSTEIN, 1987 apud GAMA; PEREIRA, 2005), número significativo considerando os massivos custos com combustíveis de alguns navios, que atingem a casa dos milhões de dólares anuais. As Figuras 62 e 63 ilustram algumas situações de incrustação em partes do navio.

Figura 62 - Casco de Embarcação com Cracas



FONTE: MORAES *et al.*, 2015.

Figura 63 - Desgaste do Hélice de Embarcação Devido ao Acúmulo de Cracas



FONTE: MORAES *et al.*, 2015.

Entretanto, as substâncias presentes nessas tintas podem causar danos intensos ao ecossistema marinho e ao meio ambiente que devem ser combatidos aliando critérios ecológicos aos econômicos.

Historicamente, as tintas anti-incrustantes foram divididas em três gerações: A primeira surgiu no século XX em que óxidos de cobre e zinco começaram a ser utilizados regularmente nas tintas, mas a durabilidade dessas era considerada baixa — estendia-se no máximo a 1 ano após aplicação. Dessa maneira, buscou-se o desenvolvimento de uma substância que atende melhor ao critério de durabilidade, o que levou à criação das tintas à base de um composto organoestânico (COEs), as chamadas tintas anti-incrustante de segunda geração, as quais utilizavam como princípio ativo os compostos tributilestanho (TBT) e/ou trifenilestanho (TPT) (CASTRO, *et al*., 2011).

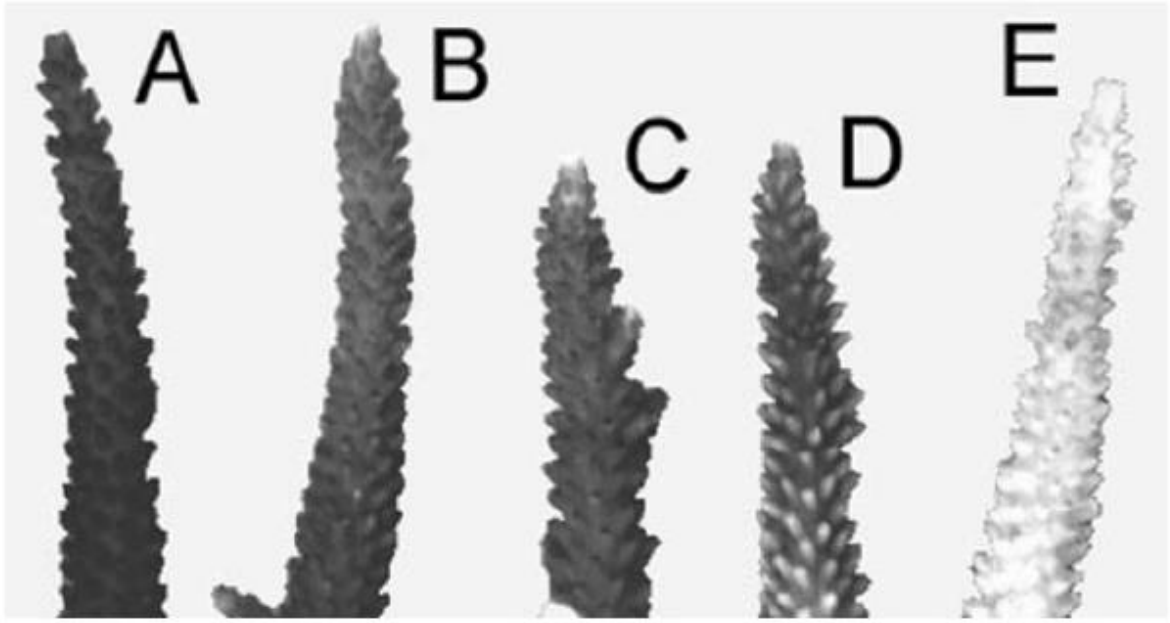
Segundo Ítalo B. Castro, Eliete Westphal e Gilberto Fillmann (2011):

> *As tintas pertencentes à segunda geração foram amplamente empregadas e, na década de 1980, chegaram a revestir 90% dos*

> *cascos dos navios em operação no mundo. A preferência por estes anti-incrustantes se deu principalmente devido a sua grande eficiência e durabilidade. Devido a sua utilização, no caso de embarcações que utilizavam tintas de auto polimento, por exemplo, o período entre docagens aumentou para cerca de 7 anos.*

Com isso, diminuíram significativamente os custos de manutenção com as embarcações e tais tintas tornavam-se cada vez mais um contratempo para a fauna e a flora marinha.

Figura 64 - Estudo sobre ramos da *Acropora formosa*



FONTE: RESARCHGATE, 2017.

> *Raminhos da Acropora formosa após serem expostos a concentrações variadas de sedimentos contaminados com tinta anti-incrustante por 14 dias. A controle de sedimentos; B sem sedimentos contaminados; C 5% de sedimentos contaminados; D 25% de sedimentos contaminados; E 100% sedimentos contaminados.*

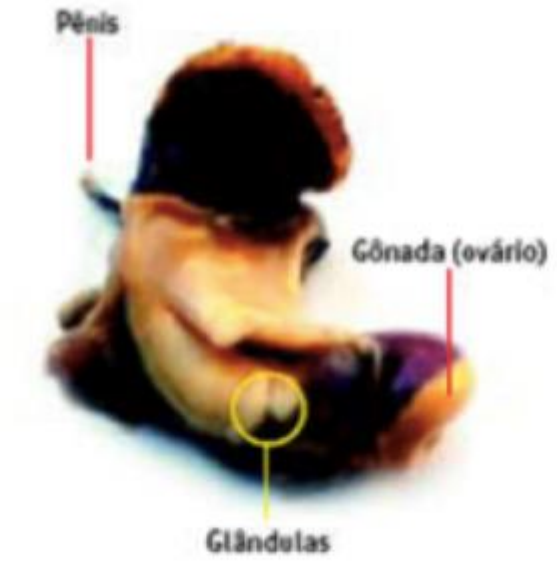
(ResearchGate, uploaded by Andrew Peter Negri, 2017)

Assim, os impactos nos oceanos são intensificados na medida de maior utilização das tintas anti-incrustantes sem atentar-se para o ecossistema, já que apresentam alto nível de toxicidade. Nesse sentido, alguns dos efeitos devastadores dessas tintas são: surgimento de estruturas sexuais secundárias masculinas em fêmeas de moluscos, diminuição do número de jovens recém-fixados, anomalias de desenvolvimento das larvas e alterações das conchas de ostras e até danos em DNA de espécies de animais marinhos (BESSA, 2011).

Segundo Luiz Alfredo dos Reis Virginio Junior, 2011:

> *Em 1981, o surgimento de órgãos sexuais masculinos em fêmeas de caramujo (Nassarius obsoletus) foi relacionado à contaminação por TBT. Esse fenômeno foi designado por "imposex" ou "pseudo-hermafroditismo", tal grau de desenvolvimento foi ainda mais intenso próximo de portos ou marinas*

Figura 65 - Gastrópode com Imposex

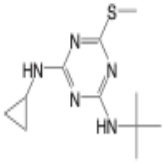
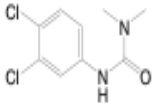
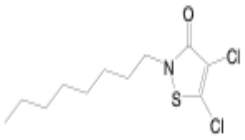
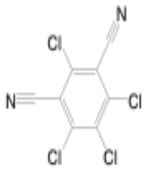
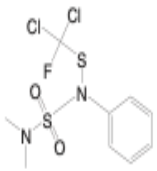
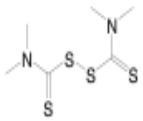
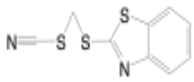
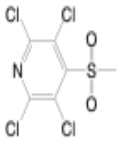


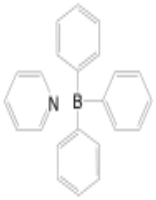
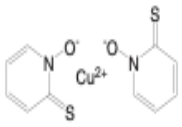
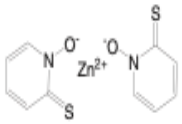
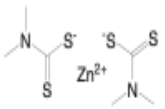
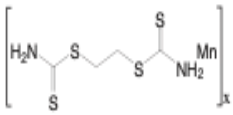
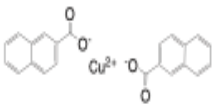
FONTE: UEZO, 2007.

Até os anos 90, o consumo mundial desses produtos cresceu de 1.500 para 50.000 toneladas ano (SANTALLA, 2008). Diante do exposto, pela sua alta toxicidade e pelo seu

impacto crônico ao meio ambiente, o uso de COEs em tintas anti-incrustantes foi proibido pela Organização Marítima Internacional (International Maritime Organization – IMO). Dessa forma, uma terceira geração de tintas anti-incrustantes começou a ser utilizada na década de 90, formada por 16 principais compostos que podem ser misturados para uma única formulação comercial listados na imagem a seguir: (CASTRO *et al*., 2011)

Figura 66 - Grupo de 16 biocidas homologados pela IMO para a utilização em tintas anti-incrustantes

Biocida / Nome comercial (Nome químico / CAS)	Estrutura
Não metálicos	
Irgarol 1051 (2-metiltio-4-*terc*-butilamino-6-ciclopropilamino-s-triazina) Nº CAS 28159-98-0	
Diuron (3-(3,4-Diclorofenil)-1,1-dimetilurea) Nº CAS 330-54-1	
DCOIT (4,5-Dicloro-2-n-octil-4- isotiazolin-3-ona) Nº CAS 64359-81-5	
Clorotalonil (2,4,5,6 Tetracloroisoftalonitrila) Nº CAS 1897-45-6	
Diclofluanida (N,N-Dimetil-N-fenil-N-(diclorofluorometiltio)sulfamida) Nº CAS 1085-98-9	
Tiram (Tetrametiltiuramdissulfida) Nº CAS 137-26-8	
TCMTB / Busan (2-(tiocianometiltio) benzotiazol) Nº CAS 21564-17-0	
TCMS Piridina / Densil ((2,3,3,6-tetracloro-4-metilsulfonil) piridina) Nº CAS 13108-52-6	

Biocida / Nome comercial (Nome químico / CAS)	Estrutura
Trifenilborano Piridina / TPBP Nº CAS 971-66-4	
Metálicos	
Cobre Piritiona / CP (Cobre,bis(1,hidroxi-2(1H)-piridina-tionato O,S)) Nº CAS 14915-37-8	
Zinco Piritiona / ZP (Zinco, bis-(hidroxi-2(1H)-piridina-tionato-O,S)) Nº CAS 13463-41-7	
Ziram (Zinco dimetilditiocarbamato) Nº CAS 137-30-4	
Maneb (Manganesetileno bis(ditiocarbamato) (polimérico)) Nº CAS 12427-38-2	
Óxido cuproso CAS 1317-39-1	
Tiocianato de cobre Nº CAS 1111-67-7	
Naftenato de cobre Nº CAS 1338-02-9	

FONTE: SCIELO, 2019.

Apesar de todos os problemas mencionados, um grande avanço para o país foi a aprovação da seguinte legislação: Portaria no 76/DPC, de 30 de julho de 2007, Marinha do Brasil Diretoria de Portos e Costas:

> *Art. 1 Aprovar as Normas da Autoridade Marítima para o Controle de Sistemas Antiincrustantes Danosos em Embarcações – NORMAM-23/DPC, de caráter obrigatório para as embarcações brasileiras cujas obras vivas necessitam ser pintadas com sistemas antiincrustantes e para as embarcações estrangeiras que docarem no Brasil para pintura das obras vivas, ou que forem afretadas em regime de AIT (Atestado de Inscrição Temporária).*
>
> *Art. 2 Esta Portaria entrará em vigor no dia 01 de novembro de 2007.*

Assim, essas normas contribuem para o controle do uso de tintas anti-incrustantes menos nocivas aos oceanos do planeta, que sejam regulamentadas. Entretanto, ainda é necessária maior fiscalização do cumprimento de legislações propostas, de forma a criar um alerta acerca da magnitude do problema. Aliado à isso, é indubitável que sejam realizados maiores investimentos para dar ênfase e subsídios à estudos de desenvolvimento metodologias de análise das toxicidade e de criação de composições de tintas anti-incrustante mais vantajosas e eficazes para o bem ecológico da fauna e flora marinha.

Por fim, abaixo estão listados alguns efeitos em grupos de organismos dos principais tipos de biocidas utilizados atualmente, os quais são alarmantes para o ecossistema mundial, e por isso, são um meio de tentar conscientizar a todos acerca da necessidade de uma mudança nessa cosmovisão atual:

Figura 67 - Efeitos dos biocidas em organismos marinhos

Biocida	Grupo do organismo	Efeito	Toxicidade (tempo de exposição)	Referência
Diuron	Algas	Fotossíntese	3,2 µg L^{-1} (10 d)	1
	Molusco (larva)	Genotoxicidade	0,05 µg L^{-1} (1 h)	2
	Peixe	Mortalidade	3,5 mg L^{-1} (96 h)	3
Irgarol 1051	Algas	Fotossíntese	0,43 µg L^{-1} (120 h)	4
	Equinodermata (larva)	Desenvolvimento	1485 µg L^{-1} (48h)	5
	Peixe	Mortalidade	3,22 mg L^{-1} (96h)	6
DCOIT	Algas	Crescimento	3 µg L^{-1} (72 h)	4
	Coral	Estresse Oxidativo (catalase)	50 µg L^{-1} (72 h)	7
	Peixe	Neurotoxicidade (acetilcolinestearase)	2,5 µg L^{-1} (28d)	8
TCMTB	Bactéria	Luminescia	58 µg L^{-1} (15 min)	4
	Alga	Crescimento	39 µg L^{-1} (30 h)	4
	Crustáceo	Movimentação	46 µg L^{-1} (48 h)	4

1 – Chesworth et al. (2004) ; 2 –Akcha et al. (2012); 3 – Giacomazzi; Cochet (2004); 4 – Fernandez-Alba et al. (2002); 5 – Perina et al. (2011); 6 – Key et al. (2009); 7 – CIMA et al. (2013); 8 – CHEN et al. 2014)

Figura 16: Efeitos dos biocidas em organismos marinhos

Fonte: Graziella Trovati, Revestimentos de poliuretano como anti- incrustante para o controle do mexilhão dourado- *Limnoperna fortunei* (2011)

FONTE: TROVATI, G., 2011.

3.1.4 Poluição Orgânica e Resíduos Recicláveis de Embarcações

Segundo o Anexo IV da MARPOL (Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios) 73/78, o qual trata das regras para a prevenção da poluição por esgotos dos navios, entende-se por “Esgotos”:

> *.1 a descarga e outros rejeitos provenientes de qualquer tipo de instalações sanitárias ou mictórios; .2 a descarga proveniente de compartimentos médicos (farmácias, enfermarias etc.), feita através de pias, banheiras e dalas ou embornais localizados naqueles*

> *compartimentos; .3 a descarga proveniente de compartimentos que contenham animais vivos; ou .4 outras descargas de água quando misturadas com as descargas mencionadas acima.*

A Regra 11, do Anexo IV da MARPOL 73/78, diz quanto à descarga de esgoto no mar. Sujeita a Regra 3 (a qual trata das exceções à Regra 11) do mesmo Anexo, a Regra 11 afirma que é proibida a descarga de esgoto para o mar. Apenas poderá ser realizada tal ação quando o esgoto a ser despejado for tratado com um sistema de tratamento aprovado pela Administração, a uma determinada distância da terra mais próxima (MARPOL 73/78).

Assim como nas cidades, a presença de humanos nos oceanos está ligada intimamente à produção de dejetos, tanto orgânicos quanto recicláveis. Logo, a necessidade de eliminar tais substâncias de forma consciente e com o menor impacto ambiental possível é algo de extrema importância para impedir desequilíbrios ambientais de origem antrópica, já que estes podem ocasionar a morte de seres aquáticos.

Quanto ao esgoto liberado pelos navios, ainda há a subdivisão entre águas negras e águas cinzas, a primeira é definida pelos dejetos com maiores concentrações de resíduos sólidos, como as relacionadas às privadas e às das pias de cozinha, já a segunda se refere a outras liberadas pelos banheiros e lavanderias (SALES; MARTINEZ, 2016).

Neste contexto, os dejetos orgânicos consistem principalmente de esgoto e resto de alimentos, substâncias que, em condições ideais, podem ser deterioradas por decompositores. Porém, levando em conta o ambiente aquático e a quantidade de embarcações e, consequentemente, seus ocupantes, os quais eliminam em média 40 litros por tripulante/dia de esgoto (SALES; MARTINEZ, 2016), é possível perceber que a manutenção do ciclo de decomposição se torna insustentável, uma vez que os detritos sem tratamento dispostos em massa nos oceanos desregulam o ecossistema local. Além disso, segundo a IMO (2009), os esgotos gerados por embarcações possuem as mesmas características que o esgoto gerado em grandes cidades, afetando dessa forma a vida marinha e até mesmo a saúde humana (RODRIGUES, 2013).

Já os dejetos recicláveis liberados durante o transporte marítimo são objetos que não se degradam em um curto tempo na natureza, e, por serem em sua maioria materiais plásticos,

podem ocasionar na morte de, principalmente, espécies marinhas, tornando-as suscetíveis à extinção.

Apesar de esses problemas já terem sido alvo de discussões para diminuir seus impactos no meio-ambiente, sendo o seu principal exemplo a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL), mais especificamente os anexos IV e V, a problemática da poluição orgânica de embarcações e resíduos recicláveis ainda deve ser, na prática, superada, pois ainda são registradas incidências, apesar de ser conhecido o dano que tais dejetos tem no ecossistema marinho.

De acordo com o Anexo IV da MARPOL 73/78, o esgoto não tratado dos navios pode ser liberado a partir de 12 milhas náuticas (19,312 km) da terra mais próxima, à velocidade de ao menos 4 nós (7,408 km/h), além de que a vazão deve seguir padrões determinados pela IMO (Organização Marítima Internacional) (IMO, 2006).

O excesso de esgoto, principalmente em áreas costeiras, pode causar a eutrofização (MONTONE, 2015) e até o fenômeno Maré Vermelha, que causa um desbalanceamento no ecossistema marinho (PIAN; ALVES, 2013).

Dentre os tipos de embarcações principais envolvidas no transporte marítimo, os cruzeiros são os que mais carregam passageiros, portanto, são também os que produzem esgoto em maiores quantidades, neste sentido, eles são os que possuem os melhores sistemas de tratamento de água interno. Em oposição, a maioria dos barcos de pequeno porte possuem apenas tanque para armazenamento, enquanto para os outros navios o processo pode variar (KOBOEVIĆ, 2020).

Segundo estimativas, há cerca de 56.000 navios mercantes (STATISTA, 2020) e 20 tripulantes trabalhando em cada um, além da capacidade total de 581.202 passageiros em cruzeiros até o final de 2021 (CRUISE MARKET WATCH, 2021).

Em muitas companhias, a água utilizada nas piscinas de cruzeiros é a do mar, filtrada e tratada com químicos, entre eles o cloro, para eliminar microrganismos, e assim, evitar a transmissão de doenças (CARNIVAL, 2017).

O uso de protetor solar é indicado para prevenir o câncer de pele e outros problemas relacionados à exposição de radiação ultravioleta (SANTOS, 2011), em sua composição, pode ser usado como base o dióxido de titânio ou benzofenonas (NASCIMENTO *et al*., 2013), duas substâncias que são reativas com cloro, formando radicais livres (ENVIRONMENTAL HEALTH NEWS, 2014) e outros produtos químicos nocivos (SIVAMANI, 2019). No caso do TiO_2, a reação deve ocorrer sob luz solar (VIRKUTYTE *et al*., 2012).

Os lixos recicláveis, por sua vez, não são decompostos com facilidade, e, uma vez que estes entram no ambiente marinho, a tendência é que permaneçam por centenas de anos. Enquanto isso, os animais marinhos correm o risco de se prender, ingerir, ser sufocados e, por fim, morrer (GRECHINSKI, 2020). Ademais, a problemática dos plásticos nos oceanos não se limita aos riscos físicos iminente, pois os microplásticos também podem afetar a vida marinha, visto que ele pode atravessar o trato gastrointestinal, se acumulando no corpo dos peixes (ROCH, 2020).

Conforme dados do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), existem aproximadamente 13.000 pedaços de resíduos plásticos flutuando por quilômetro quadrado de oceano, sendo 20% desse valor gerado pelos transportes marítimos (SALES; MARTINEZ, 2016). Tratando-se das atividades de navios mercantes/ de carga, a estimativa é que sejam gerados cerca de 1,5 kg/tripulante de resíduos sólidos (lixo) a bordo diariamente, segundo dados do PACPOL (2002) (RODRIGUES, 2013).

A Regra 3 do Anexo V da MARPOL 73/78 (sujeita às Regras 4, 5 e 6 do mesmo anexo), a qual trata das regras para a prevenção da poluição por lixo dos navios, diz o seguinte quanto ao alijamento de lixo fora das áreas específicas e especiais para tal ação:

> *(a) é proibido o lançamento no mar de todos os tipos de plásticos, inclusive, mas não restringindo-se a estes, cabos sintéticos, redes de pesca sintéticas, sacos plásticos para lixo e cinzas de incineradores provenientes de produtos plásticos que possam conter resíduos tóxicos ou de metais pesados.*

Apenas poderá ser feito o lançamento desse tipo de lixo a uma determinada distância da terra mais próxima, conforme o Subparágrafo (b) da Regra (3).

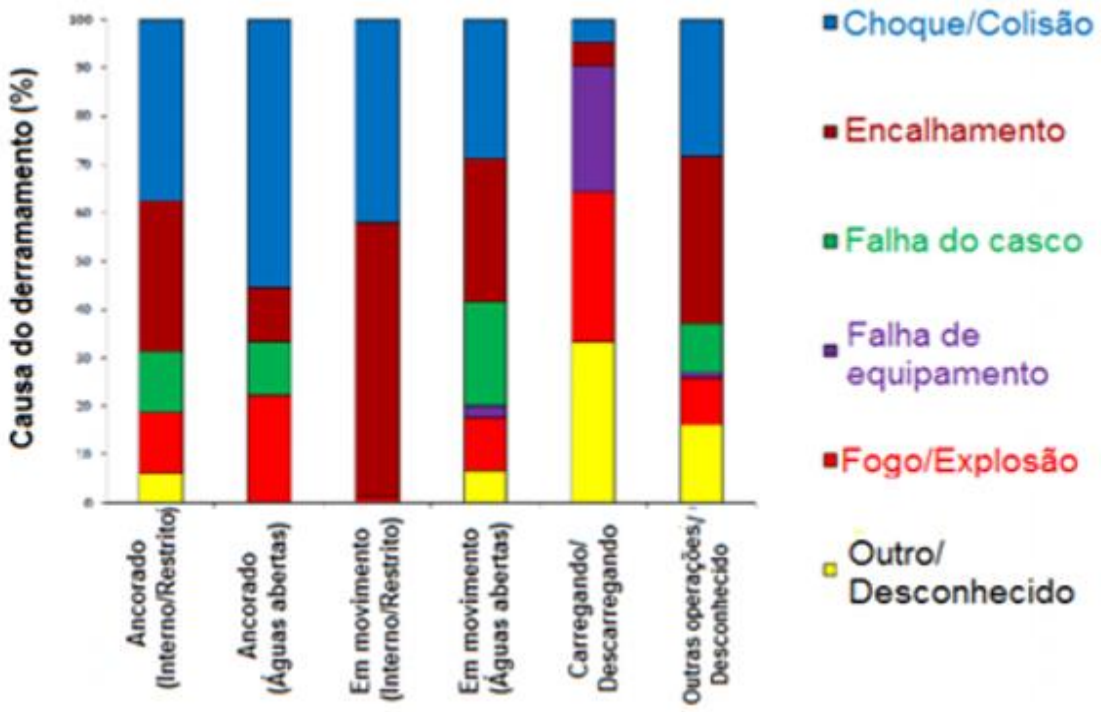
Apesar da ilegalidade do despejo de lixo reciclável no mar, ainda são registradas ocorrências de despejos ilegais (CRUISE JUNKIE, 2019), principalmente em cruzeiros, que produzem muito lixo, visto a quantidade de passageiros.

3.1.5 Contaminação por Hidrocarbonetos e Águas Oleosas

O petróleo, assim como outros combustíveis fósseis, é classificado como um recurso não renovável. Esse tipo de classificação leva em conta o tempo necessário para se formar, nesse caso milhões de anos. Esses tipos de combustíveis são consumidos em escala muito maior que sua capacidade de regeneração, assim, tende a se esgotar (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE, 2021). Devido à grande importância do petróleo como matéria prima de diversos produtos, hoje em dia o petróleo é retirado da natureza em grande escala. É no oceano onde, até então, essa matéria prima é encontrada em altas concentrações e é de lá que ela é transportada até o uso nas indústrias.

Periodicamente, ocorrem diversos problemas relacionados ao transporte de petróleo e óleos em embarcações, e como principal deles se tem o derramamento desse produto nos oceanos. Essa substância é extremamente nociva para a fauna e a flora marinha. As principais causas do derramamento variam entre acidentes de navios petroleiros, rompimento de cascos dos navios e explosões de plataformas de petróleo (SECRETARIA DE COMUNICAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, 2018). O gráfico abaixo evidencia as causas primárias dos vazamentos de petróleo do ano 1976 até o ano de 2016:

Figura 68 - Gráfico sobre as principais causas de derramamento de hidrocarbonetos



FONTE: ITOPF, 2015.

Estatisticamente, a ação humana é responsável por 93% dos danos marinhos. Apenas os 7% restantes provêm de causas naturais (MARTINS, 2007). Acrescenta-se ainda que, segundo a Teoria dos Dominós proposta por Herbert William Heinrich (1931), 80% dos acidentes no exercício de trabalho são provocados por atos inseguros, sendo esses atitudes e comportamentos contrários à segurança do profissional, levando à inadimplência de tais normas e procedimentos.

Uma das maiores tragédias no âmbito marítimo causada por derramamento de óleo foi a explosão da plataforma no Golfo do México no ano de 2010. O Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente (IDEMA) a reconheceu como uma das maiores catástrofes ambientais do mundo e a maior causada pelos Estados Unidos, foram 1600 quilômetros quadrados de águas contaminadas. Além desse acidente, em 1989, no Alasca, ocorreu um dos maiores acidentes envolvendo navios petroleiros (Figura 69). O navio Exxon Valdez, da empresa Exxon, colidiu com um recife. Com o impacto, alguns de seus

porões rasgaram, levando ao derramamento de mais de 40 milhões de litros de petróleo no mar, estendendo-se por cerca de 28 quilômetros quadrados (CUNHA, 2017).

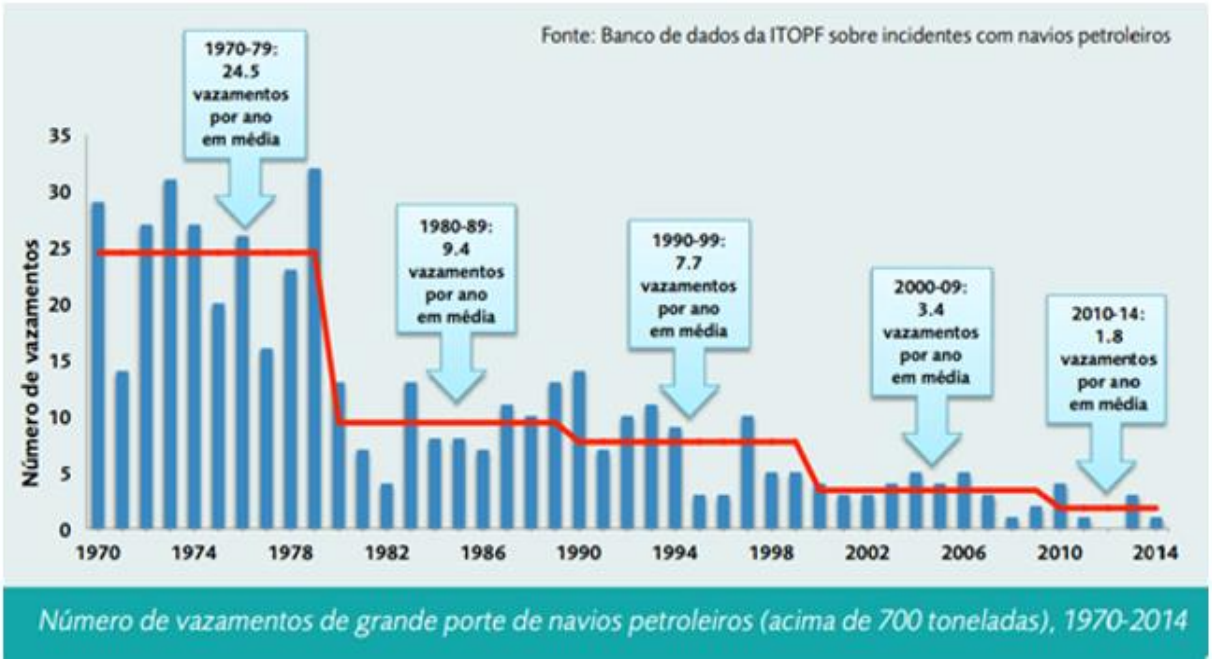
Figura 69 - Acidente do Exxon Valdez (1989)



FONTE: FERDINANDO DE SOUSA, 2019.

Desde o ano de 1970, a Federação Internacional de Poluição por Petroleiros (ITOPF) registrou em torno de 10.000 derrames de óleo por navios petroleiros. Esses tipos de poluição causam diversos tipos de irregularidades no ambiente marinho até os dias atuais. O gráfico abaixo mostra a queda do número de acidentes com o petróleo no oceano, porém o número de derramamentos continua grande, trazendo diversos riscos aos oceanos:

Figura 70 - Gráfico sobre o número de vazamentos de petróleo em navios de grande porte



FONTE: ITOPF, 2014.

Os impactos ambientais causados pelo derramamento de petróleo são diversos. Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) e os do grupo formado por benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno (BTEX) são compostos orgânicos gerados, entre outras fontes, pela indústria petrolífera, seja por derramamento de óleo, seja por emissões liberadas na atmosfera durante seu processo de refino. Esses compostos possuem papel de destaque em estudos ambientais por seu caráter mutagênico e carcinogênico, sendo considerados altamente poluentes (JANJUA *et al*., 2006; ARIF; RIBEIRO, 2012; JUNG *et al*., 2013; TANG *et al*., 2013).

Lee *et al*., (2019) analisaram que os HPAs (hidrocarbonetos policíclicos aromáticos) são alguns dos elementos presentes no petróleo mais resistentes à degradação. Mesmo que os poluentes estejam totalmente degradados, a comunidade microbiana marinha ainda não se recuperou. Esses agentes podem impactar os oceanos de diversas formas, podendo ficar

retidos como sedimentos (sedimentação), dispersos na água e bioacumulados nos indivíduos que entram em contato com esse produto (LEE *et al*., 2019).

Segundo a ITOPF (2014), no contato do petróleo com a água dos oceanos, a substância pode impactar o ecossistema por um dos seguintes meios: sufocamento físico com impacto fisiológico funções; toxicidade química que dá origem a efeitos letais ou subletais ou causando prejuízo das funções celulares; mudanças ecológicas, principalmente a perda de organismos-chave de uma comunidade e a conquista de habitats por espécies oportunistas; efeitos indiretos, como a perda de habitat ou abrigo e a consequente eliminação de ecologicamente importantes espécies (ITOPF ,2014).

Além disso, a camada superior que é formada pelo óleo após o derramamento bloqueia a passagem de luz e, consequentemente, a produção da fotossíntese, além de impedir a troca gasosa entre o oceano e a atmosfera. Esse transtorno afeta toda região próxima ao derramamento como, por exemplo, a morte dos peixes e organismos por asfixia ao entrar em contato direto com a substância. Outra espécie que sofre com as consequências do derramamento são as aves marinhas, que sofrem intoxicação e absorção do petróleo em suas penas. Além das aves, o petróleo causa intoxicação de mamíferos marinhos como focas e golfinhos pela ingestão da substância e o derramamento causa a perda de habitat de diversos seres vivos, uma vez que eles tentam fugir da mancha de petróleo (D'AGOSTO, 2015; SELLEY, 2016).

Sobre os impactos diretamente na fauna marinha, após o derramamento, as substâncias contaminantes são encontradas em diferentes espécies de seres vivos e isso se relaciona com os seus hábitos alimentares e da região em que vivem. Alguns são contaminados de maneira direta com o óleo e outros de maneira indireta, através de seus hábitos alimentares, que acabam ingerindo indivíduos que já estão contaminados (MEADOR *et al*., 1995). Os últimos indivíduos das cadeias alimentares passam a ingerir diversos animais contaminados, podendo alcançar níveis de concentração elevados que podem causar mortes, alterações gênicas e até a extinção da espécie. A diferença da concentração dessas substâncias tóxicas no organismo dos diversos seres expostos ao mesmo desastre é explicada pelos hábitos alimentares e pelo metabolismo de cada espécie (UNO *et al*., 2010).

Segundo o ambientalista Aristides Soffiati, da Universidade Federal Fluminense, sobre um vazamento de petróleo na Bacia de Campos, RJ. Após análises, foi evidenciado que poucos animais morrem em consequência direta do contato com o óleo, a maioria morre de fome e das consequências indiretas do derramamento. De acordo com ele, “A procura de alimento em outra área, deixa a região morta”.

Sobre as consequências do desastre na flora marinha, algumas espécies vegetais podem ser excelentes marcadores e reguladores de contaminação por hidrocarbonetos. Em virtude da retirada de nutrientes da água e do solo para a sobrevivência, quando uma dessas duas matrizes já está contaminada, os elementos tóxicos já aparecem confinados no corpo do próprio vegetal (DE TEMMERMAN *et al*., 2004).

A *Laguncularia racemosa* é uma espécie de árvore que foi utilizada como marcadora da qualidade do ecossistema no trabalho de Pinho, Reinert e Ferreira (2016). No estudo, os autores analisaram o impacto causado pelo derramamento de óleos nos vegetais. Esse experimento foi realizado adicionando óleo na região que envolvia a planta, o que resultou em um decréscimo significativo no desempenho fotossintético. O funcionamento na realização da fotossíntese caiu cerca de 80% após 13 dias de exposição e mesmo após 17 dias, ainda não havia sido recuperado (PINHO, REINERT e FERREIRA, 2016).

Sobre a contaminação e a duração dos efeitos de um derramamento de óleo dependem de uma ampla gama de fatores. Características como: a quantidade e tipo de óleo derramado; seu comportamento no meio marinho; a localização do derramamento em termos de condições ambientais e características físicas; e o tempo, especialmente em relação à estação e às condições climáticas prevalecentes (SUSANA BEATRIZ, 2006). O esquema abaixo mostra a variação da viscosidade e dos efeitos dos óleos leves e dos pesados.

Figura 71 - Comparação da viscosidade do derramamento de acordo com a massa molar dos óleos derramados



FONTE: ITOPF, 2014.

Um derramamento de grande quantidade de óleo pesado, como por exemplo, o combustível pesado (HFO), tem enorme capacidade de causar danos na primeira camada dos oceanos, principalmente por sufocamento. No entanto, os óleos de efeito tóxico ou leves podem ser menos prejudiciais no geral, uma vez que sua dissipação e evaporação é mais rápida, contanto que bens vulneráveis estejam a uma distância considerável do local do derramamento.

3.2 Análise de dados

3.2.1 Impactos da Água de Lastro

Após tantos dados e informações, é impossível negar a importância da água de lastro para o funcionamento correto das embarcações e, consequentemente, para o comércio mundial. Pelos diversos motivos já explicitados, esse é o melhor e o mais utilizado material pelas frotas das nações, um quadro que deve permanecer vigente por muito tempo.

Entretanto, também foi possível observar todos os efeitos negativos que seu uso pode acarretar. A amostra de organismos apresentados neste relatório e os problemas por eles criados são apenas uma fração das espécies transportadas pela água de lastro e de todos os impactos sociais, econômicos, sanitários e, principalmente, ambientais que elas podem gerar.

Dada a enorme quantidade de água de lastro transportada pelo mundo e a quantidade de organismos nela presente, não é nenhuma surpresa que essa seja uma das maiores ameaças à biodiversidade marinha conhecidas pelo homem.

Certamente não se deve desconsiderar o trabalho e o esforço das organizações nacionais e internacionais para mitigar os efeitos negativos da água de lastro, pois muito já foi feito e acordado e, indubitavelmente, o presente panorama - levando em consideração os mais recentes e promissores tratamentos da água de lastro - é muito melhor do que o de décadas atrás.

Infelizmente, ainda não foi possível obter uma solução ideal. Cada procedimento e tecnologia é limitado de alguma forma, seja pelo preço alto de instalação, a baixa durabilidade, a eficiência insuficiente, a produção de substâncias tóxicas indesejadas, o impacto sobre a estrutura do navio, dentre muitas outras possibilidades.

Por esse motivo, ainda há muito espaço para novas pesquisas e descobertas no campo do tratamento da água de lastro e é o dever de cada especialista dessa área que esteja motivado a melhorar este sistema, continuar procurando novas soluções, que sejam mais limpas, baratas, acessíveis, duráveis, eficientes etc. Em resumo: melhores. A busca pela solução ideal nunca deve terminar, ainda que ela não possa ser alcançada.

3.2.2 Impactos da Emissão de Gases GEE e Gases de Escape

Ao analisar o panorama apresentado pelos dados coletados nos citados artigos e pesquisas, a gravidade da situação é evidenciada. A emissão de resíduos gasosos à atmosfera é, certamente, um dos processos que apresentam os maiores impactos negativos ao ecossistema como um todo. Como exposto, tais impactos são dados, em sua maioria, pela liberação de dióxido de carbono (CO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x) e óxidos de enxofre (SO_x), que é maior em quantidade e em nocividade ao meio ambiente quando comparada com a de outros resíduos. Logo, é certo que o desenvolvimento de métodos e tecnologias que objetivam mitigar as consequências negativas da emissão de poluentes decorrentes da queima de combustíveis é extremamente relevante.

É intuitivo que o aquecimento global é corroborado por meio da elevada emissão dos resíduos gasosos à atmosfera, como o CO_2. Porém, na realidade, quando se analisa especificamente o transporte marítimo, podemos perceber que, embora os danos decorrentes da sua emissão não possam ser negligenciados, quando comparados com os gerados pelas demais atividades humanas, eles possuem uma baixa participação percentual - assumindo que os danos ao ambiente se relacionam diretamente com a quantidade absoluta de gás emitido, sem considerar o modo e o local em que ocorre a emissão. De forma contrária, a contribuição do transporte marítimo nas consequências negativas geradas pela liberação de SO_x e NO_x apresenta uma participação considerável no panorama internacional.

Tal análise se mostra essencial quando se leva em consideração o objetivo deste relatório - o de diminuir os impactos gerados pela liberação de substâncias na navegação marítima. Para que seja cumprido, é preciso desenvolver e estudar a aplicação de alternativas que efetivamente otimizem o processo de descarga das substâncias pelas embarcações. Assim, por se tratar de altas quantidades absolutas de resíduos gasosos, tanto a emissão de SO_x e NO_x, quanto a de CO_2 – embora esta seja proporcionalmente menos relevante - são problemas igualmente importantes para o cumprimento do objetivo.

Os dados também forneceram uma informação relevante para o desenvolvimento de soluções ao problema identificado: a forma com que os resíduos gasosos são originados no processo de queima dos combustíveis. O fato de que o NO_x é produzido devido a picos de temperatura na câmara de combustão permite com que sejam propostos mecanismos de amenizar as temperaturas, por exemplo, com a circulação de água internamente ao motor, atuando como mecanismo de refrigeração. A origem do SOx, por sua vez, é a contaminação dos próprios combustíveis derivados do craqueamento do petróleo. Assim, é possível pensar tanto em métodos de descontaminação, quanto em alternativas de substituição que cumpram a restrição estabelecida de não gerar outras formas de poluição ao propor uma solução, por exemplo, o aproveitamento de formas renováveis de energia como a propulsão pela ação do vento. Tal alternativa diminuiria a quantidade de combustível queimada para o mesmo deslocamento da embarcação.

O panorama identificado por meio da legislação vigente sobre o problema auxilia a compreensão dos limites de atuação das futuras alternativas de solução. As atuais brechas

existentes no conjunto das normas são um dos fatores responsáveis pelo cenário caótico atual. Estudá-las, portanto, estimula a formulação de soluções que possam, na prática, completar tais lacunas deixadas pela lei.

Em conclusão, as informações coletadas contribuem para o desenvolvimento do projeto e para sua motivação, uma vez que salientam a gravidade da emissão de resíduos gasosos poluentes. Consequências como a chuva ácida, a acidificação dos oceanos, o aquecimento global e o branqueamento de corais são algumas presentes no escopo de atuação desta pesquisa.

3.2.3 Impactos da Tinta Anti-incrustante

Considerando os dados apresentados no tópico anterior, fica evidente a magnitude do problema e todos os impactos negativos que as tintas-incrustantes podem gerar no meio ambiente agora e para as gerações futuras, como toxicidade e contaminação de organismos marinhos. Isso porque, por muito tempo, houve a busca pela maximização da eficiência e pela durabilidade da tinta em detrimento da segurança da fauna e flora marinha, recorrendo ao uso de metais nocivos à saúde da biota, como o chumbo (MORAES *et al*., 2015). Além disso, é válido ressaltar que os biocidas também podem acumular-se na cadeia trófica e chegar até o consumo humano de alimentos contaminados provenientes dos oceanos, e assim, ter efeitos catastróficos. Dessa maneira, destaca-se ainda mais a urgência de uma atuação efetiva, a fim de encontrar soluções para o problema.

Outro tópico essencial que se pode concluir é que o tema é emergente e considerado complexo pelas comunidades científicas, havendo imaturidade até mesmo no contexto internacional, pelas instituições reguladoras, órgãos governamentais e indústria, ou seja, há lacunas científicas quanto à eficácia e consequências de eventuais métodos de erradicação/controle. Diante disso, é indubitável a disponibilização de maiores investimentos para estudos na área, já que até então, os trabalhos geralmente são limitados e sem amparo legislativo por limitações à conjuntura. Isso porque não existem regulamentações internacionais de caráter mandatório sobre a utilização dos contemporâneos biocidas nas tintas anti-incrustantes, há somente orientações voluntárias emitidas pela Organização Marítima Internacional (“Diretrizes para o Controle e Gestão de Bioincrustação de Navios

para Minimizar a Introdução de Espécies Exóticas Invasoras") e algumas normas nacionais pouco abrangentes mas também ineficazes, já que não são fiscalizadas com exatidão, perspectiva que leva à insegurança jurídica e alastro da toxicidade nos oceanos.

3.2.4 Impactos da Poluição Orgânica e Resíduos Recicláveis de Embarcações

Sabendo-se então que o esgoto não tratado de cerca de 1.7 milhões de pessoas, considerando apenas os cruzeiros e navios mercantes, sem contar com navios de pequeno e médio porte, pode ser liberado no mar, parte em áreas a 12 milhas náuticas de distância das praias, correndo o risco de voltar à terra, e poluindo não apenas com o cheiro, mas também com doenças e possibilitando, junto com o desperdício de comida, a eutrofização e a Maré Vermelha, entende-se que o tratamento do esgoto liberado por todas as embarcações deve passar por algum tipo de tratamento antes de ser disposto no mar.

No entanto, o esgoto não é o único tipo de dejeto passível de ser liberado nos oceanos sem tratamento. Muitos cruzeiros usam a água salgada para abastecer as piscinas, passando por um processo químico para matar microrganismos, que, ao entrar em contato com protetores solares, formam radicais livres e toxinas que podem prejudicar os animais marinhos caso o líquido não seja tratado. Além disso, outros óleos podem contaminar a piscina, como por exemplo, os bronzeadores. A solução deste problema, portanto, deve ser condizente também com a proteção dos tripulantes, pois a exposição constante ao sol é um fator de risco para o câncer de pele.

O despejo de lixo reciclável nos oceanos pelas embarcações, apesar de proibido, continua ocorrendo, causando a morte de animais marinhos que, principalmente, ingerem os plásticos, como por exemplo, as tartarugas marinhas, que confundem sacolas com águas-vivas. No caso desses animais, a conservação deles é feita por organizações governamentais, como o projeto TAMAR, aumentando a taxa de filhotes que sobrevivem por conta da proteção e conscientização. Apesar dos esforços, estima-se que haja uma taxa de chegada à vida adulta de apenas 0,1 a 0,2% para as tartarugas marinhas (TAMAR, 2012). Nesse sentido, evitar ao máximo a morte dos adultos por ações antrópicas, como a ingestão de sacolas plásticas, é importante para evitar a extinção desses animais.

Por não se decompor em curto tempo, ficando exposto às forças da natureza, os plásticos podem ser quebrados e se tornarem partículas diminutas: os microplásticos, que, apesar de não causarem a morte direta do animal, podem ser absorvidos por seus corpos, e, posteriormente, bioacumular nos outros animais, não apenas os marinhos, mas os terrestres, como os humanos também, que ingerirem os seres que estão contaminados.

3.2.5 Impactos da Contaminação por Hidrocarbonetos e Águas Oleosas

A partir dos dados previamente fornecidos é evidente que a contaminação dos oceanos por hidrocarbonetos é um problema extremamente alarmante. O petróleo está entre as principais fontes de energia e de matéria prima mundial desde o século XIX. Devido à sua importância e alta necessidade na indústria, esse recurso é comercializado diariamente em quantidades enormes. O principal meio de transporte desse produto para a exportação são os navios, e devido tal importância, inúmeros navios circulam nas rotas marítimas a fim de distribuir esse recurso e isso aumenta o risco de desastres por derramamento.

Apesar dos maiores benefícios dessa substância, ela apresenta impactos ambientais devastadores, principalmente no ecossistema marinho, nas etapas de extração e de transporte. Os motivos desses desastres são variados, como por exemplo, através de choques entre navios, falha no casco, falha no equipamento de proteção dos barris de petróleo e até mesmo fogo e explosão de navios ou das plataformas petrolíferas.

Com a evolução da indústria do petróleo e da comunidade ambiental, os desastres ambientais, paulatinamente, vêm reduzindo no número de ocorrências, mas como mostrado, os números ainda são muito grandes. Esses impactos, mesmo que menores, afetam a fauna e a flora marinha em dimensões enormes.

Com os dados e materiais fornecidos percebe-se o quão preocupante são os desastres petrolíferos. Os constituintes do petróleo são altamente tóxicos para todo ecossistema marinho. Os chamados hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) que são compostos orgânicos presentes no petróleo que possuem caráter mutagênico e carcinogênico e ao entrarem em contato com esse ecossistema autossustentável geram diversos impactos negativos ao ambiente, como por exemplo, a morte por asfixia, a grande toxicidade da água

que dá origem a efeitos letais ou subletais nos organismos, a perda de organismos-chave dos ecossistemas, a perda ou fuga do habitat e até mesmo a extinção de diversas espécies, vegetais ou animais.

Portanto, diante dos fatos supramencionados, há de se reconhecer que os derramamentos de petróleo se conduzem de maneira maléfica ao desenvolvimento do ecossistema tão essencial e importante que é o marinho e à sociedade, tendo, assim, que ser combatidos através de soluções previamente estudadas e analisadas.

3.3 Definição do problema: objetivo, meta, requisitos e restrições.

Após todo o processo de levantamento e análise de dados, constatou-se que a manutenção do descarte das variadas substâncias do transporte marítimo contamina intensamente a ecologia marítima. Nesse sentido, importantes expoentes da poluição ambiental são as tintas anti-incrustantes, a água de lastro, a emissão de gases GEE e gases de escape, a poluição orgânica e reciclável e a contaminação por hidrocarbonetos e águas oleosas nos seus mais diversos efeitos negativos.

Dessa maneira, esse panorama contribui para a degradação do ecossistema marítimo, na medida em que afeta as espécies da fauna e da flora, o que contribui para espalhar em grande escala a poluição, e assim, gerar problemas para o atual momento como também para as gerações futuras. Portanto, é imperativo que sejam tomadas medidas com o objetivo de reverter esse cenário caótico.

3.3.1 Objetivo

O objetivo definido para o subtema “transporte marítimo” foi a diminuição do descarte inadequado dos dejetos produzidos pelas embarcações e de seus impactos nos oceanos.

3.3.2 Meta

Através da análise dos diversos tipos de poluição produzidos pelo transporte marítimo no mundo, pretende-se reduzir em 35% a quantidade de substâncias e resíduos nocivos ao

meio ambiente que são liberados nos oceanos por embarcações até o ano de 2030, que podem ser quantificados a partir da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

3.3.3 Requisitos

- Priorizar o uso de métodos e tecnologias sustentáveis
- Utilização de práticas e recursos com alta disponibilidade e acesso
- Estimular o desenvolvimento econômico local, mitigando os impactos no oceano.

Dessa forma, com o intuito de cumprir os objetivos estabelecidos para solucionar o problema, reduzindo as substâncias e resíduos nocivos pelos transportes marítimos, as soluções devem cumprir tais requisitos listados. Nessa perspectiva, espera-se que, impondo também restrições, consiga-se diminuir significativamente o descarte inadequado dos dejetos produzidos pelas embarcações e minimizar os riscos ambientais, sociais e econômicos que estes poderiam causar em um possível colapso no futuro.

Em relação ao primeiro requisito, segundo a organização WWF-Brasil (World Wildlife Fund), o desenvolvimento sustentável é atualmente definido como “o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender às necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro.” Nesse sentido, o uso de tecnologias sustentáveis se faz necessário na tentativa de alcançar o crescimento e desenvolvimento das atividades marítimas, mitigando a degradação ambiental.

Além disso, o intenso impacto negativo gerado pela liberação dessas substâncias, se não administradas corretamente nos próximos anos, resultará em um colapso do ecossistema, trazendo maiores prejuízos para a espécie humana. Sendo assim, na tentativa de minimizar os riscos sociais, ambientais e econômicos é necessário a criação de soluções que abordem a estimulação do desenvolvimento econômico local.

Por último, é fundamental propor soluções que utilizem de práticas e tecnologias com alta disponibilidade e acesso, pois, embora já existam algumas propostas vigentes que reduzem o problema, ainda são pouco utilizadas devido seu alto custo. Tornando as soluções

atuais viáveis a uma parcela minoritária de empresas marítimas, o que não resulta em mudanças de grande escala.

3.3.4 Restrições

- A solução deve respeitar a Marpol 73/78 (Legislação e resoluções) e outras normas vigentes.
- Não se deve criar novos problemas ao meio ambiente.
- Deve apresentar características viáveis e atrativas às empresas privadas.

A fim de que as soluções encontradas para o problema identificado sejam realmente efetivas e não fujam da realidade, foram definidas tais restrições.

A primeira diz respeito a cumprir com as normas vigentes da Marpol 73/78, ou seja, estar de acordo com a Convenção internacional para Prevenção da Poluição por navios e também outras legislações, o que visa aprovar o projeto do ponto de vista legal e garantir que as soluções realmente estejam caminhando na cosmovisão de sustentabilidade do planeta.

A segunda restrição propõe não criar outros problemas ao ecossistema, isso porque tal consequência deslegitima toda a proposta do projeto de soluções, uma vez que seria necessário criar outro projeto para solucionar também o novo problema consubstanciado, o que vai contra os princípios de sustentabilidade arraigados à análise feita. Dessa forma, faz-se essencial que haja uma investigação acerca dos efeitos que as soluções para descarte das variadas substâncias do transporte marítimo reproduzem, a fim de garantir que não se esteja exercendo influência sobre outro espaço.

Por fim, mas não menos importante, é de suma importância que as soluções apresentem características viáveis e atrativas às empresas privadas. Essa análise baseia-se na percepção de que se as propostas não forem financeiramente acessíveis, ou seja, necessitarem de um amplo investimento para serem aplicadas, essas não serão aplicadas e, consequentemente, todo o projeto perderia o sentido.

3.4 Proposição de alternativas

3.4.1 Água de Lastro

1. **Ballast-Free:** o navio apresenta aberturas na popa e na proa e a água passa no sentido proa-popa (devido ao próprio movimento da embarcação e à sucção dos hélices) no meio de tanques longitudinais, permanecendo em movimento constante, e assim impedindo o acúmulo de espécies exóticas no navio;

2. **Estação de tratamento móvel:** coleta da água de lastro dos navios no porto e direcionamento dela, através de tubulações, para um contêiner ou recipiente específico para tratamento;

Figura 72 - Estação de tratamento móvel



FONTE: DAMEN, 2021.

3. **Nanocompósito:** material nanomolecular híbrido composto de uma substância adsorvente que "capturasse" microrganismos e de um material magnético que pudesse ser atraído por um ímã, separando assim a água desses organismos;

4. **Filtração + Radiação UV:** tratamento dividido em duas partes. Primeiramente, a água de lastro passa por um filtro, onde muitos organismos já ficam retidos. Em seguida, a água que passou pelo filtro é sujeita à radiação ultravioleta que irá matar os organismos restantes;

Figura 73 - PureBallast 3 Compact Flex (sistema que utiliza a tecnologia mencionada)



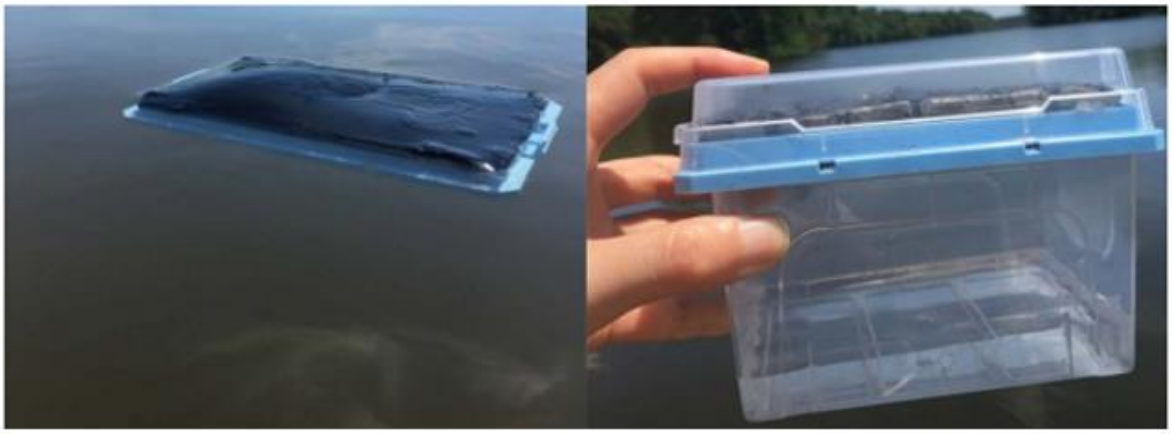
FONTE: ALFALAVAL, 2021.

5. **Reuso:** sistema de captação e armazenamento de água de lastro nos portos para que outra embarcação possa ser abastecida com essa mesma água de lastro quando atracasse, sem precisar coletar mais água ou mais organismos;

6. **Compostos clorados:** tratamento químico pelo uso de compostos clorados (biocidas) que atuem sobre os organismos presentes na água de lastro e mate-os ou impeça sua reprodução;

7. **Solar absorber gel:** esponja que absorve a água do oceano com os organismos em suspensão, mas quando é colocada sob a luz do sol, libera apenas a água limpa que será utilizada dentro dos tanques de lastro e mantém as outras substâncias na sua superfície.

Figura 74 - Tecnologia e funcionamento da esponja descrita



FONTE: PRINCETON UNIVERSITY, 2021.

3.4.2 Emissão de Gases GEE e Gases de Escape

Em relação à emissão atmosférica de gases pelo transporte marítimo, serão apresentadas alternativas de solução para o problema que levam em consideração as conclusões obtidas na análise dos dados levantados. Os métodos e propostas dados serão subdivididos em duas principais formas de atuação na mitigação dos impactos. A primeira consiste no desenvolvimento de tecnologias que alteram e otimizam o sistema propulsor das embarcações. Já a segunda será composta por medidas operacionais e logísticas, que visam maximizar o rendimento energético por meio de alterações que não alteram o projeto em si das embarcações, mas na forma com que o transporte e deslocamento de cargas acontece (MONTOYA, 2012).

Medidas Tecnológicas

Combustíveis alternativos e fontes de energia renováveis:

1. **Substituição de parte dos derivados pesados do petróleo (“bunker oil”) por gás-natural**

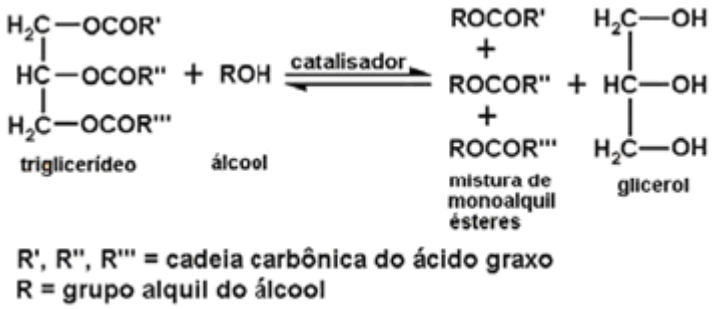
O gás-natural poderia ser usado como alternativa aos hidrocarbonetos pesados, pois, embora não seja renovável, apresenta vantagens como um menor custo de manutenção, ser

menos poluente e ter sua composição mais facilmente monitorada e controlada do que os derivados líquidos, o que possibilitaria a diminuição da contaminação deste por enxofre.

2. **Biodiesel como possível substituição ou complementação dos derivados pesados de petróleo (“bunker oil”)**

O biodiesel foi analisado como uma possível alternativa de complementação aos combustíveis utilizados normalmente por ser originado pelo processo de transesterificação química de óleos vegetais, que consiste na reação dos triésteres naturais com álcoois. Esse fato faz com que o biodiesel seja um combustível menos poluente, uma vez que não é derivado do craqueamento de grandes cadeias carbônicas do petróleo e renovável.

Figura 75 - Reação química da transesterificação para produção de biodiesel



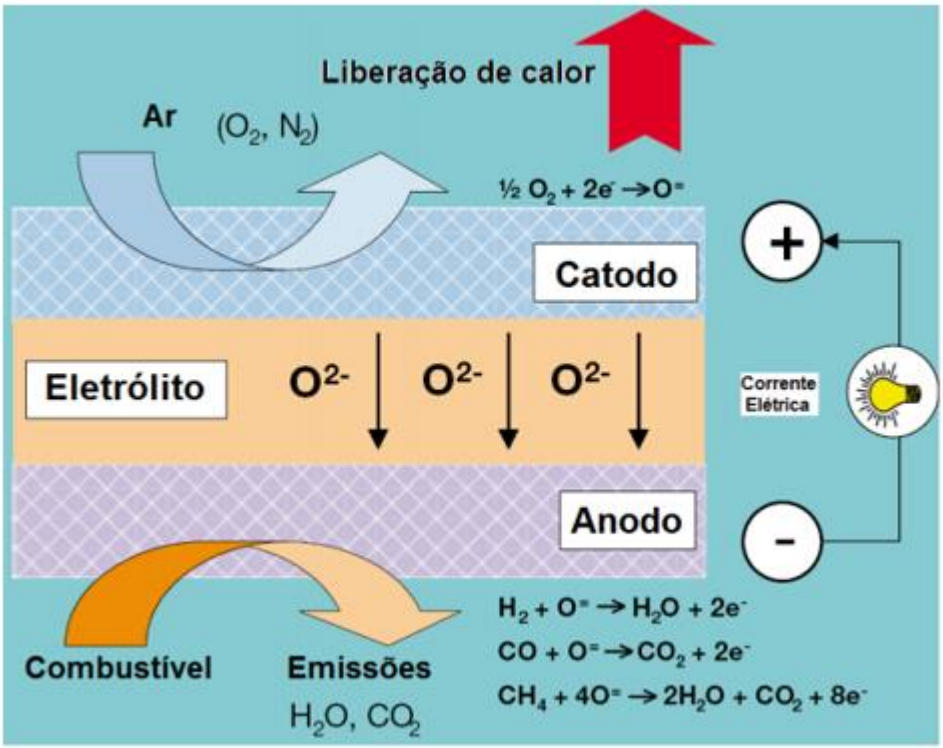
FONTE: RACACZESKI *et al*., 2006.

3. **Emprego de células-combustível a base de um eletrólito condutor e de combustíveis ricos em hidrogênio para produzir corrente elétrica contínua**

As células de combustível atuam de forma similar às baterias, a principal diferença consiste no fato dos reagentes serem armazenados fora da célula. Esse método reage o oxidante em abundância na atmosfera, o gás oxigênio, e o combustível selecionado, fazendo com que elétrons sejam direcionados do local em que ocorre a oxidação do hidrogênio ao catodo, criando, assim, uma corrente elétrica contínua. Devido a facilidade de armazenamento e maior densidade, poderiam ser empregados o metanol (CH_3OH) e o gás de cozinha (propano C_3H_8 e butano C_4H_{10}) em alternativa ao hidrogênio, que é o combustível mais usado em tal processo. As células seriam uma alternativa para complementar o uso de hidrocarbonetos pesados, diminuir a contaminação por enxofre e diminuir os picos de temperatura, tendo como

resultado uma menor emissão de CO_2, SO e NO_x. Sua energia poderia ser usada tanto na parte elétrica das embarcações, como sistemas de emergência e iluminação, quanto na complementação da propulsão por motores menores, que facilitariam manobras mais precisas.

Figura 76 - Funcionamento de uma célula-combustível à base de hidrogênio

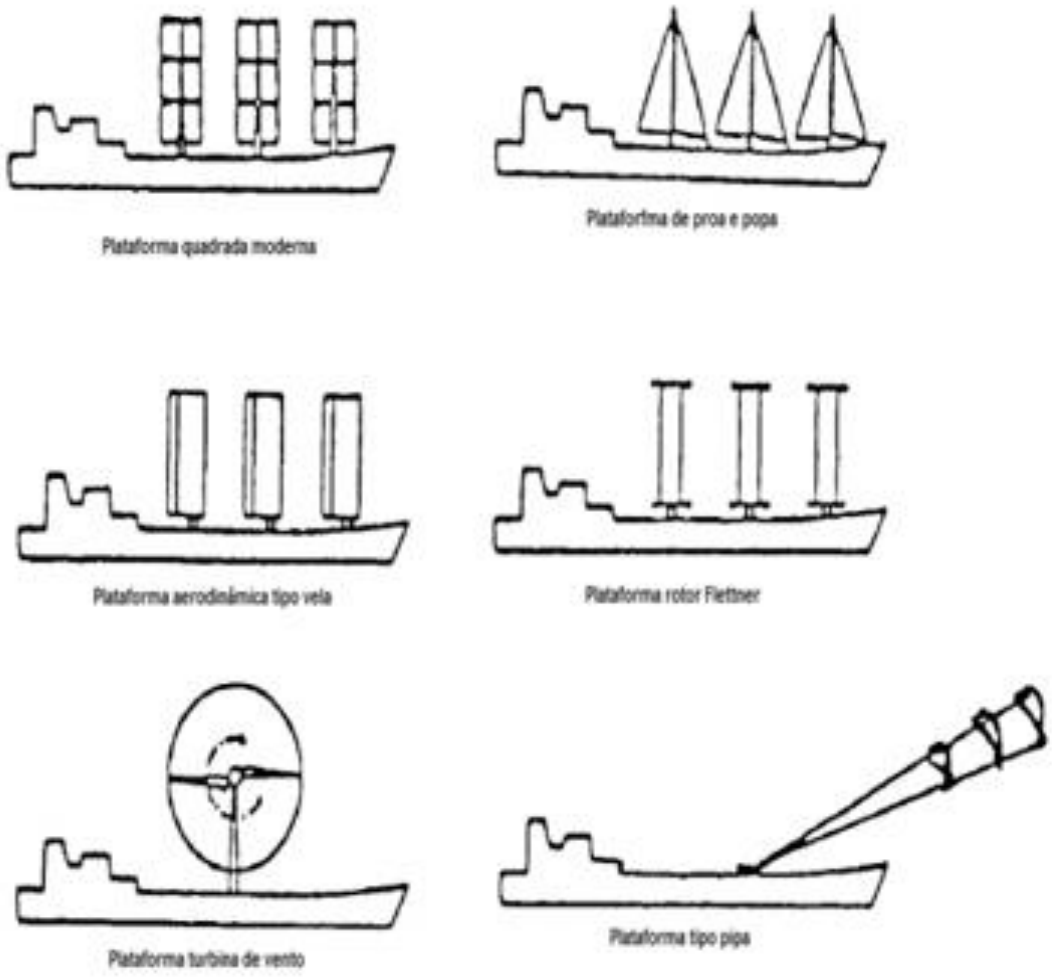


FONTE: MONTOYA, 2012.

4. Aproveitamento da energia eólica como método alternativo de propulsão

Um método já utilizado que, por demandar otimizações, ainda não foi disseminado é o uso da força do vento como propulsão das embarcações. Essa técnica pode ser aproveitada por meio de velas e parapentes desenvolvidos de forma aerodinâmica e leves, para que não aumente o consumo de combustível. Seria uma forma de reduzir os gastos de combustível facilitando a propulsão.

Figura 77 - Formas de propulsão pela ação do vento



FONTE: MONTOYA, 2012.

Figura 78 - Plataforma tipo pipa aproveitada pela empresa SkySails



FONTE: MONTOYA, 2012.

5. Aproveitamento da energia eólica e solar como fonte de energia elétrica

Como fontes de energia elétrica ao sistema de iluminação do barco e aos pequenos motores de propulsão auxiliares que aumentam a precisão das manobras e diminuem a vibração das embarcações, poderiam ser empregadas placas fotovoltaicas ou pequenas turbinas eletromotrizes, de modo a aproveitar as fontes naturais de energia.

Figura 79 - Painéis solares no cargueiro NYK Auriga Leader, eleito o “Navio do Ano” pela Premiação Global 2009 da Lloyd’s List



FONTE: MONTOYA, 2012.

6. Baterias de íon lítio recarregáveis como fonte de energia complementar

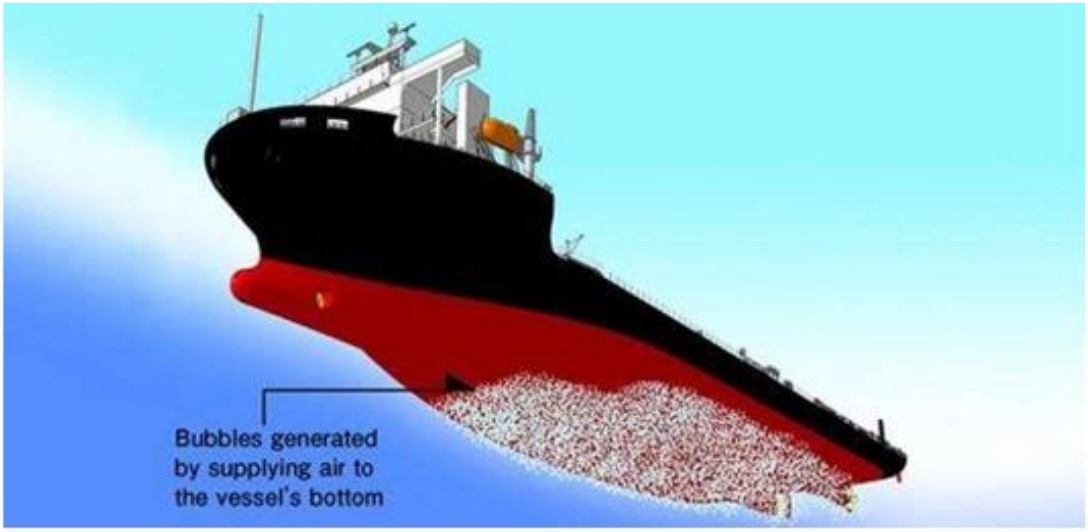
Possibilidade de fazer com que o sistema propulsor das embarcações seja híbrido, diminuindo a emissão de poluentes.

Para a redução da potência necessária para o deslocamento e consequentemente da quantidade de combustível necessário para ser queimado:

7. Técnica de bolhas de ar no casco

Formação de pequenas bolhas de ar na parte inferior das embarcações, diminuindo o atrito entre o casco e a água e, consequentemente, diminuindo a resistência enfrentada. Possibilitaria um menor consumo de combustível e menor emissão de resíduos gasosos.

Figura 80 - Exemplo de uso da tecnologia de bolhas de ar no casco das embarcações

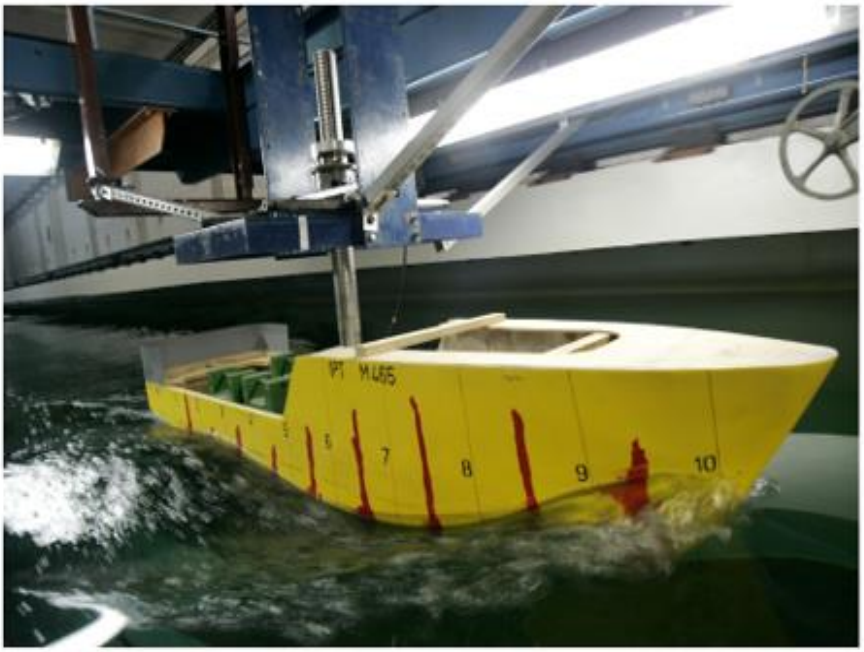


FONTE: IMO, 2013.

8. Otimização da forma das embarcações

Melhoramento hidro e aerodinâmico dos barcos, para diminuir o arrasto enfrentado.

Figura 81 - Cenário de teste hidrodinâmico

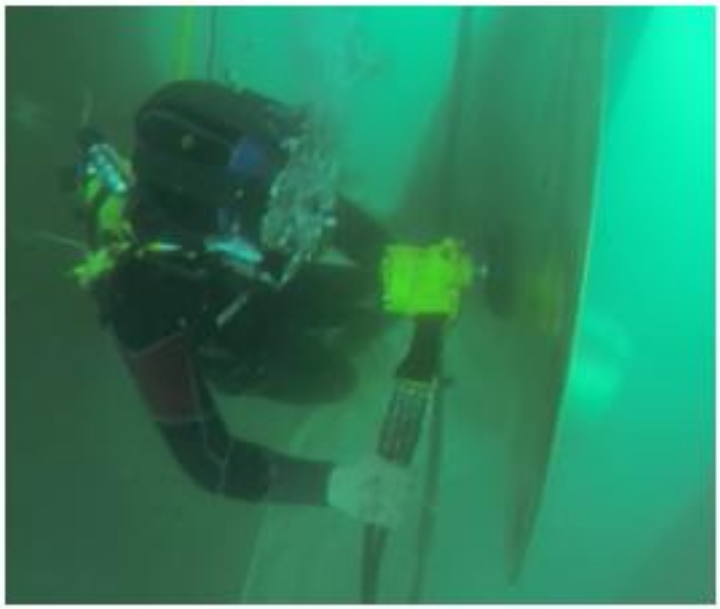


FONTE: IPT, 2020.

9. Polimento dos cascos e hélices para alisar as estruturas

Semelhante às bolhas de ar, essa técnica diminuiria o atrito entre as partes do barco e a água, reduzindo as perdas energéticas.

Figura 82 - Mergulhador aplicando a técnica de polimento dos cascos e hélices das embarcações



FONTE: ARGOS DIVING, 2018.

Alterações no projeto do motor, tanto para tratar da exaustão indesejada de gases poluentes quanto para aumentar a eficiência energética do motor:

10. Filtros como tratamento da exaustão dos gases

Desenvolvimento de dispositivos que filtram fisicamente os resíduos gasosos no momento da emissão. Após a navegação, os filtros seriam retirados e os compostos poluentes tratados quimicamente.

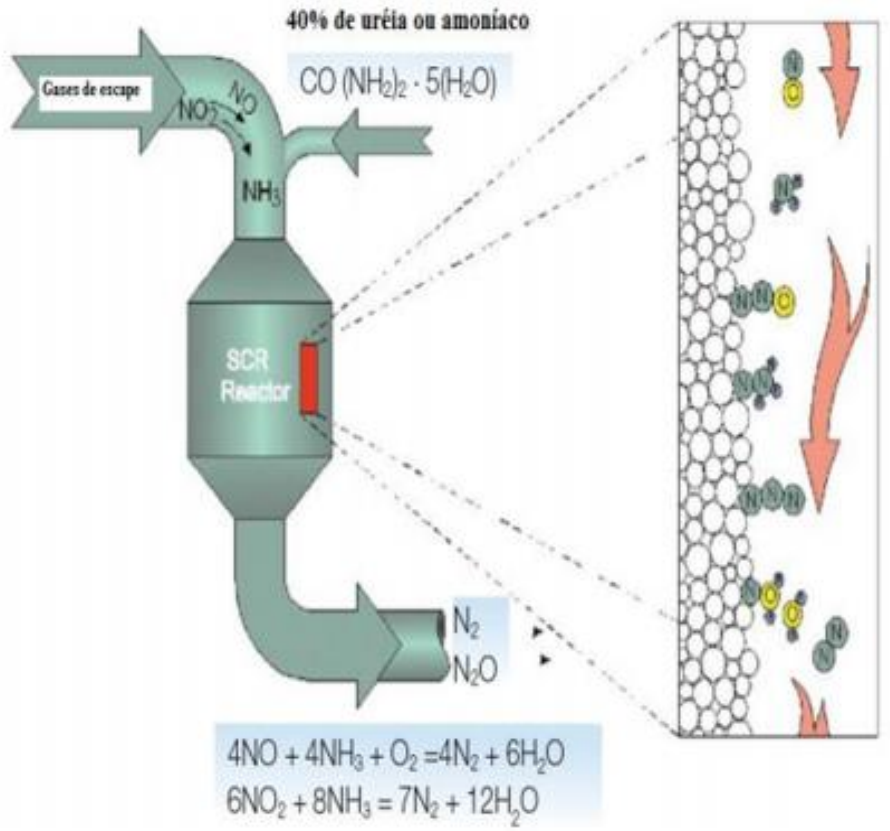
11. Resfriamento cíclico da câmara de combustão

Para diminuir a ocorrência de instabilidades térmicas dentro do motor e, portanto, diminuir diretamente a quantidade de NO_x produzidos, seria otimizada a tecnologia que consiste na circulação de umidade nos sistemas de propulsão, permitindo o resfriamento ideal da câmara. Para não aumentar a demanda energética e contribuir com o aproveitamento da energia perdida termicamente, a fonte de calor para o aquecimento da água e produção do vapor úmido poderia ser os próprios gases quentes emitidos pela exaustão.

12. Reforma química dos gases emitidos

Uso de um catalisador que aumenta a intensidade da reação de redução dos gases, que recebem elétrons e originam diferentes compostos. A reforma catalítica poderia diminuir o poder poluente das emissões gasosas.

Figura 83 - Esquema que apresenta um exemplo de reforma catalítica dos gases de exaustão



FONTE: MONTOYA, 2012.

Operacionais e Logísticas

1. **Arranjo e disposição das cargas na embarcação (distribuição do centro de massa em relação aos motores de propulsão e auxiliares)**

Método que distribuiria as cargas na embarcação de modo a otimizar a eficiência energética dos motores. A forma com que tal distribuição seria feita consiste no estudo do método em si. Após plenamente compreendido, a alternativa operacional poderia ser convertida em um sistema eletrônico que facilitaria o fornecimento de informações às máquinas das embarcações.

2. **Balanço entre velocidade e tempo de viagem e quantidade de combustível emitido**

Uma forma de diminuir a quantidade de combustível queimada por deslocamento e, portanto, a emissão de gases indesejáveis, seria formalizar o equilíbrio ideal entre velocidade e tempo, discutindo se a embarcação que polui menos é a que navega em altas velocidades, mas por menos tempo ou aquela que navega por mais tempo exigindo menos dos motores, ou seja, em baixa velocidade.

3. **Tempo de parada no porto**

Otimização dos tempos de parada nos portos considerando os processos térmicos e dinâmicos dos motores, assim como as possibilidades oferecidas pelas alternativas tecnológicas já apresentadas neste relatório. Esse método também analisa a viabilidade de produção de energia elétrica durante a parada nos portos.

4. **Apresentar uma escala de eficiência energética da embarcação**

Implementação obrigatória de uma tecnologia que analisa e escala a eficiência energética dos motores com base em critérios ambientais, de modo a facilitar o monitoramento e impedir grandes desvios.

3.4.3 Tinta Anti-incrustante

É impossível criar uma tinta anti-incrustante perfeita em todos os aspectos. Para tanto, estudos científicos trabalham de forma a alcançar a maior proximidade possível dessa perfeição aliando vantagens ecológicas à econômicas com o objetivo de reduzir os impactos ambientais de forma acessível e que gere adesão por parte dos proprietários das embarcações.

Nesse sentido, é necessário que o anti-incrustante tenha um custo operacional mínimo e esteja dentro das leis ambientais vigentes. Diante disso, a indústria naval tem procurado buscar o equilíbrio entre eficiência e durabilidade na composição de novos produtos, além de se preocupar com os com níveis de toxicidade toleráveis pelo meio ambiente.

Uma das alternativas é o desenvolvimento de produtos naturais, que nessa perspectiva, segundo Ítalo B. Castro, Eliete Westphal e Gilberto Fillmann, (2011):

> *Alguns estudos no Brasil têm indicado que determinadas espécies de macroalgas vermelhas produzem metabólitos com elevada atividade anti-incrustante. Esses metabólitos podem, no futuro, ser utilizados como ingredientes ativos em tintas náuticas*
>
> *Outra abordagem que vem sendo testada recentemente é a aplicação de anti-incrustantes livres de biocidas. Estes revestimentos apresentam um mecanismo de ação totalmente diferente das tintas anti-incrustantes tradicionais. Eles atuam essencialmente por meio da formação de uma barreira extremamente lisa, que dificulta a aderência de organismos aquáticos, favorecendo sua remoção natural durante o deslocamento da embarcação. Constituídos principalmente de polímeros de flúor (teflon) e silicones, os revestimentos livres de biocidas têm se mostrado eficientes para embarcações velozes (>21 nós).*

Além disso, outra alternativa seria o desenvolvimento de tintas anti-incrustantes físicas, superfícies que os organismos não conseguem aderir. A proposta aqui seria a da adoção de tintas que utilizem propriedades físicas para evitar a aderência. Similarmente ao que já ocorre em algumas espécies da fauna marinha como tubarões, mexilhões e caranguejos, a composição da tinta teria como prioridade a construção de uma superfície instável para os moluscos, assim sem liberar substâncias no oceano que possam afetar a fauna (Magin, Cooper & Brennan, 2014).

Conclui-se, portanto, que grupos de pesquisa têm empenhado-se para o desenvolvimento de sistemas anti-incrustantes ideias, no entanto, os resultados desses estudos ainda são escassos e requerem mais incentivo e investigações por parte das autoridades competentes.

3.4.4 Poluição Orgânica e Resíduos Recicláveis de Embarcações:

Orgânicos

Os detritos orgânicos se referem tanto ao esgoto quanto ao desperdício de comida gerado nas embarcações, devido à sua origem, o despejo nas águas deve ser evitado, pois

causa mal cheiro, além de poder haver o risco de contaminação de doenças em áreas costeiras e a eutrofização.

1. **Tratamento e reutilização**

Incluir os sistemas de tratamento de esgotos em outras embarcações, principalmente as de grande porte, evitando o despejo de dejetos não tratados nas águas. Desse modo é possível utilizar a água tratada para a higiene dos tripulantes, e para a limpeza do navio. Sendo essas águas tratadas e reutilizadas, reduz a liberação para o oceano, contribuindo para uma menor poluição, e a longo prazo, reduzindo custos operacionais.

2. **Tratamento por meio biológico anaeróbico**

Resíduos orgânicos são tratados através da sua decomposição. Tal processo é usualmente realizado por uma colônia de bactérias que se utiliza dos dejetos para sua sobrevivência e proliferação. No caso de bactérias aeróbicas, é realizada a aeração prolongada, que consiste na trepidação constante da superfície da água, a fim de fornecer oxigênio para a colônia. A decomposição também pode ser realizada por bactérias anaeróbicas, o que dispensa o processo de aeração, mas que tem como produtos gases perigosos como o metano e o sulfeto de hidrogênio (CONCEIÇÃO *et al*., 2018).

3. **Compostagem**

Armazenamento do esgoto tanto líquido quanto sólido produzido pelos tripulantes do navio e posteriormente utilização da matéria orgânica para transformação em adubo, podendo ser utilizado dentro do navio ou fora deste.

4. **Armazenamento**

Caso não haja espaço suficiente, o esgoto deve permanecer nos tanques, e, posteriormente, ser levado para a terra, lá obtendo o tratamento em estações, deste modo, recebendo os devidos cuidados para evitar a poluição nos oceanos.

5. **Transformação em ração**

Os restos de comida podem ser usados para fazer alimento para peixes, pelo processo de “heat drying”, tecnologia já utilizada em alguns países da Ásia Oriental, que será

posteriormente liberado em áreas afastadas da costa para evitar a eutrofização (CHENG, 2016).

6. **Cloro**

Evitar o uso de cloro, preferindo o uso de ozônio (OZÔNIO E SAÚDE, 2015) e raios UV (GRUNDFOS, 2014) para eliminar os microrganismos, assim, evitando a formação tóxica de produtos com o cloro, sem haver prejuízo para a saúde humana, pois ainda será possível o uso de protetores solares. No entanto, nestes casos, por conta de um tratamento anterior ao uso e pelo curto prazo de eficiência contra as bactérias, as águas das piscinas devem ser trocadas mais frequentemente.

7. **Outros óleos**

Proibir o uso de óleos que, por estarem em contato direto com a água das piscinas, possam contaminá-la, como, por exemplo, os bronzeadores.

8. **Inserção de organismos biorremediadores**

Atualmente existem organismos que são resistentes às alterações de ambientes poluídos, conseguindo naturalmente degradar alguns contaminantes presentes. Sua inserção no ambiente contaminado otimizaria processos de degradação física e química, podendo ser uma técnica mais acessível e sustentável.

Recicláveis

Apesar de ser ilegal o despejo de lixo reciclável em águas marinhas, é um processo que ainda ocorre mundialmente (CRUISE JUNKIE, 2019).

1. **Comprimir**

Durante as viagens marítimas, muito lixo reciclável é produzido, principalmente em navios populosos, como por exemplo os cruzeiros. É possível comprimir o lixo para que caiba mais, assim, evitando a sobrecarga e a possibilidade de vazamento e despejo ilegal.

2. **Evitar o uso único**

Pode-se também incentivar o reuso de embalagens que são normalmente descartadas após um único uso, como as garrafas PET de água, nesse sentido, os passageiros, ao invés de utilizarem e comprarem novos frascos, podem reabastecer em bebedouros que devem estar espalhados pelo navio, com o benefício de economizar e gerar menos lixo. A própria embarcação deve também disponibilizar utensílios como talheres, pratos e copos feitos de vidro, acrílico ou outros materiais que possam ser usados várias vezes.

3. **Materiais facilmente decompostos**

Caso seja necessário o uso de um objeto de uso único, deve-se haver preferência aos que são mais facilmente decompostos e menos danosos à natureza, como o papel e papelão, ao invés de usar produtos como os plásticos.

4. **Estímulo governamental para colaboração com a indústria privada**

Para reduzir a liberação de partículas de polímeros nos oceanos, pode existir uma colaboração entre indústria privada e as redes governamentais, na qual os governos dos países fariam concessões na área econômica vantajosas a rede privada, em contrapartida, devem estipular metas, que devem ser cumpridas para controle de evasão dos polímeros aos mares.

5. **Forma de aglutinação de plásticos para eventualmente reciclar**

Uma das grandes questões que preocupam quando o assunto é a poluição por microplásticos é a dificuldade de retirada dessas substâncias do oceano. Algum composto que conseguisse aglutinar esses microplásticos facilitaria a retirada desses materiais do oceano, podendo ser destinados à reciclagem posteriormente.

3.4.5 Contaminação por Hidrocarbonetos e Águas Oleosas:

1. **Nanopartículas e as barreiras flutuantes**

A primeira solução para a mitigação desse problema foi desenvolvida a partir da relação entre dois métodos que se completam. Analisando estudos sobre a Vermiculita Expandida Magnética(nanopartícula), desenvolvida pelo Instituto de Química da UFG, que tem a capacidade de se ligar com as moléculas dos hidrocarbonetos presentes nos óleos e depois ser retirado da água através de imãs, foi noticiado uma dificuldade no encontro dessa

nova substância com as moléculas do óleo. Muitas vezes quando a substância é acionada, muitas partículas do óleo já foram levadas para outras regiões através dos processos de intemperismo como o espalhamento, oxidação e dissolução.

Para isso, a solução conta com um sistema auxiliado de um sistema já utilizado (porém, ainda, de maneira isolada) por grandes empresas que é o uso do método explicado pelo ambientalista Aristides Sofiati, da Universidade Federal Fluminense, “de longas hastes que flutuam na água, sustentadas por boias e que portam uma espécie de saia que pende por sobre a água, contêm o petróleo e impedem que a mancha se espalhe”.

Assim, quando ocorrer o vazamento do petróleo deve-se, rapidamente, fazer a instalação do sistema de hastes. Dessa forma, minimizaria os processos de intemperismo do petróleo e logo após, poderia ser aplicada a Vermiculita Expandida para a retirada do óleo do ecossistema marinho.

2. **Vistorias em um menor intervalo de tempo**

A segunda solução enfatiza o período de manutenção dos cascos do navio. Para mitigar os efeitos causados pelo derramamento após o rompimento do casco, essa solução conta com uma documentação para circulação. Esse documento consiste em uma averiguação ou vistoria da Marinha Brasileira para que o navio circule caso, somente, esteja em condições adequadas de circulação como a limpeza e a manutenção do casco da embarcação.

Hodiernamente, os cascos são limpos e passam por vistorias, em média, de uma a duas vezes por ano (Marinha Brasileira, 2001). Com esse documento para circulação, as embarcações deveriam realizar a limpeza em períodos menores e regulares, dessa forma, reduziria os riscos do casco se romper, evitando desastres.

3. **Monitoria petrolífera**

A terceira solução foi estipulada a partir de um processo de monitoria aos navios petroleiros no qual os navios seriam auxiliados por pequenas embarcações da marinha brasileira durante o trajeto, assim qualquer problema quanto a derramamento e vazamento de petróleo, a marinha iria prosseguir da melhor forma possível, assim, diminuindo os impactos instantâneos desse desastre.

4. **Limite de barris de petróleo em um navio**

A quarta solução foi estabelecida com um objetivo de redução do limite de barris de petróleo em uma embarcação. Dessa forma, se, acidentalmente, ocorrer vazamento de petróleo no mar através de explosões, colisões, choques entre navios, o petróleo derramado será em menor quantidade, assim, facilitaria a limpeza e reduziria os impactos no meio ambiente.

5. **Inteligência artificial para evitar vazamentos (causa humana)**

Utilização de sensores e programas de inteligência artificial capazes de executar protocolos de emergência em caso de vazamentos, mantendo uma análise constante dos dados gerados pelos transportes marítimos, englobando desde descarte de esgoto até vazamento de petróleo e derivados para casos de navios transportadores de tais materiais.

3.5 Critérios de avaliação de solução

Os critérios a serem utilizados para avaliar as soluções listadas na seção anterior serão detalhados neste capítulo, além de também e apresentar seus respectivos pesos e como eles foram determinados, para que assim, finalmente, haja uma atribuição de nota para cada uma das soluções por meio de uma Matriz de Decisão.

3.5.1 Eficácia/Abrangência (EA)

Primeiramente, o critério “eficácia/abrangência” é um critério pensado para verificar prontamente a capacidade da solução de atender aos critérios necessários para ser levada para a frente, o que confere a ela peso 6, o maior entre todos os critérios escolhidos. Esse critério trata da capacidade de uma solução de atuar no máximo de áreas do problema definido no item 3.3 e a intensidade com que a solução é capaz de atingir o problema para mitigá-lo, além de ser um critério qualitativo, ou seja, não é possível numerificá-lo, sendo a métrica dele partindo de um quesito de eficácia nula até um quesito de eficácia excelente. Nesse sentido, uma solução de eficácia nula é aquela que não atinge nenhuma das áreas de problema propostos no item 3.4 e, portanto, não atuam na mitigação do problema, e uma solução de eficácia excelente é aquela que atinge múltiplas áreas do problema em questão e atuam direta e fortemente no problema, podendo certamente trazer benefícios rapidamente.

3.5.2 Custo-Benefício (CB)

Em segundo lugar, escolheu-se usar o critério qualitativo “custo-benefício” para julgar as alternativas, visto que este é um aspecto fundamental do ponto de vista econômico do projeto. O custo-benefício se trata da razão entre o gasto monetário necessário para a concretização da solução e os efeitos positivos que se deseja obter. Um alto custo-benefício implica em uma alternativa pouco custosa, mas muito eficiente, enquanto um baixo custo-benefício seria algo caro, mas que não realiza a tarefa bem o suficiente para compensar por este preço. Uma vez que se busca uma solução viável para o problema definido, alternativas de baixo custo-benefício são mais indesejáveis, pois elas tornam a solução mais cara e menos favorável em relação às outras, e, portanto, mais improvável de ser executada na realidade. Dessa forma, baseado na tabela de decisão dos pesos, e, portanto, tendo em vista a importância desse critério para a viabilidade da solução, o mesmo recebeu peso relativo 5, o segundo maior da hierarquia definida, perdendo apenas para “eficácia/abrangência”.

3.5.3 Durabilidade (DU)

Já para o critério "durabilidade" foi escolhida uma análise quantitativa, a qual levou em consideração o tempo de intervalo entre as manutenções após a implementação da solução. Essa prerrogativa baseia-se na percepção de que soluções que necessitam de manutenção constante em um baixo intervalo de tempo possuem uma desvantagem em relação às outras que apresentam um intervalo de tempo maior entre elas, e, portanto, uma baixa durabilidade trata-se de um aspecto negativo na escolha da melhor alternativa para o problema. Dessa forma, foi considerado como maior intervalo tempo para uma manutenção uma melhor atribuição de nota, adotando nesse viés, e baseando-se na tabela de pesos, foi atribuído peso 4 para tal critério.

3.5.4 Tempo de Implementação (TI)

Além disso, para o critério "tempo de implementação" também foi escolhida uma análise quantitativa, de modo que quanto menor o tempo de implantação da solução, maior será a sua nota atribuída nesse quesito. Isso porque uma alternativa de solução que demora muito para ser colocada em prática não atende às expectativas do projeto com exatidão e possui uma desvantagem sendo mais improvável de ser executada na realidade. É

fundamental ressaltar também que não foram atribuídas notas para tempo de implementação maior que 10 anos, e assim foram removidas tais alternativas de solução que entram nesse perfil, visto que um dos objetivos e requisitos do projeto é a viabilização da solução dentro do período da Década dos Oceanos da ONU. Dessa maneira, devido à explicação exposta e baseado na tabela de peso dos critérios, foi adotado peso 3 para "tempo de implementação".

3.5.5 Disponibilidade (DI)

Foi escolhido o critério qualitativo "disponibilidade", que assim como o “custo-benefício”, também serve como medida do quão viável é a solução. A disponibilidade se refere ao quão fácil se é de se aplicar a solução de acordo com sua presença no mercado e também à conclusão de pesquisas referentes ao projeto de funcionamento dessa. Assim, alternativas que requerem produtos já amplamente distribuídos têm alta disponibilidade, e, por outro lado, aquelas soluções que necessitam de tecnologias que ainda estão em processo de desenvolvimento têm baixa disponibilidade. Este critério é importante por apontar qual alternativa pode ser implantada mais facilmente, contudo, uma solução que não esteja tão disponível atualmente não torna o projeto efetivamente inviável, já que é possível que essa tecnologia se torne mais comum em um futuro próximo, graças aos avanços de pesquisas e experimentos, e, por esse motivo juntamente à análise da tabela de pesos, o critério "disponibilidade" recebeu um peso relativamente baixo, 2.

3.5.6 Risco Ambiental (RA)

O critério “risco ambiental” foi escolhido para mensurar os impactos negativos ao meio ambiente no caso de uma eventual falha humana ou estrutural do projeto solucionário. Nesse sentido, é imprescindível que o risco ambiental seja diferenciado de impacto ambiental prejudicial, visto que um impacto ambiental prejudicial é uma característica já preconizada, visto que as soluções de alto impacto já foram removidas previamente, enquanto o risco ambiental trata-se de uma eventual falha por parte de quem opera a solução ou das máquinas envolvidas na solução. Esse critério deve-se principalmente ao fato de que nenhum sistema é integralmente seguro, portanto, é necessário que haja uma cautela quanto à possibilidade de algum acidente. Desse modo, o risco ambiental participa da matriz de decisão com peso 1.

3.5.7 Determinação dos Pesos dos critérios

Para decidir os pesos relativos de cada critério, o método adotado foi a criação de uma tabela na qual as linhas e colunas são os próprios critérios, proporcionando uma comparação individual entre cada par de critérios, de modo que o grupo escolheu, para cada disputa, o critério que possui maior relevância na escolha final da solução. Foi atribuída a nota "1" para o critério mais relevante e a nota "0" para o critério menos relevante da comparação. O peso final de cada critério é a soma total da sua linha, ou seja, os critérios que venceram mais disputas foram aqueles que receberam maior peso relativo final, a partir dos quais é possível a criação de uma média ponderada, que gera uma nota final única para cada solução, permitindo assim uma comparação final mais objetiva. A tabela de pesos construída é mostrada a seguir:

Tabela 18 - Pesos calculados para cada critério de avaliação

	EA	**CB**	**DU**	**TI**	**DI**	**RA**	**Total do Critério**	**Peso Relativo**
Eficácia/ Abrangência (EA)	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**6**	**6/21**
Custo-Benefício (CB)	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**5**	**5/21**
Durabilidade (DU)	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	**4**	**4/21**
Tempo de Implementação (TI)	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**	**3**	**3/21**
Disponibilidade (DI)	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**2**	**2/21**
Risco Ambiental (RA)	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**1/21**

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

3.6 Avaliação das alternativas de solução

A partir da definição dos critérios a serem aplicados para a escolha da melhor solução para o problema proposto, foram estabelecidos alguns parâmetros para que assim seja analisada de forma mais imparcial e precisa as alternativas de solução. Sendo assim, com o objetivo de aplicar uma matriz de decisão para decidir a melhor proposta de solução, foi feita a seguinte divisão conforme a tabela 19.

Tabela 19 - Escalas usadas para cada critério a serem utilizadas na Matriz de Decisão

Eficácia/abrangência	Custo-benefício	Durabilidade	Tempo de implementação	Disponibilidade	Risco Ambiental	Nota
Muito Eficaz	**Muito Bom**	**Manutenção em 5 anos ou mais**	**Menos de 1 ano**	**Muito Encontrado**	**Pouquíssimo Arriscado**	**9-10**
Eficaz	**Bom**	**Manutenção Anual**	**1-2 anos**	**Encontrado**	**Pouco Arriscado**	**7-8**
Regular	**Regular**	**Manutenção Semestral**	**3-4 anos**	**Pouco Encontrado**	**Regular**	**5-6**
Pouco Eficaz	**Ruim**	**Manutenção Mensal**	**5-6 anos**	**Em Desenvolvimento**	**Arriscado**	**3-4**
Não Eficaz	**Muito Ruim**	**Manutenção Semanal**	**7-9 anos**	**Não Há**	**Muito arriscado**	**0-2**

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

Em primeiro lugar, é importante ressaltar que todas as soluções terão uma nota atribuída, cujo valor é inteiro, que está no intervalo de 0 a 10, além de que, para cada critério

será analisado em qual dos sub-intervalos ela se encontra (0-2, 3-4, 5-6, 7-8, 9-10), a partir de suas características.

No primeiro critério “Eficácia/abrangência”, sua divisão dentro dos 5 sub-intervalos citados da seguinte forma:

- Muito eficaz: solução cujo resultados são extremamente satisfatórios dentro das metas e os objetivos estabelecidos e/ou possui vasto ramo de aplicação, ou seja, dentro do problema abordado ela se aplica a um grande número de tópicos a serem solucionados, por exemplo, uma solução que implicaria na mitigação da questão da água de lastro, tintas anti-incrustantes e emissão de gases poluentes. Nota recebida: de 9 a 10.

- Eficaz: solução que possui resultados parcialmente satisfatórios para as metas e objetivos estabelecidos e/ou se aplica a mais de um ramo do problema definido, como por exemplo, uma solução que se aplicaria no problema da emissão de gases poluentes e da poluição orgânica dos oceanos. É notório, portanto, que uma solução dessa categoria não teria a mesma abrangência que a da categoria acima. Nota recebida: de 7 a 8

- Regular: solução que possui resultados considerados positivos no ponto de vista do problema em questão, mas que não o resolveria completamente e/ou se aplica a um ramo do problema definido de forma positiva no geral. Nota recebida: de 5 a 6

- Pouco eficaz: solução que possui resultados pouco satisfatórios, ou seja, que possui uma melhora pequena acerca do problema a ser resolvido, e/ou se aplica a apenas um ramo do problema em questão, porém de forma extremamente específica e com resultados minimamente positivos. Nota recebida: de 3 a 4.

- Nada eficaz: solução que possui resultados praticamente nulos frente ao problema abordado. Nota recebida: de 0 a 2.

No segundo critério “Custo-benefício”, quanto maior o custo-benefício, melhor é a pontuação da solução, sendo sua divisão para atribuição de notas a seguinte configuração:

- Muito bom: solução que possui custo de maior atratividade, ou seja, é a mais economicamente viável em comparação às soluções concorrentes e às atividades industriais que causam os problemas definidos. Nota recebida: de 9 a 10.

- Bom: solução que possui um custo mais atrativo comparado a maiorias das soluções concorrentes, e também é mais viável economicamente que as práticas da indústria causadoras do problema definido. Nota recebida: de 7 a 8

- Regular: solução que possui custo semelhante a maioria das soluções concorrentes, e é mais economicamente viável que as práticas industriais que causam os problemas em questão. Nota recebida: de 5 a 6.

- Ruim: solução que possui custo menos atrativo que a maioria das soluções concorrentes e/ou é menos economicamente viável que às práticas industriais que causam os problemas que tal solução se propõe a resolver. Nota recebida: de 3 a 4.

- Muito ruim: solução com custo nada atrativo frente às outras soluções que resolvem o mesmo problema e menos economicamente viável que as atividades da indústria que causam o problema definido. Nota recebida: de 0 a 2.

Já o terceiro critério ‘’Durabilidade”, foi considerada como maior tempo para uma manutenção uma melhor atribuição de nota, como descrito a seguir:

- Manutenção em 5 anos ou mais: solução que não precisa de quase nenhuma manutenção, substituição ou similar, no intervalo de tempo de 5 anos ou mais. Nota recebida: de 9 a 10.

- Manutenção Anual: solução com manutenção, substituição ou similar necessária em média a cada um ano. Nota recebida: de 7 a 8.

- Manutenção Semestral: solução com manutenção, substituição ou similar necessária em média a cada um semestre. Nota recebida: de 5 a 6.

- Manutenção Mensal: solução com manutenção, substituição ou similar necessária em média a cada um mês. Nota recebida: de 3 a 4.

- Manutenção Semanal: solução com manutenção e/ou similares exigidos em média a cada uma semana. Nota recebida: de 0 a 2

No quarto critério “Tempo de implantação”, foi considerado que quanto menor o tempo de implantação da solução, maior será a sua nota atribuída nesse quesito, além de que não foram atribuídas notas para tempo de implantação maior que 10 anos, visto que uma restrição definida para as soluções era de implantação no período da Década dos Oceanos da ONU, como descrito a seguir:

- Menos de 1 ano: solução com tempo de implantação definitivo em um intervalo menor que 1 ano. Nota recebida: de 9 a 10

- 1 a 2 anos: solução com tempo para implantação definitiva em um intervalo de 1 a 2 anos. Nota recebida: de 7 a 8.

- 3 a 4 anos: solução com tempo de implantação definitivo em um intervalo de 3 a 4 anos. Nota recebida: de 5 a 6.

- 5 a 6 anos: solução com tempo de implantação definitivo em um intervalo de 5 a 6 anos: Nota recebida: de 3 a 4.

- 7 a 9 anos: solução com tempo de implantação definitivo em um intervalo de 7 a 9 anos, máximo para que a solução seja implantada na Década dos Oceanos. Nota recebida: de 0 a 2.

O critério “Disponibilidade” levou em consideração o fato de que quanto maior a disponibilidade, maior será a nota atribuída para a solução nesse quesito, como descrito a seguir:

- Muito encontrado: solução que já é utilizada na maior parte da respectiva área da solução, ou seja, uma tecnologia extremamente abundante, fácil de ser aplicada. Nota recebida: de 9 a 10.

- Encontrado: solução que já vem sendo implantada pela indústria, mas que ainda não é utilizada majoritariamente. Nota recebida: de 7 a 8.

- Pouco encontrado: solução que depende de tecnologia minimamente utilizada pela indústria, ou foi recém desenvolvida, logo, ainda não se popularizou. Nota recebida: de 5 a 6.

- Em desenvolvimento: solução não encontrada ainda no mercado, porém já está sendo desenvolvida tecnologia necessária para implantá-la. Nota recebida: de 3 a 4.

- Nula: solução que não é encontrada no mercado e nem tem similar sendo desenvolvida em universidades, empresas ou centros de pesquisa. Nota recebida: de 0 a 2.

Por fim, o critério “Risco Ambiental” foi baseado em possíveis acidentes ambientais, mas que dependem de falha e ação humana, já que nas restrições das soluções já foi definido que elas não podem causar mais danos ao meio ambiente intrinsecamente. Quanto maior o risco, menor vai ser a nota da solução nesse critério.

- Pouquíssimo arriscado: solução que tem risco quase nulo de causar qualquer tipo de dano ao meio ambiente a partir de alguma má utilização da mesma. Nota recebida: de 9 a 10.

- Pouco arriscado: solução que possui algum risco de causar estragos ambientais, mas os quais são ou muito pequenos, ou a chance de ocorrer esses acidentes é mínima, mas não nula. Nota recebida: de 7 a 8.

- Regular: solução que possui riscos de causar estragos ambientais de forma mediana, causando danos que não são severos, porém notáveis. Nota recebida: de 5 a 6.

- Muito arriscado: solução que possui altos riscos de causar algum tipo de dano ambiental, no sentido que deve ter um cuidado na aplicação dessa solução,

visto que os danos seriam considerados graves frente ao problema que se quer solucionar. Nota recebida: de 3 a 4.

- Muitíssimo arriscado: solução que possui riscos altíssimos de causar algum tipo de dano ambiental, ou seja, qualquer falha mínima pode causar acidentes severos ao meio ambiente, intensificando mais ainda o problema dos oceanos que se quer resolver, por isso a sua aplicação deve possuir grande cuidado e restrição. Nota recebida: de 0 a 2.

3.6.1 Soluções Retiradas da Matriz de Decisão

A fim de tornar a matriz de decisão mais compacta e eficiente, foram removidas algumas soluções da análise, já que essas não atendiam a alguns requisitos primordiais na busca pela solução ideal do problema. As soluções desconsideradas estão listadas a seguir:

1. **Nanocompósito**

É uma solução inovadora e que promete resultados, no entanto, sua aplicação é inviável, uma vez que ainda está no início de suas pesquisas e ergue-se apenas como um ideal sem recursos que o materializam no momento atual. Dessa forma, a solução não ficaria disponível para execução dentro do período da Década dos Oceanos, o qual trata-se de uma meta primordial a ser cumprida na escolha da melhor alternativa para o problema do descarte inadequado dos dejetos produzidos pelas embarcações.;

2. **Substituição dos derivados pesados do petróleo por gás natural**

Essa solução foi removida preliminarmente, uma vez que apresenta baixa eficiência para solucionar o problema proposto, visto que gera uma porcentagem mínima de resultado quando comparada com o objetivo de reduzir em 35% a quantidade de substâncias e resíduos nocivos ao meio ambiente que são liberados nos oceanos por embarcações até o ano de 2030--proposto na primeira fase do projeto. Isso porque essa reduz minimamente os impactos ambientais gerados pela queima do petróleo, tendo em vista que o gás natural também é um combustível fóssil e também gera efeitos poluentes;

3. **Substituição dos derivados pesados do petróleo por biodiesel**

A solução não se mostra completamente efetiva, pois apesar de usar o biodiesel, ainda libera gases poluentes na atmosfera, não solucionando o problema com eficácia, levando-a, assim, para o mesmo viés que a solução de substituição dos derivados pesados do petróleo por gás natural;

4. **Balanço entre velocidade e tempo de viagem e quantidade de combustível emitido**

A alternativa de solução em questão não apresenta nenhum considerável diferencial em relação ao que já existe contemporaneamente, visto que as indústrias já trabalham para que se gaste o mínimo possível de combustível e atenda-se às exigências dos próprios consumidores. Além disso, esse balanço proposto possui impactos irrelevantes frente à dimensão do problema em análise.

5. **Otimização de cargas e da velocidade para otimizar o uso do combustível usado na viagem**

Apesar de ser uma solução viável, por meio da distribuição do centro de massa em relação aos motores de propulsão e auxiliares, a quantidade de combustível economizada a partir da sua implantação seria mínima, e portanto, os resultados positivos ao ecossistema marinho também, ou seja, trata-se de uma solução de baixíssima eficácia e portanto descartável ao compará-la com todos os efeitos das outras propostas;

6. **Redução do tempo de parada no porto**

A tentativa de redução do tempo de parada no porto seria inviável de ser aplicada, na medida em que já existe essa preocupação no que diz a respeito às embarcações, visto a cosmovisão capitalista em que se insere, na qual busca-se o lucro o mínimo possível de gastos. Nessa perspectiva, reduzir ainda mais esse tempo mostra-se um desafio e que não gera um impacto mínimo à meta de reduzir em 35% a quantidade de substâncias e resíduos nocivos ao meio ambiente que são liberados nos oceanos por embarcações até o ano de 2030.

7. **Apresentar uma escala de eficiência energética da embarcação**

Essa solução em questão foi removida preliminarmente da matriz de decisão porque ao ser colocada em execução exigiria uma parte burocrática de obrigatoriedade para entrar realmente em vigor, e principalmente, porque basicamente não resolve o problema do descarte inadequado de substâncias no ambiente marítimo.

8. **Vistorias em um menor intervalo de tempo:**

Essa prerrogativa inclui-se na mesma justificativa dada à solução anterior — foi removida preliminarmente da matriz de decisão porque ao ser colocada em execução exigiria uma parte burocrática de obrigatoriedade para entrar realmente em vigor, e principalmente, porque basicamente não resolve o problema do descarte inadequado de substâncias no ambiente marítimo.

9. **Limite de barris de petróleo em um navio:**

Essa alternativa mostra-se inviável para a resolução do problema. Isso porque também conta com uma parte burocrática desgastante e necessitaria de uma fiscalização intensa das embarcações, impraticável. Além disso, não possui expressiva contribuição ao principal requisito que é atingir a meta de reduzir em 35% a quantidade de substâncias e resíduos que são liberados nos oceanos por embarcações até o ano de 2030.

10. **Filtros para tratamento dos gases**

Trata-se de uma solução que teria que ser estudada desde o início, já que não foi encontrado nenhum estudo preliminar acerca dessa pauta. Dessa maneira, ela ainda está em um ideal imaginário, o que a leva para as mesmas circunstâncias que a alternativa do nanocompósito, sendo, portanto, inviável.

11. **Soluções relacionadas à poluição orgânica e descarte de recicláveis**

Por fim, as soluções: Tratamento e reutilização, Tratamento por meio biológico anaeróbio, Compostagem, Armazenamento, Transformação em ração, Utilização de outros

óleos — que foram consideradas para o subtema de poluição orgânica, assim como, Comprimir, Evitar o uso único, Utilização de materiais facilmente decompostos, Estímulo governamental para colaboração com a indústria privada, Forma de aglutinação de plásticos para eventualmente reciclar — que foram consideradas para o subtema de descarte de recicláveis no ambiente marinho; também foram removidas da matriz de decisão. Essa decisão baseia-se na percepção de que tais alternativas citadas seguem para o mesmo ponto em comum de que se implementadas, geram efeitos mínimos à porcentagem a ser atingida dentro do limite de intervalo de tempo, um dos principais objetivos do projeto, determinados pela meta — reduzir em 35% a quantidade de substâncias e resíduos que são liberados nos oceanos por embarcações até o ano de 2030.

Desse modo, restou apenas um grupo de 16 possíveis soluções a serem adotadas, sendo estas as mais viáveis e eficazes.

3.6.2 Matriz de Decisão

A partir, então, do modelo apresentado de escala para cada critério utilizado, foi montada a matriz de decisão, isto é, uma matriz com a nota das soluções para cada critério, e a nota final calculada a partir da soma das notas da solução em cada critério multiplicado pelo seu respectivo peso. Portanto, a matriz de decisão se dá pela seguinte forma:

Tabela 20 - Matriz de Decisão

Soluções X Critérios	EA	CB	DU	TI	DI	RA	Resultados
Pesos	**6/21**	**5/21**	**4/21**	**3/21**	**2/21**	**1/21**	
Ballast-Free	**9**	**9**	**9**	**6**	**6**	**9**	**8,3**
Reforma Química dos Gases Emitidos	**7**	**8**	**9**	**9**	**10**	**10**	**8,3**
Energia Eólica e Solar para Propulsão e Abastecimento	**9**	**7**	**9**	**6**	**7**	**10**	**8,0**
Inteligência Artificial	**9**	**8**	**6**	**8**	**5**	**10**	**7,7**
Filtração + Radiação UV	**8**	**5**	**10**	**7**	**8**	**9**	**7,6**
Baterias de Íon Lítio Recarregáveis	**6**	**8**	**6**	**9**	**9**	**9**	**7,3**
Compostos Clorados	**8**	**9**	**3**	**9**	**9**	**4**	**7,3**
Anti-Incrustantes Livres de Biocidas.	**7**	**8**	**6**	**10**	**4**	**9**	**7,3**
Nanopartículas e as Barreiras Flutuantes	**7**	**9**	**6**	**6**	**9**	**6**	**7,3**

Técnicas de Otimização do Casco	**5**	**8**	**9**	**6**	**9**	**9**	**7,2**
Reuso de Água de Lastro	**9**	**8**	**5**	**6**	**2**	**9**	**6,9**
Células-Combustível com Combustíveis de Hidrogênio	**6**	**6**	**7**	**9**	**7**	**6**	**6,7**
Resfriamento Cíclico da Câmara de Combustão	**5**	**6**	**7**	**9**	**9**	**7**	**6,7**
Cloro	**5**	**7**	**4**	**9**	**9**	**9**	**6,4**
Estação de Tratamento Móvel	**5**	**5**	**6**	**7**	**9**	**9**	**6,0**
Uso de Organismos Biorremediadores	**5**	**5**	**5**	**7**	**5**	**8**	**5,4**
Solar Absorber Gel	**2**	**5**	**5**	**6**	**8**	**9**	**4,8**

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

Legenda da representação dos critérios de avaliação da Tabela 20:

EA - Eficácia/Abrangência

CB - Custo-Benefício

DU - Durabilidade

TI - Tempo de Implementação

DI - Disponibilidade

RA - Risco Ambiental

3.6.3 Justificativa das Notas das Soluções da Matriz de Decisão

1. **Emprego de Células-combustível a Base de um Eletrólito Condutor e de Combustíveis Ricos em Hidrogênio para Produzir Corrente Elétrica Contínua**

A solução intitulada em quinto lugar na matriz de decisão como “Emprego de células-combustível a base de um eletrólito condutor e de combustíveis ricos em hidrogênio para produzir corrente elétrica contínua” teve como nota final 6,9 devido às seguintes considerações:

No critério “Eficácia/Abrangência” a nota recebida foi 6, visto que ao utilizar hidrogênio como combustível, o volume ocupado pelo mesmo é enorme comparado aos combustíveis convencionais, logo para os navios em que o volume ocupado é essencial, sua eficácia acaba sendo prejudicada. Para o uso de combustíveis mais densos como metanol e gás de cozinha, apesar da questão de o volume ser mitigada, ainda há a produção de gás carbônico, que ajuda na ampliação do aquecimento e, consequentemente, no aquecimento dos oceanos, por outro lado, haveria uma diminuição significativa na produção de gases SO e NO_x (MONTOYA, 2012). Logo, essa solução foi considerada como “Regular” nesse critério, recebendo a nota 6, pois há diminuição considerável dos gases poluentes de Enxofre e de Nitrogênio, mas devido a questão do volume do Hidrogênio e da produção, mesmo que menor, de gás carbônico, sua eficácia é regular, por isso a nota 6.

Em “Custo-benefício”, sua nota foi 6, logo considerada como “Regular”, pois possui preço igualmente atrativo que outras soluções já consolidadas no mercado frente ao seu benefício, mas possui grande potencial como forma de fonte auxiliar de energia para as embarcações marítimas, visto as recentes diminuições dos preços da tecnologia usufruída nas células de combustível

Para “Durabilidade”, a nota recebida foi 7, ou seja, a manutenção necessária é anual, devido ainda o seu uso como fonte de energia auxiliar para as embarcações.

Já para “Tempo de implementação”, a nota recebida foi 9, já que a sua aplicação se daria em um tempo menor que 1 ano, visto que se trata de dispositivos pequenos e pontuais, de fácil aplicação.

No critério “Disponibilidade”, a nota foi 7, já que o dispositivo se adequa como a ideia de que ele já existe e é utilizado para diversas necessidades energéticas pela indústria, mas no setor naval ainda não se popularizou como necessário para ser abundante no ramo.

Por último, em “Risco Ambiental”, a solução recebeu a nota 6, ou seja, risco "Regular", visto que o manuseio de Hidrogênio como combustível possui alguns riscos medianos de explosão se não bem manuseado, assim como o uso de gás de cozinha.

2. Aproveitamento da Energia Eólica como Método Alternativo de Propulsão e da Energia Solar como Fonte de Energia Elétrica.

As soluções referentes à energia eólica e solar, da fase anterior do relatório, se tornaram apenas uma solução a ser estudada na matriz de decisão, devido à sua complementaridade possível e à proximidade entre ambas. Ela recebeu a nota final 8.0, pois foram consideradas as seguintes questões:

No critério “Eficácia/Abrangência”, a solução recebeu a nota 9, visto que se trata de fontes de energias limpas, ou seja, não contribui em nada para o aumento do efeito estufa. A utilização de modelos de pipa (energia eólica) para o auxílio na propulsão pode reduzir em quase 9% do uso de combustível convencional nos navios, e se trata de um mecanismo barato frente a motores ou, por exemplo, células de combustível como apresentado anteriormente, já os painéis solares conseguem reduzir em 10% da emissão de gases poluentes dos motores dos navios, podendo também ser utilizado para fonte de energia elétrica para funções auxiliares do navio (MONTOYA, 2012). Sendo assim, a eficácia pode ser considerada “Muito Eficaz”.

Em “Custo-benefício”, a solução teve a nota 7, principalmente devido ao custo ainda um pouco elevado dos painéis solares, porém, ao longo prazo, ainda compensa mais que a maioria das tecnologias concorrentes, mas não de forma majoritária, por isso a solução foi considerada com custo-benefício “bom”.

Já no critério “Durabilidade”, a nota recebida foi 9, visto que a manutenção se dá após os 5 primeiros anos de implantação. Os dispositivos usados para auxiliar na propulsão por energia eólica simulam uma vela, logo não há quase nenhum desgaste se não apenas com o ar, já os painéis solares têm em média o tempo de 25 anos de vida útil com a necessidade de quase nenhuma manutenção.

Para “Tempo de Implementação”, a nota recebida foi 6, logo, a solução precisa de um tempo de 3 a 4 anos para realmente entrar em vigor. Isso se deve ao tempo de construção dos navios especiais com painéis solares e com adaptações para a utilização de velas para o uso da energia eólica.

Em “Disponibilidade”, a nota atribuída à solução foi 7, ou seja, se trata de tecnologias já utilizadas no mercado, que é o caso de velas, já muito conhecido nos veleiros, mas ainda não bem estabelecida nos cargueiros modernos, e também dos painéis solares que são mundialmente utilizados em casas, satélites e já em alguns navios, por isso essa solução foi considerada com tecnologia “encontrada” e utilizada pela indústria.

Por fim, para “Risco Ambiental”, foi considerada a nota 10, visto que nem painéis solares ou sistemas de velas trazem algum risco de acidentes notáveis para o meio ambiente ou para o oceano.

3. Resfriamento Cíclico da Câmara de Combustão

A solução que propõe o resfriamento cíclico da câmara de combustão teve, após análise na matriz de decisão, uma nota final de 6.7, devido às seguintes ponderações:

No primeiro quesito “Eficácia/Abrangência”, a nota recebida foi 5, ou seja, possui uma eficácia regular, já que apenas reduziria a emissão de óxidos de Nitrogênio (NO_x), isto é, baixa abrangência em relação ao problema apresentado, não obstante ainda com resultados positivos.

Já no segundo critério “Custo-benefício”, a nota recebida foi 6, pois seria necessário um custo elevado para otimizar a tecnologia sugerida, com intuito de resfriar a câmara de combustão, melhorando o aproveitamento da energia perdida nesse processo, para ter um benefício específico e não primordial.

Em relação ao aspecto “Durabilidade”, a nota recebida foi 7, visto que considerando o uso exaustivo do motor em navios cargueiros, o período estipulado para a manutenção e a permanência da eficiência da tecnologia mencionada foi de 1 ano em média.

Para “Tempo de Implementação”, a nota recebida foi 9, já que há enormes linhas de montagem de motores pelo mundo, que otimizaram o processo de fabricação, sendo então um período de tempo menor que 1 ano para estar à postos para ser utilizado pelas embarcações marítimas.

O quinto critério “Disponibilidade” recebeu a nota 9, pois se trata de uma alternativa de solução que já é utilizada pela maioria fabricantes de motores para aumentar a eficiência dos mesmos, logo já é presente no mercado de forma predominante.

O último critério “Riscos Ambientais” recebeu a nota 7, ou seja, se trata de uma solução com poucos riscos de ocorrer algum acidente que cause danos ambientais, visto que as tecnologias acerca dos motores a combustão já estão avançadas, sendo assim, pequenas são as chances de qualquer irregularidade que cause algum desnível na temperatura ou pressão dos gases envolvidos, que ocasionaria uma explosão.

4. Baterias Íon Lítio Recarregáveis

A solução intitulada “Baterias de íon lítio recarregável como fonte de energia complementar”, visa incentivar em larga escala que o sistema de propulsão de embarcações sejam híbridos diesel-elétricos ou gasolina-elétricos, com a parte elétrica sendo unicamente de baterias íon lítio recarregáveis. A nota na matriz de decisão da solução 8.4 foi 7,3 devido às justificativas que seguem:

No primeiro critério a nota decidida foi 6, o que representa uma Eficácia/Abrangência regular. Essa decisão foi tomada levando em consideração que a implementação dessa solução diminui apenas a redução de poluentes em vista a todos os problemas apresentados, representando uma abrangência mediana.

O segundo critério da solução foi avaliado com nota 8, representando um bom custo-benefício, fator que se dá por um investimento inicial maior, porém diminui custos de pessoal a bordo e diminui o desperdício de combustível.

Já no terceiro critério, a solução recebeu nota 6, o que significa uma durabilidade regular, justificada pela grande utilização dessa bateria enquanto a embarcação se encontra navegando. Visto que as embarcações de que o problema trata são aquelas de grande porte principalmente comerciais, esses navios percorrem extensões globais utilizando muito as baterias, porém, os motores híbridos necessitam, ainda assim, de muito menos manutenção que os de puramente diesel.

No quesito tempo de implementação, quarto critério, a solução recebe nota 9, uma implementação em menos de um ano se executada corretamente com os incentivos necessários, visto que basta apenas a troca e adaptação dos sistemas de propulsão, que há pelo menos duas décadas estão usando motores híbridos.

Em disponibilidade, a solução de baterias íon lítio recebeu nota 9, representando uma disponibilidade alta, um produto muito encontrado, visto que essas baterias são usadas desde o século XX e têm uma alta demanda na atualidade, sendo produzidas de acordo com ela.

Já sobre a questão risco ambiental, a solução também recebe nota 9, visto que esse tipo de bateria é ambientalmente amigável e não possui, em sua grande maioria, nenhum composto nocivo à saúde humana em sua estrutura.

5. Cloro

Essa solução se trata de evitar o uso de compostos clorados para tratamento do esgoto e do lixo orgânico, substituindo-os por ozônio ou raios U.V. Essa solução recebeu nota final 6,4 após passar pela média ponderada da matriz de decisão, devido às justificativas que seguem:

No primeiro quesito, que trata de eficácia/abrangência, a solução recebe nota 5, o que a classifica como regular, principalmente por buscar mitigar um problema muito pontual, visto que o cloro por si só é rapidamente diluído na água, e o grande problema do esgoto seria não o tratar e despejá-lo de forma irresponsável nos oceanos.

Já no segundo critério, que versa sobre custo-benefício, a solução recebe nota 7, o que representa uma boa relação custo-benefício, visto que o ozônio e os raios U.V tem um

potencial maior de descontaminação que os compostos clorados, como por exemplo a ação oxidante do ozônio ser praticamente o dobro daquela do cloro.

No terceiro critério, a solução recebe nota 4 no quesito durabilidade, que significa uma manutenção mensal, visto que é necessário que haja sempre o tratamento dos esgotos do navio, checagem do resultado ambiental dos produtos utilizados e compra constante desses compostos utilizados no dia a dia.

O quarto critério, que trata do tempo de implementação da solução, foi avaliado para a solução como nota 9, uma implementação em menos de um ano, visto que basta trocar os compostos utilizados com um breve cálculo das quantidades necessárias para tratar o esgoto.

No critério número 5, que trata da disponibilidade dessa solução, a nota recebida foi 9, representando um produto muito encontrado, que já é amplamente utilizado, por exemplo, em piscinas olímpicas e inclusive para dejetos orgânicos no continente.

Por fim, no sexto critério, que trata de risco ambiental, a solução também recebe nota 9, pela solução conter apenas compostos com pouco ou nenhum potencial de contaminação ambiental, podendo ser rapidamente diluídos sem prejuízos para os ecossistemas em que fossem despejados os compostos.

6. Uso de Organismos Biorremediadores

A solução intitulada “Uso de Organismos Biorremediadores”, se trata da solução 8 da seção “Orgânicos” do item 3.4.4. Essa solução versa sobre inserção de organismos que degradam química e fisicamente compostos contaminantes e recebeu 5,4 como nota na matriz de decisão devido às explicações que seguem:

No critério eficácia/abrangência, a solução recebeu nota 5, uma eficácia regular, dada pela restrição da solução, visto que em comparação com todos os problemas a serem mitigados, ela resolve apenas a degradação de alguns dos contaminantes presentes nos esgotos, dessa forma, tem uma abrangência mediana, porém cumpre o que se propõe.

O segundo critério, versando sobre o custo-benefício da solução, recebeu nota 5, ou seja, foi avaliado com um custo-benefício regular. Isso se deve pelo encarecimento do produto devido ao estudo aplicado sobre ele ser relativamente novo e, portanto, restrito.

No terceiro critério, manutenção a nota recebida também foi 5, que se trata de uma manutenção semestral, esse fator se deve pela observação constante desses organismos e como eles reagem a ambientes diferentes com condições diferentes, dessa forma uma análise semestral se faz necessária.

Já no quarto critério, que trata do tempo de implementação, a solução 8.6 também foi avaliada como uma nota 7, um prazo de 1-2 anos. Isso é justificado pela necessidade de identificar quais tipos de compostos cada situação de esgoto de navio necessita, por exemplo, não é sabido se cruzeiros terão a mesma necessidade de quebra de compostos que navios pesqueiros. Dessa forma, tanto a diversidade de microrganismos quanto o potencial de degradação de cada um deve ser analisado, desenvolvido e controlado, necessitando de pesquisas científicas e viabilidade industrial de comercialização deles.

O quinto critério, disponibilidade, é avaliado para solução recebe nota 5, devido ao caráter ainda novo dessa biotecnologia e as especificidades de cada organismo e cada situação, dessa forma é caracterizada como pouco encontrada.

Por fim, no sexto critério, que trata de risco ambiental, a solução recebe nota 8, sendo caracterizada como pouco arriscada. Isso se deve ao fato de que mesmo que microrganismos façam parte dos ecossistemas, introduzir um microrganismo diferente pode causar um pequeno desequilíbrio ou, se colocado em excesso um microrganismo aeróbio, eles podem consumir o oxigênio destinado para a fauna local.

7. Filtração + Radiação UV

A solução intitulada “Filtração + Radiação UV” versa sobre o tratamento da água de lastro usando-se de um filtro para a retenção de partículas maiores, seguido do uso de um emissor de radiação ultravioleta para exterminar os organismos que ainda sobrarem. Essa alternativa recebeu a nota final 7,6 na matriz de decisão devido ao seu desempenho nos outros critérios, mostrados a seguir:

Primeiramente, no critério eficácia/abrangência, a solução recebeu a nota 8. A justificativa para este conceito é o fato de que se trata de um método relativamente eficaz para o tratamento da água de lastro, eliminando a maior parte dos organismos presentes, alcançando até a marca de 95% de mortalidade de fitoplânctons (PEREIRA, 2018). Entretanto, a solução não recebeu uma nota superior a 8 pois há situações em que ela pode não ter o mesmo desempenho supracitado, como no caso de águas mais turvas, onde a radiação UV tem maior dificuldade de penetrar a água, e, além disso, deve-se considerar o fato de que essa alternativa lida apenas com o tratamento de água de lastro, sendo, portanto, pouco abrangente.

Em segundo lugar, em custo-benefício, "Filtração + Radiação UV" recebeu a nota 5, o que indica que seu desempenho foi apenas regular. Isso ocorreu pois, apesar da solução ser eficiente para o tratamento de água de lastro, seu preço se situa significativamente acima das outras alternativas de tratamento, custando, por exemplo, US$1.240.000 para compra e instalação do modelo *PureBallast* da empresa Alfa Laval (PEREIRA, 2018).

Já no terceiro critério, durabilidade, a solução recebeu a nota 10, por se tratar de uma alternativa extremamente durável, que exige praticamente nenhuma manutenção. O *PureBallast*, modelo-referência escolhido para representar a solução, de acordo com a sua empresa desenvolvedora: "é totalmente fechado, totalmente automatizado e totalmente integrado ao sistema de água de lastro. Em outras palavras, sua operação não exige nada da tripulação" (ALFA LAVAL, 2021).

Considerando-se a tempo de implementação, a alternativa recebeu a nota 7, pois já existe para ser implantada, mas se trata de um dispositivo relativamente grande e complexo, de modo que leva um certo tempo para que o mecanismo possa ser integrado ao navio.

Em termos de disponibilidade, a solução recebeu nota 8, pois já existe de forma concreta e pode ser encontrada no mercado. O *PureBallast*, por exemplo, é comercializado no mundo inteiro pela Alfa Laval.

Por fim, no critério risco ambiental, a solução recebeu a nota 9, já que, diferentemente de outras alternativas para o tratamento de água de lastro, ela não se utiliza de dosagem de sal

ou de outros produtos químicos, sendo pouquíssimo provável que ela traga riscos ao ambiente.

8. Reuso

A solução “Reuso”, que propõe a construção de sistemas de captação de água de lastro nos portos para que os navios não a descartem no mar, recebeu o conceito final 6,9 devido ao seu desempenho em sua avaliação nas categorias citadas a seguir:

Em eficácia/abrangência a solução recebeu nota 9. Tal conceito se dá pelo fato de que, teoricamente, esta solução lidaria por completo com o problema de transportar organismos marinhos na água de lastro, uma vez que, no caso, a água de lastro coletada, mesmo que contaminada, não seria despejada no mar novamente, eliminando o problema. Contudo, a solução é muito focada em solucionar a questão da água de lastro, sendo menos abrangente, e, por isso, não recebendo o conceito máximo.

Em relação ao custo-benefício, a solução recebeu nota 8, pois haveria um certo custo para construir estas estações, mas, ainda assim, com ela os navios em si não teriam que gastar com equipamentos para tratamento de água de lastro, e por esse motivo também teriam a vantagem de ter mais espaço a bordo.

Quanto à durabilidade, tendo em vista que a estação precisaria ser examinada ao menos semestralmente para verificar a existência de possíveis vazamentos da água contaminada, foi dada a nota 5.

A respeito do tempo de implementação, considerando que ainda não existem modelos como o aqui descrito, de modo que fosse necessário criar um projeto do zero, e que estas estações deveriam ser construídas em diversos portos para que não houvesse o descarte inapropriado de água de lastro, foi estimado que a solução levaria em torno de 4 anos ao menos para ser colocada em prática em uma escala significativa, e, portanto, o conceito dado foi 6.

Para o critério disponibilidade, a nota dada foi 2, e diz respeito ao fato de que a solução consiste apenas em uma ideia, atualmente não existindo qualquer forma concreta dela no mercado.

Já para o último critério, risco ambiental, a nota dada foi 9 uma vez que para essa alternativa a água de lastro não sequer precisa ser tratada, pois ela não chega a entrar em contato com o mar novamente nunca.

9. Compostos Clorados

Essa solução diz respeito ao uso de compostos contendo cloro para eliminar os organismos marinhos que são coletados junto à água de lastro. A sua nota final foi 7,3, e foi obtida a partir da seguinte avaliação:

Em termos de eficácia, de acordo com os testes de Zhang *et al*. (2004), a taxa de mortalidade do fitoplâncton submetido aos compostos clorados foi em torno de 80%, e, por esse motivo, a solução em questão foi considerada eficaz, recebendo a nota 8 nesse critério.

Em relação ao critério custo-benefício, à solução foi dada a nota 9, pois ela é capaz de eliminar a maior parte dos organismos eficientemente, ainda que se tratando apenas do uso de compostos clorados, que são relativamente baratos.

Para o quesito durabilidade a solução recebeu a nota 3, respectiva à necessidade de uma manutenção mensal. Isso se deu pelo fato de que a aplicação dos compostos clorados não é uma solução permanente, necessitando ser aplicada constantemente para cada nova leva de água de lastro coletada.

No critério tempo de implementação, a solução recebeu nota 9, o que indica a implementação em menos de um ano. Isso ocorre, pois, a solução consiste simplesmente na aplicação dos compostos na água de lastro coletada, não sendo necessária a construção de nenhum tipo de mecanismo adicional.

Para a sua disponibilidade, “Compostos Clorados” recebeu a nota 9, pois tais compostos, com o dióxido de cloro, por exemplo, já existem e são amplamente encontrados no mercado.

Por fim, em relação aos possíveis riscos ambientais trazidos pela solução, foi dada a nota 4, denotando a solução como arriscada. Isso se dá pelo fato de que o uso de biocidas

como estes podem afetar a vida de animais, causando câncer e problemas reprodutivos (PEREIRA, 2018).

10. Solar Absorber Gel

A solução “Solar Absorber Gel” (Gel Absorvedor Solar) diz respeito ao uso de uma substância que atua de forma semelhante à uma esponja, absorvendo a água do oceano e depois liberando-a em um estado purificado. Essa solução recebeu a nota final 4,8 baseado no seu desempenho nos critérios abaixo:

No critério eficácia a tecnologia do “Solar Absorber Gel” recebeu a nota 2, pois o equipamento coleta água em uma taxa de 7,8 kg/(m^2h^1) (CORLESS, 2021), que é uma quantia extremamente pequena dada a magnitude de um navio, e a necessidade de realizar o processo de forma mais rápida e eficiente.

Já no critério custo-benefício a nota dada foi 5, tendo em vista que a aplicação dessa em uma escala tão grande como a de um navio de carga seria extremamente cara, e, como citado acima, a filtração ocorre de forma muito mais lenta do que as outras alternativas de filtração da água de lastro.

No critério durabilidade a solução recebeu a nota 5, pois estimou-se que a manutenção das esponjas deveria ser ao menos semestral a fim de que impurezas retidas não atrapalhassem o processo de filtração.

Para tempo de implementação a nota dada foi 6, o que significa que a solução deve levar aproximadamente 3 anos para ser implementada. Essa decisão foi tomada tendo em vista que essa tecnologia ainda não é bem adaptada para ser usada em navios, de modo que mais estudos ainda precisem ser feitos sobre o tema, e o material aprimorado.

Tendo em vista o critério disponibilidade, a solução recebeu a nota 8, o que diz respeito a subdivisão de “encontrado”. Esse conceito foi atribuído pois de fato essa tecnologia já existe no mercado, apesar de que não tanto utilizada.

Por fim, para o critério risco ambiental a nota que a solução recebeu foi 9 pois não há nada intrínseco de sua composição que possa causar quaisquer danos ao meio-ambiente.

11. **Estação de Tratamento Móvel**

A solução “estação de tratamento móvel” consiste na coleta da água de lastro dos navios no porto e direcionamento dela, através de tubulações, para um contêiner ou recipiente específico para tratamento:

No que diz respeito à sua eficácia/ abrangência, a solução não se mostra muito positiva, uma vez que se mostra estritamente paliativa para a questão da água de lastro, ou seja, apenas remedia um problema na que verdade precisa ser evitado (o que pode ocorrer por meio de soluções mais definitivas), logo é regular (nota 5).

O seu custo-benefício também não é vantajoso, uma vez que os custos são elevados (gastos necessários para construir novas estações de tratamento móveis e adaptá-las ao tratamento da água de lastro, para uma solução apenas provisória do problema, sendo classificado também como regular (nota 5).

O intervalo de manutenção de uma estação de tratamento móvel é semestral, o que é considerado um período razoável, portanto, de acordo com os critérios estabelecidos, recebe nota 6.

O seu tempo de implementação se encontra entre 1 e 2 anos, que é o tempo de construção e transporte das estações de tratamento móveis até os portos, e, portanto, recebeu a nota 7.

A tecnologia citada já é amplamente difundida no mercado, logo não haverá problemas para a sua compra e implantação; dessa forma, a nota atribuída é 9.

Por fim, as estações de tratamento móveis apresentam baixíssimos riscos de acidentes ambientais, portanto sendo ambientalmente positivas, e logo recebe nota 9 nesse critério.

12. Ballast-Free

A solução Ballast-Free consiste em aberturas na popa e na proa, com a água passando no sentido proa-popa (devido ao próprio movimento da embarcação e à sucção dos hélices) no meio de tanques longitudinais, permanecendo em movimento constante, e assim impedindo o acúmulo de espécies exóticas no navio.

Primeiramente, é importante ressaltar que a solução é extremamente eficaz para impedir o transporte de espécies exóticas através da água de lastro da embarcação, uma vez que o fluxo de água nesse sistema é constante, portanto, recebe nota 9.

No aspecto do custo-benefício, a Ballast-Free se mostra extremamente viável, uma vez que, apesar de possuir elevados gastos (é necessária a construção de novos navios já adeptos desse sistema), a solução é capaz de impedir o transporte de espécies exóticas na embarcação, portanto também recebe nota 9.

O intervalo de manutenção do Ballast-Free é de 5 ou mais anos, uma vez que esse sistema não sofre nenhum tipo de impacto ou desgaste durante a viagem, e, portanto, sofre baixíssimo desgaste. Dessa forma, a nota atribuída é 9.

O tempo de implementação desse sistema é de 3-4 anos, ou seja, é o tempo de construção de um navio, uma vez que a embarcação necessita já ser construída, desde o início, segundo esse modelo. Assim, recebe nota 6 nesse critério.

No que diz respeito à sua disponibilidade, essa solução ainda é muito pouco difundida no mercado, isto é, ainda há pesquisas em desenvolvimento e os primeiros navios que utilizam o Ballast-Free começaram a ser fabricados muito recentemente. Portanto, a solução recebeu nota 6.

No que tange o meio ambiente, o sistema apresenta baixíssimo risco ambiental, isto é, a chance de ocorrer uma falha que impacte a natureza é quase nula. Assim, ambientalmente, o Ballast-Free foi classificado como pouquíssimo arriscado, recebendo nota 9.

13. Bolhas de Ar no Casco/ Otimização da Forma das Embarcações/ Polimento do Casco e Alisamento de Estruturas

Essa alternativa consiste num conjunto de três soluções cuja finalidade é a mesma: reduzir o gasto médio de combustível da embarcação. A primeira das soluções é a técnica de bolhas de ar no casco, que consiste na formação de pequenas bolhas de ar na parte inferior das embarcações, diminuindo o atrito entre o casco e a água e, consequentemente, diminuindo a resistência enfrentada. Possibilitaria um menor consumo de combustível e menor emissão de resíduos gasosos. A segunda delas é a otimização da forma das embarcações, feita por meio

do melhoramento hidro e aerodinâmico dos barcos, para diminuir o arrasto enfrentado. Por fim, a terceira solução é o polimento dos cascos e hélices para alisar as estruturas, que, semelhante às bolhas de ar, diminuiria o atrito entre as partes do barco e a água, reduzindo as perdas energéticas.

Analisando o conjunto como um todo, a eficácia desta solução é baixa, uma vez que as perdas de combustíveis evitadas por meio dela seriam desprezíveis, isto é, o problema iria diminuir minimamente, ainda havendo enorme emissão de gases na atmosfera por meio do transporte marítimo. Assim, a sua eficácia/abrangência foi classificada como regular, recebendo nota 5.

As técnicas de otimização da embarcação, apesar de apresentarem eficácia baixa, por apresentarem custo baixo (considerando a construção de novos navios, os gastos extra são quase desprezíveis), possuem um bom custo-benefício, e logo recebem nota 8 nesse critério.

Por se tratar da estrutura externa do navio, o seu intervalo de manutenção é maior que 5 anos, e, portanto, recebe a nota 9.

Tendo em vista que para a aplicação dessa alternativa de solução é necessária a construção de novos navios (do zero), o seu tempo de implementação é de 3 a 4 anos, sendo assim atribuída a nota 6.

Essas soluções já são amplamente conhecidas e aplicadas, portanto apresentam elevada disponibilidade no mercado, recebendo a nota 9.

Por fim, as técnicas de otimização da embarcação não acrescentam nenhum risco ambiental a uma embarcação não otimizada, logo recebem nota 9 nesse critério.

14. Anti-incrustantes Livres de Biocidas

A solução intitulada como "Anti-incrustantes Livres de Biocidas" consiste em revestimentos que apresentam um mecanismo de ação totalmente diferente das tintas anti-incrustantes tradicionais. Eles atuam essencialmente por meio da formação de uma barreira extremamente lisa, que dificulta a aderência de organismos aquáticos, favorecendo sua

remoção natural durante o deslocamento da embarcação. Essa alternativa teve nota final 7.3 devido às seguintes considerações:

Em uma primeira análise, para o critério eficácia/abrangência essa alternativa de solução recebeu nota 7. Isso deve-se ao fato de que um anti-incrustante livre de biocida constrói-se como muito eficaz para seu específico subtema de tintas-incrustantes que gera impactos no meio ambiente agora e para as gerações futuras, como toxicidade e contaminação de organismos marinhos; no entanto, não abrange totalmente à todas as outras esferas e especificidades do problema da manutenção do descarte das variadas substâncias do transporte marítimo.

Ademais, para o critério custo-benefício, a solução "Anti-incrustantes Livres de Biocidas" recebeu nota 8. Essa análise baseia-se na percepção de que o custo financeiro para implementação dessa é baixo quando comparado ao das outras alternativas. Além disso, estima-se que tal solução gere uma considerável abrangência por parte de empresas, visto que não necessita de um grande investimento e traz um importante benefício para o ecossistema. Mas, mesmo assim, não recebeu nota máxima, já que ainda é necessário a destinação de verbas para a finalização de pesquisas e obtenção de resultados mais precisos para que a alternativa em questão seja colocada em prática.

No aspecto de durabilidade, a alternativa de solução em pauta recebeu nota 6. Isso porque necessita de uma manutenção em média semestral para funcionar com precisão, considerada moderada tendo em vista os critérios adotados.

No quesito "tempo de implementação", a solução em questão recebeu nota 10. Isso deve-se à implementação em menos de 1 ano se executada corretamente com os incentivos necessários.

No que diz respeito à sua disponibilidade, os "Anti-incrustantes Livres de Biocidas" não ficaram bem colocados, isto é, receberam nota 4. Tal avaliação tem em vista que grande parte das pesquisas estão em andamento e ainda não foi encontrado nenhum recurso perfeito para a constituição desse novo anti-incrustante que esteja em vigor no mercado ou que seja prático de desenvolver.

Por fim, para o critério "Risco Ambiental”, constatou-se que a solução "Anti-incrustantes Livres de Biocidas” apresenta baixo risco, recebendo, portanto, nota 9. Isso justifica-se pela solução considerar apenas compostos com pouco ou nenhum potencial de contaminação ambiental, e apresentar riscos mínimos quanto à possibilidade de algum acidente.

15. Inteligência Artificial

A alternativa "Inteligência Artificial para Evitar Vazamentos” trata-se da utilização de sensores e programas de inteligência artificial capazes de executar protocolos de emergência em caso de vazamentos, mantendo uma análise constante dos dados. Essa solução teve nota 7,7 na matriz de decisão devido às seguintes questões:

Primeiramente, para o critério de "Eficácia/Abrangência" essa alternativa de solução recebeu nota 9. Essa atribuição deve-se ao fato de que a aplicação dela pode atuar nas mais diversas esferas dos subtemas dos problemas listados na fase 1 do projeto. Somado a isso, essa mostra-se extremamente eficaz caso seja feita uma pesquisa preliminar para o desenvolvimento do seu sistema operacional e de pesquisa tecnológica.

Em um segundo plano, no critério de custo-benefício, a aplicação da inteligência artificial recebeu nota 8. Isso porque essa alternativa exige um alto investimento preliminar, porém, posteriormente não necessita de tanta mão de obra já que se utiliza a robotização e computadores inteligentes, ou seja, opera de modo independente, demandando apenas dos custos para manutenção. Dessa forma, nessa cosmovisão, trata-se de uma alternativa com um custo-benefício considerado bom, por meio das considerações previstas nos critérios da matriz de decisão.

Sob a perspectiva de durabilidade, a solução em questão recebeu nota 6. O parâmetro para essa atribuição é que os equipamentos da inteligência artificial exigem em média uma manutenção semestral.

No critério de tempo de implementação a nota foi 8, visto que demoraria em torno de 1 a 2 anos para colocar a alternativa em execução, uma vez que ainda se faz necessário obter resultados de estudos mais precisos para o desenvolvimento e instalação dos equipamentos.

Para disponibilidade a nota destinada foi 5. Essa perspectiva baseia-se na percepção de que os estudos e experimentos para um modelo ideal dessa proposta são relativamente escassos e ainda necessitam de resultados mais precisos. Além disso, exige-se uma tecnologia de ponta de alta qualidade, a qual não é de tão fácil acesso no mercado atual. Desse modo, caracteriza-se como "pouco encontrada" adotando os parâmetros dos critérios desses estipulados para análise neste relatório.

E acerca do risco ambiental a nota foi 10. O que se deve ao fato de que a implementação dos equipamentos da inteligência artificial apresenta pouquíssimos e/ou nenhum risco de acidentes com efeitos no ecossistema do planeta, na medida em que não há a liberação de substância alguma que apresente toxicidade ou sequer algo que possa afetar a vida da fauna e flora marinha, por exemplo.

16. Nanopartículas e as Barreiras Flutuantes

A Solução foi constituída a partir da relação entre dois métodos que se completam. A nanopartícula), desenvolvida pelo Instituto de Química da UFG, que tem a capacidade de se ligar com as moléculas dos hidrocarbonetos presentes nos óleos e um sistema auxiliado de um sistema já utilizado (porém, ainda, de maneira isolada) por grandes empresas que é explicado pelo ambientalista Aristides Sofiati, da Universidade Federal Fluminense, “um sistema de longas hastes que flutuam na água, sustentadas por boias e que portam uma espécie de saia que pende por sobre a água, contêm o petróleo e impedem que a mancha se espalhe”. Dessa forma, minimizaria os processos de intemperismo do petróleo e logo após, poderia ser aplicada a nanopartícula para a retirada do óleo do ecossistema marinho. Nessa cosmovisão, a alternativa proposta recebeu nota 7.3 devido ao seu desempenho nos critérios, listados a seguir.

Ao considerar a eficácia/abrangência da alternativa que leva em questão nanopartículas e as barreiras flutuantes, essa recebeu nota 7. Essa nota baseia-se na percepção de que essa é considerada "eficaz" tendo em vista os pressupostos do critério, já que seria muito eficaz no seu âmbito de atuação, mas não engloba tanto as outras esferas de subtemas acerca do problema a ser solucionado.

Tendo em vista a análise do custo-benefício, a nota designada à solução em questão foi consolidada devido ao custo relativamente baixo quando comparado às outras soluções em pauta ao serem colocadas em prática. Essa conclusão é possível na medida em que os estudos já estão finalizados, então não teria que arcar com a destinação de verbas para esse quesito, e além disso, já há no mercado um sistema de barreiras flutuantes, ou seja, não é necessário criar um novo projeto para esse dispositivo. Assim, aliando esse custo relativamente baixo aos benefícios que a solução proporciona ao conter manchas de petróleo, portanto, a nota foi 9.

Como equipamentos similares ao das barreiras flutuantes necessitam em média de uma manutenção semestral, uma vez que uma pequena falha pode ser desastrosa, a nota atribuída para durabilidade foi 6.

Para "tempo de implementação", a nota foi 6, já que demoraria em média entre 3-4 anos até a conclusão da obra de construção das barreiras flutuantes, visto todos os trâmites burocráticos envolvidos e o prazo necessário para realmente construí-las.

A nota foi 9 para "disponibilidade", uma vez que já há um projeto em execução no mercado acerca das barreiras flutuantes e, no viés da nanopartícula os estudos realizados apresentam resultados precisos e aptos para o desenvolvimento de tal, segundo o Instituto de Química da UFG.

Por último, pensando nos possíveis riscos ambientais que a execução da solução pode ocasionar, foi atribuída a nota 6. Isso porque o alastramento da nanopartícula pode ter algum efeito no ecossistema marinho, como toxicidade e prejuízos à fauna e à flora, e porque uma pequena falha nas barreiras flutuantes pode ocasionar um grande vazamento de petróleo, ou seja, uma catástrofe ambiental.

17. Reforma Química dos Gases Emitidos

A solução “Reforma Química dos Gases Emitidos” se baseia em modelos de catalisadores já utilizados nos carros que aumentam a intensidade da reação de redução dos gases, que recebem elétrons e originam diferentes compostos. A reforma catalítica é capaz de diminuir o poder poluente das emissões gasosas.

No critério “Eficácia/Abrangência” a solução recebe nota 7, sendo caracterizada com uma solução eficaz. Essa avaliação se deve pela capacidade da reforma de amenizar a

intensidade com que os gases poluentes atuam. A redução na nota deve-se ao fato da dita alternativa solucionar um único problema daqueles levantados na fase 1. Contudo, por ser altamente eficaz, sua nota destaca-se entre as demais.

Já no critério “Custo-Benefício”, a solução é considerada de bom custo-benefício, recebendo nota 8. Isso deve-se a pesquisa comparativa previamente realizada entre preços de tecnologias homólogas que conclui um custo relativamente baixo. Ainda, considera-se que sua implantação não demanda alterações estruturais tão profundas o que reduz os custos totais. Estima-se que o valor da tecnologia varia de 2 a 10 milhões de dólares (EPE, 2019).

No terceiro critério, “Durabilidade”, a solução em questão recebeu nota 9. Isso deve-se ao fato dos catalisadores, apesar de demandarem manutenções periódicas para um adequado funcionamento, possuírem uma maior vida útil que as demais alternativas levantadas.

No critério “Tempo de Implementação e retorno”, a nota atribuída foi 9 e tal é alta pelo fato da alternativa não demandar profundas alterações estruturais nos navios. Outras propostas nesse critério obtiveram significativas reduções nas notas por demandarem alterações tão intensas que só seriam aplicáveis na aquisição de novas frotas. Ademais, os catalisadores, após instalados e com adequada manutenção, garantem retorno imediato e duradouro.

No quinto critério, “Disponibilidade”, a solução recebeu nota 10, pois essa tecnologia já é muito usada em navios, sendo assim, muito acessível para compra. Pelo fato da curva de aprendizagem relacionada a tal técnica estar em uma fase de estabilização, os custos tendem a manter-se constantes e mais acessíveis. Desse modo, é vantajosa e viável (em relação ao mercado) a adoção de tal alternativa.

Por fim, em “Risco Ambiental”, a alternativa de “Reforma Química dos Gases Emitidos” recebeu 10, pois a solução não apresenta significativos riscos ao meio ambiente. Isso pelo fato de o método não exigir o uso de substâncias ambientalmente inaceitáveis, somado ao fato de que o mau funcionamento da tecnologia não acrescentaria danos maiores daqueles que atualmente já são causados, portanto, a hipotética situação seria contornável. Diante do levantado e comparando-se às demais propostas, a aqui analisada merece o destaque dado pela discutida e fundamentada nota.

3.6.4 Solução Escolhida

Baseado nos resultados obtidos através da matriz de decisão, e tendo em vista o objetivo proposto para o projeto, foi decidido combinar as três alternativas mais bem avaliadas para chegar em uma solução satisfatória para a meta definida. Isso, pois o problema acerca do descarte de substâncias pelo transporte marítimo é extremamente abrangente, assim, faz-se necessário que a solução final seja uma fusão das três, visando uma complementação mútua e eficaz contra os diversos problemas definidos na seção 3.3 deste relatório (i.e: emissão de gases poluentes, água de lastro e poluição orgânica). Além disso, é indubitável buscar a meta estipulada de reduzir em 35% a quantidade de substâncias e resíduos nocivos ao meio ambiente que são liberados nos oceanos por embarcações até o ano de 2030. Dessa forma serão unidas as soluções “Ballast-Free”, “Energia Eólica e Solar para Propulsão e Abastecimento” e “Inteligência Artificial” em um único sistema conjunto aplicável em embarcações.

3.7 Especificação da solução

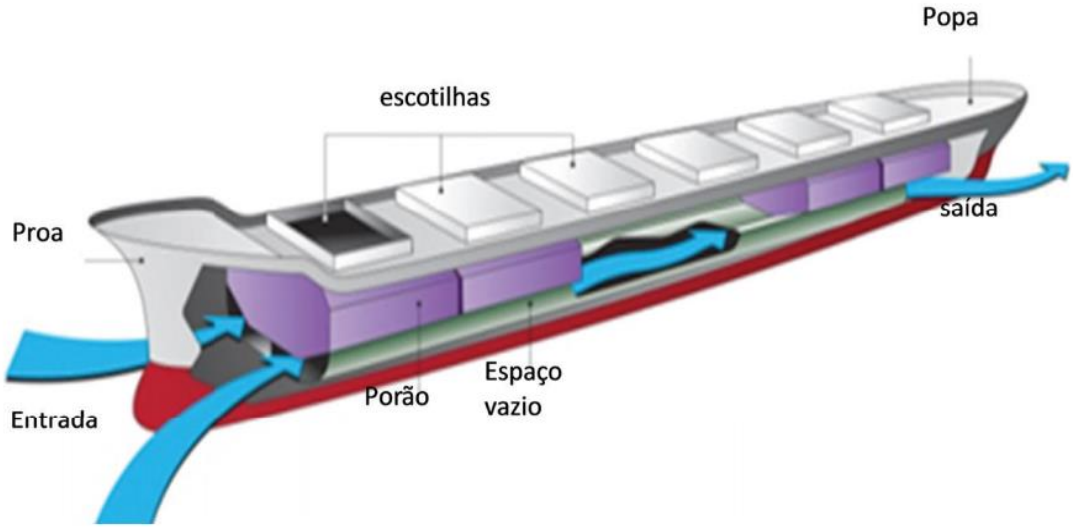
Neste capítulo serão apresentados os aprofundamentos das três soluções escolhidas e ao final será detalhada sua forma de união.

3.7.1 Emprego do Modelo Ballast-Free

A motivação do modelo Ballast-Free, que pode ser entendido em português como “Lastro livre”, foram os requisitos necessários para que houvesse uma redução da probabilidade de introdução de espécies exóticas na costa dos Estados Unidos da América e nos Grandes Lagos Americanos, que elevaria custos de operação, principalmente no tratamento da água de lastro, para embarcações transoceânicas (PARSONS *et al*., 2004).

A alternativa, que surgiu na *University of Michigan*, consiste em um sistema que se propõe a não utilizar de um lastro fixo, mas sim de um sistema em que há fluxo constante da água de lastro pela embarcação, evitando que espécies ou partículas de determinada região sejam transportadas ao redor do globo e causem, como visto no relatório da fase um do projeto, desequilíbrio do ecossistema de chegada e proliferação de doenças de outra região (ANDRADE *et al*., 2021)

Figura 84 - Modelo Ballast-Free Conceitual



FONTE: PEREIRA, 2018.

Para adaptar esse sistema a um navio, é necessário que haja uma alteração em relação aos tanques de lastro padrão em questão de disposição. No sistema Ballast-Free é necessário que os tanques de lastro sejam alocados na parte inferior à parte do navio que transporta as cargas e sejam do tipo longitudinal (PARSONS *et al*., 2004).

O funcionamento do sistema consiste no fluxo de água constante gerado pelo próprio movimento do navio: Em suma, o deslocamento do navio no oceano gera a entrada de água no sistema de lastro da embarcação e uma diferença de pressão hidrodinâmica entre a proa e a popa do navio. Em comparação, é possível dizer que a proa possui uma pressão maior e a popa uma pressão menor, dessa forma o que acontece é uma espécie de sucção da água para a região de saída da água da embarcação na popa, mantendo um fluxo lento e constante de água do local de navegação. Quanto o destino final é atingido, a água de lastro pode ser, através de válvulas, isolada do meio e retirada por bombeamento normal (PARSONS *et al*., 2004).

Em questões hidrodinâmicas, analisados por métodos computacionais para dinâmica de fluidos, foram constatados um aumento de resistência de 2,2%, considerado pequeno, e um aumento de demanda de energia de 7,4%, considerado significativo. Esses dados foram extraídos a partir de um modelo que contava com a troca de água de lastro a cada duas horas, para que o sistema atingisse a expectativa sustentável do modelo (PARSONS *et al*., 2004).

No levantamento de custos foram analisados dois tipos de modelos de aplicação do modelo Ballast-Free: o levantamento de custos levando em conta os custos de motor como uma variável contínua (Tabela 21) e o levantamento de custos levando em conta que não há mudança no motor (Tabela 22).

Tabela 21 - Levantamento de Custos com Mudança no Motor

Changes in capital cost		
Additional hull steel cost ($)	+ 86,000	
Additional propulsion machinery cost ($)	+ 313,000	
Sluice gates ($) (52 @ $5000 each)	+ 260,000	Typical price for a 450x600 mm gate plus labor
Elimination of ballast tank valves	- 14,000	14 @ $1000 each
Reduced ballast piping cost ($)	- 314,000	Removal of main ballast headers (material + labor)
Reduced welding cost ($)	- 9,500	Reduced welding at the bottom of solid floors (material + labor)
Added ballast piping cost ($)	+ 79,000	Addition of ballast piping for F.P. tank (material + labor)
Additional welding cost ($)	+ 2,600	Additional welding due to raise of inner bottom (material + labor)
Elimination of ballast treatment system ($)	- 500,000	Elimination of filtration and UV equipment.
Changes in operating cost		
Additional heavy fuel oil cost ($)	+ 42,700	
Net capital cost change ($)	- 96,900	
Net operating cost change per annum ($)	+ 42,700	
Capital Recovery Factor (CRF)	0.1175	(i = 10%, n = 20 years)
Change in Required Freight Rate ($/ton)	0.133	

FONTE*:* PARSONS *et al*, 2004.

Na Tabela 21 percebe-se uma redução de custo líquido em 96,900 dólares americanos (Cotação de 2004), mas com uma elevação de custo de operação anual de 42,700 dólares americanos a mais que em uma embarcação que não possui sistema ballast free.

Tabela 22 - Levantamento de Custos sem Mudança no Motor

Changes in capital cost		
Additional hull steel cost ($)	+ 86,000	
Sluice gates ($) (52 @ $5000 each)	+ 260,000	Typical price for a 450x600 mm gate plus labor
Elimination of ballast tank valves	- 14,000	14 @ $1000 each
Reduced ballast piping cost ($)	- 314,000	Removal of main ballast headers (material + labor)
Reduced welding cost ($)	- 9,500	Reduced welding at the bottom of solid floors (material + labor)
Added ballast piping cost ($)	+ 79,000	Addition of ballast piping for F.P. tank (material + labor)
Additional welding cost ($)	+ 2,600	Additional welding due raised inner bottom (material + labor)
Elimination of ballast treatment system ($)	- 500,000	Elimination of filtration and UV equipment.
Changes in operating cost		
Additional heavy fuel oil cost ($)	+ 42,700	
Net capital cost change ($)	- 409,900	
Net operating cost change per annum ($)	+ 42,700	
Capital Recovery Factor (CRF)	0.1175	(i = 10%, n = 20 years)
Change in Required Freight Rate ($/ton)	-0.023	

FONTE*:* PARSONS *et al.*, 2004.

A Tabela 22 informa, sem as mudanças no motor, que há uma redução do custo líquido em 409,000 dólares americanos (Cotação de 2004), mas ainda assim há um custo de operação anual elevado em 42,700 dólares americanos (Cotação de 2004) em comparação com uma embarcação de mesmo porte, porém tradicional.

Nos anos de 2007, 2008 e 2011 houve continuações de estudos sobre o sistema Ballast-Free na *University of Michigan* pelos desenvolvedores dessa tecnologia. Nesse sentido pode ser comparada a economia de custo por tonelada de carga em uma embarcação que possui sistema de lastro livre. Essas relações estão apresentadas na Tabela 23.

Tabela 23 - Economia ao Longo dos Anos

Economia por Tonelada de Carga	Ano de Publicação dos Resultados
0,93 U$D	**2007**
1,00 U$D	**2008**
0,50 U$D	**2011**

FONTE: CONSTRUÇÃO DE AUTORIA PRÓPRIA, 2021, COM DADOS DE PARSONS & KOTINI, 2007, 2008 E 2011.

Todavia, podem ser apontados pontos de melhoria no modelo Ballast-Free, entre eles dois se destacam, em Pereira (2018):

> *A primeira refere-se à confiabilidade no sistema de comportas para abertura e fechamento das mesmas, durante a navegação e as operações de lastro e deslastro dos navios. A segunda é como deverá ser o sistema de controle para o acionamento e fechamento das comportas durante a operação real no navio.*

Esses dois pontos tratam principalmente do controle de alguma operação no oceano, que pode ser aliado a outra das três soluções de nota máxima, a inteligência artificial como forma de evitar acidentes, para obter um melhor resultado frente aos problemas definidos anteriormente.

3.7.2 Uso de Inteligência Artificial

A inteligência artificial (IA), em sua essência, consiste em um sistema autônomo capaz de receber informações, processá-las, e, a partir delas, tomar decisões por si próprio. Tendo em vista as diversas aplicações que a IA tem na contemporaneidade, desde sua aplicação em mecanismos de busca, até os chamados “carros inteligentes”, especula-se como essa tecnologia pode ser usada para melhorar o transporte marítimo.

Como solução para o problema definido, foi pensado no uso da IA para controle parcial, ou até mesmo total, das operações dos navios. Essa alternativa consistiria em equipar as embarcações com uma rede eletrônica integrada, capaz de perceber o meio a sua volta através de sensores e processar esses dados para tomar as melhores decisões possíveis.

A Iniciativa de Aplicações Aquáticas Autônomas Avançadas (Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative, AAWA) é um projeto fundado pela agência governamental finlandesa Tekes, com o intuito de desenvolver soluções para uma nova geração de navios. De acordo com a AAWA, a tecnologia necessária para desenvolver navios autônomos já existe, mas o real desafio consiste em descobrir a melhor forma de aplicá-la de forma segura e rentável (ROLLS ROYCE, 2016).

Para que esse projeto de "navio inteligente" possa existir de fato, é preciso desenvolver um conjunto de dispositivos elétricos que permitam que a IA adquira informações precisas da situação atual da embarcação. O projeto AAWA divide essas tecnologias nas seguintes áreas (ROLLS ROYCE, 2016):

1) Sensores, que no caso seria uma fusão de diferentes tipos de sensores, como radares, câmeras de alta definição, detectores térmicos, entre outros, que poderiam ser usados para que o sistema tenha uma perspectiva mais precisa do ambiente à sua volta.

2) Algoritmos de controle, focados em tratar da navegação do navio e evitar obstáculos, levando em contas as regulações marítimas.

3) Comunicação e conectividade, consistindo em um sistema eficiente de comunicação entre o navio e um grupo de operadores, para que o navio seja capaz de ser controlado remotamente quando necessário.

A implantação desses aparatos nos navios irá permitir que eles maximizem seus desempenhos, aumentando o lucro das operações (ROLLS ROYCE, 2016), de modo que é possível esperar-se que investimentos nessa área sejam prontamente recompensados com alguma forma de rendimento.

Além do aspecto econômico, a IA também deve trazer vantagens do ponto de vista ambiental. Como visto anteriormente na análise de dados, a grande maioria (93%) de

acidentes marinhos são causados por ações humanas (MARTINS, 2007); o que não seria um problema para um “navio inteligente”, já que nesse caso não haveria risco de violação de qualquer protocolo de segurança, de modo que a poluição por vazamentos seria reduzida a aproximadamente apenas 7% do que ela é hoje.

Outra vantagem trazida por navios controlados por uma inteligência artificial seria a diminuição da poluição orgânica e de resíduos recicláveis, pois eles contariam com uma tripulação reduzida, ou até mesmo sem nenhuma tripulação.

Considerando os desafios restantes para aplicação de navios dessa espécie na prática, como questões legais e o teste dessa tecnologia em simuladores, a Rolls Royce estimou que navios totalmente autônomos, sem qualquer tripulação humana, devem chegar à existência por volta de 2035. Contudo, o uso parcial desta tecnologia deve se dar em ainda menos tempo, com navios costeiros controlados remotamente sendo projetados para 2025, e navios de oceano remotos sendo esperados para serem aplicados até 2030 (ROLLS ROYCE, 2016).

3.7.3 Emprego da Energia Eólica e Solar para Propulsão e funções auxiliares

Um dos componentes da solução escolhida, como mostrado na seção anterior, com a nota 8, foi a utilização de energia eólica e solar para propulsão e abastecimento de energia para funções auxiliares na embarcação. Tal alternativa de solução se mostrou como a segunda mais bem avaliada entre todas as analisadas, devido, principalmente, sua alta eficácia e durabilidade, entretanto, para especificar o conjunto de soluções que será dada como definitiva, é necessário entender mais profundamente desse meio alternativo energético.

Em relação à energia eólica, a ideia se trata da utilização de modelos como os apresentados na seção 3.4. deste relatório, no qual pode ser usufruído, por exemplo, em modelos de pipa, que é o que a empresa SkySails incentiva, pioneira nessa área. A energia proveniente dos ventos, nesse caso, é ideal para a substituição da geração de energia pelo diesel, predominante nos motores dos navios cargueiros atuais, pois reduz em até 50 % dos gastos com combustível para uma mesma velocidade (MONTOYA, 2012), mais precisamente de 25 a 200 kg/hora dependendo do modelo da pipa e da embarcação, e, portanto, é altamente viável economicamente (SKYSAILS, 2021). Sendo assim, há uma grande redução dos custos e da emissão de CO_2 e de outros gases poluentes provenientes do Nitrogênio e do Enxofre

(SKYSAILS, 2021), resultado essencial para a mitigação dos danos causados por esses gases para o planeta, e especificamente para o oceano, a partir do aumento da temperatura dos mesmos, por exemplo. Vale ressaltar a facilidade desse produto, já que pesa cerca de apenas 50 kg e 200 m^2, facilmente estendida até sua altura de 20 m, demorando aproximadamente de 10 a 20 minutos para tal procedimento, além de sua produção também ser totalmente "verde", isto é, não traz danos ambientais (SKYSAILS, 2021).

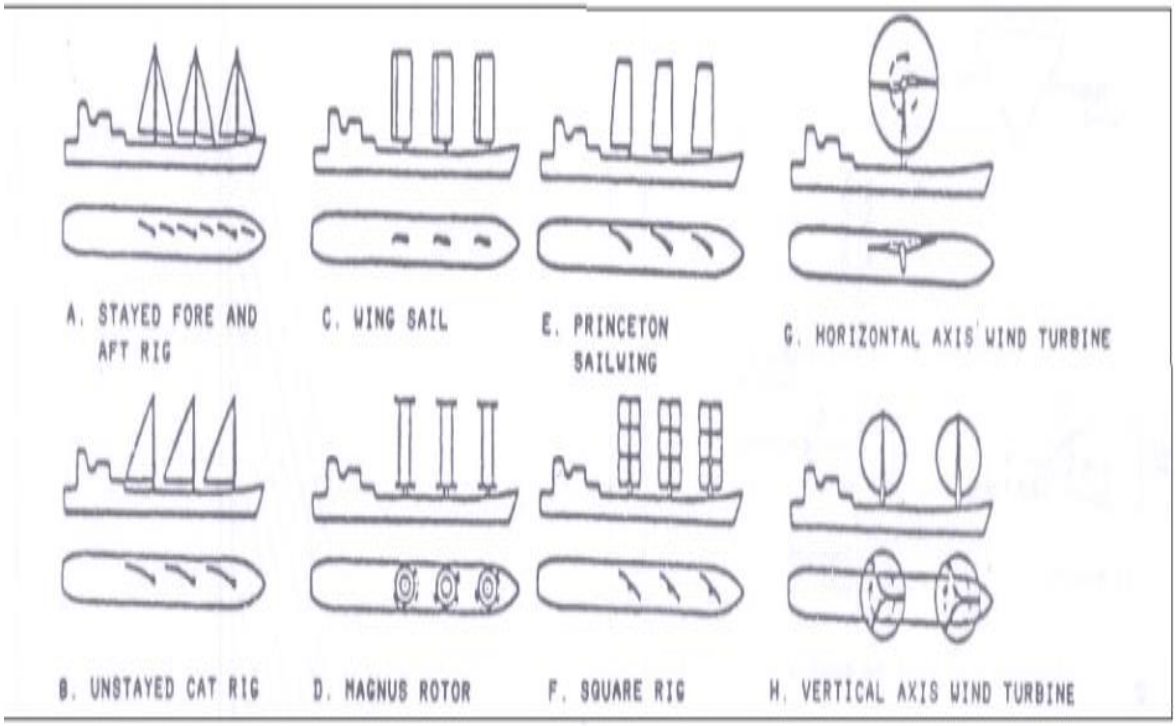
Figura 85 - Modelo de embarcação da SkySail de "pipa"



FONTE: SKYSAILS, 2021.

Outro modelo de utilização da energia eólica é pelo estilo de vela, cuja função é análoga à da pipa, com seu auxílio na propulsão da embarcação, e que também traz diversos benefícios para o meio ambiente na redução de gases do efeito estufa, visto que pode reduzir o consumo de até 8,3% de combustível na propulsão, ou seja, reduz os custos em longo prazo e diminui na liberação de gases poluentes (SHUKLA P.; GHOSH, K., 2009).

Figura 86 - Modelos de embarcações com modelos de vela para auxílio na propulsão



FONTE: SHUKLA, P. C. & GHOSH, K, 2009.

Por outro lado, a solução mencionada possui também a participação da energia solar para a contribuição energética em funções auxiliares do navio e na própria propulsão. A base da implementação nesse caso se dá pelo navio Auriga Leader da empresa Nippon Yusen Kabushiki Kaisha (NYK), cargueiro utilizado desde dezembro de 2009, retratado na seção 3.4.2 (solução 5 de "Medidas Tecnológicas"), que possui 328 painéis solares instalados no convés principal, cada um capaz de gerar 40 kW de potência. Com isso, um navio com geração de 400 kW de potência pode reduzir em 10% o consumo de combustível (MONTOYA, 2012), que aparentemente pode parecer um número baixo, mas que, na realidade, é significativo aplicado a longas viagens e a um grande número de embarcações que sigam esse modelo. O preço de instalação dessas placas solares em um navio é de 2,8 a 3,4 dólares (US$) por Watt, já o preço desses dispositivos é de 0,6 dólares (US$) por Watt de capacidade da placa (IMO, 2021). Logo, uma instalação de 400 kW, como o exemplo acima, seria de 1.360.000 a 1.600.000 dólares (US$), entretanto, vale ressaltar que a manutenção dessas placas é praticamente nula durante um período de 25 anos, não contando limpezas gerais das placas.

Figura 87 - Retrato dos painéis solares do navio Auriga Leader



FONTE: IMO.

3.7.4 Reforma Química dos Gases Emitidos

Sendo esse um sistema muito utilizado em carros e, atualmente, alguns barcos já possuindo também os catalisadores, muitos desses que participam da frota ativa ainda se encontram desatualizados em relação a este recurso. Em relação à emissão de gases seria o melhor a ser implementado, pois se trata de uma tecnologia que já existe e possui um bom custo-benefício, sendo também de fácil implementação e ótimo para a atmosfera – podendo atualizar navios de frotas antigas, não os retirando por muito tempo de seus percursos e os tornando menos poluentes.

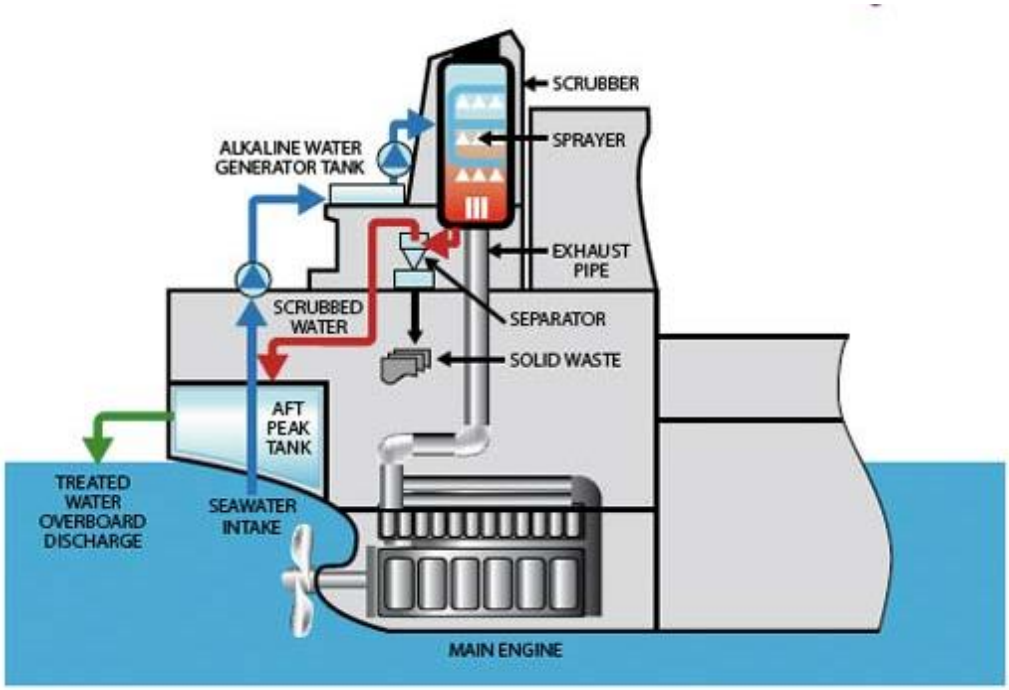
A partir do entendimento dos *scrubbers* de ciclo fechado - aqueles que armazenam os resíduos dos poluentes do navio e descarregam, para posterior tratamento, nos portos - e ou catalisadores, é possível observar que eles colaboram na aceleração de reações químicas

envolvendo os gases dos motores das frotas marítimas, de modo com que essas reações aconteçam mais rapidamente, e, por consequência, garantem uma melhor queima dos combustíveis empregados e assim a diminuição da poluição do ar atmosférico. Por isso, é fácil compreender que soluções como esta, que entregam rapidez, são fundamentais para atingir a meta segundo a Organização Marítima Internacional (IMO) para 2050, referente à diminuição de gases poluentes emitidos (IMO, 2020).

A tecnologia dos *scrubbers* de ciclo fechado também conta com um aprimoramento através do Sistema de Redução Catalítica Seletiva (SRC). O SRC é definido como um sistema de atuação utilizado posteriormente aos catalisadores, de modo com que haja melhora no desempenho do motor e ainda mais redução dos mesmos gases. Ele consiste na injeção de um fluído chamado ARLA 32 (Agente de Redução Líquido Automotivo). Em conjunto com um catalisador, ele entra em uma reação química com dois gases principais: NOx e CO2. Consequentemente, o produto formado é amônia e H2O, reconhecidos como inofensivos ao meio ambiente. (FARIAS *et al.*, 2020).

Assim, com a utilização da reforma química, nota-se uma diminuição da poluição local no tocante aos gases particulados, NOx, SOx e CSNOx. Por consequência, experiências da integração dos *scrubbers* de ciclo fechado e o SRC mostraram a diminuição de SOx em 98%, de NOx em 87% e para os particulados de 82% (SEDDIEK *et al.*, 2014). Ademais, além do percentual de poluição ser diminuído, a quantidade da frota é aumentada, saindo de 2947 navios para 3502 navios que começam a usar essa solução no ano de 2020 (DNV, 2019).

Figura 88 - Sistema de CSNOx



FONTE: TRANSPORTES E NEGÓCIOS, 2019.

De acordo com a imagem acima (Figura 88), identifica-se um sistema de tratamento de gases emitidos que tem como foco CSNOx. Nesse sistema ocorre a filtragem desses gases de exaustão pela parte de baixo, de modo com que a purificação seja começada com a própria água do mar. Após isso, com a água e os gases, as reações acontecem, mas sem que as substâncias sejam consumidas nas reações químicas, logo a massa dos catalisadores é a mesma no início e no fim de todo o processo.

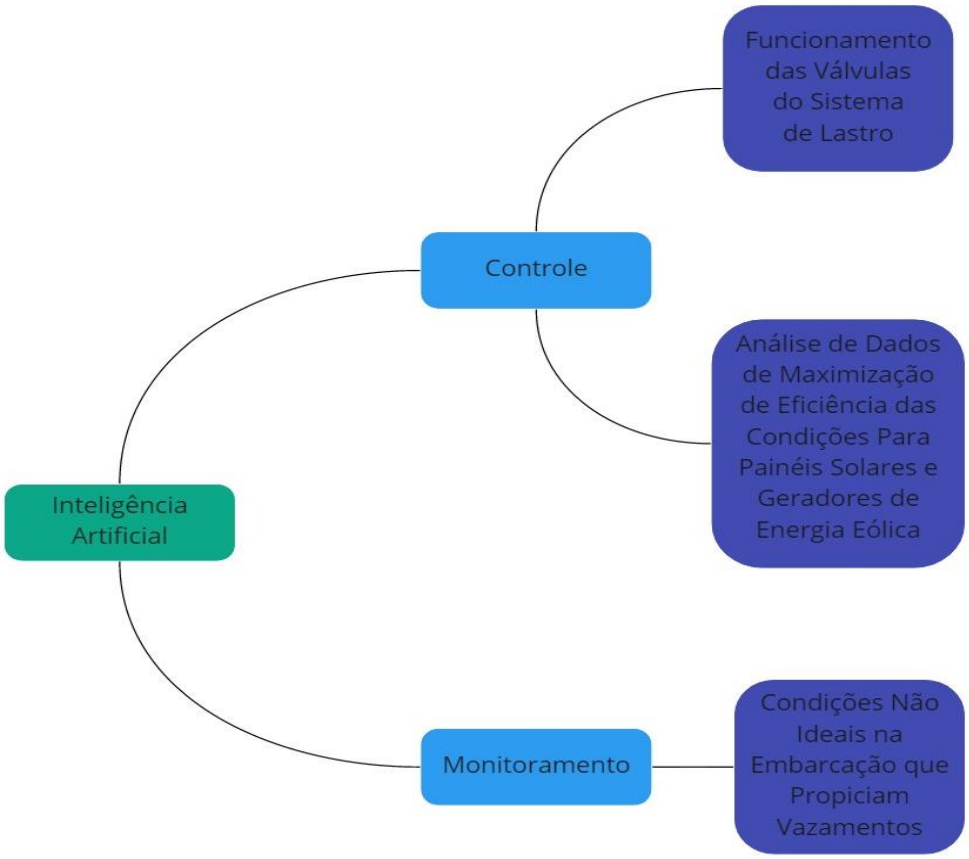
3.7.5 Solução Definitiva

Posteriormente aos aprofundamentos das quatro soluções, é possível montar o conjunto de solução final de modo a interligar as escolhas, beneficiando ao máximo os oceanos e associando isso a uma relação custo-benefício boa e estimuladora.

Nesse sentido, o fator articulador da solução definitiva é a inteligência artificial, visto que essa tecnologia tem uma alta demanda capaz de atrair investimentos e pesquisadores dispostos a estudá-la. Por seu caráter que pode conferir autonomia aos processos de máquinas, a I.A é capaz de coordenar os outros sistemas que serão integrados à embarcação, entre eles

aqueles que compõe a solução final: Modelo Ballast-Free, o emprego de energia eólica e solar para propulsão, o uso dos catalisadores e o abastecimento do navio.

Figura 89 - Modelo de Relação entre as Soluções

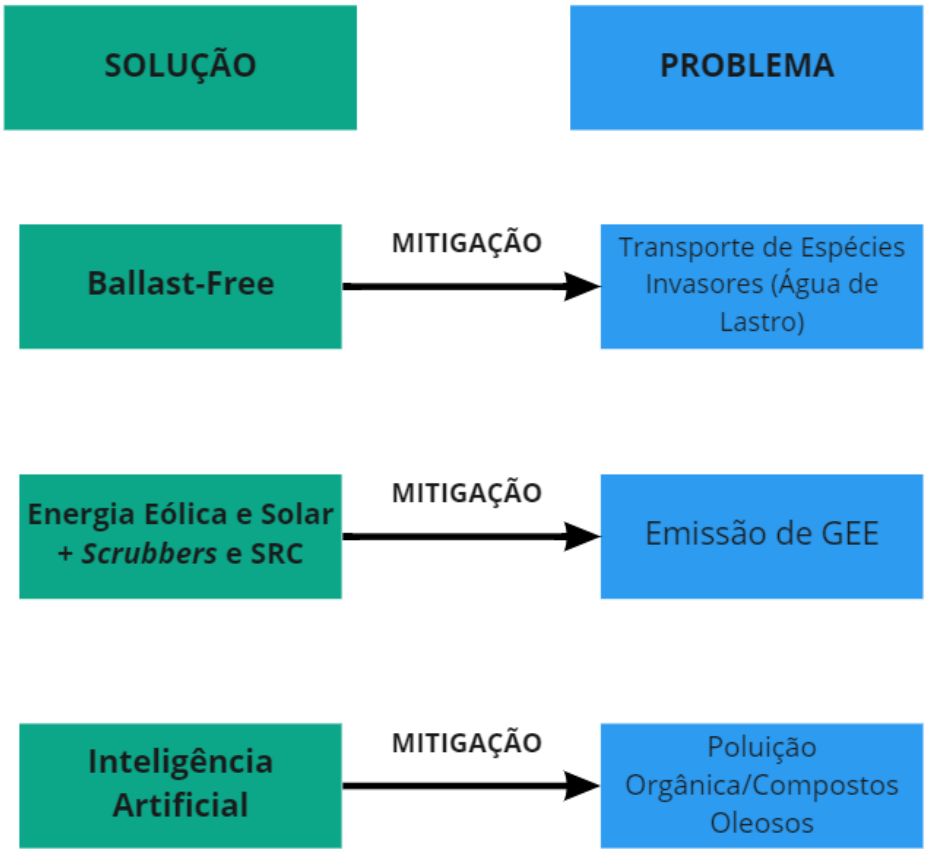


FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

As soluções escolhidas para compor a solução definitiva, por se tratar de um conjunto de métodos e maquinário já utilizados separadamente, representam uma maneira de combater rapidamente os problemas definidos na fase anterior, que assolam os oceanos. Dessa forma é esperado que a solução seja mais imediata e atue por mais tempo, o que implica em reverter de forma mais intensa a situação atual.

A composição da solução final é feita de modo a atingir três problemas daqueles considerados mais prejudiciais ao oceano entre os levantados na fase 1: Transporte de espécies exóticas, poluição orgânica/ compostos oleosos, e emissão de gases de efeito estufa.

Figura 90 - Relação Solução/ Problema Mitigado



FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

A sugestão da solução é que seja aplicada o mais rápido possível na construção e projeto de embarcações, dessa forma é possível estabelecer, a partir da década, uma cultura de meios de transporte motorizados náuticos de grande porte com pequeno impacto nos oceanos e todos os ecossistemas envolvidos e dependentes nele/dele. Todavia, é possível que se aplique o conjunto solucionário em embarcações já existentes, podendo liberar espaço para instalação de placas solares, automação do sistema e troca de tanques de lastro. Esse fato torna a solução flexível, aumentando a possibilidade de implementação da mesma.

Assim sendo, a solução proposta conta com fatores de economia na operação e atinge objetivos ecológicos satisfatórios, todavia é necessário que haja um investimento inicial maior do que o usualmente investido. Logo, deve-se entender que a solução trará benefícios econômicos a longo prazo, certamente compensados pelos retornos ambientais que se efetivarão ainda na década dos oceanos.

3.8 Conclusões

O extenso trabalho de pesquisa levou a muitas informações relevantes e preocupantes relacionadas ao descarte de substâncias nocivas aos oceanos, que foi definido como o principal problema ambiental do transporte marítimo. A divisão do tema em cinco grandes áreas - tintas anti-incrustantes, água de lastro, hidrocarbonetos e águas oleosas, gases GEE e gases de escape e poluição orgânica e resíduos recicláveis - serviu apenas para melhor organização do trabalho e para dar maior clareza e aprofundamento nos diversos e inúmeros impactos causados por esse problema.

Certamente esse trabalho não ficou livre de percalços. Houve dificuldades em acessar trabalhos e artigos referentes ao tema, pois alguns deles não são abertos a todos. Também houve em alguns casos contradições e conflitos entre informações coletadas de fontes diferentes. Nessas situações optou-se por permanecer com a informação da fonte mais confiável e descartar a outra.

Com o problema definido e os dados coletados, foram definidos um objetivo e uma meta ambiciosos, principalmente considerando os requisitos e as restrições que as soluções precisarão apresentar, porém factíveis, de reduzir o descarte de substâncias e resíduos nocivos nos oceanos pelo transporte marítimo até o fim da chamada “Década do Oceano”. Para isso, foram propostas variadas soluções, descritas apenas superficialmente, priorizando assim o número de alternativas à viabilidade e eficiência delas

A partir de todas as alternativas de solução propostas, foi possível, com uma metodologia direcionada para a hierarquização das soluções e a escolha da(s) melhor(es), para, enfim, buscar mitigar o máximo possível do problema definido acerca dos danos causados ao meio ambiente pelo transporte marítimo. Esse método empregado se mostrou bem-sucedido, já que foi possível, com a utilização de uma matriz de decisão, critérios e seus respectivos méritos, definir como solução definitiva a união das 4 soluções mais bem avaliadas: "Ballast-Free", “Inteligência Artificial”, “Energia Eólica e Solar para Propulsão e Abastecimento” e “Reforma Química dos Gases Emitidos”. Para essa união, é proposto um modelo de aplicação a ser utilizado pelas empresas para ser implantado nos navios já existentes, entretanto, é reiterada a necessidade de que a construção de novos navios se baseie nesse projeto que almeja a redução dos danos nos oceanos nos próximos 10 anos.

Com isso, a solução em questão cumpre o objetivo definido na seção 3.3.1 do relatório, pois há uma redução significativa no descarte inadequado de compostos pelas embarcações que cause um impacto negativo aos oceanos. Somente a utilização da energia eólica, como velas ou modelos de “pipa”, é possível reduzir a emissão de gases poluentes derivados do carbono (dióxido de carbono), enxofre (óxidos de enxofre) e nitrogênio (óxidos de nitrogênio) com a redução do consumo de combustível diesel de 9 a 50%, e somados com o uso dos catalisadores e do sistema de reforma catalítica, a maior parte dos gases ainda emitidos será devolvido para o meio ambiente de forma menos prejudicial, além de reduzir o transporte inadequado de microrganismos na água de lastro do navio com o uso do sistema de lastro livre, e também permitir um acompanhamento em tempo real dos diversos setores da embarcação, para que assim reduza para 7% do número atual de vazamentos além de reduzir o descarte de resíduos orgânicos ao oceano.

Porém, apesar dessa solução conseguir atingir diversos setores da problemática em questão, como a poluição orgânica, emissão de gases poluentes e água de lastro, e, também, cumprir o objetivo estabelecido, não há previsão que atinja-se a meta de reduzir em 35% a quantidade total de resíduos descartados de forma prejudicial ao oceano até 2030, pois seria necessário a mudança radical de quase todas as embarcações atuais para o modelo proposto, quase imediatamente, para que após 10 anos essa redução consiga ser expressiva. Portanto, foi analisado que tal cenário seria utópico frente a um modal de transporte já bem estável e consolidado mundialmente, mas vale ressaltar que é imprescindível que haja o quanto antes um direcionamento desse setor para o uso de energia limpa e para a preservação da vida marinha, como sugerido pela solução definitiva deste relatório, com o objetivo de proporcionar um oceano mais diverso, limpo e sustentável para as próximas gerações de humanos.

4. Subprojeto 3 – Atividades de exploração dos recursos do mar

Neste capítulo será apresentado o estudo a respeito das atividades de extração de recursos oceânicos, com enfoque na prática pesqueira.

4.1 Levantamento de dados

4.1.1 Evolução Histórica da Sobrepesca

A partir do momento em que a temática ambiental começou a ganhar expressividade, principalmente nas décadas finais do século XX, pesquisas maiores e mais detalhadas começaram a ser feitas nessa área. No caso da pesca predatória, contida no subtema da exploração dos oceanos, os dados mais relevantes só começaram a ser computados a partir de 1950, que é o ano de comparação mais antigo e disponível para consulta. Dados de épocas mais antigas também podem ser encontrados, porém a maioria deles consiste em episódios isolados que não podem ser usados como referência a nível global.

Dimensionamento da Importância Atual da Pesca

Em primeiro plano, o mais novo relatório produzido pela Organização das Nações Unidas pela Agricultura e Alimentação (FAO) serve de referência para este trabalho pelo grande compilado de informações que reúne, principalmente aquelas na forma de comparações entre as formas de pesca existentes. As tabelas e estatísticas dispostas a seguir foram todas retiradas do SOFIA/2020, um acrônimo para “State of World Fisheries and Aquaculture”.

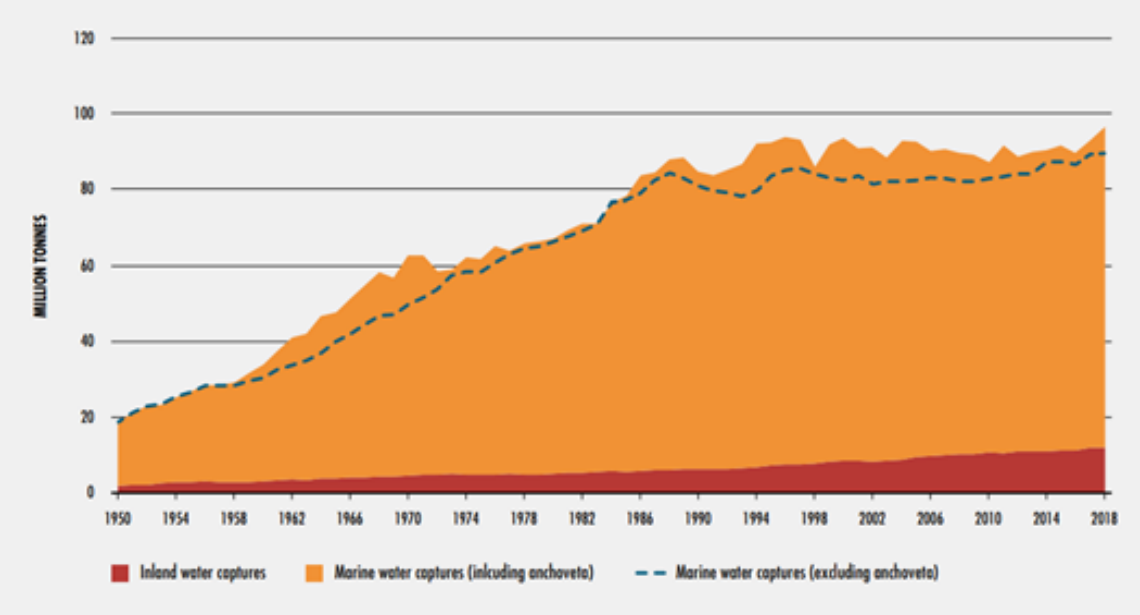
No ano de 2018, cerca de 179 milhões de toneladas de animais marinhos foram produzidas para comércio. Dessa quantidade, 97 milhões de toneladas foram provenientes da pesca e avaliadas em 151 bilhões de dólares americanos (FAO, 2020).

Em 2017, segundo o mesmo relatório, os peixes representaram 17% de todo o consumo de proteína animal do mundo, chegando a representar 50% em ilhas em

desenvolvimento, e 7% do total de proteínas global, resultando em uma média de consumo *per capita* de 20.5kg.

Finalmente, no que tange à sobrepesca, o relatório (FAO, 2020) informa que, entre os anos de 1974 e 2017, os estoques de peixes dentro das margens sustentáveis caíram de 90% para 65.8%. Resulta disso que aqueles estoques considerados insustentáveis subiram de 10% para 34.2%, significando um aumento negativo de 342%. Para fins de comparação, em 1974, cerca de 35% dos estoques eram subexplorados, enquanto em 2017 essa categoria representa apenas 6.2%.

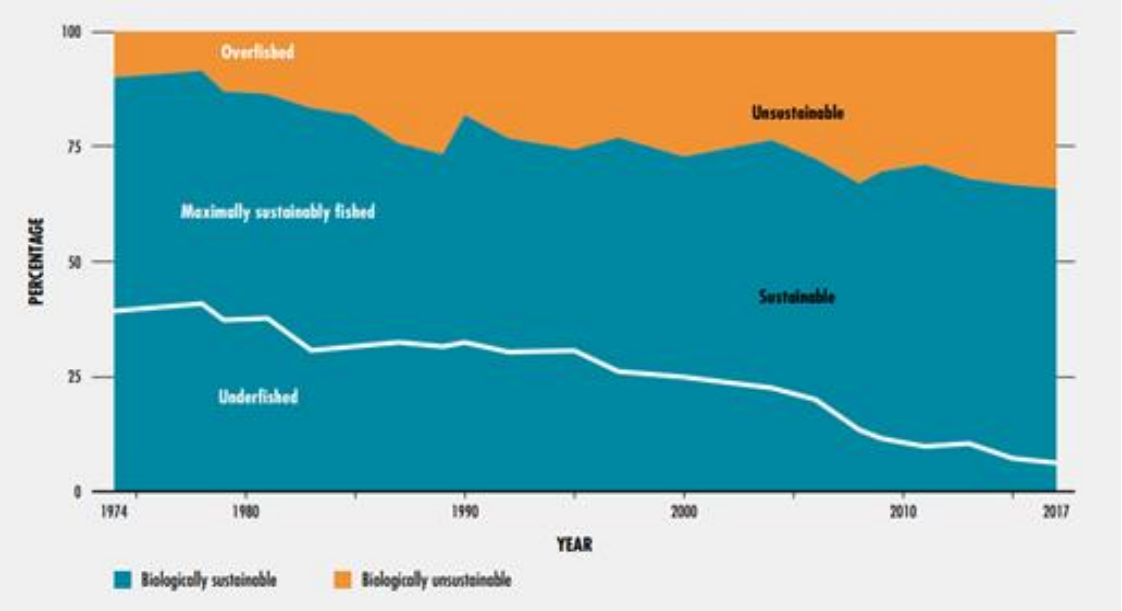
Figura 91 - Capturas Marinhas ao Longo do Tempo



Fonte: FAO, 2020.

O gráfico anterior mostra o crescimento da predação, tanto marinha quanto continental, nos últimos 70 anos. A captura absoluta, em quantidade de seres aquáticos, avançou radicalmente de 20 milhões de toneladas até muito próximo de 100 milhões, o que indica um aumento de 400% em relação a 1950. De fato, é possível perceber que tamanha mudança afetou de alguma maneira os níveis dos estoques de peixes, como pode ser visto no gráfico a seguir.

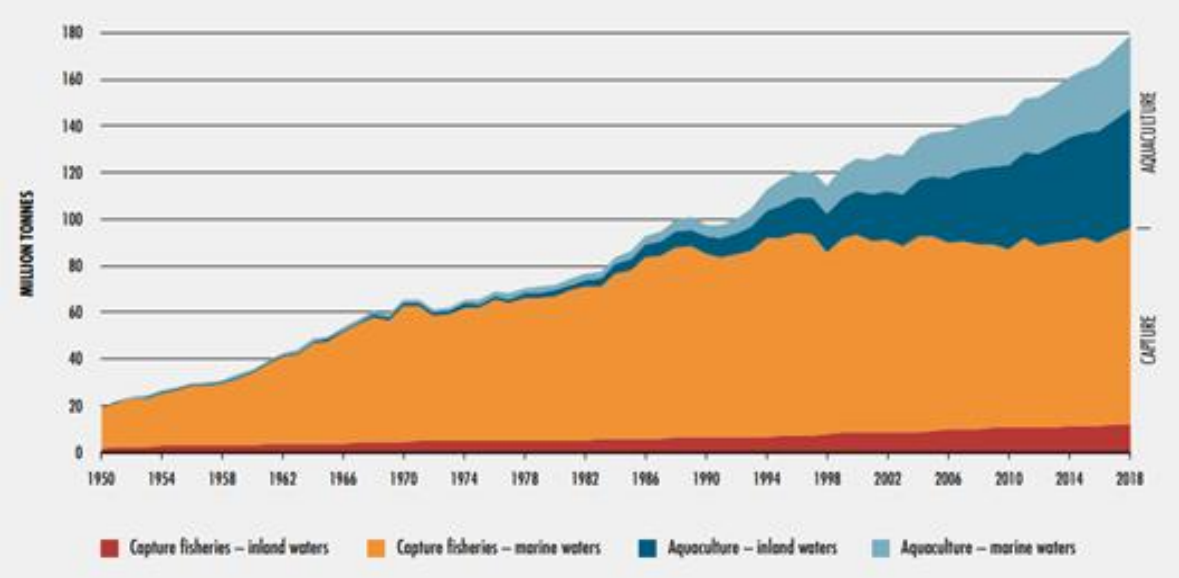
Figura 92 - Distribuição de Estoques em Categorias de Sustentabilidade



Fonte: FAO, 2020.

Na época mais antiga, percebe-se que quase metade dos estoques existentes era subexplorada. Em resposta à elevação da taxa de captura, a taxa de reprodução natural dos peixes decai, evidentemente. A exploração é tamanha que praticamente todos os estoques naturais começam a ser perturbados de certa forma, muitos deles já em níveis insustentáveis (24,2% sobre-explorados desde 1990).

Figura 93 - Produção Global Pesqueira e de Aquicultura



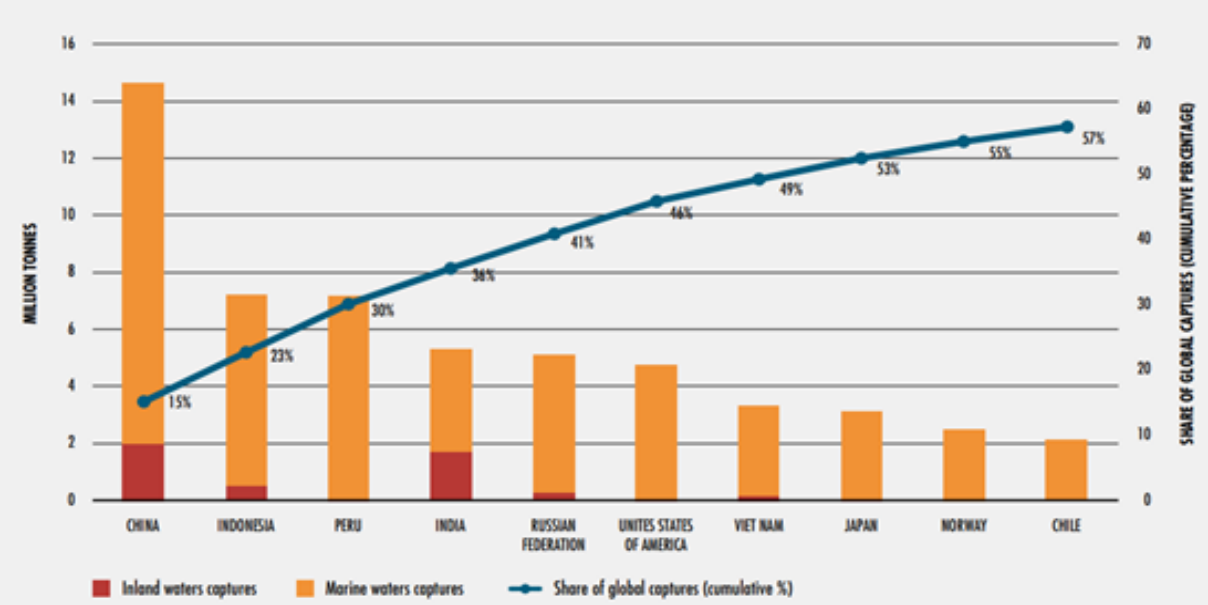
Nota: Não foram contabilizados mamíferos aquáticos, crocodilos, jacarés nem plantas aquáticas

Fonte: FAO, 2020.

Ao que se observa, a figura 93 retrata uma tendência ascendente na produção de pescados em escala global, o que faz referência ao período de intenso crescimento vegetativo presenciado no pós-guerra com o aumento da qualidade de vida e melhores condições sanitárias e hospitalares. Fazendo uma análise mais especializada dos subtópicos deste gráfico, é nítido que os quatro tipos de produção de pescados possuem características de evolução distintas entre si. Inicialmente, a pesca em água doce, “Capture fisheries – inland waters”, no período entre 1950 e 2018, representa uma pequena porção da produção total de pescados e apresenta uma tendência de crescimento linear não muito expressiva até então. Nesse contexto, em países desenvolvidos, a pesca em água doce recebe maior relevância no campo do esporte. Todavia, em países subdesenvolvidos, faz parte da cultura de muitas comunidades tirar sua base alimentar da pesca em rios e lagos. Nesses ambientes, a sobrepesca acaba sendo inviabilizada, algo que se deve à própria área disponível para a atividade. Além de possuir trechos de difícil transposição, a pesca continental gera maiores impactos nos organismos aquáticos por ser realizada em pequenas áreas que estão num equilíbrio dinâmico entre as espécies. No cenário em que algumas espécies sofrem drásticas

reduções na população em em curto intervalo de tempo, o ambiente terá um desequilíbrio que exigirá muito tempo para sua recomposição. Diferente da pesca continental, em ambientes marinhos a sobrepesca é totalmente "viável", pois sua área útil para a atividade é imensamente maior, fazendo com que o equilíbrio dinâmico entre as espécies de organismos aquáticos não seja tão sensível, já que há uma quantidade de seres proporcional ao tamanho dessa área (Welcomme *et al*., 2010).

Figura 94 - Relação dos Maiores Países Pesqueiros

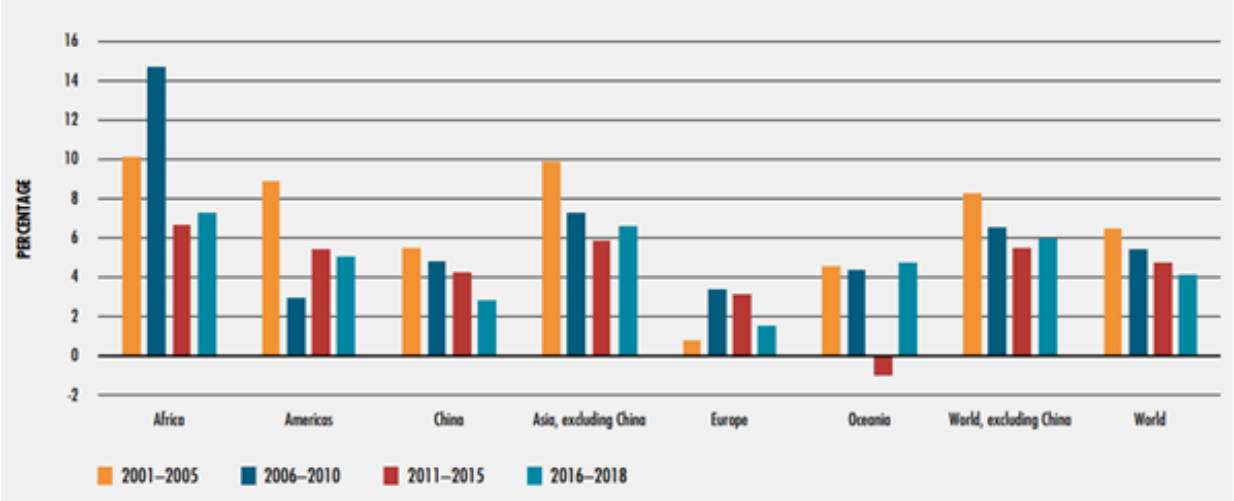


Fonte: FAO, 2020.

A figura "Relação dos Maiores Países Pesqueiros" apresenta a disparidade de produção de pescados que a China possui em relação aos demais países do ranking, quantidade próxima à soma dos segundo e terceiro lugares. Em sequência, é visto que, junto à Índia, a China é um país que possui uma pesca continental expressiva no total de toneladas anuais, diferente dos demais, que seguem a tendência observada na figura anterior. Todavia, essa singularidade dos dois países se deve ao elevado número populacional, que implica em uma maior população interiorana e, portanto, faz com que essa atividade de subsistência tenha tal expressividade. Outra possível análise da figura se refere à relação de participação de cada nação no total de toneladas pescadas no mundo, nas atividades de pesca marinha e continental. Nota-se que as 3 maiores potências em pesca detêm um terço do total global de pescados, evidenciando-se assim uma hegemonia na atividade, ao passo que o restante dos 7

países, entre as 10 maiores potências, detém outro terço, ou seja, aproximadamente 67% da produção total de pescados é feita por apenas 10 nações.

Figura 95 - Taxa de Crescimento Anual da Produção de Peixes em Sistema de Aquicultura



FONTE: FAO, 2020.

Na figura 95, tem-se a evolução anual percentual da quantidade de produção referente à prática de aquicultura em 8 zonas, incluindo a global, de maneira restrita aos anos entre 2001 e 2018. Nesse período mais recente, é notável que em todas as regiões existe uma tendência em desenvolver a aquicultura. O subtópico “World, excluding China” deixa isso evidente com o crescimento que a atividade apresentou de 2011 a 2018. Na maioria das zonas, o período 2001-2005 foi o de maior crescimento, seguido pelo período 2006-2010, com o segundo maior crescimento. Desse modo, seria natural considerar que os anos seguintes a esse “*boom*” não trariam avanços percentuais relevantes como os primeiros, o que leva a supor uma eventual estagnação ou inflexão na curva de crescimento do setor de aquicultura.

Figura 96 - Empregabilidade dos Setores da Pesca e Aquicultura

	1995	2000	2005	2010	2015	2018
			(thousands)			
Fisheries and aquaculture						
Africa	2 812	3 348	3 925	4 483	5 067	5 407
Americas	2 072	2 239	2 254	2 898	3 193	2 843
Asia	31 632	40 434	44 716	49 427	49 969	50 385
Europe	476	783	658	648	453	402
Oceania	466	459	466	473	479	473
Total	**37 456**	**47 263**	**52 019**	**57 930**	**59 161**	**59 509**
Fisheries						
Africa	2 743	3 247	3 736	4 228	4 712	5 021
Americas	1 793	1 982	2 013	2 562	2 816	2 455
Asia	24 205	28 079	29 890	31 517	30 436	30 768
Europe	378	679	558	530	338	272
Oceania	460	451	458	467	469	460
Total	**29 579**	**34 439**	**36 655**	**39 305**	**38 771**	**38 976**
Aquaculture						
Africa	69	100	189	255	355	386
Americas	279	257	241	336	377	388
Asia	7 426	12 355	14 826	17 910	19 533	19 617
Europe	98	104	100	118	115	129
Oceania	6	8	8	6	10	12
Total	**7 878**	**12 825**	**15 364**	**18 625**	**20 390**	**20 533**

FONTE: FAO, 2020.

A tabela evidencia os dados da Figura 96 ao fazer um comparativo entre os anos do período de 1995 a 2018 sobre o surgimento de investidores nesse mercado, representados pela criação de novos sítios de aquicultura e novas frotas de pesca. A análise da tabela permite dizer que, além de estar numa tendência de crescimento na maioria dos continentes, a atividade pesqueira também é um meio de criar novos empregos e estimular a economia, principalmente de zonas em desenvolvimento como África e América do Sul. Portanto, apesar de danosa em determinadas proporções, a pesca ainda é essencial à economia de muitos lugares.

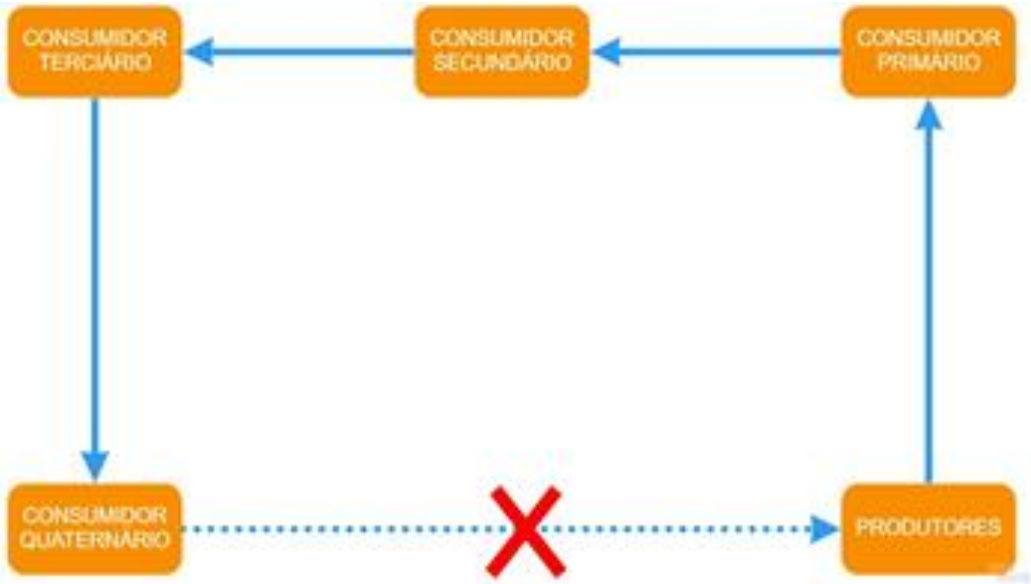
Determinada publicação na revista Nature (BLANCHARD *et al.*, 2017) revela um certo monopólio da produção pesqueira no mundo: 25 países concentram 96% do peso dos pescados em todo o mundo. Nesse mesmo artigo, é dito, ainda, que a principal fonte utilizada por países para produção de frutos do mar, com exceção dos países da Oceania, é a pesca

selvagem. É relatado que existe uma necessidade absoluta de mudanças como: reconhecimento das interdependências da sustentabilidade com os produtores, modificação da demanda por alimento advindo de animais marinhos e estímulo da produção sustentável de peixes por parte dos importadores. Nesse sentido, os autores revelam que a aquicultura pode ser uma solução.

Impactos Decorrentes da Sobrepesca

Ecossistemas são equilíbrios biológicos mantidos sob certas circunstâncias e que tendem a permanecer estáveis se não perturbados. A interferência humana pode, contudo, romper a harmonia pré-existente em um local, impedindo até mesmo sua resiliência. Mais especificamente tratando-se de ecossistemas marinhos, a retirada de uma espécie (ou várias) do ciclo alimentar gera um efeito em cascata que afeta todas as espécies integrantes, e não apenas aquela que foi suprimida. (SCHEFFER; CARPENTER; YOUNG, 2005).

Figura 97 - Esquema Simplificado da Cadeia Alimentar Marítima



FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2020.

Se uma dada espécie X de peixe carnívoro (consumidor terciário) é diminuída via pesca até um certo limite, por exemplo, a população de peixes menores (consumidores secundários) que antes era controlada por X aumenta desordenadamente e passa a consumir mais zooplâncton, que por sua vez desregula o fitoplâncton. Após essa sequência, os estoques

de nitrato no oceano diminuem (são consumidos pelo fitoplâncton) e assim cria-se um ambiente de todo insustentável.

É dito também, em uma publicação para a revista Science Reports (DAVIS; BAUM, 2012), que para a esmagadora maioria de pesqueiros, é inviável realizar uma coleta de dados para controlar a população de peixes. Dessa forma, não é sabido se a pesca está além do nível sustentável.

Em um artigo publicado na Science (JACKSON *et al*., 2001), é citado um ponto essencial para a análise da sobrepesca. O artigo informa que mesmo que a eutrofização, a poluição, a destruição de habitats, a invasão de espécies exóticas, a mudança climática e o surgimento de epidemias somente sejam notados após muito tempo de uma situação de sobrepesca, nos lugares onde esses fenômenos aconteceram, é perceptível a ação da sobrepesca neles e a diferença em relação a lugares intocados pelo homem.

A realidade da pesca varia bastante de acordo com a região do planeta. De acordo com o gráfico da Figura 94, boa parte da atividade pesqueira se concentra na Ásia e norte da Europa, com destaque para China e Rússia, respectivamente. Devido ao seu estágio de sobrepesca estar mais avançado, pode-se avaliar com mais detalhes os impactos decorrentes dessa atividade nesses países. Analisando o caso da China - o maior país pesqueiro do mundo por uma ampla margem - é possível uma melhor avaliação da dimensão do problema. Tome-se como exemplo o Lago Nanyi, situado ao sul da província de Anhui. Nele habitavam 4 espécies de “peixe-gelo”, iguaria muito apreciada na forma de “*noodles*”, semelhante a um macarrão. Nas últimas duas décadas, porém, a exploração anual caiu de 260 para 15 toneladas, devido ao processo intensivo de pesca comercial (WANG *et al*., 2004). O impacto causado foi tanto que o próprio tamanho médio dos peixes foi afetado, aumentando a abundância de peixes pequenos e minúsculos em relação aos demais, segundo o mesmo estudo.

Em outros casos, a perturbação na biodiversidade atingiu níveis extremos: em 2010, foi declarada a extinção do “peixe-espada chinês”, espécie que atingia até 8 metros de comprimento. Do mesmo modo, muitos outros peixes se encontram em situação de risco.

A pesca em pequena escala, diferentemente da industrial ou comercial, não se mostra tão danosa na medida em que respeita o equilíbrio natural dos ecossistemas e seus limites. Ela se diferencia dos outros tipos de pesca por empregar mais técnica e menos tecnologia na captura, além de ser uma forma de atividade de subsistência e não depender de investimentos massivos de capital (KURIEN, 1998). Praticamente em todas as nações com acesso ao mar é desenvolvida alguma forma de pesca. Nos países em desenvolvimento, a pesca tradicional compõe parte significativa da renda nacional e sua interrupção ocorreria às custas da perda de milhões de empregos (59,5 milhões de empregos mundo afora em 2018, vide Figura 96). No contexto asiático especificamente, a pesca é uma atividade desenvolvida há muitas gerações, muito antes do advento da globalização, fazendo parte, portanto, da cultura desses povos. Então, além da importância econômica, há também na pesca um fator sociocultural que impede que ela seja suprimida por completo. Desse modo, a questão que surge é como conciliar a exploração dos recursos biológicos naturais com a necessidade de subsistência e a economia desses países dependentes da pesca.

Se os estoques de peixes são superexplorados continuamente, sua regeneração tende a ser bem mais lenta, mesmo com o cessar da pesca na região (GAINES; COSTELO, 2013). Assim, entende-se o porquê de a pesca industrial estar, de certa forma, condenada. Por outro lado, a pesca tradicional consegue comprovadamente se manter estável, mesmo com o processo de globalização pelo qual o mundo passa. Para John Kurien, isso se deve a dois tipos de fatores: os naturais e os laborais. Em primeiro lugar, há a imprevisibilidade da natureza e das condições de pesca, relacionada às temporadas de pesca e ao clima, além do caráter de dispersão das espécies de peixe a partir do momento que o ambiente começa a ser explorado. Segundamente, existem os riscos da atividade que exigem trabalho em equipe e o emprego de técnicas adequadas para o sucesso do empreendimento. Tais fatores explicam porque a pesca em pequena escala pode continuar a existir sem degradar as espécies locais até a extinção, principalmente as costeiras (KURIEN, 1998).

Projeções para a Pesca Predatória

Do mesmo relatório de 2020 (FAO, 2020), é possível extrair que em 2018 a captura de peixes atingiu seu recorde, computando 96.4 milhões de toneladas e demonstrando um

crescimento de 5.4% em relação aos três anos anteriores. Em termos de quantidades, na segunda metade dos anos 2010, houve um aumento anual de 3%.

Em um artigo italiano (YE *et al.*, 2012), é dito que a sobrepesca não causa apenas impactos ambientais, mas também impactos sociais e econômicos. Numericamente, é constatado que recuperar de forma sustentável os estoques de peixe pode trazer um retorno anual de 32 milhões de dólares americanos, através de 16,5 toneladas de peixes.

É interessante citar que o artigo da Nature (BLANCHARD *et al.*, 2017) revela que a aquicultura pode ser uma solução futura, haja visto as previsões de alta demanda pelo crescimento populacional e redução da biomassa por conta das mudanças climáticas (BRYNDUM-BUCHHOLZ *et al.*, 2018), concordando inclusive com os motivos apresentados para que essa cultura aquática seja vista como o futuro da produção pesqueira para mitigar a maneira insustentável no editorial (LODEIROS, 2013) apresentado pelo professor Cesar Lodeiros, referência em maricultura na América do Sul.

Parte do problema de conservação da biodiversidade nos ecossistemas marinhos é que grandes empresas fazem pescarias que envolvem diferentes espécies, logo, mesmo se uma delas for eventualmente extinta, a empresa continuará com boa margem de lucro. Em outros casos, algumas espécies de menor valor agregado são capturadas acidentalmente, porém não são devolvidas ao ambiente, o que também é um tipo de perturbação do meio (GAINES; COSTELO, 2013). Considerando a possibilidade de colapso, é preciso fazer projeções de maneira a prever a extinção das espécies se ela estiver próxima. Nesse sentido, já existem métodos que avaliam com décadas de antecedência o desaparecimento de uma determinada espécie (POLASKY; TILMAN; BURGESS, 2013), embora ainda não sejam amplamente utilizados. Dessa maneira, sabendo que é muito menos custoso praticar medidas preventivas do que corretivas, ações mais radicais - como a proibição total da pesca - poderiam ser evitadas desde que houvesse um planejamento adequado.

A seguir, é apresentado brevemente um dos métodos possíveis - desenvolvido pela Universidade da Califórnia em conjunto com a Universidade de Minnesota - de avaliação da qualidade do estoque de peixe, de maneira a classificá-lo como saudável, em processo de sobrepesca ou exaurido, nos mesmos termos do gráfico da Figura 96. Em um primeiro momento, é preciso distinguir os tipos de estoque em fracos, isto é, mais vulneráveis ao

processo de sobrepesca, e fortes, que resistem mesmo sob condições adversas. Em geral, eles coexistem numa mesma região, o que mostra mais uma vez que a pesca de múltiplas espécies pode afetar de forma desigual as populações, ou seja, o fato de uma espécie ainda ser abundante no local em questão não necessariamente implica que todas as outras se encontram na mesma condição. A seguir, são definidos alguns parâmetros que avaliam, por exemplo, a vulnerabilidade de um estoque de peixe:

Tamanho da população = N

Identificação da espécie = i

Identificação do local de pesca (fishery) = j

Esforço de Captura por Unidade = CPUE

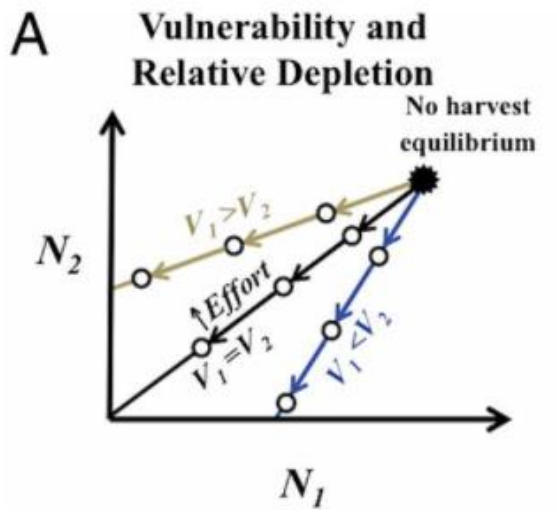
Taxa de Crescimento per capita (taxa de reprodução por indivíduo) = r

Assim, a vulnerabilidade V em função do tempo t é expressa simplificadamente por:

$$Vij\,(t\,) = \frac{CPUEij\,(t\,)}{ri\,Ni\,(t\,)Vij\,(t\,)}$$

A vulnerabilidade é definida como a proporção de espécies em um sistema pesqueiro nas quais a população tem crescimento vegetativo negativo em relação ao total. Ou seja, é uma grandeza que mede indiretamente a ameaça de extinção do estoque como um todo, não apenas de determinada espécie. A Figura 98 apresenta, sinteticamente, uma comparação genérica entre duas espécies 1 e 2, em função de suas populações, N_1 e N_2, e a relação entre suas vulnerabilidades. O ponto “No Harvest- Equilibrium” faz referência ao estado de perturbação mínima que o ecossistema pode sofrer, caso permanecesse intocado. Na proporção em que o esforço de pesca aumenta, observa-se justamente o decaimento das populações e o aumento de sua vulnerabilidade, como era esperado.

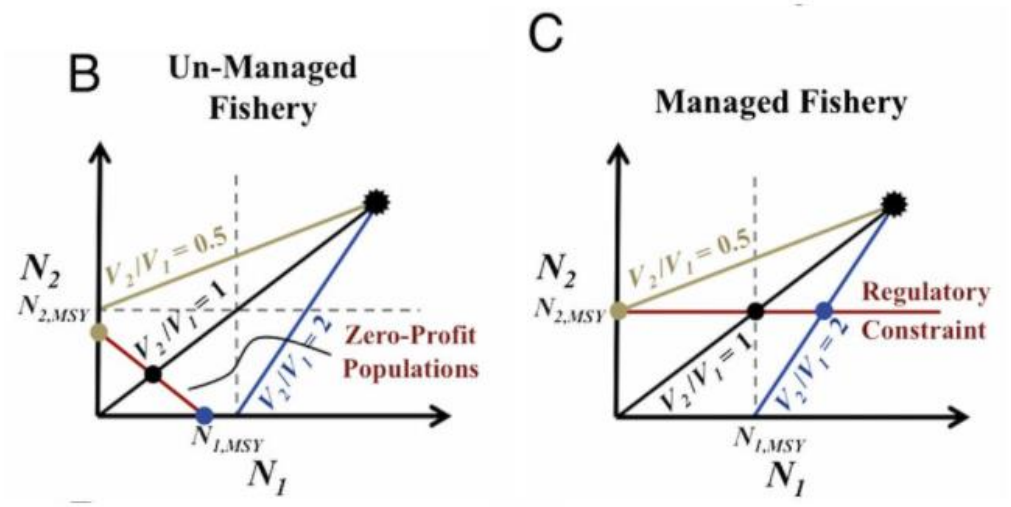
Figura 98 - Vulnerabilidade Relativa entre Duas Espécies



Fonte: POLASKY; TILMAN; BURGESS, 2013.

Já nos dois gráficos a seguir, observa-se a diferença teórica entre estoques de peixes em condições antagônicas: um conservado e outro em condições de sobrepesca. No momento em que as populações atingem a relação “Zero-Profit Populations”, entende-se que o estoque atinge um nível conflitante que, além de não gerar retorno financeiro como antes, representa séria ameaça para a biodiversidade do lugar. Na Figura 99, letra C, é explicitado o comentário a respeito da abundância relativa das espécies. Nesse sentido, a espécie 2 ao atingir seu limite sustentável, as outras espécies - no caso apenas o tipo 1 - estarão automaticamente restringidas nesse mesmo ritmo de pesca (CPUE). Do contrário, a espécie 2 entra em risco, mesmo que a outra possa, teoricamente, ainda ser mais explorada.

Figura 99 - Vulnerabilidade Relativa entre Duas Espécies



Fonte: POLASKY; TILMAN; BURGESS, 2013.

No estudo supracitado, foram usadas 8 espécies de atum e peixe-agulha, três das quais foram identificadas sob processo de sobrepesca, o que enfatiza a viabilidade do método. Evidentemente, o objetivo do presente trabalho passa longe de se tornar uma referência para cálculos dessa natureza. Na verdade, esse e outros exemplos servem para mostrar que é possível determinar, mesmo quantitativamente, o risco em que um estoque se encontra. Sendo assim, é recomendável que as nações pesqueiras, sobretudo as presentes no ranking da Figura 94, adotem práticas adequadas, à medida em que as projeções mais recentes são disponibilizadas, de maneira a evitar novos desastres biológicos.

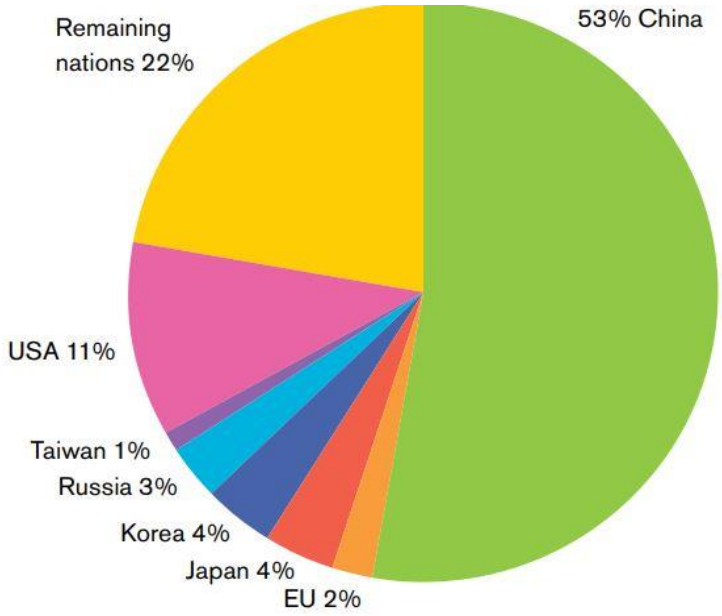
Subsídios

Subsídios ainda são uma parte central da indústria pesqueira global. Em uma indústria cuja escala global atingiu em torno de 271,6 bilhões de dólares em 2018, foram investidos por volta de 35,4 bilhões de dólares em subsídios, representando por volta de 13% de toda a indústria. Também é importante ressaltar que nem todos os subsídios são iguais, podendo ser caracterizados como benéficos, ou seja, promovem práticas pesqueiras economicamente ou socialmente positivas, ou aumentadores de capacidade, ou seja, aumentam a capacidade de escala dos pecadores. Tendo isso em vista, é possível fazer uma divisão nos 35,4 bilhões

mencionados anteriormente, com 10,6 bilhões sendo benéficos, e 22,2 bilhões sendo de aumento de capacidade (SUMAILA; TAI, 2020).

Esses subsídios de aumento de capacidade são importantes facilitadores da sobrepesca, já que permitem ou tornam mais simples a formação de uma operação pesqueira de grande escala, capaz de gerar um impacto maior nos ecossistemas oceânicos. Percebe-se que a grande maioria dos subsídios da indústria ainda são arquitetados de maneira a aumentar a produção, configurando assim um desserviço ao combate à sobrepesca (ARTHUR; HEYWORTH; SHARKEY, 2019).

Figura 100 - Distribuição por país dos subsídios à pesca



Fonte: ARTHUR; HEYWORTH; SHARKEY, 2019.

Figura 101 - Distribuição por país dos subsídios à pesca



Fonte: ARTHUR; HEYWORTH; SHARKEY, 2019.

Como é possível ver nas Figuras 100 e 101, a distribuição dos subsídios não é homogênea entre os países, assim como o tipo de subsídio predominante em cada nação. Se sobressai a predominância dos países desenvolvidos no emprego de subsídios a essa indústria, porém, mais ainda, a China se destaca como o principal país a adotar tal política econômica. Além disso, pode-se observar na Figura 101 uma impressionante concentração dos subsídios chineses na categoria de subsídios “danosos”, ou seja, que contribuem com a sobrepesca, evidenciando o tipo de prática que a nação adota enquanto pesca.

4.1.2 Extração de Petróleo em Ambientes Marinhos

Uma das atividades exploratórias dos oceanos que se dá pela extração de um recurso que não pertence diretamente ao mar, e sim às camadas mais profundas da crosta terrestre, é a extração de petróleo, composto por uma mistura de hidrocarbonetos, compostos químicos baseados em cadeias carbônicas com hidrogênios. Devido às suas propriedades químicas, ele foi utilizado, a partir da Segunda Revolução Industrial, como fonte de energia primária para

as indústrias e os transportes, e também motivo de diversas disputas geopolíticas durante todo o século XX, devido à sua grande importância econômica, sendo responsável pela geração de 30% da energia mundial em 1938 (MARTINHO, 2016). Assim, é notável a grande demanda por esse recurso, que fez com que os aspectos ambientais, durante maior parte do século XX, ficassem secundários tanto no seu uso quanto no seu processo de extração visível no fato que havia, em média, cerca de 24 vazamentos de petróleo no mar por ano, durante a década de 70, sendo que atualmente esse número é de 1.8 vazamento por ano (ITOPF, 2020). Por isso, será mostrado algumas das principais consequências aos ambientes marinhos devido à extração dessa *commodity* e a seriedade desses problemas frente às diversas outras formas de danificar os oceanos atualmente.

Contato Direto do Petróleo nos Ecossistemas Marinhos

Uma das principais formas de extrair petróleo é a partir de plataformas denominadas *offshore*, que se trata de grandes armações navais situadas no oceano, onde acontecerá a retirada desse recurso de camadas mais profundas da Litosfera. Sendo assim, essa atividade ocorre em diversos ecossistemas marinhos, por isso, qualquer tipo de falha estrutural ou humana, pode causar vazamentos de óleo nos oceanos, gerando assim grandes catástrofes ambientais. (MARTINHO, 2016).

Figura 102 - Plataforma offshore



FONTE: REVISTEL, 2020.

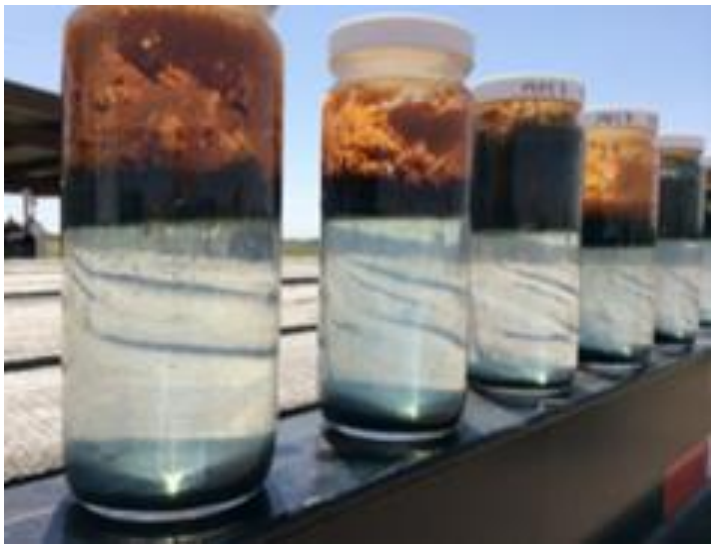
Com o vazamento, ocorre o fenômeno chamado maré negra, sendo que, no primeiro contato com a água, as propriedades químicas e físicas do óleo vazado já se alteram, havendo em seguida sua dispersão (CORREIA; BEZERRA, 2015). Essa dispersão ocorre horizontalmente, sob as forças da maré, do vento e das ondas, por exemplo, e verticalmente, pela coluna de água, em gotículas de diversos tamanhos (REED *et al*., 1999). Em seguida, há o processo de evaporação, que causa uma perda de volume dos conjuntos de composto que compõem o petróleo, pois tal evaporação ocorre com os componentes com menores temperaturas de ebulição, sendo tal perda de 70% para óleos leves e 40% para óleos médios. Além disso, pode ocorrer a emulsificação do petróleo, a partir da sua degradação microbiológica, havendo assim a sua mistura com a água e, dependendo das circunstâncias, como sob alta incidência de luz, a oxidação fotoquímica dos compostos evaporados, que, por serem menos pesados, espalham-se mais facilmente pela coluna de água (CORREIA; BEZERRA, 2015). Quando uma comunidade marinha é atingida por um derramamento de petróleo, ela pode levar mais de dez anos para se recuperar totalmente, dependendo das suas características e de quais tipos de óleo com os quais ela teve contato (CORREIA; BEZERRA, 2015). Dentre as maneiras como as populações marinhas podem ser afetadas, podem ser citadas: morte de peixes por asfixia, bloqueio da passagem de luz, impedindo a realização da atividade fotossintética pelos produtores, intoxicação de aves, tanto como a fixação do óleo em suas asas, e dispersão das espécies para longe de seus habitats devido à fuga da maré negra, além de possíveis consequências negativas para regiões litorâneas pesqueiras e para atividades turísticas, pois o petróleo pode matar os peixes e impedir passeios naturais nas áreas danificadas.

Água de Produção

Uma forma indireta que a extração do petróleo pode danificar o meio ambiente é a partir da água de produção. A água de produção (“produced water”) é um composto utilizado para auxiliar na extração máxima de óleo de petróleo de regiões profundas da crosta. Ela é injetada nos dutos de petróleo para aumentar a pressão com que o óleo sai do seu reservatório e, ao ser extraída, ela fica misturada com o petróleo retirado, havendo um processo de separação desses compostos. No fim, a água de produção possui na sua composição hidrocarbonetos diversos como tolueno, benzeno, poliaromáticos e etilbenzeno (EKINS; VANNER; FIREBRACE, 2006), além de compostos inorgânicos, como sais, inibidores de

corrosão, enxofre, ácidos orgânicos, compostos radioativos e metais pesados, como arsênio, cobre, mercúrio, níquel e cromo (BAKKE; KLUNGSOYR; SANNI, 2013). Essa água pode ser reutilizada, sendo injetada novamente nos dutos de extração subterrâneos, ou descarregada no oceano.

Figura 103 - Tratamento de água de produção



FONTE: SOLUTIONS, 2016.

De acordo com uma pesquisa na Noruega, país com 65 campos de produção de óleo e gás em operação, cerca de 130 milhões de metros cúbicos de água de produção foram liberados na plataforma continental norueguesa, mostrando a quantidade de compostos nocivos como benzeno e tolueno estão sendo despejados em uma área tão pequena do oceano (BAKKE; KLUNGSOYR; SANNI, 2013).

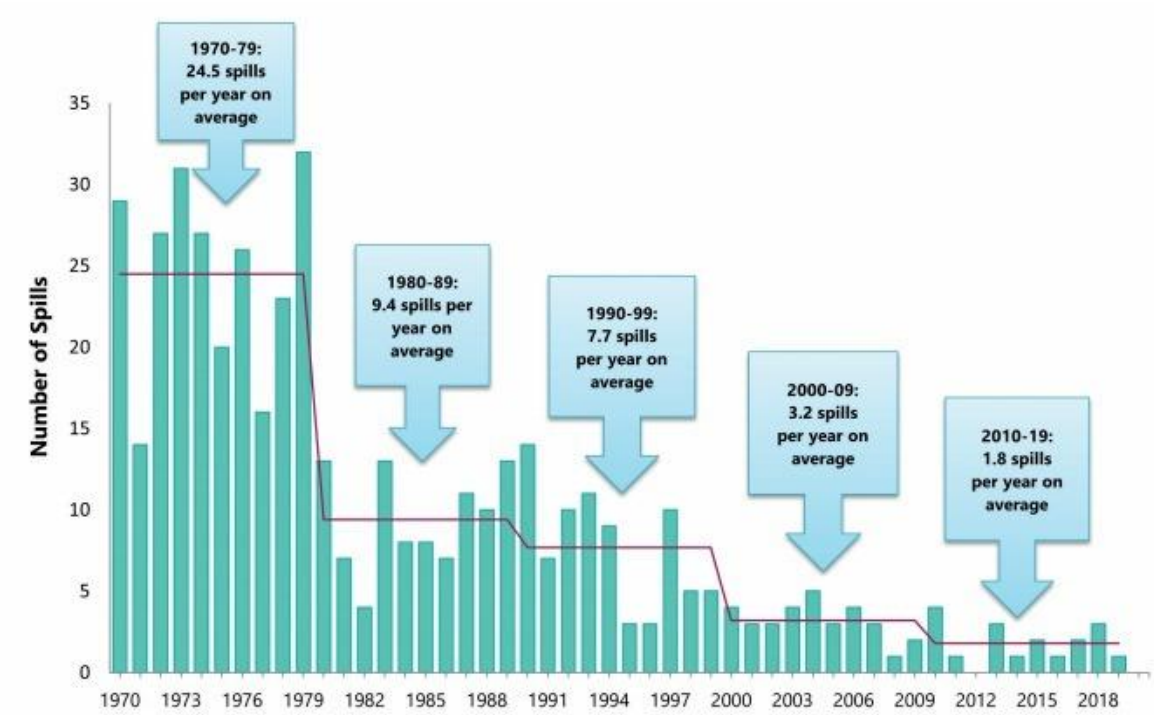
A literatura, entretanto, ainda demonstra incerteza quanto aos efeitos e danos reais da água de produção nos ecossistemas marinhos. Entre os compostos que constituem essa água com maior potencial de dano estão os aromáticos e fenóis de alquila, não obstante, em relação aos animais marinhos e a sua reprodução, só foi possível perceber pequena influência da água de produção, especificamente para populações de peixes estabelecidos na vizinhança das descargas de água de produção (REED *et al*., 1999). Portanto, mais pesquisas são necessárias para que seja possível concluir e analisar a seriedade de tais descargas e definir como

regulamentar e realizar esse processo corretamente, sempre baseando-se no uso sustentável do oceano.

Quantificação dos Vazamentos de Petróleo no Mundo

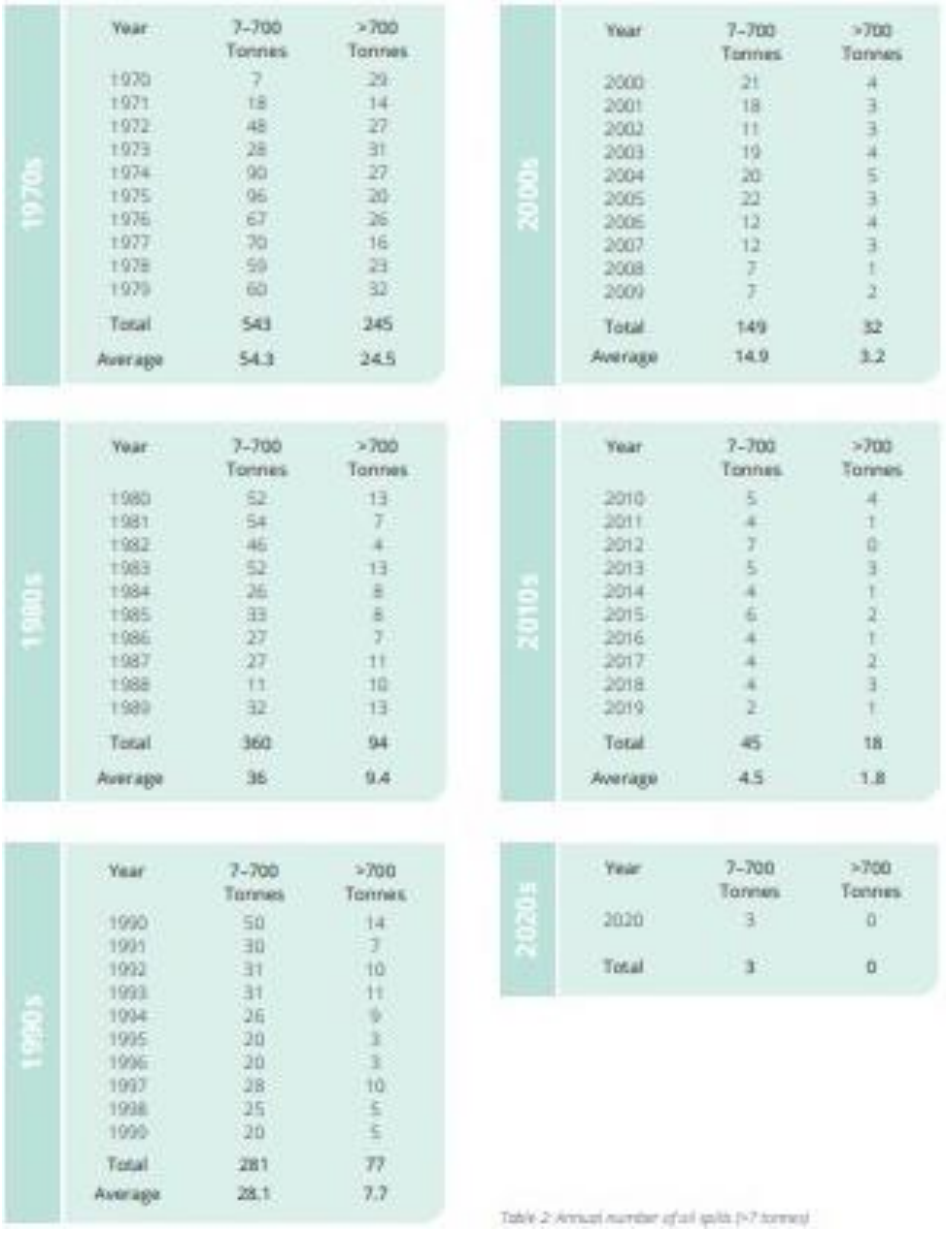
A pesquisa mais recente acerca das estatísticas relacionadas a vazamentos de petróleo foi realizada pela International Tanker Owners Pollution Federation (2020), uma organização não lucrativa que foca no auxílio e resposta a acidentes ambientais relacionados ao petróleo. Em sua publicação “Oil Tanker Spill Statistics 2020”, é mostrado um comparativo desde a década de 70 até o ano de 2020 do número de vazamentos e a quantidade em toneladas de petróleo vazadas em média por ano, por exemplo.

Figura 104 - Quantidade de vazamentos de mais de 700 toneladas



FONTE: ITOPF, 2020.

Figura 105 - Quantidade de toneladas vazadas de petróleo por ano



1970s

Year	7–700 Tonnes	>700 Tonnes
1970	7	29
1971	18	14
1972	48	27
1973	28	31
1974	90	27
1975	96	20
1976	67	26
1977	70	16
1978	59	23
1979	60	32
Total	543	245
Average	54.3	24.5

2000s

Year	7–700 Tonnes	>700 Tonnes
2000	21	4
2001	18	3
2002	11	3
2003	19	4
2004	20	5
2005	22	3
2006	12	4
2007	12	3
2008	7	1
2009	7	2
Total	149	32
Average	14.9	3.2

1980s

Year	7–700 Tonnes	>700 Tonnes
1980	52	13
1981	54	7
1982	46	4
1983	52	13
1984	26	8
1985	33	8
1986	27	7
1987	27	11
1988	11	10
1989	32	13
Total	360	94
Average	36	9.4

2010s

Year	7–700 Tonnes	>700 Tonnes
2010	5	4
2011	4	1
2012	7	0
2013	5	3
2014	4	1
2015	6	2
2016	4	1
2017	4	2
2018	4	3
2019	2	1
Total	45	18
Average	4.5	1.8

1990s

Year	7–700 Tonnes	>700 Tonnes
1990	50	14
1991	30	7
1992	31	10
1993	31	11
1994	26	9
1995	20	3
1996	20	3
1997	28	10
1998	25	5
1999	20	5
Total	281	77
Average	28.1	7.7

2020s

Year	7–700 Tonnes	>700 Tonnes
2020	3	0
Total	3	0

Table 2: Annual number of oil spills (>7 tonnes)

FONTE: ITOPF, 2020.

As figuras 104 e 105 mostram explicitamente como, na década de 70, os vazamentos de petróleo eram mais intensos, visto que a agenda ambiental na época estava apenas começando globalmente com a Conferência de Estocolmo em 1972, sendo assim, tentava-se maximizar a extração de petróleo que estava altamente valorizado (110 US$ por barril de petróleo em 1979). Com o passar dos anos, a média de vazamentos e a quantidade bruta derramada nos oceanos teve significativa diminuição, já que na década de 70 havia em média

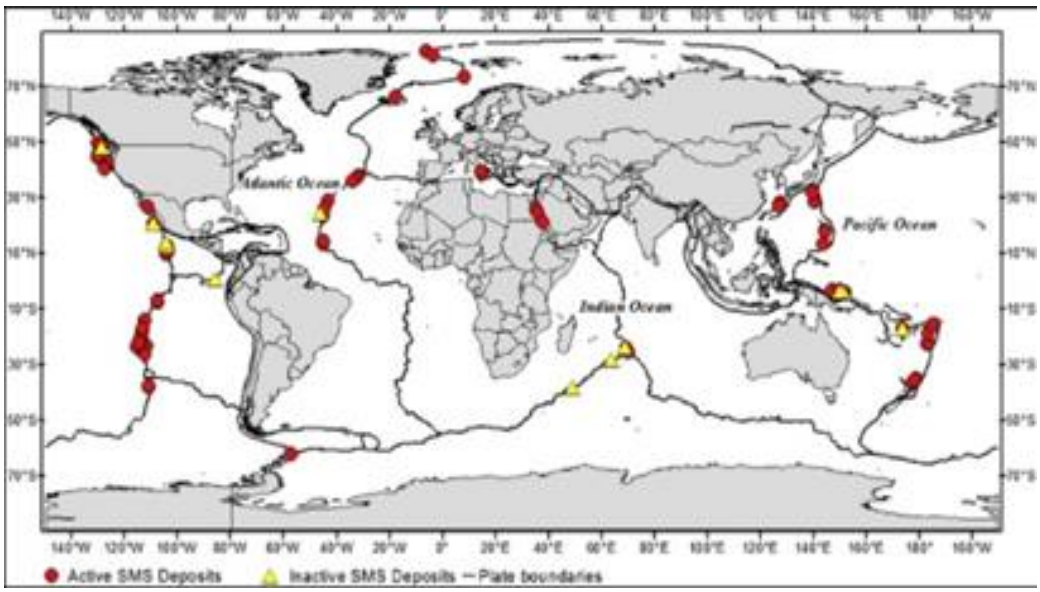
24.5 vazamentos por ano de mais de 700 toneladas, enquanto nos anos 2010 esse número chegou a 1.8, além de que a quantidade vazada chegava de 300 mil a 600 mil toneladas por ano nos anos 70, e na última década estagnou-se em média nas 5 mil toneladas, com exceção de 2018 (ITOPF, 2020).

Logo, fica evidente o potencial de prejuízo ambiental que o petróleo pode ter nos ecossistemas marinhos, porém, devido ao aumento da quantidade e da eficiência de medidas de prevenção e preservação ambiental, o mundo se tende cada vez mais para a diminuição dos vazamentos petrolíferos, enquanto que em outras áreas como a mineração oceânica e a sobrepesca, a perspectiva é de contínuo dano às espécies marinhas, ou até mesmo, se nada for feito, de crescentes perdas caso mantenha-se uma visão unicamente econômica das atividades globais.

4.1.3 Mineração Oceânica

Os oceanos do planeta Terra, além da conhecida atividade de exploração de petróleo, conseguem abrigar minérios, alcançados em profundidades que chegam a mais de 1000 metros. Ainda que o tema não seja visto como prioridade quando comparado com outros tipos de exploração oceânica de maior importância, a exploração mineral nos oceanos é praticada em grande escala há pelo menos 3 décadas (SOUZA, 2006) e visualizada como um forte potencial em projeções, e que assim pode se configurar para uma forte representação comercial futuramente. Portanto, é comum encontrar ao longo da crosta terrestre nódulos de manganês (cobre, níquel, cobalto), crostas de manganês (cobalto, elementos do grupo da platina) e sulfuretos polimetálicos (cobre, zinco, chumbo, prata, ouro, bário). Os sulfuretos polimetálicos, formados por ventilação hidrotérmica no fundo do mar, são comuns em uma variedade de configurações geológicas (SCOTT, 2001).

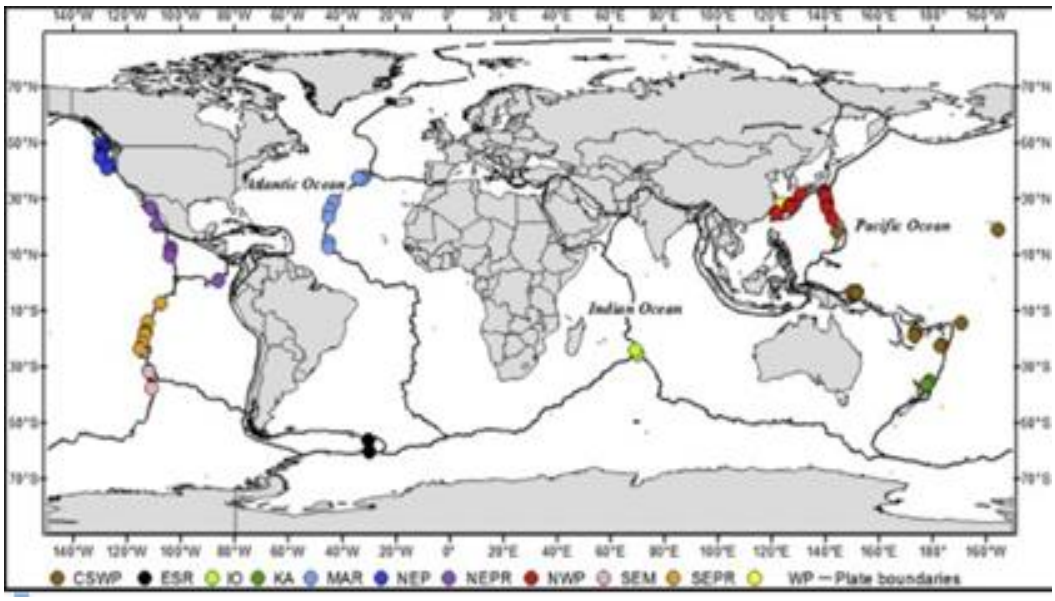
Figura 106 - Distribuição global de depósitos de Sulfeto Maciço



FONTE: ROGERS *et al*., 2012.

Os depósitos de Sulfeto Maciço no fundo do mar possibilitam uma exploração em abundância principalmente de metais básicos, como por exemplo, ouro e prata. Devido a isso, o sulfeto atraiu grandes empresas nos últimos anos para estudo e exploração. A partir da Figura 106, é possível entender que os pontos em vermelho representam reservas ativas em pontos distribuídos pelo globo terrestre. Os triângulos em amarelo, por sua vez, significam depósitos inativos. (HANNINGTON *et al*., 2011). A partir da figura levantada, é possível entender a importância que os oceanos Pacífico e Atlântico levam consigo para desempenhar essa prática exploratória. Logo, é possível dizer que as fronteiras das placas tectônicas que contém os continentes, como a Ásia e a América, têm grande importância, uma vez que são consideradas guias até os locais de mineração oceânica.

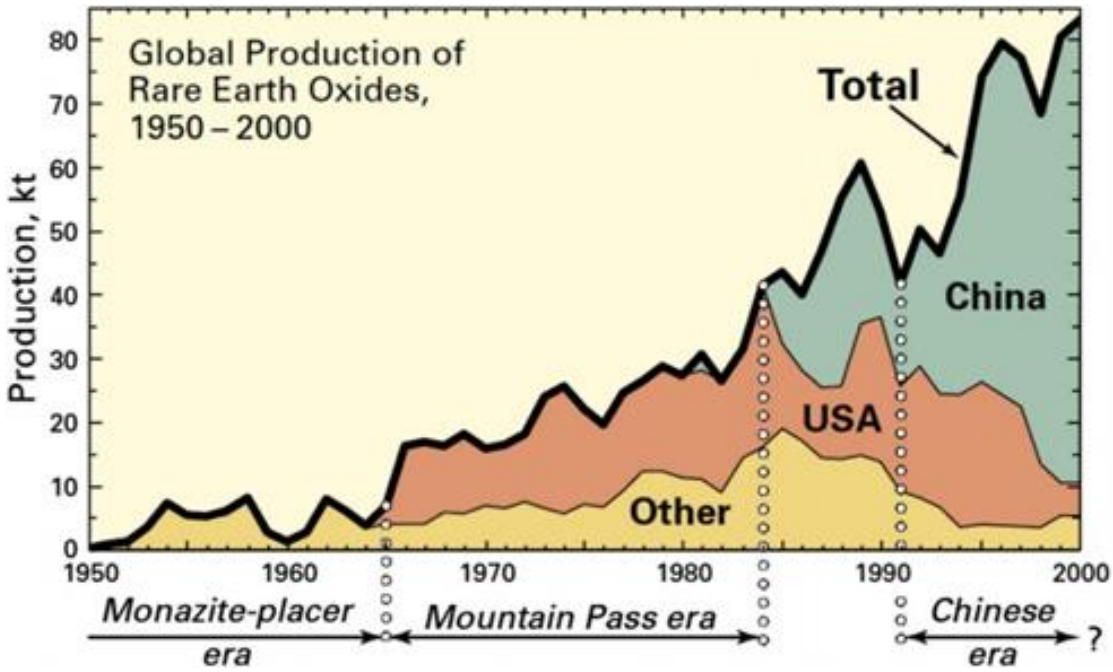
Figura 107 - Mapa da biogeografia global de comunidades de fontes hidrotermais.



FONTE: ROGERS *et al*., 2012.

A partir do mapa, é possível verificar as áreas com fontes hidrotermais mais recorrentes, isto é, através da fissura da água na crosta terrestre. É possível fazer uma interpretação por meio das cores: CSWP: Centro-Sudoeste do Pacífico, ESR: East Scotia Ridge, IO: Oceano Índico, KA: Kermadec Arc, MAR: Mid-Atlantic Ridge, NEP: Northeast Pacific, NEPR: North East Pacific Rise, NWP: North West Pacific, SEM: South of the Easter Microplate, SEPR: South East Pacific Rise, WP: Western Pacific. (ROGERS *et al*., 2012). É notória a comprovação das áreas mais importantes, a partir dos dois mapas apresentados, já que tanto Sulfeto Maciço quanto fontes hidrotermais, duas das principais fontes para a exploração energética, são encontradas em massa nas mesmas áreas.

Figura 108 - Produção Global de óxidos de terras raras



FONTE: R.HEIN; MIZELL; CONRADAC, 2012.

O gráfico da Figura 107 também trata a respeito da produção global de óxidos raros entre os anos de 1950 e 2000. Além da constatação das principais áreas pelas Figuras anteriores (América e Ásia), fica mais evidente a grande movimentação econômica pelo gráfico, já que as superpotências mundiais Estados Unidos e China que cuidam desse investimento. É possível observar que, assim como em outros ramos da economia mundial, os Estados Unidos lideravam até o fim da última década e a China, ao intensificar seus investimentos, ultrapassou os Estados Unidos como maior produtor com mineração oceânica, liderando aproximadamente desde 2000 até os dias presentes. Por fim, é possível concluir que a base da mineração oceânica se dá pelas esferas econômicas e geográficas, tornando a mineração oceânica, ainda que não tão forte como exploração de petróleo ou pesca comercial, mas ao menos inovadora no cenário mundial.

4.1.4 Aquicultura

Segundo dados do relatório da (FAO, 2020), a produção global de peixe chegou ao nível de 179 milhões de toneladas em 2018, com valor estimado em 401 bilhões de dólares. Deste total, 80 milhões de toneladas e 250 bilhões de dólares vieram da aquicultura. Este

método de produção foi responsável por 46% de toda produção e 52% de todos os peixes consumidos pelo homem.

Conforme (KUHNEN *et al*., 2019), à medida que o estoques de proteína marinha foram reduzidos, a aquicultura passou a se desenvolver globalmente. Dentre os ramos da aquicultura, a maricultura e a aquicultura costeira são os que possuem a maior variedade de espécies cultiváveis e isso ocorre devido à diversidade de ambientes marinhos encontrados pelo mundo (FRANKIC; HERSHNER, 2003). Estes ramos específicos da aquicultura são responsáveis pela produção de uma vasta variedade de espécies marinhas e estuarinas, incluindo algas, invertebrados (como moluscos) e até vertebrados como peixes e répteis.

A aquicultura costeira tem um papel fundamental na rotina, empregabilidade e desenvolvimento de comunidades costeiras em muitos países em desenvolvimento (FAO, 2020). Segundo o mesmo relatório da FAO, esta atividade sofre com uma salinidade menos estável da água nos locais de aplicação e isto ocorre devido ao efeito da evaporação e das chuvas.

Por outro lado, a maricultura utiliza como local de produção as águas marinhas no meio do oceano. Em muitos locais utilizam-se para produção espécies que já ocorreriam naturalmente naqueles locais, mas isso não impede que outras espécies também sejam cultivadas estruturas à parte e depois transportadas para o ambiente marinho para a fase de crescimento (FAO, 2020).

Infelizmente, muitos países unificam os dados da aquicultura costeira e da maricultura devido à dificuldade de diferenciar uma da outra. Desta forma, os dados levantados a seguir tratam a maricultura e a aquicultura como uma única atividade.

Em 2018, a maricultura e aquicultura costeira foram responsáveis pela produção de 30.8 milhões de toneladas e 106.5 bilhões de dólares de animais aquáticos (FAO, 2020). A maior parte dessa produção é de moluscos, representando 56.2% do total produzido, o restante é composto por algas, peixes e crustáceos, segundo o relatório da (FAO, 2020).

Não felizmente, essas atividades que deveriam ser utilizadas como meio de substituir outras mais danosas como a pesca predatória, acabam por ser praticadas de forma desenfreada

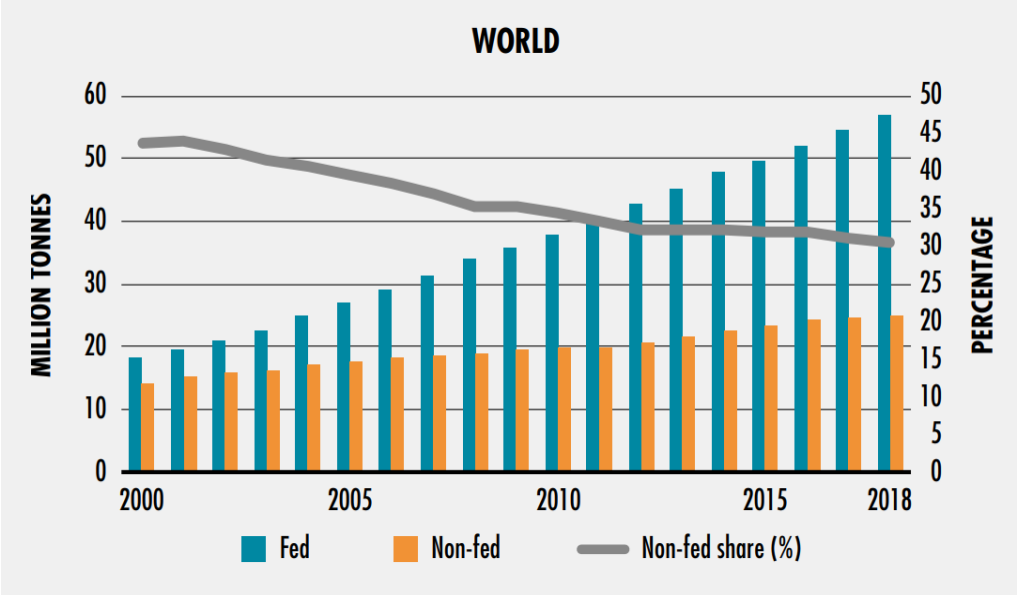
para atender a necessidade de um único agente: o mercado. Assim, são ignorados os impactos externos da atividade que não afetam a produção da mesma, ou seja, que não afetam o lucro.

Dentre os dados que exemplificam os impactos externos da maricultura, um que se destaca é o desperdício de ração na criação de camarão. Segundo Valenti (2008), menos de 20% da ração fornecida aos crustáceos é de fato útil, os outros 80% se tornam poluição ou alimento para outras espécies que se encontram em locais próximos. Essa liberação de nutrientes em excesso pode causar a eutrofização nesses ambientes (TROELL *et al*., 1999) e também gerar disputa pelo alimento e habitat com a população local.

O mesmo problema de desperdício de ração também ocorre com o cultivo de peixes. Para cada tonelada produzida, faz-se necessário, no mínimo, o dobro em ração (FREITAS; COSTA; SILVESTRI, 2009). Assim como ocorre com a criação de crustáceos, na cultura de peixes esse desperdício aumenta a quantidade de matéria orgânica na água (FREITAS; COSTA; SILVESTRI, 2009). Conforme CAO *et al*. (2007), isso têm impactos negativos como a eutrofização, a diminuição da quantidade oxigênio dissolvido, modificação dos fluxos de energia e nutrientes, modificação da estrutura da comunidade e das populações de peixes. Se ocorrer a administração de antimicrobianos na dieta, os impactos são ainda maiores por causarem a morte de microrganismos, o que leva a um desequilíbrio ainda maior no sistema ecológico marinho.

Entretanto, é importante ressaltar que além do modelo de produção com fornecimento de ração, existe também o modelo sem este fornecimento. A contribuição deste segundo modelo, em 2018, era de 30.5%, uma grande redução se comparada com os níveis encontrados em 2000 que era de 43.9%, isso pode ser observado no gráfico da imagem 108 (FAO, 2020). Mas em termos absolutos, observa-se um aumento, chegando a 25 milhões de toneladas.

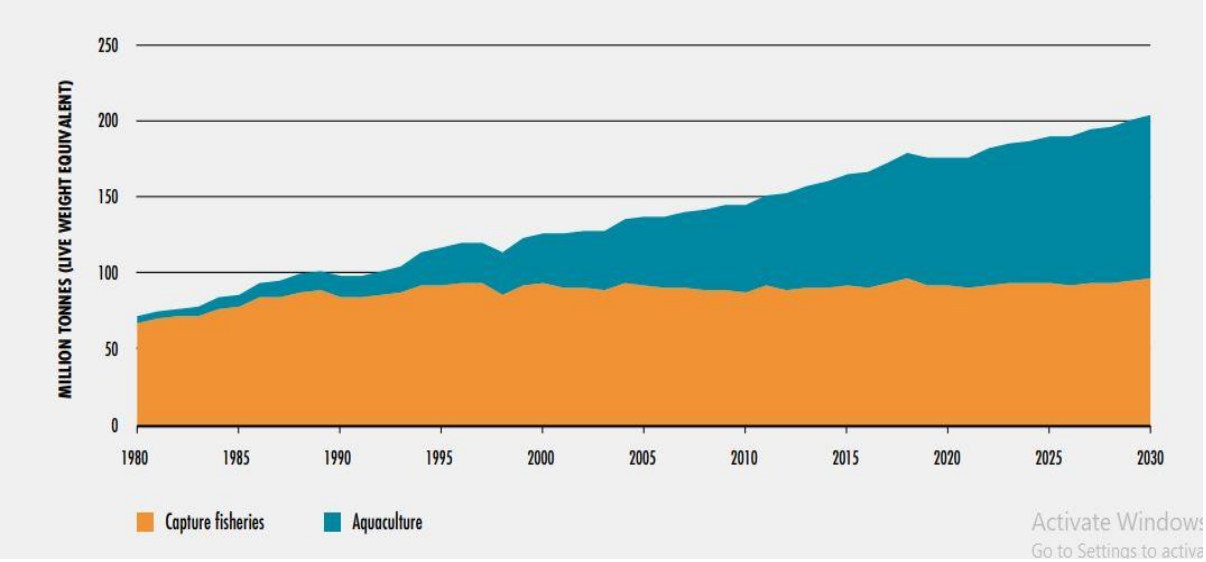
Figura 109 - Comparação Ração x Sem Ração



FONTE: FAO, 2020.

Como o consumo de proteína marinha se mostra crescente, e com a indústria da pesca enfrentando a escassez de estoques de animais marinhos, é avaliado que a aquicultura será o ramo responsável por liderar a produção de proteína animal marinha. Entre 2007 e 2018, a aquicultura apresentou um crescimento de 27% e deverá chegar em 2030 a incríveis 110 milhões de toneladas, o que representa um aumento de 32% em relação a 2018 (FAO, 2020).

Figura 110 - Pesca x Aquicultura em Toneladas



FONTE: FAO, 2020.

Entretanto, apesar destes números, o que se nota é a redução do crescimento anualizado. No período entre 2007 e 2018, observa-se um crescimento médio anual de 4.6% e no período entre 2019 e 2030, o crescimento projetado é de 2.3% ao ano. Essa redução de crescimento se deve a diversos fatores, como a regulamentação ambiental mais rígida, redução de locais propícios para aquicultura e aumento de doenças provocadas pelo cultivo insustentável.

A aquicultura somente se tornará uma atividade sustentável se unir a capacidade de gerar lucro, o desenvolvimento social e a conservação do meio ambiente e dos recursos naturais (OLIVEIRA, 2009). Através da utilização de sistemas integrados de produção como o policultivo, a otimização do uso dos recursos naturais, das instalações e da mão-de-obra deverá levar a uma melhora nos níveis de sustentabilidade econômica e ambiental (VALENTI, 2008).

4.2 Análise de dados

4.2.1 Pesca

Conforme exposto, a pesca é uma atividade exercida há milhares de anos, por isso, ela em pequena escala ocorre em quase a totalidade do globo. Nesse tipo de pesca são empregadas poucas tecnologias, não é necessário um alto investimento de capital e, em alguns lugares do mundo, como a Ásia, a pesca se trata de uma prática cultural e social. Esses aspectos contribuem fortemente para que o tipo de pesca supracitado respeite a resiliência das espécies e não seja um fator tão danoso ao meio ambiente, diferentemente da pesca em escala global.

A sobrepesca, fenômeno que ocorre na pesca industrial/comercial, é aquela que através de alta tecnologia, grande quantidade de mão de obra e incentivo financeiro substancial, extrai a fauna marinha de uma ou mais regiões sem a preocupação com a taxa de reprodução e viabilização da vida de uma ou mais espécies alvo.

Essa pouca ou nenhuma preocupação com a manutenção da espécie se deve, entre outros aspectos, à variedade de espécies de pescados que são produtos de uma empresa pesqueira. Como em geral a indústria da pesca comercial não se atém a um só tipo de animal marinho pescado, caso uma desses tipos de animal sejam extintos, os outros garantirão uma margem de lucro suficiente para que a atividade continue sem nenhuma busca por equilíbrio do ecossistema.

Outro fator que corrobora com o crescente aumento de pesca predatória ao longo dos anos são os subsídios oferecidos por aqueles que deveriam se preocupar com a região, os Estados, que são incentivadores dessa indústria. Em números, os 271,6 bilhões de dólares de subsídios para a pesca (SUMAILA; TAI, 2020).

Nesse sentido, com o crescimento quase estritamente crescente da pesca ao longo dos anos, é possibilitado que impactos como a extinção de espécies, desbalanceamento de habitats por pesca acidental, eutrofização do meio ambiente causada por deposição de matéria orgânica e deposição de resíduos como plásticos de redes pesqueiras continuem aumentando

com o passar do tempo, devido à quase impunidade daqueles que realizam esses impactos desde a metade do século XX.

Deve-se perceber, por outro lado, que é impossível que a pesca seja completamente paralisada, porque esta emprega cerca de 60 milhões de indivíduos no mundo (FAO, 2020) e também representa uma atividade de caráter tradicional em diversas partes do mundo, sendo completamente inviável estabelecer a proibição da pesca em respeito à história das sociedades em que a pesca cultural está inserida.

Além do mais, a pesca corrobora com a segurança alimentar de boa parte do planeta terra, representando praticamente um quinto de todo o consumo de proteína animal do mundo, o que pode chegar a mais da metade da dieta em ilhas, que estão intrinsecamente ligadas à prática pesqueira por conta da restrição geográfica imposta por esse tipo de formação.

Portanto, percebe-se que a impossibilidade de uma parada da pesca deixa apenas uma opção para a tentativa de contenção dos impactos negativos aos ecossistemas: uma reestruturação completa dessa prática, considerando como ponto mais importante o respeito à resiliência das espécies.

Para contribuir com essa reestruturação, já existem modelos matemáticos que podem prever, com base em alguns fatores, como se dará a reprodução e o tempo para que, com a exploração atual, a espécie seja extinta, podendo ser utilizados com décadas de antecedência.

Pode-se levar em conta também que dos países que se utilizam da pesca industrial, 25 concentram mais de 90% de todo o peso do pescado mundial, sendo que apenas 3 países representam a extração de cerca de um terço de todo pescado do mundo (FAO, 2020). Dessa forma, pode ser interessante que esses países sejam estudados e cobrados com mais afinco, porque uma alteração neles certamente influirá em grande parte dos estoques de pescado do mundo.

4.2.2 Petróleo

O petróleo está entre as principais fontes de energia e de matéria prima mundial desde o século XIX, mesmo sendo finito e não sustentável, ou seja, agredindo o meio ambiente e

necessitando de uma busca cada vez maior para esse recurso, que passa a ditar o ritmo de muitas economias ao redor do globo, gerando disputas e conflitos geopolíticos.

Com isso, a extração do petróleo sai do meio terrestre e chega aos mares, levando para esse local possíveis falhas humanas e estruturais – tais quais a maré negra, que se dá quando pelo vazamento de petróleo em águas marinhas, podendo ocorrer a emulsificação desse composto, a partir de suas partículas em degradação, havendo assim a sua mistura com a água gerando uma danificação das comunidades locais e a possível morte de peixes por asfixia, bloqueios de passagem de luz onde impede a realização da atividade fotossintética pelos produtores e até mesmo intoxicação de aves. Isso coloca tanto o ecossistema do local em que ocorre o vazamento em risco, quanto às águas litorâneas que são atingidas, já que o petróleo não fica concentrado no ponto em que ocorre o vazamento, gerando assim uma dispersão, podendo afetar a economia de muitos locais (que dependem da pesca ou de uma possível atividade de turismo) e outros ecossistemas, passando a ser um problema socioambiental de grande porte. Porém, como visto hoje, os vazamentos ocorrem com menores frequências quando comparado com os dados da década de 70, mostrando um avanço tecnológico e uma consciência dos problemas que podem ser causados.

Conforme exposto, a exploração de petróleo é uma das mais importantes atividades industriais da sociedade moderna e seus derivados têm inúmeras aplicações em relação aos processos industriais. A água que é separada do petróleo é chamada água de produção de petróleo. A composição da água de produção de petróleo é injetada nos dutos de petróleo para aumentar a pressão com que o óleo sai do seu reservatório, e ao ser extraída, ela fica misturada com o petróleo retirado, e assim há um processo de separação desses compostos.

4.2.3 Mineração

A crescente demanda por componentes eletrônicos fez com que as atuais fabricantes procurassem outras maneiras de conseguir minérios como as terras raras, que são difíceis de se conseguir em grandes quantidades. A opção mais promissora é a mineração oceânica, a extensa área de exploração que desse bioma detém o potencial suficiente para atender a carência dessa indústria em ascensão por esses recursos escassos em solo.

Regiões oceânicas próximas de potências como EUA e China, do chamado círculo de fogo do pacífico e da Dorsal do Atlântico, são as zonas oceânicas que mais atraem investidores do ramo. São grandes fontes de minerais e, principalmente, se localizam próximas aos polos das indústrias de eletrônicos.

A mineração oceânica ainda é um tema que não possibilita abordá-la com tantas projeções de estudos sobre como esse método de extração se encontrará num momento futuro, como será praticado e como afetará o meio ambiente marinho. Isso porque a tecnologia que atuará nesse tipo de extração ainda se encontra em desenvolvimento e análise, assim como os métodos também.

A maior preocupação dos órgãos ambientais com o desenvolvimento dessa atividade é a morte de organismos e microrganismos que vivem nas regiões onde se terá a atividade de exploração. Isso porque o ato de revolver a terra levanta partículas orgânicas e minerais que estimulam a proliferação de algas que secretam toxinas. Outro problema é a turbidez da água, que inibe a entrada de luz e consequentemente bloqueia a fotossíntese das algas clorofiladas, diminuindo as concentrações de oxigênio no ambiente e impossibilitando condições propícias para a vida marinha.

Dessa forma, a exploração marinha de minerais sem dúvida será um dos principais temas das próximas décadas. Instituições ambientais devem acompanhar o crescimento dessa atividade para que seja desenvolvida de maneira a visar métodos não danosos ao ambiente marinho, seja por políticas de preservação ambiental ou por meio de tecnologias de exploração que tornem a atividade sustentável.

4.2.4 Aquicultura

A aquicultura é uma atividade que cada vez mais vem crescendo ao longo dos anos na produção de proteínas marinhas, chegando a produzir em porcentagem de pescado, mais que a pesca nos últimos anos (até 2018), tendo chegado a 52% da produção para consumo de peixe de todo o globo (FAO, 2020).

O grande problema que é constatado nos cultivos aquicultores é o grande desperdício de ração, seja em cultivo de camarão, outros crustáceos ou de peixes, como a ração não é

totalmente utilizada pelos animais, ela deve ser depositada em algum lugar, no caso da maricultura é no próprio oceano.

Dessa forma, como a ração não é nada mais que matéria orgânica, a deposição de uma grande quantidade dela no ambiente aquático desencadeia o fenômeno da eutrofização, que é caracterizado pela baixíssima quantidade de oxigênio dissolvido, inclusive pela ausência de uma taxa fotossintética substancial, que ocasiona a morte de diversas espécies.

Para fins de precisão, em cultivos de camarão, o desperdício de ração pode ser superior a 20%, e para o cultivo de peixes, visando atingir a produção de uma tonelada desses animais, é necessário o dobro, ou seja, duas toneladas de ração.

Entretanto, esses problemas podem ser resolvidos através de mais estudo e desenvolvimento de técnicas melhores para a ração nos cultivos, dessa forma a aquicultura pode ser considerada uma excelente opção para a produção de proteína marinha de forma sustentável.

4.3 Definição do problema: objetivo, meta, requisitos e restrições

4.3.1 O problema

O problema relacionado à extração de recursos oceânicos considerado mais problemático e relevante para discussão e análise que será tratado neste trabalho é a sobrepesca, essa que se caracteriza como a exploração de animais marinhos em excesso, superando a capacidade do ecossistema local de se equilibrar. Por consequência, a taxa de reprodução desses indivíduos não é capaz de acompanhar a taxa de retirada por pesca deles. Dessa forma, o saldo desses animais no ambiente é negativo, o que em um grande período de tempo pode levar à extinção de espécies e problemas socioambientais.

Logo, serão discutidas soluções em relação à atividade pesqueira industrial como forma de contribuir para o aumento da taxa de extinção em massa de relevantes espécies marinhas. O impacto devido tal prática afeta similarmente a maioria dos ambientes aquáticos ao redor do globo, apesar de pequenas diferenças locais (JACKSON *et al*., 2001), e também, acaba formando um desequilíbrio ecológico nas suas cadeias alimentares, por isso, é de

extrema importância a mobilização de todos para a luta contra a destruição dos ambientes marinhos, que em abundância trazem enormes benefícios para o planeta e para o ser humano, como a mitigação do aquecimento global, visto que, um ambiente marinho mais diverso, saudável e resiliente implica na maior captura de carbono da atmosfera (SUMAILA; TAI, 2020).

Assim sendo, o resultado desses eventos pode ser catastrófico, a pesca da forma que existe hoje - em excesso e sem responsabilidade ambiental - não será viável em um futuro próximo, o que causará impacto negativo vultoso na economia e na vida humana, visto que parcelas da sociedade dependem dos recursos marinhos para sua segurança alimentar, e um problema como a fome, que vinha se diluindo em alguns países, pode voltar a assombrar nações.

Dessa forma, é necessário que se proponha uma solução urgentemente, para que assim os impactos expressivos que se tornaram um problema inseparável da prática pesqueira iniciem e demonstrem recuperação do estado atual, oferecendo um novo horizonte, sustentável, àqueles que dependem dos oceanos direta e indiretamente.

4.3.2 Objetivos

Por conseguinte, para enfrentar o problema proposto, a solução a ser descrita buscará aspectos fundamentais para a mitigação do mesmo. Entre eles, está a manter uma taxa de reprodução das espécies marinhas maior que a taxa de captura, de forma que respeite o meio ambiente e também que seja atrativo economicamente. A fim de evitar uma catástrofe alimentar, deve-se focar em manter a taxa de variação das populações marinhas o mais perto possível da neutralidade. Então, busca-se tornar a pesca uma exploração sustentável ou, se necessário, substituí-la por uma forma de exploração que gere menos impactos ao ecossistema marinho.

4.3.3 Meta

Considerando a escala desse problema, uma ação imediata torna-se necessária. Dessa forma, busca-se reduzir em 20% os produtos provenientes da sobrepesca em um intervalo de 10 anos, pois trata-se da década do oceano (2021-2030), segundo a ONU. Essa projeção baseia-se no fato de que a aquicultura já está em processo de crescimento e de substituição da

sobrepesca, logo, a partir das soluções a serem apresentadas e com maiores esforços de diversas instituições e países, essa substituição poderá ser maior do que a que ocorre atualmente.

4.3.4 Requisitos

É necessário, antes de ser executada a etapa de proposição, escolha e desenvolvimento das soluções, que sejam definidas algumas características básicas que as propostas devem conter, com a finalidade de uniformizar os projetos para atingir o objetivo desejado.

Faz-se necessário que o desenvolvimento e implementação das soluções propostas sejam feitas no período da Década dos Oceanos da ONU. Assim, será possível cumprir com um prazo no qual a reversão da situação atual seja viável. É preciso que o plano apresentado viabilize um retorno econômico para a região em que for aplicado, o que inclui a qualificação técnica-educacional e inserção da população local na atividade proposta.

Além disso, o projeto apresentado não pode ferir legislações legais existentes e nem fazer uma troca de problema, ou seja, não pode solucionar o impacto negativo apresentado gerando impactos negativos em outras regiões, ecossistemas ou indivíduos.

4.3.5 Restrições

Após definir aquilo que o projeto de solução deve conter, é necessário que sejam definidas restrições a ele, isto é, fatores os quais não devem aparecer em nenhuma hipótese no desenvolvimento.

É imprescindível que a nova solução não cause mais danos diretos ou indiretos que o problema atual, assim como também não deve ser economicamente ou tecnologicamente inviável, o que significa que a solução não deve necessitar de recursos financeiros intangíveis, e deve ser estritamente baseada em tecnologias já existentes ou em desenvolvimento até a implementação do projeto.

Tabela 24 - Requisitos e Restrições

Requisitos	Restrições
Conclusão, no máximo, em 10 anos	**Economicamente viável e acessível**
Gerar retorno econômico regional	**Tecnologicamente viável**
Capacitar tecnicamente a população (se aplicável)	**Não causar mais danos do que o problema atual já o faz**
Impacto apenas local	**Não ferir legislações ambientais vigentes**

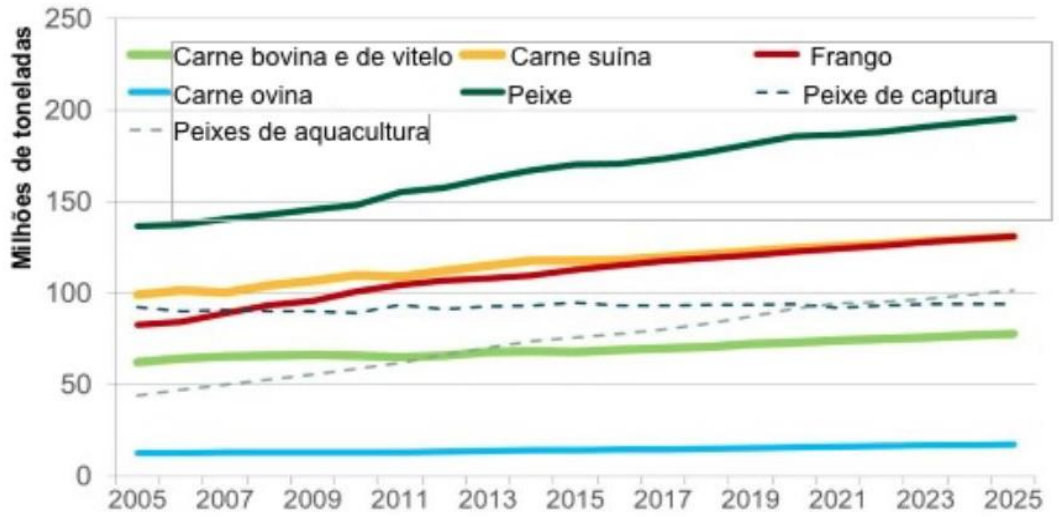
FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

4.4 Proposição de alternativas

Com base nos elementos abordados nos tópicos anteriores, serão apresentadas algumas alternativas as quais poderiam ser desenvolvidas a fim de mitigar os impactos provocados pela sobrepesca ao oceano.

1. **Incentivar o consumo de outros tipos de proteína, evitando o grande e desnecessário descarte de peixes que a pesca industrial gera.**

Figura 111 - Peixe se Destaca no Consumo de Proteína Global



FONTE: BEEFPOINT, 2016.

Programas de incentivo governamentais, utilizando campanhas educativas com intuito de que as famílias substituam a proteína de origem marinha em sua dieta por proteínas de outras fontes, inclusive vegetais. Há a necessidade de analisar também os danos causados por outras fontes para não haver uma substituição de problema.

2. O fomento da atividade aquícola familiar e comercial.

Figura 112 - Tanques de Aquicultura Familiar



FONTE: PANORAMADAAQUICULTURA, 2010.

A atividade aquícola é a ciência que desenvolve tecnologias de reprodução e cultivo de espécies marinhas, utilizando tanques e áreas delimitadas em regiões litorâneas, podendo substituir a sobrepesca pela aquicultura. Dessa forma, ocorrendo a criação de empreendimentos em aquicultura que foquem em contratar funcionários da indústria da sobrepesca, essa alternativa se ressalta como uma bastante atrativa por dois principais motivos: sua capacidade de gerar empregos e sua natureza produtiva.

Assim como ocorre com a agricultura familiar/de subsistência, a aquicultura familiar, desde que executada com as técnicas corretas, causa menos danos que a pesca predatória. Para isso, faz-se necessário que existam programas de treinamentos que atendam as famílias que desejam e/ou necessitam dessa atividade. No que tange à área comercial, é necessário que as empresas também entrem nesse ramo para aumentar a escala da produção aquícola e abastecer a necessidade global.

3. **Distribuição estratégica dos barcos pesqueiros evitando pesca concentrada.**

Figura 113 - Concentração Mensal Global de Pesqueiros



FONTE: GLOBALFISHINGWATCH, 2021.

Com a distribuição estratégica, não haveria a superexploração focal que reduzisse a quantidade de peixes num local a um ponto irreversível em que a biodiversidade não consegue mais reerguer. Para a distribuição, deveriam ser analisados os níveis populacionais locais e quão maduro está aquele ecossistema.

4. **Melhora nos métodos de manejo da carga pescada com o intuito de evitar apodrecimento ou perda.**

Com a redução das perdas proveniente de um transporte e de armazenamentos inadequados e/ou impróprios, haveria uma redução da procura pela sobrepesca, já que haverá mais pescados disponíveis para consumo.

5. **Fomentar a piscicultura continental, substituindo em partes o consumo de peixes de água salgada para peixes de água doce.**

Figura 114 - Exemplo de Tanques de Piscicultura Continental



FONTE: REVISTAGLOBORURAL, 2011.

Ao utilizar a piscicultura, é possível realizar o cultivo de peixes num ambiente controlado e que, desde que corretamente executado, causará menos danos ao meio ambiente.

6. **Utilização de redes sem componentes plásticos para evitar agressão indireta à fauna.**

Figura 115 - Separação dos Animais (Esquerda) e Plásticos (Direita) de uma Amostra de 358m3 de água



FONTE: NATIONALGEOGRAPHIC, 2019.

Ao retirar da pesca predatória componentes plásticos como redes, pode-se reduzir problemas secundários causados por essa atividade, dentre eles a poluição causada por plásticos e microplásticos, a ingestão e/ou asfixia por parte da fauna marinha e a bioacumulação desses materiais.

7. **Localizar áreas do oceano, para realizar a pesca comercial, em que não haja peixes ameaçados de extinção.**

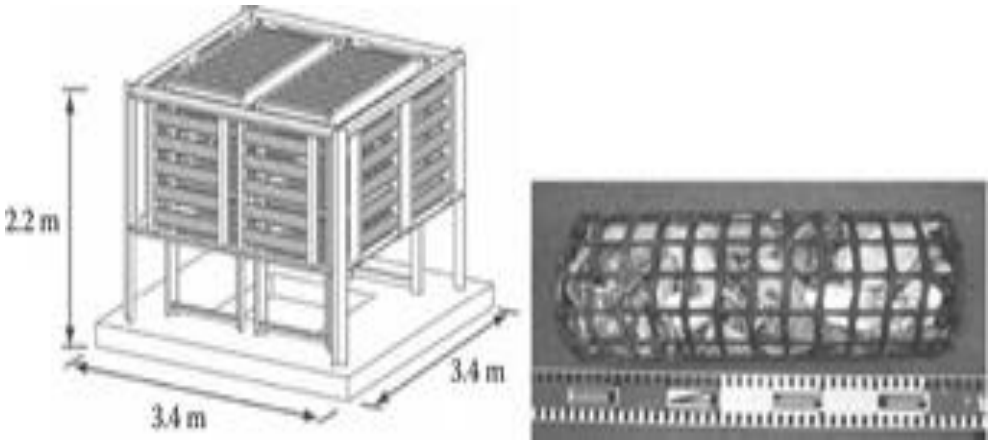
A fim de balancear a pesca predatória, estudos deveriam ser realizados de forma contínua para proibir a pesca em regiões com espécies ameaçadas e quase ameaçadas de extinção até que ocorresse o reequilíbrio populacional.

8. **Limitar através de rastreamento espécies as quais são permitidas a sobrepesca.**

As espécies que são estão ameaçadas de extinção ou que estão numa tendência para tal caminho, não deveriam ser autorizadas para pesca comercial até que houvesse um reequilíbrio dessas espécies.

9. **Criação de corais artificiais para estimular o crescimento natural das espécies na região.**

Figura 116 - Exemplos de Corais Artificiais Usados na Europa

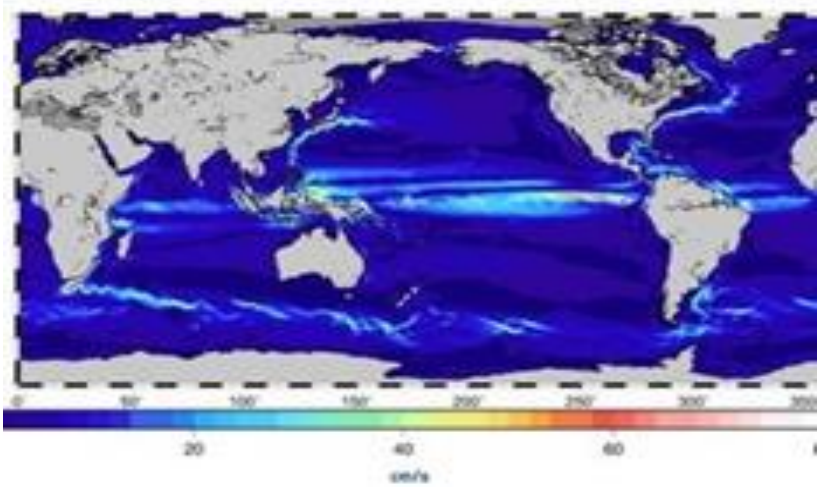


FONTE: BORTONE *et al*., 2011.

Para auxiliar o reequilíbrio da biodiversidade marinha, corais artificiais devem ser instalados nos locais que forem observados a necessidade. Desta forma, a reprodução de peixes é influenciada, viabilizando a retirada deles por meio da pesca.

10. **Estudar através de satélites a oceanografia da região, evitando que possíveis correntes possam levar rejeitos de atividades pesqueiras.**

Figura 117 - Imagem de Satélite que pode ser sobreposta aos Locais de Atividade Pesqueira



FONTE: PRESSE, 2014.

Rejeitos e produtos das atividades de pesca ameaçam a vida marinha. Desta forma, deve-se haver um cuidado sobre as correntes marítimas que atuam nesses locais a fim de avaliar quais áreas podem sofrer danos em decorrência daquela atividade.

11. **Combater causas de doenças em populações marinhas oriundas da pesca.**

Assim como a biodiversidade terrestre, o ecossistema marinho se equilibra numa fina teia ecológica. Dessa forma, as atividades exploratórias humanas, tendem a desequilibrar o sistema, causando o surgimento de doenças que afetam as populações marinhas. Por conta disso, deve haver uma análise constante, de modo a para combater possíveis doenças que afetam as populações marinhas.

12. **Reforçar duramente a investigação dos barcos de pesca durante a atividade pesqueira.**

Figura 118 - Embarcações Asiáticas Pescando Excessivamente na Costa Sul Americana



FONTE: ARMADAARGENTINA, 2021.

Apesar de existir uma extensa e elogiada legislação ambiental, ela é pouco efetiva devido a falta de fiscalização, investigação e provas. Assim, através de sistemas de monitoramento, é possível executar um controle mais rígido e dessa forma coibir os crimes de sobrepesca, evitando possíveis fraudes ambientais.

13. **Criação de taxas para sobrepesca e devidas sanções, bem como limite de carga.**

A criação de taxas para sobrepesca visa desestimular essa prática danosa à vida marinha. Desta forma, deverá ser criado um limite de pescado por barco e se for ultrapassado, taxas deverão incidir para o kg acima deste limite. Além disso, a taxa deverá ter um aumento progressivo por faixa. Ex: 10% acima é proporcionalmente 20% acima. É necessário também estabelecer um teto em que a apreensão do barco será realizada.

14. **Criação de programas de educação sobre preservação de espécies marinhas.**

Programas educacionais devem ser criados a fim de mostrar para população a importância que a vida marinha tem para o ecossistema global e para nossas vidas além do alimento. Dessa forma, espera-se maior consciência da população em relação aos cuidados necessários.

15. **Transportar amostras de espécies de grande risco para outros ambientes.**

Espécies que estivessem em um limite crítico para extinção deverão ser realocadas para outros ambientes protegidos, desde que ele ofereça as condições necessárias para a sobrevivência dessa espécie e que esta não desequilibre o novo local. Caso seja necessário, ambientes artificiais também podem ser construídos.

16. **Implementação de subsídios para migração de captura para cultivo de animais marinhos.**

Através dos subsídios, ocorrerá um incentivo para pesca artificial e que se tornará mais barata e um desestímulo para pesca tradicional comercial que sofrerá concorrência com esse novo "fornecedor". Assim, espera-se uma redução nessa atividade e migração da pesca oceânica para o cultivo.

17. **Viabilizar o cultivo de peixes exóticos e ameaçados de extinção.**

A proibição da pesca e comércio desses peixes torna esse processo ilegal caro, de modo que o valor elevado faz com que colecionadores ainda demandem pela pesca desses animais. Com a liberação do cultivo desses peixes, visa-se manter as espécies e evitar a pesca predatória deles.

18. **Fomento de tratados internacionais entre as grandes nações pesqueiras.**

Países se comprometeriam a reduzir, senão extinguir, as problemáticas que a sobrepesca carrega. O problema da sobrepesca é um com causas e consequências internacionais, tendo isso em vista, é essencial que haja uma cooperação global entre países para a luta contra essa atividade destrutiva. Um tratado internacional como o Acordo de Paris sobre o clima seria um passo importante nessa luta.

19. **Implementação de uma proteína artificial de peixe.**

Utilização de variantes vegetais para reproduzir uma carne de peixe, como soja ou alga. Essa alternativa é pensada com base no sucesso que carnes vegetais obtiveram recentemente, sendo um possível fator para a redução da demanda por peixes.

20. **Implementação do turismo ecológico como uma atividade econômica.**

Ensinar a estimular o turismo ecológico por meio da cultura. É uma solução para conscientização da população acerca dos impactos ambientais nos oceanos. Ao invés da economia girar em torno da pesca ela estará relacionada a visitas, conhecimento da população acerca das espécies daquela área e seus habitats.

21. **Campanhas de incentivo ao veganismo.**

Incentivar a adoção do veganismo ou vegetarianismo por parte da população. Esse tipo de dieta reduziria a demanda por peixes e, consequentemente, diminuiria a demanda por pesca. Dessa forma, os impactos negativos da sobrepesca também seriam diminuídos, devido ao veganismo visar a preservação do ecossistema mundial.

22. **Barreiras econômicas com as nações, as quais praticam pesca insustentável.**

Estabelecer-se-ia restrições econômicas sobre pescados oriundos de países os quais praticam a sobrepesca, por meio de tratados que desfavoreçam estes. Dessa forma, haveria um forte estímulo contra esse tipo de atividade.

4.5 Critérios de avaliação de solução

Para a avaliação das alternativas de solução, foram desenvolvidos oito diferentes critérios, cada um visando ponderar um aspecto diferente das características de cada proposição. A cada critério foi atribuído um peso para a avaliação geral (como será explicado em maior detalhe posteriormente), distribuído da seguinte forma:

- Segurança Alimentar: Peso 8
- Impactos Ambientais: Peso 7
- Viabilidade Econômica: Peso 5
- Resiliência a Diferentes Cenários Econômicos: Peso 5
- Tempo de Implementação: Peso 4

- Viabilidade Tecnológica: Peso 4
- Geração de Empregos: Peso 2
- Conscientização: Peso 1

Além disso, cada critério de avaliação tem uma nota de 1 a 5, sendo esses números uma representação qualitativa, na qual 1 representa um ponto muito negativo, 3 representa um ponto neutro e 5 representa um ponto muito positivo.

4.5.1 Descrição dos Critérios

Viabilidade Econômica (VE)

As soluções devem evitar serem custosas, pois como a pesca já é uma atividade que gera poucos custos e muito retorno, para ela ser substituída efetivamente, deve-se encontrar uma solução pela qual o custo inicial de implementação não seja significativamente maior que o da atividade pesqueira. Dessa forma, esse critério busca encontrar uma solução cabível para ser implementada facilmente em termos financeiros, independentemente de quanto dinheiro possui o interessado em financiar a atividade, podendo, assim, estimular a atuação da solução proposta para diversos perfis econômicos.

Figura 119 - Análise econômica



FONTE: REIS, 2020.

Escala: varia de 1 a 5. 1 representa uma medida cuja implementação tem altos custos atrelados para ser efetivada, comprometendo, assim, a aplicação da solução por países ou empresários com pouca verba inicial. Quanto ao 5, representa uma medida com baixos custos de implementação, facilitando, assim, sua implementação em diversos países ou cenários econômicos.

Geração de Empregos (GE)

A indústria da pesca é responsável pela criação de diversos empregos por todo o mundo, sendo, muitas vezes, a principal atividade econômica de uma região. Consequentemente, é importante que as soluções apresentadas sejam capazes de gerar empregos para substituir aqueles perdidos com o combate à pesca insustentável, sem que seja necessário um grande retreinamento da força de trabalho, a fim de garantir o bem-estar ambiental sem sacrificar o bem-estar econômico e social.

Figura 120 - Carteira de trabalho sendo assinada



FONTE: CIDADE DE EMBU DAS ARTES, 2021.

Escala: varia de 1 a 5. 1 representa que a solução remove quase que totalmente os empregos dos ex-pescadores sem oferecer nada em troca. Quanto ao 5, ele representaria uma solução que além de substituir o emprego dos pescadores, necessita de uma mão de obra mais extensa que a da própria pesca, havendo um impacto positivo para diminuir o desemprego da região, ou até atrair estrangeiros para trabalhar no local, gerando mais atividade econômica local. Dessa forma, esse critério busca filtrar soluções que trazem mais empregos onde tal solução é adotada.

Conscientização (C)

Por vezes, a falta de consciência a respeito dos impactos negativos que uma atividade gera é o perpetuador dessa atividade e de todos os seus ônus. Para tanto, busca-se por meio deste critério avaliar em que medida as soluções propostas são capazes de conscientizar e desenvolver uma visão crítica, tanto no consumidor final quanto nos integrantes da indústria da pesca e do extrativismo marinho, com relação aos malefícios gerados até o momento pelos hábitos populares e nocivos, e aos que potencialmente aparecerão caso nada seja feito.

Escala: varia de 1 a 5, sendo 1 correspondente a nenhuma conscientização e 5 correspondentes à geração de conscientização ao ponto de, de fato, mudar hábitos e práticas nocivas profundamente arraigadas na indústria da extração marítima e nos consumidores finais.

Tempo de Implementação (TI)

A implementação de uma solução deve atender a um prazo de forma que seja possível atingir os objetivos previamente estabelecidos no tempo limite estipulado (fim da década do oceano). O tempo de implementação também serve de parâmetro para analisar a praticidade de determinada solução em quesitos não econômicos, uma vez que simboliza o tempo de trabalho necessário para a sua realização. Uma solução com um baixo tempo de implementação, pode simbolizar uma maior praticidade e assim uma maior probabilidade de atingir as metas e objetivos.

Escala: varia de 1 a 5, sendo 5 o equivalente a uma implantação de um prazo relativamente curto (dias) comparado a 10 anos, e 1 sendo um tempo que comprometeria a década (4+ anos).

Resiliência a Diferentes Cenários Econômicos (RDCE)

Para que uma solução seja funcional e estável à longo prazo, é imperativo que esta seja capaz de operar de maneira relativamente autônoma, isto é, não dependa de verbas estatais ou de alguma outra entidade para funcionar. Por mais que apoios como subsídios sejam bem-vindos como uma maneira de impulsionar a atividade, é indispensável que a solução seja capaz de gerar lucro em condições economicamente normais.

Escala: varia de 1 a 5. 1 representaria uma solução que não é autônoma por si só, e depende de constantes injeções monetárias para se manter operando, podendo fazer com que empresários não invistam na solução. Quanto ao 5, representaria uma atividade econômica que teria autonomia econômica total, incentivando o uso da solução para gerar dinheiro, atraindo, assim, mais investidores, aumentando ainda mais a escala com que a solução é aplicada.

Impactos Ambientais (IA)

Por este documento se tratar de um projeto que tem como objetivo final analisar e propor soluções a atividades problemáticas que geram impactos ambientais negativos nos oceanos, faz-se necessário que as soluções sejam exemplares tanto no quesito combate a impactos ambientais de outras atividades quanto no quesito sustentabilidade de seus métodos. Para tanto, a solução será avaliada pelo critério generalista “Impactos Ambientais”, avaliando-se, principalmente, se ela é capaz de concretizar as seguintes ações, e em que medida ela o faz.

1. Não gerar novas problemáticas ambientais e manter a taxa de reprodução das espécies sempre maior ou igual que a taxa de extração;

2. Incentivar a diversidade de espécies extraídas, de maneira que se mantenha o equilíbrio ambiental;

3. Preservar a biodiversidade dos seres vivos que de alguma maneira se relacionam ao ambiente marítimo, de tal forma que espécies ameaçadas de extinção sejam preservadas.

Figura 121 - Redes de pesca abandonadas sendo retiradas



FONTE: ROSA, 2018.

Escala: varia de 1 a 5. Uma solução que gere impactos ambientais a ponto de torná-la insustentável a longo prazo receberá 1. Caso seus impactos sejam passíveis de serem compensados por outras atividades, ela receberá 3. Por último, para uma solução cuja pegada ecológica seja nula ou negativa — ou seja, que ajude ativamente na restauração de áreas ou nichos degradados —, será atribuída nota 5.

Viabilidade Tecnológica (VT)

As soluções devem ser baseadas no uso de tecnologias já existentes e devem ser viáveis no contexto tecnológico atual. Dessa forma, busca-se utilizar, sempre que possível, tecnologias bem fundamentadas, pois elas já são consideradas viáveis para serem usadas efetivamente nas soluções.

Esse critério tem por objetivo evitar que soluções tecnológicas inovadoras e não testadas adentrem na solução final, pois além de colocar uma incerteza na viabilidade da existência da solução, irá requerer investimentos pesados e tempo para que a tecnologia seja completamente estudada, criada e implementada.

Escala: varia de 1 a 5. 1 representa uma tecnologia não existente, ou seja, não foi inventada ainda, e existe apenas na fase conceitual, dessa forma não há como provar sua eficácia e seus custos de desenvolvimento. Quanto ao 5, representa uma tecnologia existente e que já é bem fundamentada, ou seja, a tecnologia provou-se como aplicável na situação e já é utilizada em diversos casos, podendo, assim, ter provas de sua eficácia e conhecimento sobre seus custos atrelados.

Segurança Alimentar (SA)

A sobrepesca, por ameaçar acabar com estoques de peixes ao redor do mundo, pode acabar com a segurança alimentar de pessoas que dependem fortemente dessa atividade. Dessa forma, esse critério busca filtrar uma solução que propõe assegurar ao máximo a fonte alimentar, com o intuito de torná-la o mais farta e renovável possível, podendo, assim, restaurar a segurança alimentar que é ameaçada pela atividade da sobrepesca. Portanto, encontra-se uma solução que é a mais efetiva em garantir que não ocorra uma catástrofe alimentar.

Figura 122 - Crianças comendo peixe



FONTE: TOPPE *et al*., 2017.

Escala: varia de 1 a 5. 1 representa uma medida que não resolve o problema da segurança alimentar frente ao problema da sobrepesca. Quanto ao 5, representa uma medida que resolve completamente o problema da segurança alimentar frente à ameaça da sobrepesca, eliminando a ameaça à Segurança alimentar mundial que a sobrepesca criou.

4.5.2 Determinação dos Pesos dos Critérios

Com os critérios de avaliação (e suas respectivas escalas) bem definidos, faz-se necessário ponderar a importância que cada um destes terá no momento de escolha da melhor solução para a resolução do problema proposto, preferencialmente com o menor grau de subjetividade possível.

Para isso, foi criada uma matriz de avaliação (Tabela 25), que compara cada critério individualmente com todos os outros, determinando qual deles é mais importante para o escopo geral do projeto. Na Tabela 25, “1” representa uma relevância maior do critério da linha, enquanto “0” representa uma maior magnitude do critério da coluna. Após a análise de todas as comparações, as pontuações dentro de cada linha foram somadas, obtendo-se assim um conjunto de notas finais que representa os pesos que os critérios terão na matriz de decisão que será mostrada mais adiante.

Tabela 25 - Peso dos critérios de avaliação

	VE	GE	C	TI	RDCE	IA	VT	SA	Peso
Viabilidade econômica	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**	**5**
Geração de empregos	**0**	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**2**
Conscientização	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**
Tempo de implementação	**0**	**1**	**1**	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**4**
Resiliência a diferentes cenários econômicos	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	**0**	**1**	**0**	**5**
Impactos ambientais	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**0**	**7**
Viabilidade tecnológica	**1**	**1**	**1**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**4**
Segurança alimentar	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**8**

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

4.6 Avaliação das alternativas de solução

4.6.1 Reorganização das Alternativas de Solução

Após uma análise mais detalhada das alternativas de solução propostas na Fase 1, foi julgado adequada a junção de algumas soluções, formando uma solução mais geral que englobasse todas as que foram combinadas.

Para a combinação de alternativas, considerou-se a semelhança e facilidade de integração entre elas. A decisão de unir certas alternativas se deu, em parte, pelo objetivo de chegar em uma solução final mais geral e abrangente possível.

Campanhas Educacionais Sobre o Consumo de Peixes

Desenvolvimento de campanhas publicitárias e educacionais, sejam elas financiadas por órgãos governamentais ou instituições privadas, que incentivem a substituição, seja ela parcial ou total, da carne de peixe na alimentação das pessoas por outras fontes de nutrientes.

O consumo de proteínas artificiais (feita à base de produtos de origem vegetal) e de carnes oriundas de outros animais, bem como a adoção de diferentes regimes alimentares com menor presença de proteínas animais, como o semivegetarianismo, seriam algumas das possibilidades apresentadas nessas campanhas (considerando as limitações de cada uma dessas alternativas). Aglutinação das alternativas de solução **1**, **19** e **21**.

Aquicultura

Essa solução engloba mecanismos de criação artificial de peixes a fim de reduzir a sobrepesca. A partir de métodos de piscicultura e aquacultura serão fornecidos os peixes para atender a demanda do mercado sem que ocorra grandes impactos no oceano. Além disso, através dessa solução deve-se garantir a criação de espécies ameaçadas de extinção para preservar, assim, a biodiversidade. Aglutinação das alternativas de solução **2**, **5** e **17**.

Distribuição Geográfica da Atividade Pesqueira

Distribuir a atividade pesqueira de forma a obter uma exploração mais dispersa pelos oceanos, com o intuito de evitar uma concentração alta de barcos na região explorada, evitando, assim, uma pesca predatória nas regiões já degradadas, com o intuito de preservá-las. Além disso, mapear regiões com espécies ameaçadas de extinção e limitar a pesca destas, para evitar a perda total da espécie. Aglutinação das alternativas de solução **3**, **7** e **8**.

Melhora nos Métodos de Manejo da Carga Pescada com o Intuito de Evitar Apodrecimento ou Perda

Implementação em maior escala de soluções de transporte mais eficientes, a fim de mitigar as perdas que ocorrem durante o transporte (principalmente por conta de apodrecimento). Com a redução das perdas proveniente de um transporte e armazenamentos inadequados e/ou impróprios, haveria uma redução da procura pela sobrepesca já que haverá mais pescados disponíveis para consumo.

Substituição de Materiais Pesqueiros

Substituição dos instrumentos feitos de materiais plásticos, atualmente utilizados pela atividade pesqueira, por outros instrumentos feitos de materiais biodegradáveis. Aliado a essa substituição, o descarte correto dos resíduos da pesca, como as redes, por exemplo, deve impedir que eles se tornem poluentes do ambiente marinho. Com relação aos resíduos que já se encontram nos oceanos, a implementação dos estudos de correntes marinhas deve fornecer dados para que seja avaliado quais locais podem sofrer com os rejeitos dessa atividade. Aglutinação das alternativas de solução **6** e **10**.

Corais Artificiais

Para auxiliar o reequilíbrio da biodiversidade marinha, corais artificiais devem ser instalados nos locais que forem observados a necessidade. Desta forma, é viabilizada a criação de um ecossistema local, onde a reprodução de peixes é influenciada, viabilizando a retirada deles por meio da pesca.

Controle e Combate à Doenças Marinhas

Assim como a biodiversidade terrestre, o ecossistema marinho se equilibra numa fina teia ecológica, dessa forma, as atividades exploratórias humanas, tendem a desequilibrar o sistema, causando o surgimento de doenças que afetam as populações marinhas. Por conta disso, deve haver uma análise constante, de modo a para combater possíveis doenças que afetam as populações marinhas.

Redução dos Subsídios e Incentivos à Sobrepesca

Arquitetar uma rede de soluções que ataquem o problema da sobrepesca por um âmbito político-econômico, seja por meio de pressões políticas internacionais em organizações como a ONU, ou por meios mais diretos como impostos ou cortes de subsídios, já que estes são grandes facilitadores dessa atividade danosa. Vale ressaltar a necessidade de destaque a pressões internacionais em países que atualmente negam o combate à sobrepesca, como a China (que é responsável pela maior parte dos subsídios danosos à pesca do mundo). Aglutinação das soluções **12**, **13**, **18** e **22**.

Campanhas Educacionais Sobre Preservação das Espécies Marinhas

Programas educacionais devem ser criados a fim de mostrar para população a importância que a vida marinha tem para o ecossistema global e para nossas vidas além do alimento. Dessa forma, espera-se maior consciência da população em relação aos cuidados necessários

Áreas de Conservação e Relocação

Criação de zonas protegidas em várias regiões, em que atividades econômicas sejam banidas ou reduzidas às práticas tradicionais. Espécies que estivessem em um limite crítico para extinção deverão ser realocadas para esses ambientes protegidos, desde que o mesmo ofereça as condições necessárias para a sobrevivência da mesma e que a mesma não desequilibre o novo local. Caso seja necessário, ambientes artificiais também podem ser construídos.

Implementação do Turismo Ecológico como uma Atividade Econômica

Ensinar por meio da cultura a estimular o turismo ecológico. Solução para conscientização da população acerca dos impactos ambientais nos oceanos. Ao invés da economia girar em torno da pesca ela estará relacionada a visitas, conhecimento da população acerca das espécies daquela área e seus habitats.

4.6.2 Análise das notas

Campanhas Educacionais Sobre o Consumo de Peixes

Essa solução tem, naturalmente, um enfoque quase que exclusivo na questão da conscientização, consequentemente obtendo a nota máxima no critério que abordava esse aspecto (C), mas por ser uma proposição que não requer grandes esforços econômicos, políticos ou tecnológicos, também obteve uma boa nota nos critérios RDCE, VE (nota 4) e VT (nota 5). Além disso, também obteve uma boa nota em IA (nota 4) por auxiliar a incentivar boas práticas a longo prazo.

No entanto, mesmo que programas educacionais sejam relativamente simples e fáceis de serem implementados, pela natureza de serem educacionais, seus impactos verdadeiros demoram para se concretizar, assim garantindo uma nota ruim (nota 2) em TI.

Aquicultura

Essa solução apresentou nota máxima ou nota 4 em quase todos os critérios. Isso se deu pelo fato de que é uma proposição que já existe e têm se demonstrado como uma atividade economicamente viável ao longo das últimas décadas (VE), sendo um modelo de negócios capaz de se sustentar independente do cenário global (RDCE).

A solução é capaz de conciliar quase todos os critérios ao gerar empregos (GE), utilizar de tecnologias já existentes (VT), garantir um fluxo estável de alimentos (SA), têm baixos impactos ambientais quando comparados à pesca (IA).

O único ponto que a solução deixou a desejar foi em C, com nota 3. Isso se dá pelo fato de a solução ser caracterizada fundamentalmente como uma atividade econômica, sendo, dessa forma, uma solução pouco voltada a esse aspecto conscientizador. No entanto, a

conscientização pode ser explorada pelos produtores como uma forma de *marketing*, já que a venda de produtos da aquicultura como algo sustentável pode ser considerado uma forma de conscientização.

Distribuição Geográfica da Atividade Pesqueira

Essa alternativa se caracterizou, de maneira geral, como uma forma de tornar mais eficiente a pesca global. Consequentemente, ela foi bem avaliada pela maioria dos critérios. Apresentou nota 5 em GE por, além de manter os empregos da pesca, adicionar empregos na forma dos profissionais responsáveis por essa organização e 5 em VT e VE por não necessitar grandes investimentos ou tecnologias avançadas.

Teve uma má avaliação em C (nota 2) por não apresentar grandes aspectos capazes de elucidar a população acerca do tema e nota 3 em RDCE e IA por ser bastante sujeito aos desejos do governo vigente e alterar de maneira muito enxuta a dinâmica de pesca global, respectivamente.

Melhora nos Métodos de Manejo da Carga Pescada com o Intuito de Evitar Apodrecimento ou Perda

A alternativa recebeu nota 5 em VT e IA por se basear em tecnologias já existentes que reduzem consideravelmente o desperdício da pesca, permitindo uma menor necessidade de extração dos oceanos. Em relação a VE e RDCE, a alternativa foi bem avaliada ao utilizar atividades econômicas que já se demonstraram rentáveis, mas não recebeu nota máxima por requerer um investimento que pode ser muito grande para regiões mais pobres.

Recebeu nota 2 em C pelo mesmo motivo que a aquicultura, mas como não têm o aspecto do marketing para ser explorado, recebeu uma nota menor.

Substituição de Materiais Pesqueiros

De maneira geral, a solução apresentou notas baixas, principalmente pela pequena magnitude de seus impactos positivos. Obteve nota 4 em alguns critérios pelo fato de ser uma solução simples e relativamente barata, mas por conta de seu baixo impacto geral na solução do problema da sobrepesca, acabou recebendo uma má avaliação geral.

Corais Artificiais

A alternativa apresentou alguns pontos fortes, mais notavelmente em VE, TI, RDCE, IA e VT. Isso se deu pelo fato de que a solução requer poucos recursos para implementação e se utiliza de materiais simples como carros ou barcos retirados de lixões ou ferros-velhos.

Por outro lado, pelos mesmos motivos anteriores, a solução não gera muitos empregos e como é feito atualmente, não conscientiza a população acerca do tema. Além disso, ao não combater a sobrepesca de maneira direta ou indireta (por ser simplesmente uma maneira de tentar mitigar seus efeitos), a solução não se demonstrou como positiva no critério de SA, por permitir que os estoques continuassem sendo degradados.

Controle e Combate à Doenças Marinhas

A solução, por requerer grandes investimentos para sua implementação de maneira efetiva, recebeu baixas notas em RDCE, VE e GE. Na mesma linha, por conta da vasta escala dos oceanos, tecnologias ainda precisam ser desenvolvidas, levando a uma baixa nota em VT.

Por outro lado, ao se propor a reduzir as mortes de populações oceânicas, recebeu uma avaliação bastante positiva nos critérios de SA e IA, já que a redução das mortes teria um impacto ambiental geral positivo e seria benéfica à segurança alimentar a longo prazo.

Redução dos Subsídios e Incentivos à Sobrepesca

A solução foi, de maneira geral, muito bem avaliada. Por propor uma redução de gastos do governo e não necessitar de nenhum investimento público ou privado, recebeu nota 4 no critério de VE e nota 5 em RDCE, só não recebendo nota máxima em viabilidade econômica por conta de uma possível dependência que as economias de alguns países possam ter nesses subsídios.

A proposição também obteve ótimas notas (nota 5) em VT e IA por não requerer nenhum tipo de tecnologia para ser implementada e por atacar a sobrepesca por uma perspectiva econômica, respectivamente.

A redução de subsídios só teve um desempenho abaixo do desejado nos critérios de GE e C. No primeiro, por possivelmente gerar a perda de alguns empregos envolvidos na sobrepesca e no segundo, por ser uma solução que aborda somente o aspecto econômico.

Campanhas Educacionais Sobre Preservação das Espécies Marinhas

Pelo fato de a solução não necessitar de tecnologias para ser implementada, sua nota em VT foi máxima. O mesmo ocorreu em relação ao critério C, que foi plenamente satisfeito pela característica fundamentalmente educativa e conscientizadora da alternativa.

Por outro lado, a solução deixou a desejar principalmente nos critérios de tempo de implementação, já que os efeitos esperados pela implementação de tal programa demorariam anos para de fato se concretizar.

Áreas de Conservação e Relocação

A alternativa recebeu uma boa avaliação geral. Como têm um caráter bastante voltado ao manejo da fauna oceânica, a solução naturalmente recebeu nota máxima no critério IA.

Além disso, por ser uma atividade já praticada em algumas regiões, recebeu nota máxima em VT.

No entanto, no que diz respeito ao critério de RDCE, por mais que a atividade seja economicamente viável por demandar poucos recursos financeiros, a efetivação da solução está fundamentalmente ligada às mudanças políticas, assim garantindo uma nota 3 neste critério.

Implementação do Turismo Ecológico como uma Atividade Econômica

De maneira geral, a solução foi mal avaliada. Por ser uma atividade que já é presente em diversas partes turísticas do mundo, a solução obteve nota máxima nos critérios VT e VE e, por fazer um bom trabalho em conscientizar os turistas acerca dos problemas da região, também recebeu nota máxima no critério C.

No entanto, por conta da falta de um ataque direto ao problema central da sobrepesca e o escopo reduzido, acabou recebendo nota baixa no critério chave SA. Outrossim, como pode-

se observar durante a pandemia do Covid-19 de 2020 e 2021, pode-se observar a fragilidade da indústria de turismo perante crises econômicas, o que garantiu uma nota baixa no critério RDCE.

Piscicultura continental

Essa alternativa de solução, de forma geral, recebeu notas altas em grande parte dos critérios de avaliação.

4.6.3 Matriz de Decisão

Com 11 alternativas de solução restantes, torna-se necessário utilizar um método mais rigoroso e preferencialmente pouco parcial para definir qual delas é a melhor para resolver o problema da sobrepesca.

Com esse intuito, decidiu-se utilizar uma matriz de decisão (Tabela 26) que avalia cada uma das alternativas (listadas na 1ª coluna) de acordo com os critérios de avaliação (localizados na parte superior da tabela juntos aos seus respectivos pesos) definidos no Tópico 4.5.

Como definido anteriormente, as notas variam de 1-5 e a pontuação final de cada alternativa é uma média ponderada (última coluna da tabela) de suas notas individuais.

Tabela 26 - Matriz de decisão

Alternativas de solução	Critérios de avaliação								Média ponderada
	VE	GE	C	TI	RDCE	IA	VT	SA	
	5	2	1	4	5	7	4	8	
1	4	2	5	2	4	4	5	4	3,81
2	5	4	3	4	5	4	5	4	4,36
3	5	5	2	5	3	3	5	4	4,03
4	4	5	2	3	4	5	5	3	3,97
5	3	3	1	4	4	4	4	2	3,28
6	4	2	2	5	5	5	4	2	3,83
7	3	2	2	3	2	5	3	4	3,39
8	4	3	4	3	5	5	5	4	4,28
9	5	2	5	3	4	5	5	3	4,03
10	4	3	4	4	3	5	5	4	4,11
11	5	4	5	3	2	4	5	2	3,44

FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

Legenda da representação das alternativas de solução da Tabela 26:

1 - Campanhas Educacionais Sobre o Consumo de Peixes

2 - Aquicultura

3 - Distribuição Geográfica da Atividade Pesqueira

4 - Melhora nos Métodos de Manejo da Carga Pescada com o Intuito de Evitar Apodrecimento ou Perda

5 - Substituição de Materiais Pesqueiros

6 - Corais Artificiais

7 - Controle e Combate à Doenças Marinhas

8 - Redução dos Subsídios e Incentivos à Sobrepesca

9 - Campanhas Educacionais Sobre Preservação das Espécies Marinhas

10 - Áreas de Conservação e Relocação

11 - Implementação do Turismo Ecológico como uma Atividade Econômica

Legenda da representação dos critérios de avaliação da Tabela 26:

VE - Viabilidade Econômica

GE - Geração de Empregos

C - Conscientização

TI - Tempo de Implementação

RDCE - Resiliência a Diferentes Cenários Econômicos

IA - Impactos Ambientais

VT - Viabilidade Tecnológica

SA - Segurança Alimentar

4.6.4 Escolha da Alternativa

Levando-se em consideração as análises expressas pelas ponderações e quantificações explicitadas na matriz de decisão, fez-se o descarte das soluções com menor nota e a escolha das que obtiveram uma nota satisfatória, como explicado a seguir.

Alternativas Descartadas

Algumas alternativas de solução foram descartadas por não obterem uma média ponderada significativa em relação às escolhidas. Além disso, mesmo as que obtiveram uma nota próxima das soluções escolhidas, acabaram sendo rejeitadas por apresentarem um impacto demasiadamente enxuto, tornando-as impróprias para utilização como solução final. Além disso, limitou-se quanto ao número de soluções escolhidas, pois seria inviável e irrealista propor que sejam implementadas diversas soluções. Isso é dado pelo fato de que se forem propostas muitas soluções distintas, isso poderia comprometer uma colaboração internacional entre países que buscam solucionar o problema trazido pela sobrepesca, pois pode fazer com que alguns países ignorem certas soluções e apliquem apenas algumas delas.

A solução de campanhas educacionais sobre o consumo de peixes, apresenta um tempo de implementação muito grande, pois para mudar um hábito alimentar de uma população humana por meio de propagandas ou até por meio de instrução toma muito tempo, e estima-se que esse tempo não estaria dentro da meta da década dos oceanos. Além disso, devemos notar que se o consumo de peixe alcança a esfera cultural de um povo, essa solução pode até se tornar inviável, pois é muito mais difícil alterar hábitos alimentares quando esses hábitos estão no nível cultural. Tendo isso em vista, a alternativa se demonstrou longe do ideal, por apresentar um impacto diminuto juntamente com um tempo de implementação demasiadamente longo.

A solução da distribuição da atividade pesqueira pelos oceanos, com fim de evitar a concentração em reservas ameaçadas pela sobrepesca, foi descartada por conta da dificuldade já prevista de se monitorar todo o oceano e os barcos que exploram as áreas protegidas. Essa conclusão foi alcançada pelo fato de que não se pode ter certeza de que todos os pescadores colaborarão com a medida, e irem explorar a região independentemente da orientação. Outro contraexemplo da falta de efetividade dessa solução, seria que um monitoramento amplo do oceano nas regiões ricas em pescado, irá requerer a ação de uma organização internacional, pois países não tem o poder de proteger uma área que é determinada como território internacional, e isso só aumentaria ainda mais os custos para fazer o monitoramento.

Quanto ao melhor manejo da carga pesqueira, com fim de evitar desperdícios por conta do apodrecimento ou perda da carga. Nota-se que o aumento dos custos associados ao

transporte com menos desperdícios aumenta muito o custo de operação e, como a pesca já é uma atividade que depende de muitos subsídios, essa solução irá aumentar ainda mais os custos da atividade.

A substituição dos materiais plásticos das redes, não terá quase nenhum efeito para evitar o problema da sobrepesca, e sua solução se torna apenas cabível no contexto de evitar acumulação de resíduos plásticos no oceano. Dessa forma, essa solução já é descartada sem se considerar sua nota.

Quanto à criação de corais artificiais para incentivar a reprodução dos peixes por meio de maior criação de habitats, não se espera que essa taxa de reprodução aumentada vá acompanhar o crescimento da atividade pesqueira. Dessa forma, essa seria uma solução de muito curto prazo e não cabível para a solução definitiva do problema da sobrepesca.

Da mesma forma que a criação de corais artificiais, o combate às doenças não terá muito impacto para combater o problema trazido pela sobrepesca. Isso se dá pelo fato de que o combate às doenças também é uma solução de curto prazo e, em um curto período, a quantidade de peixes que deixariam de morrer, seriam pescados logo em seguida.

As campanhas de preservação de espécies, também não resolveriam os problemas trazidos pela sobrepesca. Apesar de preservar espécies ameaçadas de extinção, a alternativa não evitaria com que novas espécies sejam ameaçadas por conta da continuidade da sobrepesca.

A criação de áreas de preservação também se mostra um grande desafio semelhante à distribuição geográfica da atividade pesqueira, pois a criação de áreas de preservação em águas internacionais necessitaria de intervenção por meio de uma agência internacional, uma vez que os países não podem exercer a proteção em águas internacionais.

Escolha da Melhor Alternativa

Após a avaliação feita em cada solução, foi decidido que as melhores alternativas para acabar com o problema da sobrepesca e segurança alimentar seriam a **aquicultura** e a **redução de subsídios** agindo em conjunto. A razão por essa escolha, foi fortemente baseada nas soluções que obtiveram maior média ponderada na avaliação, aliada com outra solução

que dialoga fortemente com a redução da atividade pesqueira e a redução dos impactos da pesca na vida marinha.

Ambas as soluções propostas alcançaram significativo resultado no quesito de segurança alimentar, que foi decidido como o fator central na escolha de uma solução viável para acabar com o problema gerado pela sobrepesca. Além disso, ambas alcançaram uma grande nota em termos de resiliência econômica, pois cortam subsídios dados para a atividade pesqueira, e é substituída por uma alternativa que consegue facilmente gerar lucros financeiros, que permite que a atividade não dependa de investimentos externos como os dados por governos. Além disso, é fácil implementar essas soluções, pois elas apresentam uma grande viabilidade econômica, ou seja, podem ser facilmente aplicadas por países ou investidores de baixo poderio econômico.

No que tange aos impactos ambientais, as soluções não apresentam aumentos dos impactos ambientais, e elas diminuem os impactos que já são causados pela sobrepesca, pois evitam que continue a ocorrer perdas nas populações marinhas de peixes, garantindo a manutenção de espécies que habitam o ambiente marinho.

A combinação de ambas as alternativas, permite que não ocorra a perda de empregos por conta da diminuição da atividade pesqueira, pois espera-se que a geração de empregos pela aquicultura compense os perdidos pela diminuição da atividade pesqueira.

Ambas as soluções não apresentam limitações tecnológicas, obtendo, assim, nota máxima nesse quesito. Porém, em se tratando do quesito conscientização, elas não obtiveram uma nota alta, pois elas não agem de forma significante no âmbito social para dar luz ao problema para o consumidor e produtor.

Apesar da solução de aquicultura ter um tempo de implementação adequado por conta de sua fácil execução, a remoção dos subsídios tem uma dificuldade ligeiramente maior, pois seria necessário a negociação entre países para retirar em conjunto todos os subsídios dados.

Levando em consideração uma análise além da matriz, nota-se que ambas as proposições atacam de maneira mais impactante os problemas centrais acerca da exploração oceânica. A aquicultura posiciona-se como uma substituição produtiva direta para a sobrepesca altamente viável, já que é capaz de fornecer os mesmos produtos gerando um

impacto ambiental significativamente menor. Essa capacidade pode ser verificada ao ver que cerca de 50% do consumo de peixes mundial já vem dessa forma de produção (FAO).

Complementarmente, o combate econômico contra a sobrepesca, possibilitado pela redução e/ou remoção de diferentes subsídios à pesca, serviria não somente como ferramenta para a redução da capacidade ativa da sobrepesca, mas também como uma maneira de tornar mais cara a produção pesqueira, já que o auxílio econômico à esse modo de produção cessaria. Por conta disso, os produtos da aquicultura, que já são economicamente viáveis, tornar-se-iam ainda mais competitivos, intensificando as pressões econômicas negativas sobre a atividade pesqueira.

Vale ressaltar que, por mais que esse esclarecimento seja abordado posteriormente, o objetivo da redução dos subsídios não seria a erradicação da atividade pesqueira, mas sim a extinção da prática da sobrepesca, atividades já distinguidas anteriormente. Sendo assim, essa solução propõe a remoção de grande parte dos subsídios, mas também está aberta ao mantimento de certos apoios econômicos às regiões ou operações pesqueiras que estejam em linha com os princípios da sustentabilidade ambiental.

Portanto, tendo em vista como foram distribuídas as notas de cada critério das soluções de aquicultura e remoção de subsídios, além de uma análise das maneiras como cada uma das soluções escolhidas ataca o problema da sobrepesca, fica claro porque ambas obtiveram as maiores médias ponderadas entre todas as soluções dadas. Dessa forma, essas são as soluções ideais para serem implementadas, e por conta de ambas as soluções dialogarem entre si, é possível e preferível aplicá-las em conjunto para combater os problemas provenientes da sobrepesca.

4.7 Especificação da solução

4.7.1 Aquicultura

Esquema Funcional

A solução visará tanto a redução efetiva da sobrepesca como a substituição dela com a aquicultura. Dessa forma, a aquicultura será dividida a fim de atender 2 nichos diferentes para

que a sobrepesca diminua em todos os âmbitos, sendo eles no âmbito da grande escala mercadológica e no âmbito familiar.

Na grande escala mercadológica ocorrerá a adoção de sistemas de aquicultura que consigam produzir uma quantidade que atenda a sua demanda e que não comprometa a saúde do ecossistema. O principal mecanismo que atende essa necessidade é o RAS (Recirculating Aquaculture System), um formato de aquacultura intensiva que reutiliza a água através de diversos processos, funcionando sem a necessidade de grandes quantidades de recursos naturais.

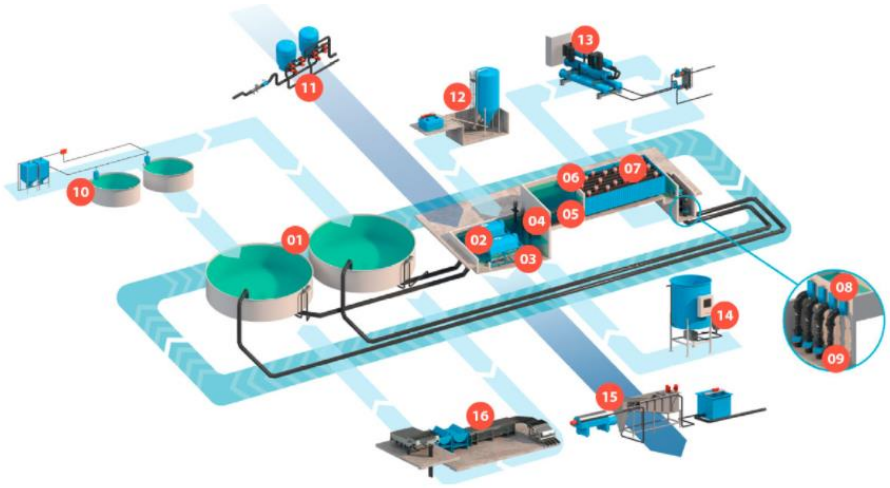
O sistema RAS permite com que o setor de aquacultura continental produza menos impactos ambientais, pois não é necessário trocar a água utilizada. Além de oferecer maior controle sobre a qualidade dos peixes, por conta do isolamento de um ambiente aberto tal como o oceano, há menor necessidade de se combater doenças que assolam os peixes, diminuindo a quantidade de antibióticos utilizados. Além disso, não há necessidade de se proteger os peixes de predadores, como aves, por conta do isolamento de regiões costeiras que contém aves que predam peixes (MURRAY *et al.*, 2014).

Figura 123 - Imagem de sistema RAS



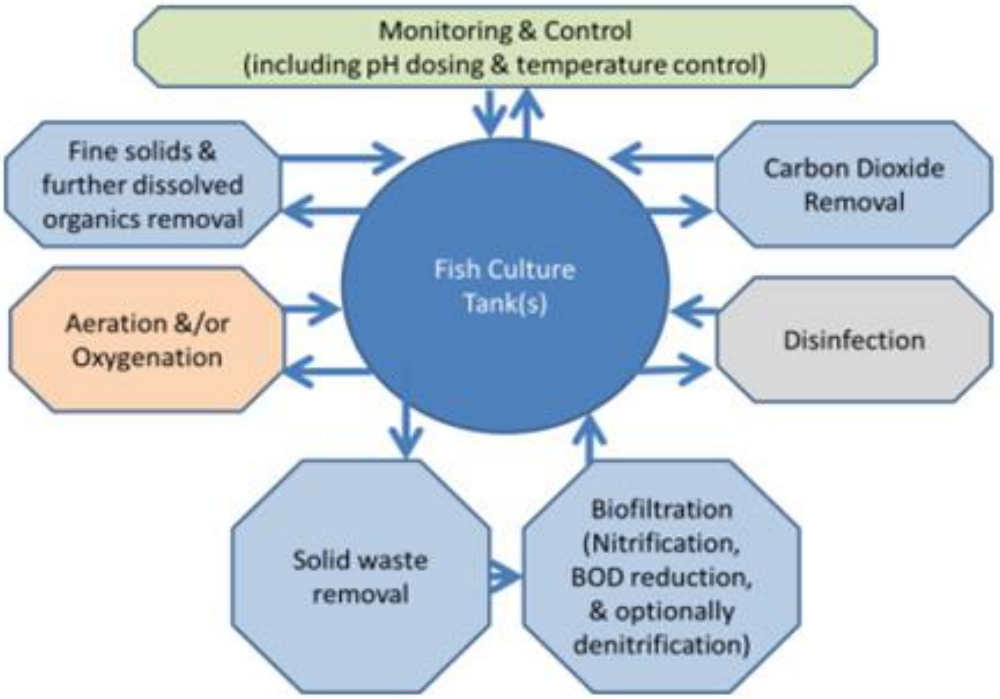
FONTE: FLETCHER, 2020.

Figura 124 - Esquema de sistema RAS



FONTE: BILLUND AQUACULTURE, 2020.

Figura 125 - Esquema de processos que caracterizam o sistema RAS

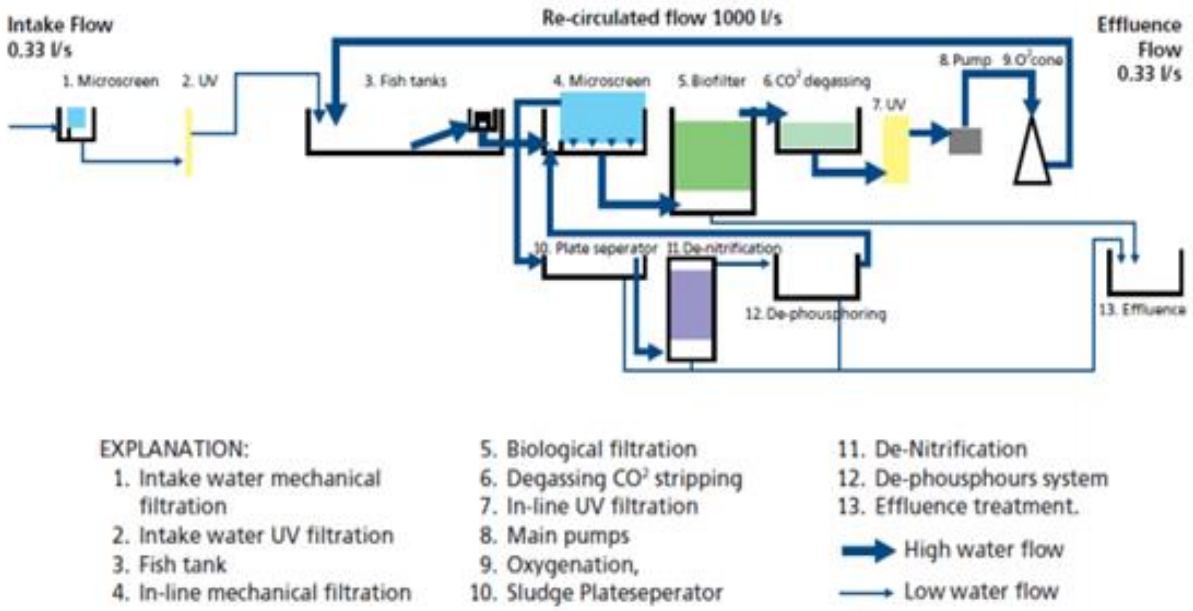


FONTE: MURRAY *et al*., 2014.

Os diversos sistemas RAS são similares entre si, diferindo apenas no tratamento biológico utilizado. As imagens acima ilustram a ideia do que seria um sistema RAS. O funcionamento pode ser explicado utilizando como exemplo o Kaldnes® RAS system, da

empresa francesa *Veolia Water Technologies.* A água utilizada nos tanques torna-se impura devido a dejetos das espécies e dos alimentos, ela é então escoada até as unidades de filtração onde é submetida a alguns processos listados acima. Inicialmente, essa água é submetida a um processo mecânico através de uma microrede cujos poros variam de 10 a 60 micrômetros, que armazena os resíduos para efetuar o descarte adequado. Em seguida a água é misturada com um biofiltro MBBR que contém bactérias especializadas em catalisar matéria orgânica, melhorando a qualidade da água. O CO2 produzido pela respiração dos peixes é retirado através de ventilações específicas, gerando um sistema de contracorrente que permite o bombeamento da água para a estação de oxigenação, a qual transforma o NH3 tóxico. Também há uma estação para desfosforação, que age juntamente com a de desnitrificação para limpar a água e assim podendo retornar aos tanques. A imagem abaixo ilustra uma esquemática dos tratamentos pelo qual a água recirculante é submetida.

Figura 126 - Esquema de design RAS da Aquatec-solutions na Dinamarca



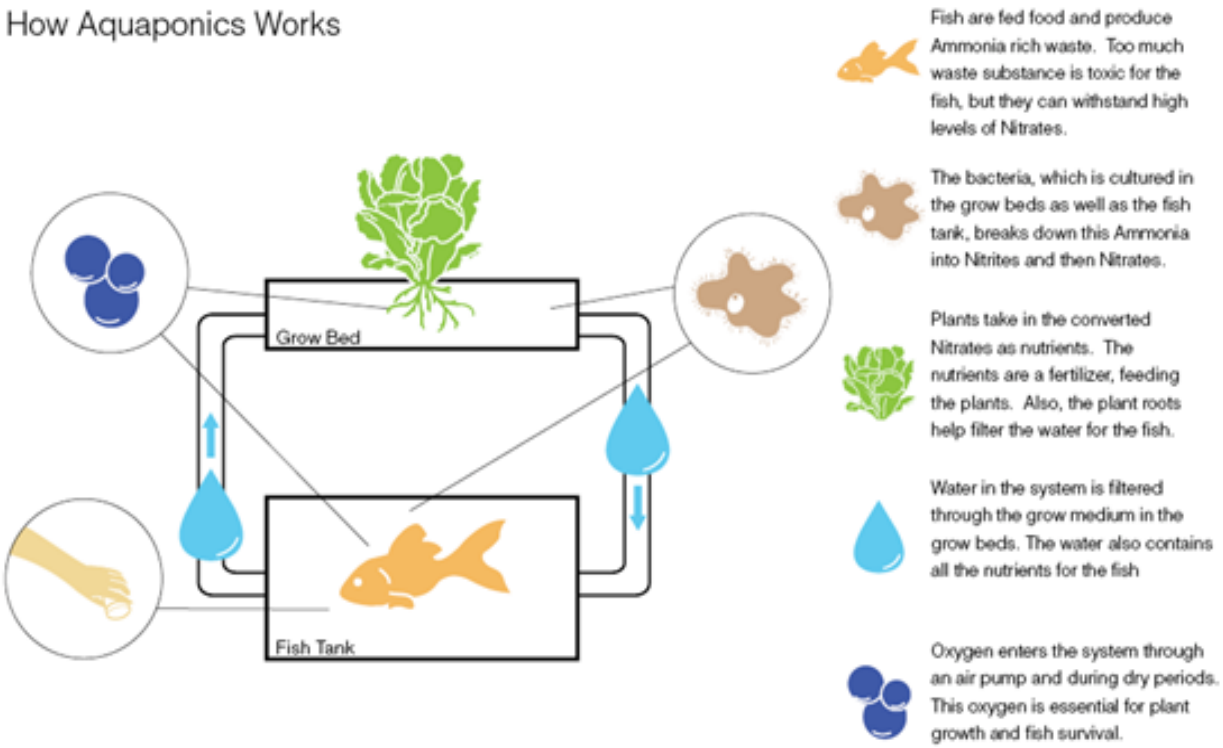
FONTE: MURRAY *et al*., 2014.

Esse sistema apresenta diversas vantagens como a pouca necessidade de intervenção externa, reduzindo assim os custos periféricos, por exemplo: mão de obra, combate a parasitas, redução de produção por fatores climáticos, entre outros.

Além disso, possui a capacidade de produzir espécies exóticas sem que haja desequilíbrio ambiental ou qualquer outro malefício, o que permite que sejam cultivados animais em risco de extinção, promovendo a biodiversidade (MURRAY *et al.*, 2014).

No âmbito familiar, a aquaponia, híbrido entre aquicultura e hidroponia, apresenta-se como uma forma viável, por ser em escala reduzida, pouco custosa e mesmo assim com grande capacidade produtiva. Num sistema familiar há a maximização da utilização de recursos, a diversidade de produção de espécies, com pouco gasto em mão de obra (LIMA *et al.*, 2015).

Figura 127 - Sistema de funcionamento de aquaponia



FONTE: LOSCHIAVO, 2015.

Nesse sistema, os peixes são alimentados e produzem amônia, substância extremamente tóxica em grandes quantidades. As bactérias presentes nas raízes das plantas efetuam reações químicas de nitrificação desse composto, formando nitrito e nitrato que podem ser usados para a criação de plantas. Através da raiz das plantas, a água é filtrada e

carrega nutrientes essenciais para as espécies de peixes. Existe uma válvula que bombeia oxigênio para o sistema, garantindo a respiração das espécies e realizando a manutenção do pH da água.

Figura 128 - Equação química representando processo de conversão da amônia

$$2\,NH_3 + 3\,O_2 \xrightarrow{Nitrosomonas} 2\,H^+ + 2\,NO_2^- + 2\,H_2O + energia$$

$$2\,NO_2^- + O_2 \xrightarrow{Nitrobacter} 2\,NO_3^- + energia$$

FONTE: SHUTTERSTOCK, 2020.

Indicativo de Custos

Primeiramente deve-se considerar a viabilidade econômica antes de exercer a atividade da aquicultura. Dessa forma, deve-se procurar locais onde os custos de instalação, operação e transporte sejam minimizados.

Utiliza-se como base para analisar os preços o levantamento feito pela UFPI, em que foi construído sistemas RAS na Fazenda São Francisco, na zona rural de Parnaíba, no Piauí.

O valor da construção dos tanques utilizando concreto foi de aproximadamente R$16.500,00. Para isso, foram utilizadas 4 lonas de 9 metros cúbicos de volume que totalizaram R$2.026,04, 4 piscinas de 6 metros cúbicos de volume com um total de R$3.662,84, 4 placas de concreto de 11 metros cúbicos custando R$5.937,60 e 4 concretos em molde de mesmo volume das placas custando R$4.909,60. O preço para sua implementação varia entre 18% e 30% desse valor, e o preço das rações varia entre 26% e 29% dele. (SILVA *et al.*, 2017)

Entretanto, de acordo com o projeto RAS realizado pelo governo indiano em 2017 de forma mais sofisticada, houve um gasto de 1.330.898,00 rúpias indianas, o que equivale a aproximadamente 18 mil dólares. Isso indica como uma alternativa mais sustentável para a aquicultura acaba por necessitar um investimento inicial de proporções significativamente maiores.

Já a aquaponia também apresenta uma variedade de preços dependendo de seu nível de complexidade e sofisticação, mas em escala menor, haja visto que é um processo mais simples e integrado do que o sistema RAS.

De acordo com a montagem proposta pela EMBRAPA, um sistema de aquaponia para produções familiares e contidas custaria em torno de R$2.235,00 (CARNEIRO *et al.*, 2015).

Figura 129 - Custos dos materiais utilizados na construção do sistema de aquaponia parte 1

Item	Imagens	Descrição	Unid.	Quant.	Unitário	Sub. Total	% do total
1		Container IBC/1000 Litros	Unid.	2	R$ 250,00	R$ 500,00	22,37%
2		Tambor plástico150 Litros	Unid.	1	R$ 90,00	R$ 90,00	3,03%
3		Balde 40 Litros (Mineralizador)	Unid.	1	R$ 35,00	R$ 35,00	1,57%
4		Balde 20 Litros	Unid.	2	R$ 6,00	R$ 12,00	0,54%
5		Bomba Submersa 2500 L/h	Unid.	1	R$ 284,90	R$ 284,90	12,75%
6		Compressor eletromagnético 16W	Unid.	1	R$ 89,64	R$ 89,64	4,01%
7		Medidor de pH portátil	Unid.	1	R$ 130,00	R$ 130,00	5,82%
8		Magueira de silicone para compressor/aquário	m	5	R$ 1,85	R$ 9,23	0,41%
9		Tudo Soldável PVC 20 mm	m	6	R$ 1,64	R$ 9,86	0,44%
10		Tubo Soldável PVC 25 mm	m	6	R$ 2,40	R$ 14,40	0,64%
11		Tudo Soldável PVC 32 mm	m	6	R$ 7,41	R$ 44,46	1,99%
12		Tubo Esgoto 100 mm	m	1	R$ 12,00	R$ 12,00	0,54%
13		Tudo Esgoto 75 mm	m	1	R$ 13,30	R$ 13,30	0,60%
14		Flange em PVC soldável com anel 20 mm	Unid.	7	R$ 10,90	R$ 71,33	3,19%
15		Flange em PVC soldável com anel 25 mm	Unid.	2	R$ 12,90	R$ 25,80	1,15%
16		Flange em PVC Soldável com anel 32 mm	Unid.	6	R$ 23,90	R$ 143,40	6,32%
17		Tê Soldável PVC 20 mmm	Unid.	3	R$ 1,00	R$ 3,00	0,13%
18		Tê Soldável PVC 25 mm	Unid.	1	R$ 1,07	R$ 1,07	0,05%
19		Tê Soldável PVC 32 mm	Unid.	3	R$ 4,00	R$ 12,00	0,54%
20		Joelho PVC90° Soldável 20 mm	Unid.	7	R$ 0,49	R$ 3,43	0,15%
21		Joelho PVC 90° Soldável 25 mm	Unid.	7	R$ 0,49	R$ 3,43	0,15%
22		Joelho PVC 90° Soldável 32 mm	Unid.	6	R$ 3,10	R$ 18,60	0,83%
23		Adaptaxor Sol. Curto com Bolsa e Rosca para Registro 25 mm	Unid.	2	R$ 0,79	R$ 1,58	0,07%
24		Adaptador Sol. Curto com Bolsa e Rosca para Regristro 32 mm	Unid.	5	R$ 1,99	R$ 9,95	0,45%
25		Curva 90° Marrom PVC 20 mm	Unid.	4	R$ 1,77	R$ 7,08	0,32%
26		Bucha de Redução Soldável Curta 32x25 mm	Unid.	4	R$ 1,00	R$ 4,00	0,18%

Continuação...

FONTE: CARNEIRO *et al*., 2015.

Figura 130 - Custos dos materiais utilizados na construção do sistema de aquaponia parte 2

Item	Imagens	Descrição	Unid.	Quant.	Unitário	Sub. Total	% do total
27		Regristro de Esfera em PVC Soldável 20 mm	Unid.	1	R$ 5,40	R$ 5,40	0,24%
28		Regristro de Esfera em PVC Soldável 32 mm	Unid.	2	R$ 30,90	R$ 61,80	2,77%
29		Cap 75 mm	Unid.	1	R$ 7,10	R$ 7,10	0,32%
30		Mangueira Trançada Transparemte de PVC 25 mm	m	5	R$ 5,09	R$ 25,45	1,14%
31		Adesivo Plástico p/Tubos e Conexões de PVC Rígido 75 g	Unid.	2	R$ 4,89	R$ 9,78	0,44%
32		Caixa plástica para preparo de massa em bandeja-maternidade	Unid.	2	R$ 10,00	R$ 20,00	0,89%
33		Brita para construção	m^3	0,1	R$ 96,00	R$ 38,40	1,72%
34		Areia lavada	m^3	0,3	R$ 99,00	R$ 49,50	2,21%
35		Presilhas plásticas 15 cm (pacote com 20 unidades)	Unid.	1	R$ 14,90	R$ 14,90	0,67%
36		Placas de isopor 1,0 m x 1,20 cm Espressura 3,0 cm	Unid.	10	R$ 10,47	R$ 104,70	4,68%
37		Abraçadeira de metal 32 mm	Unid.	3	R$ 1,20	R$ 3,60	0,16%
38		Tijolo de cimentio 19 cm x19 cm x 49 cm	Unid.	42	R$ 3,00	R$ 126,00	5,64%
39		Extensão Elétrica – 4 tomadas - 5,0 m	Unid.	1	R$ 33,13	R$ 33,13	1,48%
40		Ripa em massaranduba 5 cm x 3,0 cm	m	5	R$ 3,50	R$ 17,50	0,78%
41		Tela sombrite 70%	m^2	5	R$ 15,00	R$ 30	1,34%
42		Parafusos 7/16" x 2" – com porcas e arruelas	Unid.	30	R$ 0,20	R$ 6,00	0,27
43		Tinta esmalte sintético preta fosca	kg	1	R$ 27,90	R$ 27,90	1,25%
44		Tinta esmalte sintético alumínio	kg	1	R$ 27,90	R$ 27,90	1,25%
45		Diluente removedor	L	2	R$ 19,86	R$ 39,72	1,78%
46		Pincel 2" ½	Unid.	2	R$ 13,00	R$ 26,00	1,16%
47		Lixa ferro	Unid.	3	R$ 2,67	R$ 10,68	0,48%
		Total			R$2.234,91		

FONTE: CARNEIRO *et al.*, 2015.

Figura 131 - Exemplo do sistema de aquaponia



FONTE: DIAS, 2017.

No entanto, é possível utilizar o sistema de aquaponia em escalas relativamente maiores, como é mostrado no estudo da UFPR de produção de tilápias por esse processo no município de Piraquara-PR. Um custo fixo de R$17.200,00 com um custo variável sujeito a alterações ainda maiores que 100% desse valor (MORENO, 2017).

Para a operação da aquicultura, é necessário também considerar seus custos de operação. A tabela abaixo mostra os tipos de custos associados com a operação de uma fazenda de peixes.

Figura 132 - Especificação e classificação das despesas referentes à piscicultura

Tabela 1. Especificação e classificação das despesas referentes à piscicultura.

CLASSE	ESPECIFICAÇÃO	DESPESAS COM
1	Pós-larvas, alevinos, juvenis e reprodutores	Pós-larvas; alevinos; juvenis; reprodutores.
2	Rações e alimentos diversos	Rações; ingredientes (núcleos, premix, milho, farelo de soja, outros); alimentos diversos.
3	Corretivos agrícolas e fertilizantes	Calcário agrícola; cal; gesso; uréia; cama de frango; outros fertilizantes.
4	Produtos químicos, terapêuticos e profiláticos	Sal; formalina; permanganato; sulfato cobre; terramicina; hipoclorito de sódio; outros.
5	Outras despesas da piscicultura	Mão-de-obra volante; oxigênio; consultor; cursos; livros; revistas; marketing; outras despesas.
6	Contas coletivas da fazenda	Telefone; eletricidade; água e esgoto; assessoria jurídica e contábil; internet; outros serviços.
7	Mão-de-obra e encargos trabalhistas	Funcionários fixos da fazenda; consultores fixos.
8	Manutenção e operação de equipamentos, veículos e instalações	Combustíveis; lubrificantes; revisões; partes; consertos; reformas gerais; pinturas;
9	Impostos, taxas, aluguéis e arrendamento	ITR; Impostos Municipais; Aluguel Escritório; Arrendamento da Fazenda; ou o que se aplicar.
10	Depreciação de equipamentos, máquinas, veículos e instalações	Pagamento do investimento que deverá ser usado para reposição dos equipamentos, máquinas, veículos e instalações após um determinado tempo de uso ou vida útil.
11	Juros sobre o capital operacional	Juros cobrados pelo banco sobre o capital usado no custeio da produção; ou, no caso de uso do capital próprio, a taxa de juros que poderia ser obtida através da aplicação do dinheiro em algum fundo de investimento.
12	Juros sobre investimento	Juros cobrados pelo banco sobre o capital emprestado para investimento; ou, no caso de uso do capital próprio, a taxa de juros que poderia ser obtida através da aplicação do dinheiro em algum fundo de investimento.

FONTE: KUBITZA, 2018.

Conforme as informações das figuras acima (Figuras 129, 130 e 132), os custos variam de acordo com o equipamento utilizado, a região escolhida para a produção e empréstimos feitos. Dessa forma, seria incorreto dar uma estimativa de preços de operação, pois os custos associados à aquacultura dependerão de como o empresário faz seus investimentos e do país onde ocorrerá a produção. Os gastos com eletricidade e com salário médio também variam entre as localidades, além de que os custos associados à empréstimos dependem da decisão de cada empresário.

Indicativo dos impactos

Os impactos sociais da solução seriam extremamente consideráveis. Inicialmente toda a dinâmica social do meio rural seria afetada com a chegada de uma nova necessidade de cultivo e de capacitação. A produção depende menos do trabalho humano e mais da sua

capacidade de fornecer as ferramentas necessárias para o sistema funcionar de forma produtiva. Desse modo, haveria uma demanda de capacitação tecnológica por parte do trabalhador rural, que aprende a operar o sistema de forma integrada, sendo de extremo benefício tanto para o trabalhador quanto para o empregador. Por outro lado, há a possibilidade de uma disrupção da concentração produtiva uma vez que os diferentes nichos de mercado poderiam ser divididos entre os produtores grandes e pequenos. Além disso, essa nova atividade é mais inclusiva em termos de gênero (FAO, 2020).

Os impactos econômicos seriam majoritariamente positivos. Os retornos financeiros são altos tanto no sistema RAS (taxa interna de retorno de 38% e índice de lucratividade > 0) (MORENO, 2017), quanto no sistema de aquaponia, com um faturamento de R$135.400,00 anuais pela produção de 4,5 toneladas de tilápia vendidas anualmente por um preço médio de R$10,93 com uma área de produção de 850 metros quadrados, em 2 tanques de 90 metros cúbicos cada (MORENO, 2017).

Por conta de como é estruturada a aquacultura continental, será necessário a existência de uma infraestrutura elétrica condizente para se operar os tanques (MURRAY *et al.*, 2014), pois a aquacultura necessita de sistemas de controle de temperatura das águas e de sistemas para retirar e limpar os dejetos dos peixes na água (reciclagem de água), fazendo com que o consumo de energia elétrica seja maior. Então, a região onde se procura exercer a atividade deve ter uma infraestrutura elétrica que condiz com as necessidades desta indústria. Porém, a instalação de uma fazenda de aquacultura pode fazer com que a infraestrutura elétrica da região seja melhorada, ajudando na qualidade de vida das populações locais.

Além disso, há a movimentação econômica logística da retirada da exclusividade do comércio de peixe nas regiões portuárias e costeiras, e adição do meio rural para esse mercado e todas as suas nuances operacionais de fluxo de carga, transporte de mercadoria, serviços adjuntos, entre outros demais. Isso pode permitir que a atividade seja exercida mais próxima dos consumidores, trazendo menos custos e maior simplicidade no transporte de peixes para mercados continentais, apesar de ainda necessitar estar próximo e à fonte de água de qualidade adequada (MURRAY *et al.*, 2014).

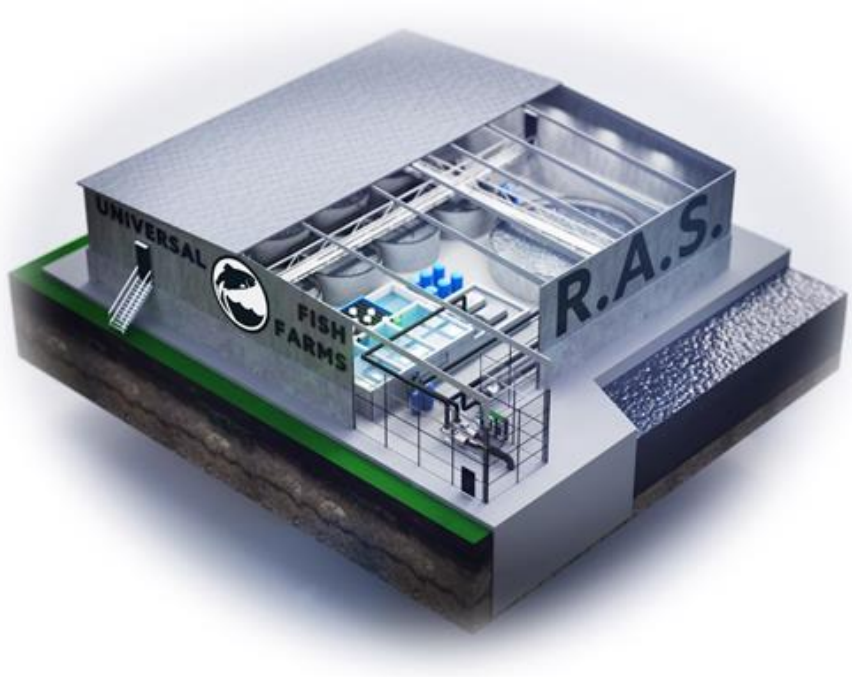
Os impactos ambientais também seguem esse padrão, uma vez que a extinção da sobrepesca de fato diminui os danos ao ecossistema marinho e a sua substituição pela

aquicultura causa pouco ou nenhum impacto ao meio ambiente. A produção de espécies exóticas permitida por ambos os sistemas, diminui o número de espécies marinhas em risco de extinção e aumenta a biodiversidade, adquirindo caráter positivo nesse quesito.

Porém, deve-se notar que apesar da aquacultura oferecer o potencial de causar quase nenhum impacto ambiental onde ela é aplicada, pode ocorrer negligências por parte de empresários, como o corte de custos em equipamentos que reduzam esses impactos (MURRAY *et al.*, 2014). Dessa forma, seria necessária uma inspeção por parte de órgãos governamentais para evitar tal cenário.

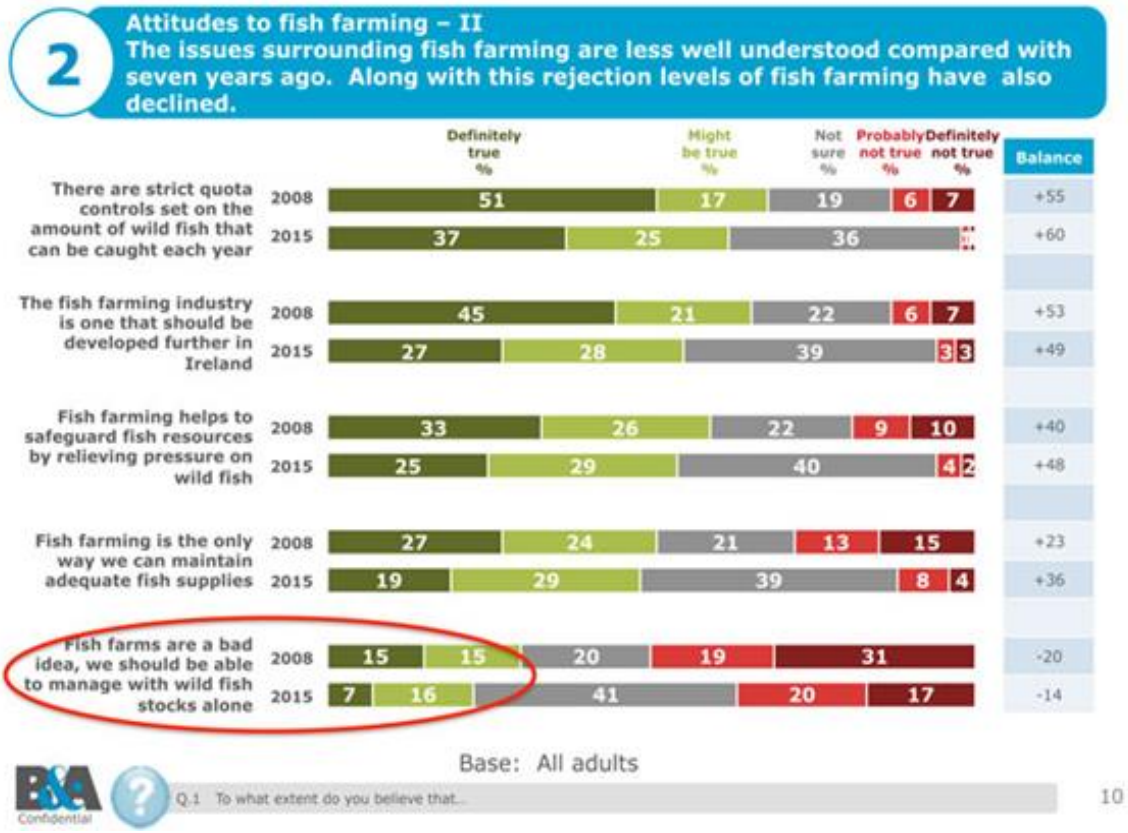
Por conta do sistema RAS ter uma estética muito parecida com o de fábricas, é necessário dar atenção à percepção a fim de satisfazer as populações locais e os consumidores de peixes (MURRAY *et al.*, 2014), pois uma percepção popular ruim pode comprometer a operação da aquacultura de grande escala na região, ou até comprometer um nicho de mercado por conta de ativistas que promovem a ideia mais ampla de liberdade para os animais.

Figura 133 - Planta de uma unidade aquícola RAS



FONTE: ULTRAAQUA, 2021.

Figura 134 - Estudo sobre a percepção popular a respeito da aquacultura irlandesa



FONTE: OCEAN FOCUS, 2015.

Como mostra a Figura 134, a percepção popular da aquacultura é, em geral, positiva. Em 2015, 37% dos entrevistados avaliaram que a aquacultura é uma boa ideia, enquanto 23% discordaram. Para os outros itens, observa-se que, como um todo, mais de 50% dos entrevistados têm uma percepção positiva em relação à aquacultura. Dessa forma, pode-se aproveitar essa boa percepção e utilizá-la para facilitar a implementação dessa atividade, evitando assim conflitos com a população.

Se a produção de peixes por meio da aquicultura RAS obtiver sucesso, isso irá pressionar os outros tipos de aquacultura menos sustentáveis, como a aquacultura oceânica, que utiliza gaiolas, a mudarem seus meios de produção para um que gera menos impactos (MURRAY *et al.*, 2014). Além disso, seria possível utilizar o fato de se causar menos impacto ambiental como marketing na hora de vender os peixes, atraindo mais consumidores e tornando a sustentabilidade como requisito para se manter competitivo no mercado.

Aquicultura marinha

Existem formas de cultivar espécies as quais vivem principalmente ou exclusivamente em água salgada (mar), como os mexilhões, as vieiras e os camarões. As duas principais maneiras de cultivar esses seres são em viveiros e tanques, próximos às regiões de costa, já que a própria água do mar é usada para abastecer os criadouros. Nos viveiros, os animais ficam em contato com o ambiente, embora as espécies costumem ficar integralmente submersas.

Já nos tanques, há um maior isolamento. O reservatório pode ficar cheio de água, porém há a possibilidade de colocar mais substrato para que uma parte fique fora, simulando condições melhores de ambiente para alguns animais, como os caranguejos. O custo de um tanque, dependendo do volume, pode variar de R $1.887,17 a R $5.310,96.

Figura 135 - Tanque para aquicultura



FONTE: SANSUY, 2021.

A mitilicultura - que é o cultivo industrial de mexilhões - não necessita de muito investimento, pois não é necessário a compra dos mexilhões jovens (também chamados de sementes). Eles são obtidos por coletores artificiais de sementes, coletados diretamente da natureza e reaproveitados das colheitas anteriores, podendo ser negociado a valores relativamente baixos, já que são subprodutos de criação (EPAGRI, 2016). Sendo assim, é uma ótima opção de empreendimento para os pequenos pescadores. Além disso, os mexilhões são seres filtradores, logo eles se alimentariam de partículas contidas na água marinha, não necessitando de ração.

Os mexilhões, assim como muitos outros seres marinhos, estão tendo seus números reduzidos na natureza. Este tipo de animal, por ser um fixador, é cultivado em cordas mergulhadas no mar e suspensas por boias (Figura 136). Devido ao contato direto com o oceano, durante a época de reprodução é possível a troca genética entre os espécimes selvagens e os cultivados, ajudando assim na reposição dos estoques naturais, sem que haja malefícios para os criadores (GLOBORURAL, 2021).

Figura 136 - Boias de criações de mexilhões



FONTE: GLOBORURAL, 2021.

As vieiras possuem alto valor comercial, e, por serem seres bivalves filtradores, sua criação é semelhante à do mexilhão, pois devem estar submersas na água. No entanto, é necessário o uso de estruturas chamadas “Lanternas japonesas”, que envolvem os exemplares. Ao contrário dos mexilhões, a sua obtenção é relativamente mais custosa, pois as sementes são normalmente adquiridas em laboratórios os quais as reproduzem (GLOBORURAL, 2016).

Figura 137 - Lanterna japonesa



FONTE: PREFEITURA DE ANGRA DOS REIS, 2021.

Os caranguejos se reproduzem em grandes proporções, podendo chegar a 700.000 ovos, porém, como a probabilidade de sobrevivência é de cerca de 0,1% em boas condições, há um total de 700 indivíduos adultos para cada leva de ovos. A criação destes animais é feita principalmente em tanques os quais devem simular as condições ambientais favoráveis, de

preferência com partes submersas e partes superiores, estas sem água. Não são necessários filtros especiais, apenas bombas de água e pedras porosas.

A temperatura é um fator importante também, pois os caranguejos são animais exotérmicos, podendo haver a necessidade de aquecedores. A alimentação é, em sua maioria, de origem detritívora e onívora, o que possibilita o uso de diferentes tipos de ração e outros alimentos. É importante se ater para que não falte comida, uma vez que isso poderia promover a prática do canibalismo entre esses organismos (SANSUY, 2019).

Algumas espécies de caranguejos estão tendo suas populações diminuídas na natureza. Dessa forma, estão sendo utilizados métodos para a reposição e preservação, como é o caso do caranguejo-uçá (*Ucides cordatus)*, muito coletado na natureza por conta de sua apreciada carne. Neste caso, é possível um acordo entre laboratórios e pescadores locais para o cultivo da espécie em tanques, realizado pela população local, ao mesmo tempo em que parte da produção é disponível para a venda a fim de que a demanda pela carne seja suprida, sem haver a coleta dos estoques selvagens (PANORAMA DA AQÜICULTURA, 2021).

Figura 138 - Projeto de repovoamento de caranguejos-uçá



FONTE: PANORAMA DA AQÜICULTURA, 2021.

4.7.2 Redução de Subsídios

Esquema Funcional

Atualmente, a indústria da pesca tem em sua constituição a forte presença de subsídios econômicos, totalizando 35,4 bilhões de dólares globalmente por ano numa indústria que totaliza por volta de 271,6 bilhões (SUMAILA *et al*., 2019). Com isso, verifica-se que por volta de 13% da indústria é representada por algum tipo de subsídio, o que mostra como essa atividade econômica tem uma certa dependência desse tipo de investimento.

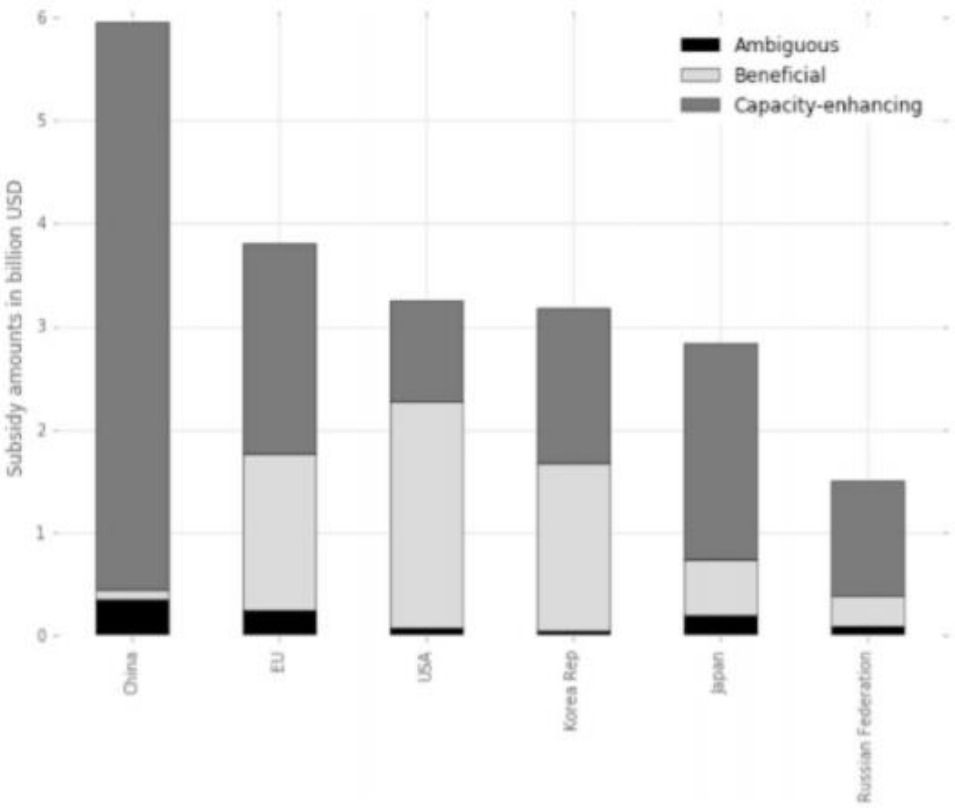
Desses 35,4 bilhões, cerca de 20 bilhões, ou 56%, podem ser considerados subsídios do tipo ‘danoso’ (*harmful*), que são caracterizados como subsídios que aumentam a capacidade de pesca dos pesqueiros (ARTHUR *et al.*, 2019).

Esses 20 bilhões anuais são os que a solução pretende eliminar, ou pelo menos reduzir consideravelmente. Entende-se a necessidade de se considerar a possibilidade de que não sejam eliminados por completo os subsídios danosos à pesca, isso se dá pela distribuição geopolítica dos subsídios mundialmente.

Como pode-se observar na Figura 139, grande parte dos subsídios danosos estão concentrados em um país em específico, a China, e como essa nação especificamente é notória por adotar uma postura agressiva perante pressões externas que contrariem a visão do governo local, a adesão do país pode ser consideravelmente difícil de se obter, requerendo um esforço global, tanto individualmente por cada grande país influente, quanto por meio de organizações internacionais como a ONU.

No entanto, por mais que haja uma concentração considerável de subsídios na China, a parcela representada por países desenvolvidos como a Coréia do Sul, Japão, EUA e os integrantes da União Europeia não pode ser desconsiderada. E como grande parte desses países já demonstrou preocupação com a saúde dos ecossistemas oceânicos e a produção sustentável, a adoção de reduções subsidiárias específicas a investimentos danosos não seria algo particularmente controverso nestes países, mas ainda assim, seriam capazes de gerar impactos positivos consideráveis.

Figura 139 - Distribuição de subsídios por tipo e por país



FONTE: SUMAILA *et al*., 2019.

Idealmente, espera-se que os subsídios destinados à pesca fossem repassados como subsídios para a aquacultura. Dessa forma, será dado prioridade para uma atividade mais sustentável em termos de segurança alimentar, sem aumentar os custos de cada país e, por ser um grande volume de dinheiro, contribuirá para o crescimento inicial da aquicultura.

Vale ressaltar que a aquacultura é uma atividade que consegue ser autônoma e gerar lucros sem depender dos subsídios, mas a presença deles podem ajudar para que, inicialmente, essa atividade cresça rapidamente.

Para um melhor entendimento do modo como esse recurso poderia ser aplicado na aquicultura, será exemplificado o caso de sucesso da Índia.

Durante a década de 90, a produção de peixes a partir da aquicultura na Índia estava por volta de 4,16 milhões de toneladas por ano. Neste mesmo período, houve a disseminação de uma série de incentivos financeiros para o crescimento do setor da aquacultura, tanto por

parte dos governos estaduais quanto pelo governo nacional. Duas décadas depois, a produção indiana de peixes advindos desse setor já superava a marca de 9 milhões de toneladas, e o faturamento do setor chegava a 5 bilhões de dólares por ano (SALIM *et al.*, 2012).

Neste período, as principais medidas de incentivo adotadas pelo governo nacional foram nas áreas de:

- Desenvolvimento da Aquicultura em Água Salobra;
- Pesca e Aquicultura Coldwater;
- Desenvolvimento de áreas alagadas;
- Aproveitamento Produtivo de Solos Salinos / Alcalinos do Interior para Aquicultura;
- Desenvolvimento Integrado de recursos no interior (reservatórios / rios etc.).

A figura a seguir ilustra as principais especificações quantitativas da maneira como esse subsídio seria direcionado, com base nas medidas adotadas na Índia.

Figura 140 - Principais subsídios fornecidos pelo governo indiano

Sr. Não	Descrição dos itens	Taxa de assistência
1	Construção de novas lagoas	Rs 2,00 lakh / ha nas áreas planas. Subsídio a 20% com um teto de Rs. 40.000 / ha para todos os agricultores, exceto SCs / STs, para os quais será Rs 50.000 / ha (25%) Rs 3,0 lakh / ha nos estados / distritos montanhosos e na região Nordeste. Subsídio de 20% com um teto de Rs 60.000 / ha para todos os agricultores, exceto SCs / STs, para os quais será de Rs 75.000 / ha (25%).
2	Recuperação / renovação de lagoas / tanques	Rs 60.000 / ha. Subsídio de 20% com um teto de Rs 12.000 / ha para todos os agricultores, exceto SCs / STs, para os quais será de Rs 15.000 / ha (25%).
3	Custo de insumos	a) Cultura de peixes finos - Rs 30.000 / ha Subsídio a 20% com um teto de Rs 6.000 / ha para todos os agricultores, exceto SCs / STs para os quais será Rs 7.500 / ha (25%) b) Cultura de camarão de água doce - Custo unitário Rs 1,20 lakh por ha. Subsídio a 20% com um teto de Rs 24.000 / - por ha
4	Cultura de peixes de água corrente em áreas montanhosas, bem como em áreas planas	Rs 20.000 / unidade de 100 metros quadrados. O custo acima inclui Rs 4.000 para os insumos. Subsídio a 20% com um teto de Rs 4.000 / - unidade para todos os agricultores, exceto SCs / STs, para os quais será Rs 5.000 / unidade (25%). Limite máximo de 3 unidades para cada agricultor em termos de admissibilidade de concessão.
5	Piscicultura Integrada	Rs 80.000 / ha. Subsídio de 20% com um teto de Rs 16.000 / ha para todos os agricultores, exceto SCs / STs, para os quais será de Rs 20.000 / ha (25%).

6	Aeradores / bombas	50.000 / unidade de dois aeradores de 1 HP / uma bomba de diesel de 5 HP. Subsídio a 25% com um teto de Rs 12.500 / - para cada conjunto de arejadores / bomba para todas as categorias de agricultores que alcançaram um nível de produção de 3.000 kg / ha / ano. Serão permitidos no máximo dois aeradores de 1 hp / uma bomba a diesel de 5 hp para uma área de água de um hectare.
7	Incubadora de sementes de peixes	Rs 8 lakh para um incubatório de sementes de peixes com capacidade de 10 milhões (alevinos) para as áreas planas e Rs 12 lakh para a mesma capacidade nos estados / distritos montanhosos e na região NE. Subsídio de 10% com um teto de Rs 80.000 / - e Rs 1,20 lakh nas áreas planas e montanhosas, respectivamente, apenas para empresários.
8	Unidades de ração para peixes	Unidades pequenas - o custo unitário é de Rs 5 lakh com uma capacidade de 1,2 quintais / dia. O subsídio seria de @ 20% com um teto de Rs 1 lakh por unidade para os empresários.
9	Capacitação de piscicultores	Estipêndio de Rs 100 / - por dia durante o período de treinamento de 10 dias e um montante fixo de Rs 100 / - para despesas de viagem / visitas de campo.
10	Criação de incubatório de sementes de camarão	i) O custo unitário é de Rs 30 lakh para um grande incubatório de camarão de água doce com uma capacidade mínima de 25 milhões de PL / ano. Esta seria uma concessão única aos Estados para o estabelecimento de incubatórios em nível estadual. (ii) O custo unitário é de Rs 8 lakh para um pequeno incubatório de 5-10 milhões de PL / ano de capacidade. Subsídio de 20% com um teto de Rs 1,60 lakh para empreendedores como doação única.
11	Estabelecimento de laboratórios em nível estadual para investigações de qualidade da água e sanidade dos peixes	O custo unitário é de Rs 30 lakh (Rs 25 lakh para a construção de edifícios e Rs 5 lakh para equipamentos, vidros e produtos químicos, etc.). Esta seria uma concessão única aos Estados. Os respectivos Estados atenderiam aos custos operacionais e outros custos recorrentes.

FONTE: DEPARTAMENT OF ANIMAL HUSBANDRY AND DAIRYING.

Além dos esforços do governo nacional, os governos estaduais também se articularam para o desenvolvimento do cultivo de peixes em suas localidades. Entre os vários estados que fornecem subsídios para o setor, a região de Karnataka tem se destacado pela adoção de medidas que auxiliaram principalmente os pequenos aquicultores. Entre os principais subsídios implementados, estão:

- Reembolso dos custos de óleos mecânicos;
- Isenção de impostos sobre motores e bombas aquáticas;
- Auxílio financeiro para a compra de rações.

Uma observação importante é que tanto o governo federal quanto os governos estaduais cobram dos beneficiados relatórios de progresso trimestral e anual que contenham dados sobre a produtividade daquele local. Além disso, as contas bancárias dos beneficiários estão sujeitas a uma fiscalização contínua por funcionários públicos. Toda essa fiscalização e checagem é realizada com o intuito de impedir qualquer tipo de corrupção nesse sistema de subsídios (SWISS RE, 2009).

A adaptação desse sistema de subsídios em outras localidades do planeta, levando em consideração as particularidades socioeconômicas de cada região, pode propulsionar a produção aquícola do mundo. Consequentemente, a prática da sobrepesca será predominantemente substituída por uma outra atividade com um menor impacto ambiental e com um grande potencial econômico.

Indicativo de Custos

Em relação aos custos, essa solução se diferencia das outras propostas. Isso se dá pelo fato de que as outras alternativas de solução requerem algum tipo de investimento financeiro, seja por parte de empresas privadas que irão realizar algum tipo de empreendimento, ou por parte do governo, que irá fornecer investimentos ou bancar alguma campanha.

Em contrapartida, a redução de subsídios aborda a solução de uma maneira exatamente oposta, que é com a redução de gastos e investimentos no setor pesqueiro, tendo, portanto, um ganho de verba por parte de governos, já que é proposto uma redução de gastos.

Consequentemente, essa solução pode ser caracterizada como uma solução sem custos diretos, ou até com benefícios financeiros diretos. No entanto, o custo dessa resolução é o político. Isso ocorre pelo fato de que políticos que adotarem essas medidas irão perder o apoio pela classe trabalhadora pesqueira que, em alguns países, é uma parcela muito grande da população, podendo até ser maior que a parcela da população que apoia medidas ambientais.

Como uma quantidade considerável dos países que investem grandes quantias em subsídios danosos possuem uma indústria pesqueira de grande porte, em especial países como China e Japão, não se espera que a adoção da política de redução de subsídios por parte desses países ocorra de maneira incontroversa, não somente por conta de resistências por parte de políticos, mas também por conta da população que depende economicamente da atividade.

Para remediar isso, é necessário que haja um esforço internacional por parte de organizações internacionais e países individuais para o pressionamento para a adoção internacional da redução de subsídios que dependem da atividade, juntamente com o uso de dados para mostrar que esses subsídios têm um impacto negativo a longo prazo para a indústria pesqueira, já que contribuem para a depleção dos estoques.

Indicativo de Impactos

Diretamente, os impactos gerados pela redução de subsídios danosos são predominantemente positivos ao cessar o incentivo às práticas consideradas insustentáveis e reduzir um gasto governamental, o que abre espaço para investimentos em outras áreas mais sustentáveis como a aquicultura.

Indiretamente, a abolição da política promoveria um maior custo da produção pesqueira, o que acarretaria uma maior competitividade do setor da aquicultura em relação ao mercado geral de pescados, reforçando a importante relação entre as duas soluções propostas.

No entanto, é crucial apontar os possíveis impactos negativos que a implementação da solução pode gerar. Como haveria uma redução de investimentos governamentais em uma indústria que vem crescendo a depender substancialmente deste auxílio, e também por ser uma atividade econômica que é responsável pelo emprego de aproximadamente 260 milhões de trabalhadores direta ou indiretamente (TEH *et al*., 2011), a redução ou eliminação desses fundos que previamente constituíam um importante pilar econômico do modelo de negócios provavelmente implicaria em uma perda de empregos, que iria negativamente impactar economias locais.

Concorrentemente, vale ressaltar que as perdas seriam em parte amenizadas pela substituição de empregos possibilitada pela aquicultura, que muitas vezes recebem maiores salários do que na indústria pesqueira (RIDLER *et al*., 2001). Além disso a perda momentânea de empregos gerada pela remoção de subsídios danosos certamente seria menor do que a perda causada por um possível colapso do ecossistema marinho local, que inviabilizaria a atividade pesqueira na região, e consequentemente acarretaria a perda de todos os empregos direta e indiretamente dependentes da atividade.

4.7.3 Esquema da implementação da solução

O esquema representado a seguir ilustra a ideia de execução das duas alternativas apresentadas. A aplicação conjugada das soluções escolhidas segue um determinado plano de execução que foi representado a seguir. Tanto a redução de subsídios “danosos” quanto o

estímulo à aquicultura podem ser implementados simultaneamente de modo a contribuir com a redução dos impactos gerados pela sobrepesca.

Figura 141 - Esquema funcional da implementação



FONTE: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

4.8 Conclusão

Conforme o levantamento de dados realizado no projeto, fica claro que a pesca é uma importante atividade comercial, bem como uma prática a qual garante a subsistência de milhares de indivíduos. Pode-se observar também que a pesca representa uma considerável parte da proteína de origem animal consumida no mundo, sendo capaz de proporcionar a segurança alimentar a nível global. Dada essa importância, a busca pela captura de peixes cresce a cada ano e, com isso, em inúmeras localidades a prática da sobrepesca já é bastante recorrente. Como consequência, a indústria da pesca tem sido responsável por esgotar vários ambientes marinhos.

Essa ruptura no equilíbrio entre exploração e preservação do meio ambiente ameaça não só os próprios peixes, mas também as gerações futuras que terão que lidar com uma fauna marinha totalmente desregulada. Devido a isso, a implementação de alternativas para conter esse cenário de desequilíbrio é fundamental. Nesse sentido, é de suma importância a garantia de que haja meios sustentáveis de obtenção de pescados. Assim, as soluções escolhidas para este fim devem ter início o mais breve possível, considerando a seriedade da condição de esgotamento dos recursos mundiais. A partir disso, visando amenizar especificamente o problema da sobrepesca, seguiu-se o trabalho realizado de elaboração de alternativas de solução.

Assim, propostas as alternativas, foi possível iniciar as discussões e a análise de quais alternativas seriam as mais viáveis e mais eficientes, sem, contudo, poder se definir de fato qual delas era a melhor. O que se sabia, até então, por intuição, era que a aquicultura se passava como uma componente fundamental de qualquer solução que viesse a ser implementada.

A fim de quantificar uma discussão que não passava de qualitativa, foi adotado um método de auxílio ao processo decisório de escolha de uma ou mais soluções dentre todas as outras formuladas. Por meio da ferramenta a qual é chamada de Matriz de Decisão, foi revelado que de fato a aquicultura era a melhor alternativa e, portanto, aquela que seria especificada para sua completa implementação. Junto dela foi revelado que a redução dos subsídios se tratava de uma componente fortalecedora da solução global, visto que reduziria o incentivo primordial e, muitas vezes, sustentador da indústria da pesca em grande escala. Além disso, essa redução de subsídios à sobrepesca possibilitaria um maior auxílio às atividades de extração de recursos marinhos mais sustentáveis, como a aquicultura.

Ao ser iniciada a especificação das soluções, logo foi percebido que a implementação da aquicultura tanto em larga escala como para os pequenos produtores tratava-se de uma solução suficientemente rentável e rapidamente implementável, a ponto de cumprir os objetivos do projeto.

Por outro lado, talvez por sua complexidade, foi difícil especificar a componente de Redução dos Subsídios da solução. Ao mesmo tempo que a amplitude de ações necessárias para a realização dessa tarefa era extensa, a inexatidão com que essas ações se apresentavam

dificultava sua especificação. Para contornar esse problema, foi decidido deixar em aberto os caminhos possíveis a serem seguidos particularmente por cada país no processo de mudança de políticas públicas, de modo que cada lugar, com suas especificidades, o fizesse baseado nos dados que indicam a urgência dessa mudança. Para tanto, foi especificado por este relatório os dados a serem utilizados e os argumentos possíveis para que o processo de convencimento político ocorra com sucesso.

É preciso que haja a colaboração conjunta na democratização das informações, além da harmonia entre os Estados na implantação das alternativas propostas e do aproveitamento do conhecimento prévio, garantindo assim a efetividade das soluções sugeridas.

5. Considerações finais

Fica claro, após análise daquilo que foi avaliado neste relatório, a urgência de intervenção nos três setores nele mencionados: a superprodução e o descarte inadequado de resíduos plásticos pelos centros urbanos; os impactos gerados pelo transporte marítimo; e a exploração predatória dos recursos marítimos na figura da sobrepesca. Esta pesquisa tem como objetivo definir a extensão dos problemas acima citados no cenário atual, bem como propor soluções para controlar e reverter a situação fazendo uso de metas e restrições para cercear o caminho em que tais alternativas devem ser escolhidas.

Para isso, em uma primeira etapa, o projeto foi dividido em três subtemas, e três equipes ficaram responsáveis por um subtema cada para aferir maior especificidade à pesquisa. As equipes trabalharam de maneira quase independente entre si durante todo o processo, unindo-se apenas entre a primeira e a segunda fase, quando os membros das equipes foram realocados para garantir um conhecimento mais abrangente sobre o projeto em geral em todos os subtemas, e no final da última fase, quando se fez necessário juntar todos os subprojetos em um único trabalho para que pudesse ser feita a redação final. Os subprojetos foram: Geração, manejo e descarte indevido de resíduos plásticos pelos grandes centros urbanos e seus impactos nos oceanos (Subprojeto 1 - Seção 2 do relatório); Transporte marítimo (Subprojeto 2 - seção 3 do relatório); e Exploração de recursos do mar (Subprojeto 3 - seção 4 do relatório).

Na primeira fase, cada equipe realizou um levantamento de dados detalhado, buscando explicitar, em toda a sua extensão, as condições atuais do problema que estava dentro de sua área de pesquisa, bem como seus impactos nos oceanos, no ecossistema marinho, nas atividades econômicas ou logísticas que dele dependem ou em outras esferas que possam de alguma forma ser afetadas por alterações nos oceanos. Para tal, foram consultados trabalhos preexistentes de outros autores sobre o tema, estatísticas de órgãos confiáveis do setor oceanográfico, notícias que exemplificassem os efeitos do problema e planos governamentais que mostrassem o que já é feito hoje para combater o obstáculo discutido. Após levantamento, registro, discussão e análise dos dados relacionados ao subprojeto, foi realizada uma definição do problema, estabelecendo metas e restrições para as soluções que viriam a ser discutidas. As metas tinham a função de especificar um prazo final para a implementação das soluções e

registravam uma expectativa da eficácia das mesmas, quantificando a redução esperada do problema. As restrições, por sua vez, tinham como objetivo limitar as alternativas propostas, evitando que elas causassem outros tipos de impacto negativo ambiental, social ou em outro setor. Utilizando-se desses dois conceitos, as equipes propuseram uma grande quantidade de alternativas de solução em processo de *brainstorming*, sem aprofundar a definição delas ou de fato quantificar sua eficácia.

Ao adentrar a segunda fase, as equipes atribuíram critérios com pesos diferentes para a avaliação das soluções propostas, buscando quantificar a eficiência de cada uma delas na resolução do problema proposto. Tendo em mente tais critérios, juntamente às metas e restrições estabelecidas na fase anterior, pode-se reduzir a quantidade inicial de soluções a um espaço amostral muito menor. As alternativas que restaram após esta primeira análise foram inseridas em uma matriz de decisão contendo os critérios definidos e seus respectivos pesos, para que uma comparação técnica pudesse ser realizada. Com o auxílio dessa matriz, as equipes selecionaram uma solução ou um conjunto de soluções que resolvessem com maior eficiência o problema tratado. Por fim, a solução escolhida foi especificada ao máximo, trazendo seus custos de implantação, os processos necessários para a implementação e a eficácia prevista para seu funcionamento total, justificando a escolha feita no momento anterior. Cada equipe descreveu o processo necessário para atingir a meta definida na primeira fase por meio da solução selecionada, propondo uma forma de reduzir efetivamente o problema do qual seu subprojeto tratava.

Com a pesquisa, tornou-se evidente a amplitude de métodos e tecnologias cujo propósito é de mitigar a problemática em relação à contaminação plástica nos oceanos, mais especificamente, a poluição gerada pelas atividades industriais e comerciais dos grandes centros urbanos. O cenário do plástico atualmente, como já dito, demanda esforços conjuntos entre governos, empresas e indivíduos para que possa ser revertido. Sobre a solução conjunta final especificada no subprojeto 1, constituída pela conjugação entre o “Ocean Cleanup Array”, o “Banco de Plástico” e o “uso de concreto aditivado”, pôde-se perceber que tanto sua implantação quanto seu funcionamento ainda dependem de otimizações logísticas e estruturais para que a meta estabelecida seja integralmente cumprida. Porém, obteve-se como resultado da seleção das 3 soluções uma abordagem ampla na mitigação da contaminação por resíduos plásticos em corpos d’água. Por atuarem nos 3 eixos fundamentais identificados no

levantamento de dados – sendo estes a retirada dos compostos dos oceanos, a obstrução do fluxo de poluição plástica entre os mares e grandes cidades e a requalificação dos dejetos retirados para que efetivamente não possam voltar a poluir – foi percebido que o modelo de solução final proposto apresenta uma efetividade considerável quando tomados como base os objetivos do projeto. Sua viabilidade de execução, devido às estimativas de custos e impactos realizadas, também é um fator que permite identificar na solução um amplo potencial de contribuir para a melhora do cenário no âmbito internacional, uma vez que se espera que ela seja absorvida de forma integrada por governos e empresas privadas de modo a diminuir a concentração dos polímeros plásticos nos oceanos do planeta.

A intensa dinamização dos fluxos comerciais internacionalmente, gerada, em maior parte, pela globalização, tem como resultado o aumento da demanda sobre o modal de transporte marítimo que foi identificado como o mais poluidor, o transporte de cargas por longas distâncias. É imediato perceber que, acompanhando o aumento da demanda do setor, também serão intensificados os impactos ambientais gerados pelas embarcações, sendo que os mais preocupantes no cenário atual decorrem dos problemas de emissão de gases poluentes à atmosfera, água de lastro e poluição orgânica. Nessa perspectiva, o estudo seguiu visando a consolidação de um conjunto final de soluções – que foi a execução de “Ballast-Free”, “Energia Eólica e Solar para Propulsão e Abastecimento” e “Reforma Química dos Gases Emitidos” em um único sistema conjunto aplicável em embarcações e articulado por meio da “Inteligência Artificial” – de forma a mitigar a intensidade dos 3 principais eixos de poluição dos oceanos pelo transporte marítimo. De forma análoga, a reversão do cenário apresentado na introdução de tal estudo integralmente de acordo com as metas propostas e no prazo estipulado de 10 anos (contemplando a “Década dos Oceanos”) se demonstrou inviável devido às complexidades identificadas principalmente na absorção da solução conjunta pelas empresas que possuem as embarcações. Contudo, embora demande otimizações, o conjunto final possui a capacidade de contribuir para que a humanidade consiga diminuir seus danos ao ecossistema marinho, preservando a vida marinha e proporcionando oceanos mais diversos, limpos e sustentáveis para as próximas gerações.

Embora a exploração de recursos oceânicos seja fundamental para a sustentação da vida humana, quando esta é realizada de forma abusiva e não sustentável, são geradas perdas tanto econômicas quanto ecológicas que, em grande parte das vezes, são irreversíveis. Em

vista disso, soluções foram especificadas com o intuito de reduzir as drásticas consequências que a sobrepesca, uma das formas de exploração descuidada dos recursos oceânicos pelo homem, vem se apresentando de forma cada vez mais intensa devido à globalização. Identificou-se como solução conjunta final mais adequada ao cumprimento dos critérios e objetivos do estudo a implementação síncrona tanto da aquicultura quanto da redução de subsídios que atuam de forma danosa à saúde ambiental dos oceanos. Embora necessite de coordenação governamental e privada, tal proposta assume destacada relevância na promoção da manutenção dos mares e de um equilíbrio geral no meio ambiente.

Por fim, considerando o contexto mundial dos oceanos e suas problemáticas relacionadas aos impactos antrópicos, o estudo em questão enfatiza a necessidade de uma perspectiva analítica, crítica e racional acerca do problema. A aplicação do método de engenharia foi substancialmente importante para a consolidação de tais pesquisas e dos resultados a ela atrelados. A valorização do conhecimento científico é essencial para que se consiga resultados para a preservação da vida marinha, para a sustentabilidade dos oceanos e para a própria sobrevivência humana. O estudo realizado não propõe apenas uma forma de resolução prática dos problemas existentes, mas também um modo de ampliar a compreensão da realidade, contribuindo, portanto, ao uso do conhecimento já consolidado para o desenvolvimento de métodos e tecnologias inovadoras que permitam com que, no futuro, os oceanos e a vida no Planeta Terra contemplem um cenário menos danificado e mais sustentável. Somente por meio dessas mudanças, fundamentadas pelo conhecimento científico, na relação entre o homem e o ambiente, a existência de um oceano saudável será conquistada e, assim, consolidar-se-ão os objetivos almejados pela “Década do Oceano”.

É necessário deixar claro, porém, que ainda há muito a ser desenvolvido para que o objetivo possa ser plenamente alcançado. Várias das soluções trazidas envolvem tecnologias de desenvolvimento recente, como o “uso de concreto aditivado” e o “Ballast-Free”, por exemplo, e ainda precisam de estudos mais aprofundados para avaliar seus efeitos a longo prazo. Além disso, as metas estabelecidas são extremamente ambiciosas, mirando ter efeito em larga escala já ao fim da “Década do Oceano”, algo quase intangível tendo em vista que as soluções devem ser implantadas em um número altíssimo de empresas e indústrias dos setores envolvidos, um processo complexo, demorado, e que pode enfrentar pesada resistência. Por fim, há ainda grande quantidade de alternativas possíveis de solução dos problemas abordados

que não foi aqui incluída pelas equipes, seja por não cumprir os requisitos ou ter eficiência menor em relação às citadas no projeto, seja por não ter conhecimento da existência de tal alternativa, mas que podem ter grande valia no combate à deposição de resíduos plásticos nos oceanos, à contaminação dos mares pelo transporte marítimo e aos efeitos nocivos da sobrepesca. No mais, espera-se que este projeto seja útil para direcionar trabalhos de engenharia, explicitando soluções tangíveis para mitigar os problemas citados em um futuro próximo, de maneira suficientemente eficiente e benéfica para o ambiente e a sociedade em pequena e larga escala.

Referências bibliográficas

ABIPLAST. **Associação Brasileira da Indústria do Plástico**, 2015. Disponível em: <https://www.abiplast.org.br/ > Acesso em: 12 mai. 2021.

ABIPLAST. **Associação Brasileira da Indústria do Plástico**. Estudo encomendado pelo Picplast mapeia a indústria de reciclagem de plástico no Brasil. 2020. Disponível em: http://www.abiplast.org.br/noticias/estudo-encomendado-pelo-picplast-mapeia-a-industria-dereciclagem-do-plastico-no-brasil/ . Acesso em:13 mai. 2021.

ABIPLAST. **Associação Brasileira da Indústria do Plástico**. Perfil 2019. Disponível em: http://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil2019/ . Acesso em: 12 mai. 2021.

ABRELPE. **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais**, 2016 . Disponível em: https://www12.senado.leg.br/noticias/imagens/COLETA.png . Acesso em: 13 jun. 2021.

ABREU, F. E. L. **Biocidas anti-incrustantes de terceira geração em sedimentos superficiais da costa brasileira.** Rio Grande, 2016. Disponível em: < https://sistemas.furg.br/sistemas/sab/arquivos/bdtd/0000011332.pdf>. Acesso em: 22 maio de 2021.

ABS - AMERICAN BUREAU OF SHIPPING. **MEPC 72 Brief.** Disponível em: <www2.eagle.org> Acesso em: 22 maio de 2021.

ACS. **American Chemical Society.** Disponível em: <https://www.acs.org/content/acs/en.html>. Acesso em: 30 mai. 2021.

AEA, Agência Europeia do Ambiente**. O lixo nos nossos mares**. 2014. Disponível em: <https://www.eea.europa.eu/pt/sinais-da-aea/sinais-2014/em-analise/o-lixo-nos-nossos-mares>. Acesso em: 20 mai. 2021.

ALFA LAVAL CORPORATE AB. Alfa Laval WWW: **Porque o PureBallast?** 2021. Disponível em: <https://www.alfalaval.com.br/microsites/pureballast/porque-pureballast/>. Acesso em: 23 jun. de 2021.

ALMEIDA, Guilherme; CASAGRANDE, Michele; CAVALCANTE, Erinaldo. (2015). **Avaliação da resistência à compressão simples de misturas de solo e escória de cobre aditivadas com cimento portland aplicadas a pavimentação.** 10.20906/CPS/CB-01-0016.

ALMEIDA, P. P.(2002). **Aplicação do método AHP -Processo Analítico Hierárquico -à seleção de helicópteros para apoio logístico à exploração e produção de petróleo "offschore".** Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

ALMESHAL, I.; TAYEH, B. A.; ALYOUSEF, R.; ALABDULJABBAR, H.; MOHAMED, A.; **Eco-friendly concrete containing recycled plastic as partial replacement for sand**, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785420302817>. Acesso em 24 jun. 2021.

ALQAHTANI, F. K.; ABOTALEB, I. S.; ELMENSHAWY, M. **Life cycle cost analysis of lightweight green concrete utilizing recycled plastic aggregates**, 2020. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710221005283 #sec3. Acesso em: 27 jun. 2021.

ANDRADY, A. L. **Microplastics in the marine environment.** Marine Pollution Bulletin, v. 62,n.8, p. 1596-1605, 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030 . Acesso em: 12 mai. 2021.

ARAÚJO, M. C. B.; SILVA-CAVALCANTI J. S. **Dieta indigesta: milhares de animais marinhos estão consumindo plásticos**, 2016. Disponível em: <https://www.revistasuninter.com/revistameioambiente/index.php/meioAmbiente/article/view/511>. Acesso em: 18 mai. 2021

ARI. Aggregate Research. **Understanding the Density of Concrete**, 2009. Disponível em: <https://www.aggregateresearch.com/news/understanding-the-density-of-concrete/>. Acesso em: 27 jun. 2021.

ARMADAARGENTINA. *TOAS* – **Argentina: Incríveis imagens noturnas das frotas pesqueiras chinesas**. [S.l.]: https://www.defesanet.com.br/toas/noticia/39821/TOAS-%E%80%93- Argentina–Incriveis-imagens-noturnas-das-frotas-pesqueiras-chinesas/, 2021. Cited on page 36.

ARTHUR, R.; HEYWORTH, S.; SHARKEY, J. P. W. **The cost of harmful fishing subsidies. IIED**, 2019. Disponível em: <https://pubs.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/16654IIED.pdf>. Cited on page 13.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. **Plástico é usado em painel para captar energia solar**. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/noticias/789-plastico-e-usado-em-painel-para-captar-energia-solar/>. Acesso em: 25 jun. 2021.

AUSTIN, H. P. *et al.* **Characterization and engineering of a plastic-degrading aromatic polyesterase**, 2018. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/115/19/E4350>. Acesso em: 20 mai. 2021.

BAKKE, T.; KLUNGSOYR, J.; SANNI, S. **Environmental impacts of produced water and drilling waste discharges from the norwegian offshore petroleum industry**. **Elsevier**, v. 92, p. 154–169, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141113613001621?via3Dihub>. Cited 2 times on the pages 15 e 16.

BARNES, D. K. A. (2002). **Invasions by marine life on plastic debris**. Nature, 416, 808–809.

BARRITT, Craig. **[Sem título]** 7 jun. 2019. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.fastcompany.com/90361053/museum-of-plastic-is-an-instagram-ready-museumon-a-mission>. Acesso em: 22 mai. 2021.

BBC NEWS . **Cinco gráficos que explicam como a poluição por plástico ameaça a vida na Terra**. Dez. 2017 . Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/cinco-graficos-

que-explicam-como-a-poluicao-por-plastico-ameaca-a-vida-na-terra.ghtml> . Acesso em 13 jun. 2021.

BEEFPOINT. FAO: **Qual a maior proteína da carne produzida mundialmente?** Disponível em: https://www.beefpoint.com.br/fao-qual-a-maior-proteina-da-carne-produzida-mundialmente/, 2016. Cited on page 31.

BICOM. **Associação Brasileira de Biopolímeros Compostáveis e Compostagem.** 2020. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/a-promessa-dos-bioplasticos/>. Acesso em: 22 jun. 2021.

BILLUND AQUACULTURE. **Our RAS system.** Disponível em: <https://www.billundaquaculture.com/our-ras-system/>

BLANCHARD, J. L. *et al*. Linked sustainability challenges and trade-offs among fisheries, aquaculture and agriculture. **Nat Ecol Evol**, v. 1, p. 1240–1249, 2017. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41559-017-0258-8?mc_cid=afc113a672&mc_eid=5ec9edb8b0#citeas>. Cited 2 times on pages 7 e 10.

BN. BN Products. **What are the Proper Concrete Mix Proportions**, 2017. Disponível em: <https://www.bnproducts.com/blog/what-are-the-proper-concrete-mix-proportions/>. Acesso em: 27 jun. 2021.

BOEHM, C. **Cerca de 80% dos resíduos encontrados nos oceanos têm origem nas cidades, 2018**. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-03/cerca-de-80-dos-residuos-encontrados-nos-oceanos-tem-origem-nas-cidades>. Acesso em 19 mai. 2021

BORTONE, S. A. *et al*. **Artificial Reefs in Fishes Management**. [S.l.]: CRC Press, 2011. 249 p. (Marine Biology Series). Cited on page 35.

BRASIL. **Água de Lastro**. ANVISA. Projetos GGPAF 2002. Disponível em: <www.academia.edu> Acesso em: 22 maio de 2021.

BRASKEM. Braskem S/A. **I'm green ™ Polyethylene.** 2014. Disponível em: <http://plasticoverde.braskem.com.br/site.aspx/Im-greenTM-Polyethylene>. Acesso em: 22 jun. 2021.

BREEDON. Breedon Group, Breedon Cement Limited. **Portland Cement – Technical Data Sheet**, 2021. Disponível em: <https://www.breedongroup.com/images/uploads/products/Portland__Cement_DS.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2021.

BRINK, Patrick Ten *et al*. The Economics of Marine Litter. Separata de: BRINK, Patrick Ten *et al*. Marine Anthropogenic Litter. [S. l.: s. n.], 2015. cap. 14, p. 367-389. ISBN 978-3-319-16509-7. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283653495_The_Economics_of_Marine_Litter>. Acesso em: 12 mai. 2021.

BROWNE, M.; DISSANAYAKE, A.; GALLOWAY, T. S.; LOWE, D. M.; THOMPSON, R. C., 2008. Ingested Microscopic Plastic Translocates to the Circulatory System of the Mussel, Mytilus edulis (L.). Environ. Sci. Technol., 42 (13), 5026-5031. Acesso em 21 mai. 2021

BRUNT, V. **Relator aponta fracasso em planos nacionais de saneamento e resíduos sólidos, 2016**. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/relator-aponta-fracasso-em-planos-nacionais-de-saneamento-e-residuos-solidos>. Acesso em: 20 mai. 2021.

BRYNDUM-BUCHHOLZ, A. *et al*. Twenty-first-century climate change impacts on marine animal biomass and ecosystem structure across ocean basins. **Global Change Biology**, p. 459–472, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.14512?af=R>. Cited on page 10.

CABRAL, F. P. Microplásticos no ambiente marinho: mapeamento de fontes e identificação de mecanismos de gestão para minimização da perda de pellets plásticos. instituto oceanográfico da Universidade de São Paulo, novembro de 2014. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/21/21134/tde-30032015-150240/publico/Dissertacao_Flavia_Cabral_Corrigida.pdf>

CALDAS, M. **Poluição do mar desafia pesca artesanal no Brasil e causa escassez de peixes, 2021**. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Um-So-

Planeta/noticia/2021/02/poluicao-do-mar-desafia-pesca-artesanal-no-brasil-e-causa-escassez-de-peixes.html>. Acesso em: 20 mai. 2021.

CAO, L. *et al*. Environmental impact of aquaculture and countermeasures to aquaculture pollution in china. **Environmental Science and Pollution Research**, 2007. Cited on page 21.

CAPTAIN CHARLES MOORE. Blue Growth. **Marine Research**. Disponível em: https://www.blue-growth.org/Blue_Growth_Media_A_To_Z/Algalita_Charles_Moore_Captain_Marine_Research.htm. Acesso em: 23 jun. 2021.

CARLTON, J. T. **Introduced species in US coastal waters: Environmental impacts and management priorities**. Arlington, VA: Pew Oceans Commission, 2001. Disponível em: <www.pewtrusts.org> Acesso em: 22 maio de 2021.

CARNEIRO, P.; MORAIS, C.; NUNES, M.; MARIA, A.; FUJIMOTO, R. **(2015) Montagem e Operação de um Sistema Familiar de Aquaponia para Produção de Peixes e Hortaliças.** EMBRAPA. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/144938/1/CT-72.pdf>

CARNIVAL. **Onboard water.** Disponível em: <https://help.carnival.com/app/answers/detail/a_id/1197/~/onboard-water> Acesso em: 22 maio de 2021.

CASTRO, I. B. *et al*. **Tintas anti-incrustantes de terceira geração: novos biocidas no ambiente aquático**. *Quim. Nova*, Vol. 34, No. 6, 1021-1031, Rio Grande, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/qn/v34n6/20.pdf> Acesso em: 17 maio de 2021.

CASTRO, Mayara Roberta. **Estudo das propriedades mecânicas do concreto polimérico produzido com resina reciclada de PET e com E-PLASTIC como parte do agregado.** Disponível em: http://www.biblioteca.pucminas.br/teses/EngenhariaMecanica_MayaraRobertaDeCastro_7864.pdf Acesso em: 21/06/2021

CATRACA LIVRE. 2018. Disponível em: https://catracalivre.com.br/wp-content/thumbnails/Y0Cw1xz-B9RS_9MVCiXFgzucHco=/wp-content/uploads/2018/02/shutterstock_476192023.jpg . Acesso em: 13 jun. 2021.

CATRACA LIVRE. 2018. Disponível em: https://catracalivre.com.br/wp-content/ thumbnails/Y0Cw1xz-B9RS_9MVCiXFgzucHco=/wp-content/uploads/2018/02/ shutterstock_476192023.jpg. Acesso em: 13 jun. 2021.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Construção Civil gerou mais de 100 mil empregos formais até setembro**, 2020. Disponível em: https://cbic.org.br/ construcao-civil-gerou-mais-de-100-mil-empregos-formais-ate-setembro. Acesso em: 27 jun. 2021.

CDC. Center for Disease Control and Prevention. **Radioisotope Brief: Cobalt-60 (Co-60)**, 2018. Disponível em: https://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/isotopes/ cobalt.htm. Acesso em: 26 jun. 2021.

CHAN, A. (2016). **The Future of Bacteria Cleaning Our Plastic Waste**. *Berkeley Scientific Journal*, 21(1). http://dx.doi.org/10.5070/BS3211033737 Disponivel em: https://escholarship.org/uc/item/7xb0c7hr. Acesso em: 22 jun. 2021.

CHANG, J. Y. K.; LO, I. M. C. **Investigation of the available technologies and their feasibility for the conversion of food waste into fish feed in Hong Kong.** 2016. Disponível em: < https://doi.org/10.1007/s11356-015-4668-3> Acesso em: 23 maio de 2021.

CHEN, E. Y. X. *et al.* **A synthetic polymer system with repeatable chemical recyclability**, 2018. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/360/6387/398/tab-pdf>. Acesso em: 20 mai. 2021.

CHOI, Y.-W.; MOON, D.-J.; CHUNG, J.-S.; CHO, S.-K. **Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete**, 2005. Cem. Concr. Res., 35 (2005), pp. 776-781. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/ S0008884604002169. Acesso em: 26 jun. 2021.

CHU, J. **MIT students fortify concrete by adding recycled plastic.** Disponível em: <https://news.mit.edu/2017/fortify-concrete-adding-recycled-plastic-1025>. Acesso em: 20 mai. 2021.

CHUEIRI, D. M.A.; FORTUNATO, R. A. Turismo e esgoto domésticos na Ilha Grande(RJ): uma análise exploratória nas praias de Abraão e Aventureiro. Revista Brasileira de Ecoturismo, São Paulo, v14, n.1,fev-abr 2021pp. 55-73. Disponível em: https://periodicos.unifesp.br/index.php/ecoturismo/article/view/10463/8239

CIDADE DE EMBU DAS ARTES. **Vagas de Emprego. 2021.** Disponível em: <http://www.cidadeembudasartes.sp.gov.br/embu/portal/noticia/ver/12945>

COHEN, A. N. 1998. **Ships' Ballast Water and the Introduction of Exotic Organisms into the San Francisco Estuary: Current Status of the Problem and Options for Management.** San Francisco Estuary Institute, Richmond CA. Disponível em: <www.researchgate.net> Acesso em: 22 maio de 2021.

COHEN, J. **An ocean of plastic, 2015.** Disponível em: https://www.meduniwien.ac.at/web/en/about-us/news/detailsite/2018/news-october-2018/microplastics-detected-in-humans-for-the-first-time/. Acesso em: 25 mai. 2021.

COLE, M. *et al*. Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. Marine Pollution Bulletin, v. 62, n. 12, p. 2588-2597, 2011. DOI: https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025 . Acesso em: 12 mai. 2021.

CONCAWE. **Marine fuel facts, 2016**. Disponível em: <https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/2017/01/marine_factsheet_web.pdf> Acesso em: 14 maio de 2021.

CONCEIÇÃO, A. L. C. da; *et al*. **Medidas de prevenção, lançamento e tratamento biológicos de esgoto por navios mercantes.** Disponível em: <http://www.meioambientepocos.com.br/Anais2018/Gerenciamento%20de%20Res%C3%ADduos%20S%C3%B3lidos%20e%20L%C3%ADquidos/632.%20Medidas%20de%20preven%C3%A7%C3%A3o,%20lan%C3%A7amento%20e%20tratamento%20biol%C3%B3gicos%20de%20esgoto%20por%20navios%20mercantes.pdf>. Acesso em: 16 maio de 2021

CONEXÃO PLANETA. Racefor Water . Mar. 2016 . Disponível em: https://conexaoplaneta.com.br/wp-content/uploads/2016/03/RaceforWater_Approach.jpg . Acesso em: 13 jun. 2021.

CORCONRAN, P.L.; BIESINGER, M.C.; GRIFI, M., 2009. Plastics and beaches: a degrading relationship. Marine Pollution Bulletin 58, 80–84. Acesso em 21 mai. 2021.

CORLESS, Victoria. **Inspired by the pufferfish, this hydrogel purifies water using nothing but sunlight**. Advanced Science News, 2021. Disponível em: <https://www.advancedsciencenews.com/inspired-by-the-pufferfish-this-hydrogel-purifies-water-using-nothing-but-sunlight/>. Acesso em: 23 jun. de 2021.

CORREIA, F. N.; BEZERRA, I. S. A poluição causada por petróleo e suas consequências para o meio marinho. **Anais CONPETRO**, 2015. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/ editora/anais/conepetro/2015/Modalidade_1datahora_30_03_2015_15_43_54_idinscrito_1998_88a5da8ce5998ee8059343bfeb96c4fe.pdf>. Cited on page 15.

COSTA , P. Mar de plástico ameaça a vida marinha. Folha de Pernambuco. Out. 2018. Pernambuco. Disponível em: https://www.folhape.com.br/noticias/mar-de-plastico-ameaca-a-vida-marinha/78357/ . Acesso em: 13 jun. 2021.

COSTA, C. R.; DA COSTA, M. F. Revista Brasileira de Meio Ambiente, v.8, n.3. 092-113 (2020). Disponível em: https://www.revistabrasileirademeioambiente.com/index.php/RVBMA/article/view/403/238

COSTANZA, R.; D' ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; & HANNON, B. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 387, 253–260.

CRAWFORD, C. B.; QUINN, B. . Microplastic Pollutants, Elsevier, 2017, Page iv, ISBN 9780128094068. Disponível em: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809406-8.12001-8. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128094068120018). Acesso em: 30 abr. 2021

CRIAÇÃO DE CARANGUEJO. Sansuy. **Criação de Caranguejo: Descubra as melhores formas de fazê-la**. Jul, 2019. Disponível em: <https://blog.sansuy.com.br/criacao-de-caranguejo-descubra-as-melhores-formas-de-faze-la/>. Acesso em: 28 jun. 2021.

CRUISE JUNKIE. **Pollution and Environmental Violations and Fines,** 1992 – 2018. Disponível em: <http://www.cruisejunkie.com/envirofines.html> Acesso em: 23 maio de 2021.

CRUISE MARKET WATCH. **2021 Worldwide cruise line passenger capacity.** Disponível em:<https://cruisemarketwatch.com/capacity/> Acesso em: 22 maio de 2021.

CRUZ, A. C. F. **Toxicity and ecological risks of third-generation anti-fouling paints: Toxicity and effects of diclofluanid on marine organisms.** São Vicente, 2019. Disponível em <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/180741>. Acesso em: 20 maio de 2021.

CUNHA , Suellem Damazio da Silva. Exxon Valdez. *In*: CUNHA , Suellem Damazio da Silva. **Impactos na Legislação Marítima em Consequência de Acidentes**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante) - Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro, 2017. p. 58. Disponível em: <http://www.redebim.dphdm.mar.mil.br/vinculos/00001a/00001a33.pdf>. Acesso em: 23 maio de 2021.

D A A Sari *et al*. **Reduce marine debris policy in Indonesia**. 2021. **(D A A Sari, 2021)**

DAMDIMOPOULOU, P. *et al*. **Plastics, EDCs & Health.** Disponível em: <https://br.boell.org/pt-br/2021/01/19/mare-alta-de-plastico-e-ressaca-no-turismo>. Acesso em: 20 mai. 2021.

DAVIS, T. D.; BAUM, J. K. Extinction risk and overfishing: Reconciling conservation and fisheries perspectives on the status of marine fishes. **Scientific Reports**, 2012. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3413007/>. Cited on page 8.

DEPARTMENT OF ANIMAL HUSBANDRY, DAIRYING E FISHERIES, MINISTRY OF AGRICULTURE E FARMERS WELFARE GOVERNMENT OF INDIA (2017).

Recirculatory Aquaculture System: Action Plan. Disponível em: <https://nfdb.gov.in/PDF/E%20Publications/8%20Recirculatory%20Aquaculture%20System_RAS%202017.pdf>

DIAS, J. de C. Rotas de destinação dos resíduos plásticos e seus aspectos ambientais: uma análise da potencialidade da biodegradação. COPPE UFRJ. Dissertação de mestrado 2016.

DIAS, Nilson. **Aquaponia pode salvar a Amazônia? Conheça o sistema que permite criar peixes e vegetais de maneira integrada**. [*S. l.*], 31 ago. 2017. Disponível em: <https://viverforadosistema.org.br/aquaponia-pode-salvar-amazonia-conheca-o-sistema-que-permite-criar-peixes-e-vegetais-de-maneira-integrada/>. Acesso em: 30 jun. 2021.

DNVGL – **Number of ships using LNG, scrubbers to increase from 2020.Safety4sea – 2019.** Disponível em: < https://safety4sea.com/number-of-ships-using-lng-scrubbers-to-increase-from-2020/> Acesso em: 01 jul. de 2021.

DOMMERGUES, Bénédicte; BRAMBINI, Roberto; METTLER, René; ABIZA, Zaki; SAINTE-ROSE, Bruno. **Hydrodynamics and Capture Efficiency of Plastic Cleanup Booms**: Part II — 2D Vertical Capture Efficiency and CFD Validation. 2017

DONEY, S. C *et al*. **Ocean Acidification: The other CO_2 problem.** Massachussets, EUA, 2008. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.marine.010908.163834> Acesso em: 14 maio de 2021.

ECOBOAT AMBIENTAL . Disponível em: http://www.ecoboatambiental.com.br/wp-content/gallery/ecoboat/ecoboat-7.jpg . Acesso em: 13 jun. 2021.

EKINS, P.; VANNER, R.; FIREBRACE, J. Zero emissions of oil in water from offshore oil and gas installations: economic and environmental implications. **Elsevier**, v. 15, p. 1302–1315, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652606002678>. Cited on page 15.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **IMO 2020: A nova regulamentação de combustíveis marítimos.** 2019, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em:

<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-447/EPE_MME_COMBUST%C3%8DVEIS%20MAR%C3%8DTIMOS%20E%20IMO%202020_2019.08.08%20-.pdf> Acesso em: 25 jun de 2021.

ENVIRONMENTAL HEALTH NEWS. **Titaniumdioxide in Sunscreens can form dangerous radicals**. 2012. Disponível em:< https://innovationsgesellschaft.ch/en/titaniumdioxide-in-sunscreens-can-form-dangerous-radicals/#:~:text=Chlorinated%20swimming%20pool%20water%20can%20remove%20the%20protective,react%20with%20water%20to%20generate%20harmful%20free%20radicals. > Acesso em: 23 maio de 2021.

EUROPEAN BIOPLASTICS. **Bioplastics Market Development Update 2019.** 2019. Disponível em: https://www.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2019/11/Report_Bioplastics-Market-Data_2019_short_version.pdf. Acesso em: 22 jun. 2021.

EUZEBIO, C.S.; *et al*. **Derramamento de petróleo e seus impactos no ambiente e na saúde humana**. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <http://www.rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/588/438>. Acesso em: 18 maio de 2021.

FAGUNDES, L; MISSIO, E. **Poluição Plástica: Impactos Sobre a Vida Marinha, 2018.** Disponível em: https://guri.unipampa.edu.br/uploads/evt/arq_trabalhos/17095/seer_17095.pdf#:~:text=A%20m%C3%A1%20gest%C3%A3o%20de%20res%C3%ADduos,de%20esp%C3%A9cies%20da%20fauna%20marinha. Acesso: 25 mai. 2021

FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture.** 2020. Sustainability in action. Roma. Disponível em: https://doi.org/10.4060/ca9229en. Acesso: 12 Jul. 2021.

FARIAS, Marcelo dos Reis. PINTO, Luiz Antônio Vaz. MONTEIRO, Ulisses A. **Métodos de eficiência energética e de mitigação de emissões de gases poluentes para navios e os impactos no setor de transporte marítimo.** Acesso em 01 jul. de 2021. Disponível em: <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/9208/510> Acesso em: 01 jul de 2021

FERREIRA, J. **Impacto ambiental e ingestão de lixo pelas tartarugas verdes, 2015.** Disponível em: <https://biologia.ufes.br/sites/cienciasbiologicas.ufes.br/files/field/anexo/impacto_ambiental_e_ingestao_de_lixo_pelas_tartarugas_verdes_chelonia_mydas_na_praia_de_regencia_norte_do_espirito_santo_-_juliana_santos_ferreira.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2021.

FILHO, N. M.; PEREIRA, F. C. **Resíduos da construção civil na cidade de Londrina: análise da política de gerenciamento de resíduos da construção civil adotada pelo município e estudos de caso utilizando uma proposta de reciclagem baseada na técnica de estabilização por solidificação de Portland**. Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 2015. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-05072016-150241/publico/Corrigida.pdf. Acesso em: 5 mai. 2021.

FIRME, I. C. T.; DE OLIVEIRA, M. M. **Microplásticos e impactos no meio ambiente: Análise de ocorrências no ambiente marinho**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, v. 14, n. 1, p. 4-17, 16 abr. 2020. Disponível em:https://doi.org/10.19180/2177-4560.v14n12020p4-17 . Acesso em: 12 mai. 2021.

Fletcher, Rob. **Why the big RAS players bear a heavy responsibility**. The Fish Site, 17 September 2020. Disponível em: <https://thefishsite.com/articles/why-the-big-ras-players-bear-a-heavy-responsibility> Acesso em: 12 julho 2021.

FLINN. Flinn Scientific. 2021. Disponível em: https://www.flinnsci.com/gamma-source-cobalt-60/ap8795/. Acesso em: 27 jun. 2021.

FONSECA, D. **Festa de réveillon deixa mais de 60 toneladas de lixo nas praias do Pina e de Boa Viagem**. Atualizado em 01 jan. 2020. Disponível em: https://g1.globo.com/pe/pernambuco/noticia/2020/01/01/festa-de-reveillon-deixa-mais-de-60-toneladas-de-lixo-nas-praias-do-pina-e-de-boa-viagem.ghtml .Acesso em: 15 mai. 2021.

Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9229en>. Cited 7 times on the pages 1, 2, 10, 20, 21, 22 e 25.

FOURTH IMO GHG STUDY. **International Maritime Organization, GreenHouse Gas Study**. 2020. Disponível em: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Fourth%20IMO%20GHG%20Study%202020%20Executive-Summary.pdf> Acesso em: 12 maio de 2021.

FRANÇA, A; BERNAL, A; ROCHA, D; LIMA, R. *et al.* **Plano de Combate ao lixo no Mar, 2019.** Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/centrais-de-conteudo/plano-nacional-de-combate-ao-lixo-no-mar-pdf>. Acesso em: 20 mai. 2021.

FRANKIC, A.; HERSHNER, C. Sustainable aquaculture: developing the promise of aquaculture. **Aquaculture International**, v. 11, p. 517–530, 2003. Cited on page 20.

FREITAS, R. R.; COSTA, K. G.; SILVESTRI, F. Maricultura e meio ambiente: tecnologias, impactos e sustentabilidade. ***Revista Brasileira de Agroecologia***, v. 4, p. 107–113, 2009. Cited on page 21.

GAINES, S. D.; COSTELO, C. Previsão de colapso da pesca. ***Proceedings of the National Academy of Sciences***, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/ 211036/1/CPAF-AP-2009-Aquicultura-e-pesca-mudanca-modelo-exploratorio.pdf>. Cited 2 times on the pages 9 e 10.

GAMA, B. A. P. da; PEREIRA, R. C**. Poluição por TBT no ambiente marinho: O dilema das tintas anti-incrustantes.** Anais do IV Congresso Brasileiro de Defesa do Meio Ambiente, Clube de Engenharia, RJ, 1995: 275-285 - Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Bernardo-Da-Gama/publication/277021981_Poluicao_por_TBT_no_ambiente_marinho_o_dilema_das_tintas_anti-incrustantes/links/555fca5a08ae8c0cab30b623/Poluicao-por-TBT-no-ambiente-marinho-o-dilema-das-tintas-anti-incrustantes.pdf>. Acesso em: 19 maio de 2021.

GARBER, M. F. Estruturas flutuantes para a exploração de campos de petróleo no mar (FPSO): apoio à decisão na escolha do sistema. São Paulo, 2002. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo - USP.

GEYER, R; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of a ll plastics ever made. Science Advances. 19 de julho de 2017. Vol. 3, não. 7, e1700782 . DOI: 10.1126 / sciadv.1700782 . Acesso em: 13 mai. 2021.

GIPA. Gamma Industry Processing Alliance. **Comparison of Cobalt-60 Gamma and X-Ray Technologies**, 2014. Disponível em: http://gipalliance.net/wp-content/uploads/ 2013/01/GIPA-Whitepaper-Comparison-of-Cobalt-60-Gamma-X-ray-Technologies.pdf. Acesso em: 27 jun. 2021.

GLOBALFISHINGWATCH. **Piscicultura familiar como ferramenta para o desenvolvimento e segurança alimentar no meio rural**. [S.l.]: <https://globalfishingwatch.org/map/, 2021>. Cited on page 32.

GLOBO RURAL. COMO CRIAR MEXILHÕES - Revista Globo Rural. MATHIAS, João. Como criar vieiras**. Revista Globo Rural**. Abr, 2017. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/como-criar/noticia/2017/04/como-criar-mexilhoes.html> . Acesso em: 28 jun. 2021.

GLOBO RURAL. COMO CRIAR VIEIRAS - Revista Globo Rural. MATHIAS, João. Como criar vieiras. **Revista Globo Rural**. Jul. 2016. Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/como-criar/noticia/2016/07/como-criar-vieiras.html> . Acesso em: 28 jun. 2021.

GOLDSTEIN, M. C., CARSON, H. S., & ERIKSEN, M. (2014). Relationship of diversity and habitat areain North Pacific plastic-associated rafting communities. Marine Biology, 161, 1441–1453.

GOMES, M. (2018) **Microrganismos são alternativas sustentáveis para recuperação de áreas contaminadas.** Disponível em: <https://www.comciencia.br/microrganismos-sao-alternativa-sustentavel-para-recuperacao-de-areas-contaminadas/#:~:text=Bact%C3%A9rias%20dos%20g%C3%AAneros%20Bacillus%2C%20Pseudomonas,remover%20ou%20degradar%20contaminantes%20ambientais>. Acesso em: 20 maio de 2021

GRECHINSKI, P. **Lixo no mar: um problema social.** Revistas Mosaicos Estudos em Governança, Sustentabilidade e Inovação, Curitiba, v. 2, n. 1, p. 30-43, 2020.

GRIMBERG, E. *et al*. **I Seminário Internacional - "Oceanos livres de plásticos"**, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unisanta.br/index.php/bio/article/view/1410>. Acesso em: 18 mai. 2021

HAGINO, Y. *et al*. **Transporte e liberação de produtos químicos de plásticos para o meio ambiente e para a vida selvagem, 2009.** Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/full/10.1098/rstb.2008.0284>. Acesso em: 20 mai. 2020

HALLEGRAEFF, G.M, BOLCH, C.J. (1992). **Transport of diatom and dinoflagellate resting spores in ships' ballast water: implications for plankton biogeography and aquaculture.** Journal of Plankton Research 14, 1067-1084. Disponível em: <www.researchgate.net> Acesso em: 22 maio de 2021.

HALLEGRAEFF, G.M. **Transport of toxic dinoflagellates via ships' ballast water: Bioeconomic risk assessment and efficacy of possible ballast water management strategies.** *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1998, 168, 297–309. Disponível em: <www.int-res.com> Acesso em: 22 maio de 2021.

HAMILTON, A. *et al.* **Solucionar a Poluição Plástica: Transparência e Responsabilização.** Disponível em: <https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/51804/1552932397PLASTIC_REPORT_02-2019_Portugues_FINAL.pdf>. Acesso em: 20 mai.2021.

HANNINGTON, M. *et al*. **The abundance of seafloor massive sulfide deposits**, 2011. Disponível em: <http://earthresources.sakura.ne.jp/er/ZR15_KNK_02.html>. Cited on page 19.

HG. Home Guide. **2021 Concrete Prices – Concrete Truck Delivery Costs (Per Yard)**, 2021. Disponível em: https://homeguide.com/costs/concrete-prices#ton. Acesso em: 27 jun. 2021.

HOOLA ONE/ PRIX NOVAE. mai. 2020. Disponível em: https://novae.ca/wp-content/uploads/2020/05/Hoola_One_gagnants.jpg . Acesso em: 13 jun. 2021.

HUEY, P. [Sem título] 11 mar. 2016. 1 ilustração. Disponível em: https://science.sciencemag.org/content/351/6278/1154/tab-figures-data. Acesso em: 20 maio 2021.

IGUI ECOLOGIA. Beegreen - Seabin Project. Dez. 2019. Disponível em: https://beegreen.eco.br/wp-content/uploads/2019/12/Seabin-Project.jpeg . Acesso em: 13 jun. 2021.

IGUI ECOLOGIA. Eco - Aware Efficiency . Disponível em: https://i.pinimg.com/originals/32/9c/d7/329cd7bfd429ee787ffa107764430a52.jpg . Acesso em: 13 jun. 2021.

IMAR FCTUNL – Instituto do Mar, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa. Campus da Caparica: https://saneamentobasico.com.br/wpcontent/ uploads/2019/08/microplasticos-nos-oceanos.pdf

IMO - INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **BWM Convention and Guidelines.** Disponível em: <www.imo.org> Acesso em: 22 maio de 2021.

IMO - INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **Invasive Aquatic Species**. Disponível em: <www.imo.org> Acesso em: 22 maio de 2021.

IMO - INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **Recommendation on standards for the rate of discharge of untreated sewage from ships.** Disponível em: <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Resolution% 20MEPC.157-55.pdf> Acesso em: 22 de maio 2021.

IMO - INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **Resolution A.774(18).** Disponível em: <www.imo.org> Acesso em: 22 maio de 2021.

IMO - INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **Resolution A.868(20).** Disponível em: <www.imo.org> Acesso em: 22 maio de 2021.

IMO - INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **Solar Panels.** Green Voyage 2050. 2019. Disponível em: <https://greenvoyage2050.imo.org/technology/solar-panels/#> Acesso em: 22 jun. de 2021.

IMO - INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION. **The GloBallast Story: Reflections from a Global Family.** GloBallast Partnerships Programme. GloBallast Monograph No. 25 (2017). Disponível em: <www.imo.org> Acesso em: 22 maio de 2021.

IMPACT. In: Plastic Bank. Disponível em: https://plasticbank.com/our-impact/ . Acesso em: 27 jun. 2021. (Plastic Bank, 2021)

IN TODAY. Plastic Bags Vs. Jute . Disponível em: https://smedia2.intoday.in/btmt/images/stories/plastic_bags_vs_jute_660_100319091003.jpg . Acesso em: 13 jun. 2021.

INEA 2011. Instituto Nacional do Meio Ambiente - Plano de Manejo (Fase 2) – Parque Estadual de Ilha Grande, 2011. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/wpcontent/uploads/2019/01/PEIG-PM.pdf . Acesso em: 14 mai. 2021.

INVASIVE SPECIES SPECIALIST GROUP, GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE.. ***Asterias amurensis*** **(sea star).** Disponível em: <http://issg.org/database/species/List.asp> Acesso em: 22 maio de 2021.

INVASIVE SPECIES SPECIALIST GROUP, GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE. ***Carcinus maenas*** **(crustacean).** Disponível em: <http://issg.org/database/species/List.asp> Acesso em: 22 maio de 2021.

INVASIVE SPECIES SPECIALIST GROUP, GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE.. ***Mnemiopsis leidyi*** **(comb jelly).** Disponível em: <http://issg.org/database/species/List.asp> Acesso em: 22 maio 2021.

ISTOÉ. Istoé Dinheiro. **Garrafas plásticas se tornam a principal fonte de lixo nos oceanos**, 2019. Disponível em: https://www.istoedinheiro.com.br/garrafas-plasticas-se-tornam-a-principal-fonte-de-lixo-nos-oceanos/. Acesso em: 27 jun. 2021.

ISWA. Associação Internacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: https://www.iswa.org/?v=19d3326f3137 . Acesso em: 30 mai. 2021.

ITOPF - INTERNATIONAL TANKER OWNERS POLLUTION FEDERATION. **Oil Tanker Spill Statistics 2020.** Disponível em: <https://www.itopf.org/knowledge-resources/data-statistics/statistics/>

ITOPF. **Effects of oil pollution on the marine environment,** 2014**.** Disponível em: <https://www.itopf.org/fileadmin/data/Documents/TIPS%20TAPS/TIP_13_Effects_of_Oil_Pollution_on_the_Marine_Environment.pdf > . Acesso em: 16 maio de 2021.

ITOPF. **The International Tankers Owners Pollution Federation. "Torrey Canyon, United Kingdom 1967".** Disponível em: <https://www.itopf.org/in-action/case-studies/case-study/torrey-canyon-united-kingdom-1967/>. Acesso em: 18 de maio de 2021.

JACKSON, J. B. C. *et al*. Historical overfishing of the recent collapse of coastal ecosystems. **Science**, 2001. Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/293/5530/629>. Cited 2 times on the pages 8 e 28.

JAMBECK, J. R.; GEYER, R.; WILCOX, C.; SIEGLER, T. R.; PERRYMAN, M.; ANDRADY, A.; NARAYAN, R.; LAW, K. L. Plastic waste inputs from land into the ocean. Report. Science. 13 Feb 2015. Vol. 347, Issue 6223, pp. 768-771. DOI: 10.1126/science.1260352. Acesso em: 13 mai. 2021.

JASSIM, A; Recycling of Polyethylene Waste to Produce Plastic Cement, 2017. Disponível em https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917300872, acesso em 24 jun. 2021.

JONES, F. **A promessa dos bioplásticos.** Revista Pesquisa FAPESP. 2020. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/a-promessa-dos-bioplasticos/. Acesso em: 22 jun. 2021.

JORDAN, Chris. [Sem título] 2017. 1 fotografia. Disponível em: https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-5714369/Filmmaker-captures-heartbreakingimages-albatrosses-killed-plastic-remote-pacific-island.html. Acesso em: 19 mai. 2021.

JORDÃO, Bruno Miguel da Cruz; PEREIRA, Susete Rodrigues. **A análise multicritério na tomada de decisão**: desenvolvimento do método com recurso à análise de um caso prático explicado ponto a ponto. 2006. 14 f. Tese - Curso de Gestão de Empreendimentos, Departamento de Engenharia Civil, Instituto Politécnico de Coimbra, Coimbra, 2006.

KATZ, David. Plastic Bank: launching Social Plastic revolution. 2019. (David Katz, 2019)

KIM, J. Y. U.; ZANONI, M. V. B. **Degradação de filtros solares selecionados, ureia e desinfecção de água de piscina por fotoeletrocatálise combinada com ozonização.** 2018. Disponível em:<Degradação de filtros solares selecionados, ureia e desinfecção de água de piscina por fotoeletrocatálise combinada com ozonização (unesp.br) > Acesso em: 23 maio de 2021.

KOBOEVIĆ, Ž. **Sustainable devices for sewage water management on ships.** Croácia, 2020 Artigo - Universidade de Dubrovnik - Departamento Marítimo. Disponível em:< ikm.mk/ojs/index.php/KIJ/article/view/4336/4149 > Acesso em 22 de maio de 2021.

KUBITZA, F; TATIZANA, S; SAMPAIO, A.. **Como Andam as Contas da Sua Piscicultura – Parte-I**. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/como-andam-as-contas-da-sua-piscicultura-parte-i/>

KUHNEN, V. V. *et al*. Mariculture impacts on the benthonic icthyofauna of itaguÁ bay, ubatuba, southeast brazil. **Santos: Instituto de Pesca**, p. 10, 2019. Disponível em: <https://www.pesca.sp.gov.br/MARICULTURE_IMPACTS_ON_THE_BENTHONIC_ICTHYOFAUNA_OF_ITAGUA_BAY_UBATUBA_SOUTHEAST_BRAZIL.pdf>. Cited on page 20.

KURIEN, J. Pesca de pequena escala no contexto da globalização. **CDS working papers series**,

p. 249, 1998. Cited 2 times on the pages 9 e 10.

LACK, D. A. *et al*. **Particulate emissions from commercial shipping: Chemical, physical and optional properties.** Colorado, EUA, 2009. Disponível em

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2008JD011300> Acesso em: 17 maio de 2021.

LEAVITT, C; WARNER, K. **Choked, Strangled, Drowned: The Plastics Crisis Unfolding In Our Oceans, 2020.** Disponível em: <https://usa.oceana.org/publications/reports/choked-strangled-drowned-plastics-crisis-unfolding-our-oceans>. Acesso em: 20 mai. 2021.

LIMA, J.; BASTOS A.; MONTAGNER D.; BORGES, W. **(2015) Aquaponia: Uma alternativa de diversificação na aquicultura e horticultura familiar no Amapá.** EMBRAPA. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1037219/1/CPAFAP2015Folderaquaponia.pdf>.

LLOYD'S REGISTER AND UNIVERSITY COLLEGE LONDON**. Global Marine Fuel Trends 2030**. Disponível em: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1472843/1/Global_Marine_Fuel_Trends_2030.pdf>. Acesso em: 17 maio de 2021.

LODEIROS, C. **La acuicultura parte de la solución: Alimentos y restauración ecológica**. **Interciência,** v. 38, n. 12, p. 825–827, 2013. ISSN 0378-1844. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33929617001>. Cited on page 10.

LOSCHIAVO, R. **Como funciona o sistema de aquaponia.** Ecoeficientes. Disponível em: <http://www.ecoeficientes.com.br/o-que-e-aquaponia/>.

LOWE, S. ; BROWNE M., BOUDJELAS S., DE PORTER M. (2000). **100 of the World's Worst Invasive Alien Species. A selection from the Global Invasive Species Database.** Published by The Invasive Species Specialist Group (ISSG) a specialist group of the Species Survival Commission (SSC) of the World Conservation Union (IUCN), 12pp. First published as a special lift-out in **Aliens 12**, December 2000. Updated and reprinted version: November 2004. Disponível em: <http://www.issg.org/> Acesso em: 22 maio de 2021.

LUCIO, F. T. *et al*. Disponibilidade e influência dos microplásticos nos seres vivos e ambiente: uma revisão. Revista Conexão Ciência, 2019. DOI: https://doi.org/10.24862/cco.v14i1.908 . Acesso em: 12 mai. 2021.

MAGAGNIN F, N.; Resíduos da construção cívil na cidade de Londrina: análise da política de gerênciamento de resíduos da construção cívil adotada pelo munícipio e estudo de caso utilizando uma proposta de reciclagem baseada na técnica de estabilização por solidificação à base de cimento Portland. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo 2016. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/102/102131/tde-05072016-150241/pt-br.php.

MAIS POLÍMEROS. O Plástico e o Processo de Injeção - de olho na qualidade do produto final . Set. 2019 . Disponível em: http://www.maispolimeros.com.br/2019/09/03/plastico-processo-de-injecao/ . Acesso em: 13 jun. 2021.

MANIGLIA, B. C.; TAPIA-BLACIDO, D. R. **Structural modification of fiber and starch in turmeric residue by chemical and mechanical treatment for production of biodegradable films**, 2019. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/pt/publicacao/163194/structural-modification-of-fiber-and-starch-in-turmeric-resi>. Acesso em: 20 mai. 2021.

MARCELINO, Daniel. **Congresso: tempo de tramitação cai de mais de mil dias para apenas 15 dias**: dados fazem parte do aprovômetro, a ferramenta preditiva do jota. 2020. Disponível em: https://www.jota.info/legislativo/congresso-tramitacao-aprovometro-25052020. Acesso em: 24 jun. 2021.

MARINHA DO BRASIL DIRETORIA DE PORTOS E COSTAS. **Normas da Autoridade Marítima para o controle de sistemas antiincrustantes em embarcações (NORMAM-23/DP).** 2007. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/dpc/sites/www.marinha.mil.br.dpc/files/normam23_0.pd> Acesso em 15 de maio de 2021.

MARINHA DO BRASIL. **Procedimentos de manutenção de navios na área de máquinas durante a docagem.** Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10021676.pdf > Acesso em: 21 de maio de 2021.

MARINS, R. N. **Gerenciamento de água de lastro e sedimentos de navios.** Rio de Janeiro, 46 p., 2013. Monografia - Centro de Instrução Almirante Graça Aranha. Disponível em: <http://www.redebim.dphdm.mar.mil.br/> Acesso em: 22 maio de 2021.

MARPOL 73/78. **Anexo IV - Regras para a Prevenção da Poluição por Esgotos do Ar por Navios**. Disponível em: <https://www.ccaimo.mar.mil.br/ccaimo/sites/default/files/marpol_anexo4-08dez_0.pdf>. Acesso em: 17 maio de 2021.

MARPOL 73/78. **Anexo V - Regras para a Prevenção da Poluição por Lixo dos Navios.** Disponível em: <https://www.ccaimo.mar.mil.br/ccaimo/sites/default/files/marpol_anexo5-05ago_0.pdf> . Acesso em: 17 maio 2021

MARPOL 73/78**. Anexo VI - Regras para a Prevenção da Poluição do Ar por Navios.** Disponível em: <https://www.ccaimo.mar.mil.br/ccaimo/sites/default/files/marpol_anexo6-12fev_0.pdf>. Acesso em: 17 maio de 2021.

MARTINHO, H. M. Petróleo no ambiente marinho e os impactos ambientais e socioeconômicos. **Atas de Saúde Ambiental**, v. 4, p. 190–205, 2016. Cited on page 14.

MARTINHO, H. **Petróleo no ambiente marinho e os impactos socioeconômicos**. São Paulo, 2016. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/ASA/article/view/1391/1185> Acesso em: 15 de maio de 2021.

MARTINS, E. M. O. Desenvolvimento Sustentável e Transportes Marítimos. **Revista Direitos Fundamentais & Democracia**, [*s. l.*], v. 1, ed. 1, 2007. Disponível em: <https://revistaeletronicardfd.unibrasil.com.br/index.php/rdfd/article/view/182>. Acesso em: 25 abr. 2021

MARTINS, T. L. ; VARGAS, V. M. F. **Riscos à biota aquática pelo uso de tintas anti-incrustantes nos cascos de embarcações.** Porto Alegre, 2011. Disponível em <https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/eec/article/viewFile/4619/254> Acesso em: 15 maio de 2021.

MCLLGORM, A., CAMPBELL, H. F., & RULE, M. J. (2011). The economic cost and control of marine debris damage in the Asia-Pacific region. Ocean and Coastal Management, 54, 643–651.

MENDES, Carla Lima Torres; SOARES-GOMES, Abílio. **Circulação nos oceanos**: correntes oceânicas e massas d'agua. 2007. 26 f. TCC (Graduação) - Curso de Biologia Marinha, Departamento de Biologia Marinha, Univerisdade Federal Fluminense, Niterói, 2007

MENDES, N. C.. **Métodos e modelos de caracterização para a Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: análise e subsídios para a aplicação no Brasil.** Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-15102013-085143/publico/NataliaCrespoMendesDEFINITIVO.pdf>. Acesso em: 17 maio de 2021.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (Brasil). Embrapa. **Pesca e Aquicultura:** Perguntas e Respostas. [*S. l.*], 201-. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-pesca-e-aquicultura/perguntas-e-respostas> . Acesso em: 30 jun. 2021.

MINISTÉRIO DA PECUÁRIA (Índia). Department of Animal Husbandry and Dairying. **Centrally Sponsored Scheme on Development of Inland Fisheries and Aquaculture**. [*S. l.*], 2019. Disponível em: <http://dahd.nic.in/related-links/centrally-sponsored-scheme-development-inland-fisheries-and-aquaculture> . Acesso em: 28 jun. 2021.

MONTONE, R. C. **Poluição marinha.** Disponível em: <https://cenepsantos.com.br/storage/download/biblioteca/Poluição%20marinha.pdf > Acesso em: 22 maio de 2021.

MONTOYA, J. C. **Redução dos impactos ambientais causados por emissões de gases no transporte marítimo**. São Paulo, 2012. Disponível em <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3135/tde-03042012-081921/publico/Dissertacao_Juan_C_M_Cisneros_parte_2.pdf> Acesso em: 16 maio de 2021.

MORAES, V. B. de *et al*. Estudo de Caso Prático, Comboio: Norsul Caravelas. *In*: MORAES, Vitor Bastos de *et al*. **Aplicação de Pinturas Anticorrosivas e Anti-incrustantes para Proteção e Manutenção de Navios, Estudo de Caso do Comboio de Empurrador e Barcaça da Norsul**. Orientador: Ronaldo Rollin Pinheiro. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Mecânica) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 2015. p. 93. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/723>. Acesso em: 23 maio de 2021.

MOREIRA, J. F. **Acidentes na indústria de petróleo e seus impactos na segurança operacional e preservação ambiental.** Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/4134/1/Juliana%20Fisher%20Marques%20Moreira.pdf>. Acesso em: 15 maio de 2021.

MORENO,T. **Viabilidade econômica da produção de tilápias-do-nilo (Oreochromis niloticus) em um sistema de aquaponia com bioflocos no Município de Piraquara- PR.** UFPR. Disponível em: <https://gia.org.br/portal/wp-content/uploads/2017/12/Viabilidade-economica1.pdf>

MORRISON, R. M. **An Economic Analysis of Electron Accelerators and Cobalt-60 for Irradiating Food**, 1989. Disponível em: https://naldc.nal.usda.gov/download/ CAT89901307/PDF. Acesso em: 27 jun. 2021.

MOUAT, J., LOZANO, R. L. & BATESON, H. (2010). Economic Impacts of marine litter. KIMO International, pp. 105.

MOURA, E. S.; MOSCA, R. C.; ZEITUNI, C. A.; ROSTELATO, M. E. C. M.; SAKURABA, R. K.; GONÇALVES, V. D.; MATHOR, M. B. **Preliminary dosimetric methodology for a new cobalt-60 irradiator for radioinduced necrosis**, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267295511_ PRELIMINARY_DOSIMETRIC_METHODOLOGY_FOR_A_NEW_COBALT-60_ IRRADIATOR_FOR_RADIOINDUCED_NECROSIS. Acesso em: 27 jun. 2021.

MOURA, J. F. de. *et al* . A interface da saúde pública com a saúde dos oceanos: produção de doenças, impactos socioeconômicos e relações benéficas. Ciênc. saúde coletiva, Rio de Janeiro, v. 16, n. 8, p. 3469-3480, Aug. 2011. Available from

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232011000900015&lng=en&nrm=iso. access on 13 May 2021. https://doi.org/10.1590/S1413-81232011000900015.

MTUR 2011. Ministério do Turismo. Anuário Estatístico de Turismo 2011 - Ano Base 2010. Disponível em: http://www.dadosefatos.turismo.gov.br/2016-02-04-11-53-05/item/download/338_fadff563c7dea283a0cd5a9e29cab4ee.html . Acesso em 14 mai. 2021.

MURRAY, F.; BOSTOCK, J.; FLETCHER, D. **Review of Recirculation Aquaculture System technologies and their commercial applications. 2014.** Stirling Aquaculture. Disponível em: <https://dspace.stir.ac.uk/bitstream/1893/21109/1/HIE_RAS_Study_Final_Updated.pdf>

MUSTAFA, M. A. T.; HANAFI, I.; MAHMOUD, R.; TAYEH B.A. Effect of partial replacement of sand by plastic waste on impact resistance of concrete: experiment and simulation. Disponível em https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352012419301018, acesso em 24 jun. 2021.

NASCIMENTO, L. D. *et al*. **Fotoprotetores orgânicos: pesquisa, inovação e a importância da síntese orgânica.** 2014. Disponível em:< rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/352 > Acesso em: 22 maio de 2021.

NATIONALGEOGRAPHIC. Fotos surpreendentes revelam plástico e plânctons lado a lado. [S.l.]: https://www.nationalgeographicbrasil.com/planeta-ou-plastico/2019/02/fotos-plastico-planctons-peixes-oceano-poluicao, 2019. Cited on page 34.

NETO, A.; GUIMARÃES, R. G.; JUNIOR, J. Revisão sistemática do transporte de microplásticos do continente para o oceano. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego, v.14, n. 1, p. 18-39, jan/junho. 2020. Disponível em: https://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/boletim/article/view/15352/12633. Acesso em: 12 mai. 2021.

NEVES, E. Invasão turística, esgoto e lixo ameaçam o santuário de Ilha Grande: A Ilha Grande, santuário natural da Costa Verde, sofre com o turismo predatório, o lixo e o esgoto

que tomam suas praias deslumbrantes. Atualizado em 2 jun 2017. Disponível em: https://vejario.abril.com.br/cidade/invasao-turistica-esgoto-e-lixo-ameacam-o-santuario-deilha-grande/ . Acesso em: 15 mai. 2021.

NEWMAN, S.; WATKINS, E.; FARMER, A.; TEN BRINK, P.; SCHWEITZER, J. The economics of marine litter. Institute for European Environmental Policy. 2 de junho de 2015. C-14. Disponivel em: https://ieep.eu/uploads/articles/attachments/36770263-9459-4b59-9f31-f9036be801fc/The_Economics_of_Marine_Litter_-_Newman_Watkins_Farmer_ten_Brink_Schweitzer.pdf?v=63664509898

NG, K. L.; OBBARD, J. P. 2006. Prevalence of microplastics in Singapore's coastal marine environment. Marine Pollution Bulletin 52 pp.761-767. Acesso em 21 mai. 2021.

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration. Marine Debris Program, Ocean Conservancy, SC Sea Grant, 2018. Disponível em: https://www.whoi.edu/fileserver.do?id=107364&pt=2&p=88817. Acesso em: 26 jun. 2021.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL, MARINE BOARD. **Stemming the Tide: Controlling Introductions of Nonindigenous Species by Ships' Ballast Water.** Committee on Ships' Ballast Operations, Marine Board, Commission on Engineering and Technical Systems, NRC. National Academy Press, Washington, D.C. 1996. Disponível em: <www.nap.edu> Acesso em: 22 maio 2021.

NUNES, Edson; RIBEIRO, Leandro Molhando; PEIXOTO, Vitor. **Agências Reguladoras no Brasil**: documento de tranalho. 65. ed. Rio de Janeiro: Observatório Universitário, 2007. Disponível em: http://www.agersa.es.gov.br/arquivos/relatorios/Agencias_Reguladoras%20no%20Brasil.pdf. Acesso em: 23 jun. 2021.

NYK. **NYK-Nippon Oil Joint Project : Using Solar Power for Ship Propulsion The World First Solar-Powered Ship Sails**, 2009. Acesso em 22 jun. de 2021. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20110718142131/http://www.nyk.com/english/release/31/NE_090105.html>.

OCEAN CLEANUP UP. Cleaning up the garbage patches. Oceans. Disponível em: https://theoceancleanup.com/oceans/ . Acesso em: 13 jun. 2021.

OCEAN FOCUS (Irlanda). **Irish public attitude to fish farming**. [*S. l.*], 24 ago. 2015. Disponível em: <https://oceanfocus.ie/irish-public-attitude-to-fish-farming/>. Acesso em: 1 jul. 2021.

OCEAN PLASTIC CLEAN UP (org.). **BOYAN SLAT'S CLEANUP PROJECT**. Disponível em: http://www.oceansplasticleanup.com/Cleaning_Up_Operations/Boyan_Slat_Ocean_Cleanup_Project_The.htm. Acesso em: 21 jun. 2021.

OLIVEIRA, M. de A. S.; ROSSETTO, A. M. Políticas Publicas Para o turismo sustentável no brasil - evolução e Perspectivas de crescimento para o setor. Disponível em: https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/rtva/article/view/5112/2677

OLIVEIRA, R. C. O panorama da aquicultura no brasil: a prática com foco na sustentabilidade. **Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v. 2, p. 71–89, 2009. Cited on page 23.

OMBANDZA, N. B. **O impacto ambiental do transporte marítimo: a responsabilidade ambiental dos Estados no que toca aos efeitos da poluição.** Lisboa 2020. Disponível em <https://run.unl.pt/bitstream/10362/100270/1/Ombandza_2020.pdf> Acesso em: 10 de maio de 2021.

OMT . (UNWTO) World Tourism Organization . Disponível em: https://www.unwto.org/ . Acesso em: 13 jun. 2021.

OPERATION CLEAN SWEEP. Manual do programa Pellet Zero-OCS. Disponível em: https://pvc.org.br/uploads/Manual-Pellets-Zero-AF_online_2.pdf. Acesso em 19 mai. 2021

OZÔNIO E SAÚDE. **Ozônio no tratamento de água.** Disponível em: <https://ozonioesaude.com.br/ozonio-no-tratamento-da-agua/#:~:text=O%20ozônio%20é%20um%20eficaz%20método%20de%20tratamento,diferent

es%20aplicações%2C%20Tratamento%20das%20bactérias%20da%20água%20%28biofilme%29%3B> Acesso em: 23 maio de 2021.

PACHECO, R. **Varrição de Ruas e Limpeza Pública**. Disponível em: <https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/inovacao/varricao_de_ruas/index.php?p=4638/>. Acesso em: 20 mai. 2021.

PANORAMA DA AQUICULTURA.Caranguejo-Uçá A produção em laboratório | Revista Panorama da Aqüicultura. Universidade Federal do Paraná. Edição 94. Disponível em: <https://panoramadaaquicultura.com.br/caranguejo-uca-a-producao-em-laboratorio/>. Acesso em: 28 jun. 2021.

PANORAMADAAQUICULTURA. **Piscicultura familiar como ferramenta para o desenvolvimento e segurança alimentar no meio rural**. [S.l.]: https://panoramadaaquicultura.com.br/piscicultura-familiar-como-ferramenta-para-o-desenvolvimento-e-seguranca-alimentar-no-meio-rural/, 2010. Cited on page 32.

PARI, Cesar Alberto Reyna. **Reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima em la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo.** Disponível em: http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:kZHKiKMHo_wJ:scholar.google.com/+concreto+pl%C3%A1stico&hl=pt-BR&as_sdt=0,5 Acesso em: 21/06/2021

PARSONS, M. G. *et al*. Development and Investigation of the Ballast-Free Ship Concept. **Transactions of SNAME**, Ann Arbor, v. 112, n. 1, p. 206-240, jan./2004. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/289047828_Development_and_investigation_of_the_ballast-free_ship_concept>. Acesso em: 23 jun. de 2021.

PARSONS, Michael G.; KOTINIS, Miltiadis. **Refinement of the Ballast-Free Ship Concept**. University of Michigan, Ann Arbor, v. 1, n. 1, p. 1-11, abr./2011. Disponível em: <http://www.glmri.org/downloads/2010Reports/ParsonsKotinis0910.pdf>. Acesso em: 23 jun. de 2021.

PARSONS, Michael G; KOTINIS, Miltiadis. **Further Development and Optimization of the Ballast-Free Ship Design Concept** . University of Michigan, Ann Arbor, v. 1, n. 1, p. 1-

31, out./2008. Disponível em: <http://www.glmri.org/downloads/parsons08.pdf>. Acesso em: 23 jun. de 2021.

PARSONS, Michael G; KOTINIS. **Miltiadis. Hydrodynamic Optimization Testing of Ballast-Free Ship Design.** University of Michigan, Ann Arbor, v. 1, n. 1, p. 1-35, out./2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228908745_Hydrodynamic_Optimization_Testing_of_Ballast-Free_Ship_Design>. Acesso em: 23 jun. de 2021.

PASCALE, Antônio Enrico *et al*. **A geração, manejo e descarte indevido de resíduos plásticos pelos grandes centros urbanos e seus impactos nos oceanos**. 2021. 60 f. (Graduação) - Curso de Introdução A Engenharia, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

PEREIRA, N. N. **Alternativas de tratamento da água de lastro em portos exportadores de minério de ferro.** São Paulo, 349 p., 2012. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. Disponível em: <www.teses.usp.br> Acesso em: 22 maio de 2021.

PIAN, L. F. D.; ALVES, D. D. P. **Desafio da divulgação científica em cobertura jornalística de desastre ambiental.** Bauru, 2013. Disponível em:<https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132013000400010&script=sci_arttext&tlng=pt > Acesso em: 22 maio de 2021.

PLAS ONE. The World's Oceans Are Infested With Plastic. Statista. Jun. 2018. Disponível em: https://cdn4.ecycle.com.br/cache/images/2018-06/50-650-grafico-rios.jpg . Acesso em: 13 jun. 2021.

PLASTIC BANK, 2016. Fotografia. Disponível em: https://plasticbank.com/philippines/. Acesso em: 20 mai. 2021.

PLASTIC BANK, 2021. Fotografia. Disponível em: https://plasticbank.com/pt-br/sobre-nos/. Acesso em: 12 jul. 2021

PLASTICS EUROPE 2013. Plastics – the Facts 2013 - An analysis of European latest plastics production, demand and waste data, 2013. Disponível em: https://www.plasticseurope.org/application/files/7815/1689/9295/2013plastics_the_facts_PubOct2013.pdf . Acesso em: 10 mai. 2021.

PLASTICS EUROPE 2015. Plastics – the Facts 2014/2015- An analysis of European plastics production, demand and waste data, 2015. Disponível em: http://www.plasticseurope.org/documents/document/20151216062602-plastics_the_facts_2015_final_30pages_14122015.pdf. Acesso em: 29 abr. 2021.

POLASKY, S.; TILMAN, D.; BURGESS, M. G. Predicting overfishing and extinction threats in multispecies fisheries. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, 2013. Cited 3 times on the pages 10, 11 e 12.

PORTO, G. **Responsabilidade pela poluição marinha.** Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/211927357.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2021.

Potential for plastics to transport hydrophobic contaminants. Environmental Sciences & Technology 41 pp.7759-7764 . Acesso em 21 mai. 2021.

PREFEITURA DE ANGRA DOS REIS /Espécies Cultivadas/Secretaria Executiva de Agricultura, Aquicultura e Pesca. Espécies Cultivadas (Metodologia). Secretaria Executiva de Agricultura e Pesca. Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.angra.rj.gov.br/spe-especiescultivadas.asp?IndexSigla=SEAAP&vNomeLink=Esp%E9cies%20Cultivadas> . Acesso em: 28 jun. 2021.

PRESSE, F. **Satélite apelidado de ’Ferrari espacial’ cria mapa de correntes oceânicas: Varredura realizada pelo equipamento é a melhor já feita, dizem cientistas. dados ajudam a entender o impacto do aquecimento global nos mares**. [S.l.]: http://g1.globo.com/ciencia- e-saude/noticia/2014/11/satelite-apelidado-de-ferrari-espacial-cria-mapa-de-correntes-oceânicas.html, 2014. Cited on page 35.

PRNEWSWIRE . A SodaStream constrói imenso dispositivo para coletar lixo plástico do oceano na costa de Honduras . Out. 2018 . Disponível em:

https://exame.com/negocios/releases/a-sodastream-constroi-imenso-dispositivo-maritimo-para-coletar-lixo-plastico-do-oceano-na-costa-de-honduras/ . Acesso em 13 jun. 2021.

PRODUZA. Inteligência em Manufatura. 2014 . Disponível em: https://produza.ind.br/wp-content/uploads/2014/09/848266_20413033.jpg . Acesso em: 13 jun. 2021

PROJETO TAMAR. **Sobrevivência.** Disponível em:<Sobrevivência (tamar.org.br) > Acesso em: 23 maio de 2021.

R.HEIN, J.; MIZELL, K.; CONRADAC, A. K. T. A. **Deep-ocean mineral deposits as a source of critical metals for high- and green-technology applications: Comparison with land-based resources**, 2012. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/ S016913681200234X#preview-section-references>. Cited on page 20.

RAHMAN, S. Workability of Concrete Made with Plastic Waste. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/333783541_Workability_of_Concrete_Made_with_Plastic_Waste, acesso em 24 jun. 2021.

RAMOS, A. Talheres Comestíveis Prometem Reduzir o Consumo de Plástico no Mundo. Engenharia É . Abr. 2016. Disponível em: https://engenhariae.com.br/tecnologia/talheres-comestiveis-prometem-reduzir-o-consumo-de-plastico-no-mundo?amp . Acesso em: 13 jun. 2021.

REED, M. *et al*. Oil spill modeling towards the close of the 20th century: Overview of the state of the art. **Elsevier**, v. 5, p. 3–16, 1999. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/ editora/anais/conepetro/2015/Modalidade_1datahora_30_03_2015_15_43_54_idinscrito_1998_88a5da8ce5998ee8059343bfeb96c4fe.pdf>. Cited 2 times on the pages 15 e 16.

Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council on theRegistration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals

REIS, T. **Porque fazer a análise da viabilidade de um negócio é tão importante? 2020.** Suno Research. Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/analise-de-viabilidade/>

REVISTA INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS. **O risco das tintas anti-incrustantes à biota marinha.** Edição 409, 2012. Disponível em <http://www.ihuonline.unisinos.br/artigo/4779-grasiela-leaes-lopes-pinho>.Acesso em: 22 maio de 2021.

REVISTAGLOBORURAL. **Tanques para piscicultura**. [S.l.]: http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI255147-18289,00-TANQUES+PARA+PISCICULTURA.html, 2011. Cited on page 33.

REVISTEL. **Seis nuevas plataformas offshore buscarán construir Petrobras hasta el año 2021**. [S.l.]: <http://revistel.pe/seis-nuevas-plataformas-offshore-buscara-construir-petrobras-hasta-el-ano-2021/>, 2020. Cited on page 14.

RIBEIRO, Sidnea Eliane Campos. **Análise da confiabilidade de vigas de concreto armado com plástico reforçado por fibras**. 2009. 161 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: http://hdl.handle.net/1843/PASA-89TGVS. Acesso em: 19 jun. 2021.

RICACZESKI, Cecilia C. et al. **Biodiesel, um combustível em expansão**. Synergismus scyentifica UTFPR, Pato Branco, v. 1, n. 1-4, p. 324-330, 2006.

RIDLER, N.; HISHAMUNDA, N. **Promotion of Sustainable Commercial Aquaculture in Sub-Saharan Africa, Part 1. 2001.** FAO. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=QiDCINfH5qMC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.ppe.ufrj.br/images/juliana_dias.pdf . Acesso em: 27 abr. 2021.

RIOS, L. M.; MOORE, C.; JONES, P. R. 2007. Persistent organic pollutants carried by synthetic polymers in the ocean environment. Marine Pollution Bulletin 54 pp.1230-1237. Acesso em: 21 mai. 2021.

RITCHIE, Hannah, ROSER Max. PLASTIC POLLUTION. In: Our World in Data. Disponível em: https://ourworldindata.org/plastic-pollution. Acesso em: 27 jun. 2021. (Our World in Data, 2021)

ROBÔ SUBAQUÁTICO COLETA LIXO DO OCEANO. Canal Tech. Brasil, 2012. Disponível em: https://canaltech.com.br/conceito/Robo-subaquatico-coleta-lixos-do-oceano/. Acesso em: 22 jun. 2021. **(Canaltech, 2021)**

ROCH, S., *et al*. **Uptake routes of microplastics in fishes: practical and theoretical approaches to test existing theories.** 2020. Disponível em:<https://www.nature.com/articles/s41598-020-60630-1#citeas > Acesso em: 22 maio de 2021.

RODRIGUES, V. L. **Análise dos impactos ambientais da navegação de cabotagem no Brasil: O caso do transporte de minério de ferro para a siderúrgica do Pecém.** Rio de Janeiro, 2013. Disponível em <http://www.pet.coppe.ufrj.br/images/documentos/dissertacoes/2013/Dissertacao_VitoLonghi Rodrigues.pdf> Acesso em: 10 maio de 2021.

ROGERS, A. D. *et al*. **The discovery of new deep-sea hydrothermal vent communities in the southern ocean and implications for biogeography**, 2012. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosbiology/article?id=10.1371/journal.pbio.1001234>. Cited 2 times on the pages 18 e 19.

ROLLS ROYCE. **Autonomous Ships The Next Step**, 2016. Disponível em: <https://www.rolls-royce.com/~/media/Files/R/Rolls-Royce/documents/%20customers/marine/ship-intel/rr-ship-intel-aawa-8pg.pdf>. Acesso em: 23 jun. de 2021.

ROLLS ROYCE. **Remote and Autonomous Ships The Next Step**, 2016. Disponível em: <www.rolls-royce.com/~/media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf>. Acesso em: 23 jun. de 2021.

ROMEIRO, Gabriela. [Sem título] 10 set. 2017. 1 fotografia. Disponível em: https://believe.earth/pt-br/alfredo-moser-o-genio-da-lampada-engarrafada/. Acesso em: 22 mai. 2021.

ROSA, M. **640 mil toneladas de redes de pesca vão parar nos oceanos todos os anos. 2018.** Ciclo Vivo. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/planeta/meio-ambiente/640-mil-toneladas-de-redes-de-pesca-vao-parar-nos-oceanos-todo-ano/>

RUETER, G. Soluções na Luta Contra os Microplásticos. DW- Made for Minds. Mar. 2019. Disponível em: https://p.dw.com/p/3FKNd . Acesso em: 13 jun. 2021.

SAATY, T. L., (1980). The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill.

SABOYA, E. **Plástico nos oceanos colocam em risco a saúde humana e a fauna, 2018**. Disponível em: <http://noticias.unisanta.br/campus/graves-riscos-a-saude-humana-e-mortandade-da-fauna-marinha-inspiram-o-movimento-internacional-break-from-plastic-na-semana-do-meio-ambiente>. Acesso em: 20 mai. 2021.

SAINTE-ROSE, Bruno; LEBRETON, Laurent; REGO, Joao; KLEISSEN, Frank; REISSER, Julia. **Multi-Scale Numerical Analysis of the Field Efficiency of an Ocean Plastic Cleanup Array.** 2016.

SALES, Maria Angela Barbosa e MARTINEZ, Alouysi Marianny. **Tanque séptico e responsabilidade ambiental.** Disponível em: <http://www.redebim.dphdm.mar.mil.br/vinculos/000019/0000199b.pdf>. Acesso em: 15 maio 2021.

SALIM, Shyman. **Subsidies in Indian fisheries-Methodological issues and implications for the future.** Kochi, Japão. Disponível em: <http://eprints.cmfri.org.in/9080/1/17.Aswathy_and_Shyam_Subsidies_in_Indian_fisheries.pdf>. Acesso em: 28 de jun. 2021.

SANTALLA R.P., 2008, **Especiação de organoestánicos em matrizes ambientais por extração sortiva em barra de agitação e análise por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa.** Dissertação, Universidade de Lisboa, Lisboa.

SANTANA, T. *et al.* **Proteção à radiação ultravioleta: recursos disponíveis na atualidade em fotoproteção.** São Paulo, 2011 Trabalho – Faculdade de Ciências Farmacêuticas Da Universidade De São Paulo – USP Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abd/a/TY4cpMgMDSMRSkf6XqSxF8f/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 22 maio de 2021.

SARDINHA, A. **Poluição e o Transporte Marítimo**. Lisboa, 2013. Disponível em: <https://transportemaritimoglobal.files.wordpress.com/2013/08/poluic3a7c3a3o-e-o-transporte-marc3adtimo.pdf>. Acesso em: 14 maio de 2021.

SCHAEFER, C. E. *et al.* **Irradiated recycled plastic as a concrete additive for improved chemo-mechanical properties and lower carbon footprint.** Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X17306992>. Acesso em: 18 mai. 2021

SCHAEFER, C. E.; KUPWADE-PATIL, K.; ORTEGA, M.; SORIANO, C.; BÜYÜKÖZTÜRK, O.; WHITE, A. E.; SHORT, M. P. **Irradiated recycled plastic as a concrete additive for improved chemo-mechanical properties and lower carbon footprint**, 2017. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X17306992. Acesso em: 26 jun. 2021.

SCHAEFER, C. Irradiated Recycled Plastic as a Concrete Additive for Improved Chemo-mechanical Properties in Hardened Cement Paste. Disponível em https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/114051/1026493620-MIT.pdf?sequence=1, acesso em 24 jun. 2021.

SCHCWABL, P. **Microplastic Detected in Humans For the First Time, 2018.** Disponível em: https://www.meduniwien.ac.at/web/en/about-us/news/detailsite/2018/news-october-2018/microplastics-detected-in-humans-for-the-first-time/. Acesso em 25 mai. 2021.

SCHEFFER, M.; CARPENTER, S.; YOUNG, B. D. Cascading effects of overfishing marine systems. **Trends in Ecology Evolution**, v. 20, p. 579–581, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169534705002752>. Cited on page 8.

SCOTT, S. D. **Deep ocean mining**. *Geoscience Canada*, 2001. Disponível em: <https://journals.lib.unb.ca/index.php/GC/article/view/4078>. Cited on page 18.

SEA SAVE. Ocean Week in Review. Disponível em: https://seasave.org/week-in-review/?gclid=Cj0KCQjwkZiFBhD9ARIsAGxFX8CCkLO2wMFpj01-vd0p8gpeVIWHAcE_LB37H7hdqLjCA0w33EqzVqcaAoSkEALw_wcB . Acesso em: 13 jun. 2021.

SECRETARIA DE COMUNICAÇÃO DA UNIVERSIDADE DE COMUNICAÇÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. **Catástrofe ambiental, petróleo no mar**. Disponível em: <https://secom.ufg.br/n/33974-catastrofe-ambiental-petroleo-no-mar> Acesso em: 15 outubro de 2021.

SEDDIEK, I. S.; ELGOHARY, M. M. **Eco-friendly selection of ship emissions reduction strategies with emphasis on SOx and NOx emissions**. IJNAOE – Egito / Arábia Saudita. 2014. Acesso em 01 jul. de 2021.

SHUKLA, P. C.; GHOSH, K. **Revival of the Modern Wing Sails for the Propulsion of Commercial Ships.** International Journal of Engineering, Mathematical and Physical Sciences, 2(3), 2009. Disponível em: <https://zenodo.org/record/1327971#.YNJENxGSnIU> Acesso em: 22 jun. de 2021.

SHUTTERSTOCK. **Ciclo do Nitrogênio: reações químicas envolvidas na nitrificação.** Disponível em: < https://blog.estrategiavestibulares.com.br/quimica/ciclo-do-nitrogenio/>

SILVA, J; OLIVEIRA, L; NETO, A. **(2017) Análise econômico-financeira da construção de tanques circulares para a aquicultura.** Curso de Engenharia de Pesca, Universidade Federal do Piauí - UFPI. Disponível em: <7676-Texto%20do%20 artigo-26518-1-10-20180607%20(3).pdf>

SILVA, K.R.I. **Biodegradação de Polietileno Tereftalato (PET) por fungos ligninolíticos**, 2009. Disponível em: <https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/CAMP_8865a42b68b9a11796abe91ee7a9aea2>. Acesso em: 20 mai. 2021

SILVA, P. R. **Transporte marítimo de petróleo e derivados na costa brasileira: estrutura e implicações ambientais.** Rio de Janeiro, 2004. Disponível em < http://antigo.ppe.ufrj.br/ppe/production/tesis/prdasilva.pdf> Acesso em: 17 maio de 2021.

SILVEIRA, E. Mar de Plástico. Revista Planeta. edição 540. Out. 2018. Disponível em: https://www.revistaplaneta.com.br/mar-de-plastico-2/ . Acesso em: 13 jun. 2021.

SIVAMANI, R. **Does chlorine break down sunscreen?.** Disponível em:<https://www.learnskin.com/articles/does-chlorine-break-down-sunscreen#:~:text=Chlorine%20is%20commonly%20used%20to%20disinfect%20pool%20water,the%20most%20commonly%20used%20UV%20filter%20called%20avobenzone. > Acesso em: 22 maio de 2021.

SKYSAILS. **Marine Units**. SkySails Power, 2021. Disponível em: < https://skysails-power.com/marine-units/> Acesso em: 22 jun. de 2021.

SKYSAILS. **SkySails Products**. SkySails Yacht, 2021. Disponível em: <https://skysails-yacht.com/products.html> Acesso em: 22 jun. de 2021.

SNIC. Sindicato Nacional da Indústria do Cimento. **Relatório Anual 2019**, 2019. Disponível em: http://snic.org.br/assets/pdf/relatorio_anual/rel_anual_2019.pdf. Acesso em: 26 jun. 2021.

SOLUTIONS, F. W. **Produced water treatment**. [S.l.]: http://www.ftwatersolutions.com/electrocoagulation/Produced-Water-Treatment, 2016. Cited on page 16.

SOUZA, K. G. de. **Recursos minerais marinhos além das jurisdições nacionais**. 2006. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/299>

SOUZA, K. G. de. **Recursos minerais marinhos além das jurisdições nacionais, 2006**. Disponível em: <http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/view/299>. Cited on page 18.

STATISTA RESEARCH DEPARTMENT. **Number of merchant ships by type 2020.** Disponível em: <https://www.statista.com/statistics/264024/number-of-merchant-ships-worldwide-by-

type/#:~:text=How%20many%20ships%20are%20there%20in%20the%20world%3F,were%2053%2C732%20ships%20in%20the%20world%27s%20merchant%20fleets.> Acesso em: 22 maio de 2021.

STIFTUNG, B. **A maré alta de plástico e a ressaca no turismo, 2021.** Disponível em: <https://br.boell.org/pt-br/2021/01/19/mare-alta-de-plastico-e-ressaca-no-turismo>. Acesso em: 20/05/2021.

SUMAILA, U. R.; EBRAHIM, N.; SCHUHBAUER, A.; SKERRITT, D.; LI, Y.; KIM, H. S.; MALLORY, T. G.; LAM, V. W. L.; PAULY, D. **Updated analysis of global fisheries subsidies.** Marine Policy, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/336104823_Updated_estimates_and_analysis_of_global_fisheries_subsidies>

SUMAILA, U. R.; TAI, T. C. End overfishing and increase the resilience of the ocean to climate change. **Frontiers in Marine Science**, v. 7, p. 523, 2020. ISSN 2296-7745. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmars.2020.00523>. Cited 3 times on pages 12, 24 e 28.

SWISS RE. **Aquaculture in India – growing a new industry.** 2019. Disponível em: <https://www.swissre.com/dam/jcr:60f1c415-5369-4f85-a7a0-0678dcf719e6/Aquaculture_in_India_WEB.pdf>. Acesso em: 28 de jun. 2021.

TAPKIRE, G; PATIL, P; KUMAVAT H. R. RECYCLED PLASTIC USED IN CONCRETE PAVER BLOCK. Disponível em: https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.671.5336, acesso em 24 jun. 2021.

TEH, L.; SUMAILA, R. **Contribution of marine fisheries to worldwide employment. 2011.** University of British Columbia. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/230480387_Contribution_of_marine_fisheries_to_worldwide_employment>

TEUTEN, E. L.; ROWLAND, S. J.; GALLOWAY, T. S.; THOMPSON, R. C. 2007.

The Ellen McArthur Foundation – the New Plastics Economy: Catalysing Action. January 2017.

THE OCEAN CLEANUP TECHNOLOGIES B.V. **The Ocean Cleanup**. Disponível em: https://theoceancleanup.com/oceans/. Acesso em: 20 jun. 2021.

THE OCEAN CLEANUP UP. Mai. 2018. Disponível em: https://images.bonnier.cloud/files/bob/production/2018/05/29142316/lead-2015-index-award-winner_designboom_001-8_07tRbWRz_enkvedunzLg.jpg?auto=compress&w=1200 . Acesso em: 13 jun. 2021

THE WORLD BANK (Washington). **Quase Metade do Mundo Vive com Menos de USD $5.50 por Dia**. 2018. Disponível em: https://www.worldbank.org/pt/news/press-release/2018/10/17/nearly-half-the-world-lives-on-less-than-550-a-day-brazilian-portuguese. Acesso em: 18 jun. 2021.

THOMPSON, R.C.; OLSEN, Y.; MITCHELL, R.P.; DAVIS, A.; ROWLAND, S.J., JOHN, A.W.G.; MC GONIGLE, D.; RUSSELL, A.E. 2004. Lost at Sea: where is all the plastic? Science 304, 838 . Acesso em 21 mai. 2021.

TOPPE, J.; BEVERIDGE, M.; E. Graham. **FAO Aquaculture Newsletter. No. 56, pp. 4243. 2017.** Disponível em: <http://www.fao.org/in-action/globefish/fishery-information/resource-detail/en/c/1027691/>

TRANSPORTES E NEGÓCIOS. **Quatro mil navios terão scrubbers em Janeiro,** 2019. Disponível em: <https://www.transportesenegocios.pt/quatro-mil-navios-terao-scrubbers-em-janeiro/> Acesso em: 28 jun de 2021.

TRAVIS, J. (1993). **Invader threatens black, Azov seas**. Science 262, 1366–1367. Disponível em: <science.sciencemag.org> Acesso em: 22 maio de 2021.

TROELL, M. *et al*. Ecological engineering in aquaculture: use of seaweeds for removing nutrients from intensive mariculture. **Journal of Applied Phycology**, v. 11, p. 89–97, 1999. Cited on page 21.

TROELL, M. *et al.* **Ecological engineering in aquaculture: use of seaweeds for removing nutrients from intensive mariculture**. Journal of Applied Phycology, v. 11, p. 89–97, 1999. Disponível em:

<https://www.academia.edu/14331200/Ecological_engineering_in_aquaculture_use_of_seaweeds_for_removing_nutrients_from_intensive_mariculture>.

TROVATI, G. **Revestimento de poliuretano como anti-incrustante para o controle do mexilhão dourado (Limnoperna fortunei).** São Carlos 2011. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-20042011-104149/publico/GraziellaTrovatiR.pdf> Acesso em: 20 de maio de 2021.

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

TV GLOBO. Escola Municipal Professor Antônio de Brito Alves. 2019 . Disponível em: https://s2.glbimg.com/xo6uI9M-rE1c_LeDfpQGHHkiBGw=/0x0:1920x1080/984x0/smart/filters:strip_icc()/i.s3.glbimg.com/v1/AUTH_59edd422c0c84a879bd37670ae4f538a/internal_photos/bs/2019/z/9/vMNcVYQ2W6dFDUVBPekA/canal-garrafas.jpg . Acesso em: 13 jun. 2021.

U.S. DEPARTMENT OF STATE, ARCHIVE. **Case Study: Zebra Mussel.** Disponível em: <2001-2009.state.gov> Acesso em: 22 maio de 2021.

UNESCO - UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION, NATURAL SCIENCES. **Strengthen the Legal Framework to Effectively Address Aquatic Invasive Species.** Disponível em: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/> Acesso em: 22 maio de 2021.

UNESCO-IOC [2021]. The United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development [2021-2030] Implementation Plan - Summary. UNESCO, Paris [IOC Ocean Decade Series, 20]. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377082.locale=en

UNILAD UK . Recycle path . Fev. 2018. Disponível em: https://www.unilad.co.uk/wp-content/uploads/2018/02/recycle-path-a-108016.jpg . Acesso em: 13 jun. 2021.

UNIVERSITY OF MICHIGAN, RECORD. **Ballast-free ship could cut costs, block aquatic invaders.** Disponível em: <ur.umich.edu> Acesso em: 22 maio de 2021.

UNWTO. The World Tourism Organization. Disponível em: https://www.unwto.org/ . Acesso em: 25 mai. 2021.

USGS. United States Geological Survey. **Cement Data Sheet – Mineral Commodities Summary 2020**, 2020. Disponível em: https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/ mcs2020-cement.pdf. Acesso em: 26 jun. 2021.

VALENTI, W. C. **A aquicultura brasileira é sustentável?** Aqüicultura e Pesca, 2008. Disponível em: <http://www.caunesp.unesp.br/eventos/Seminario_Aquicultura_Sustentavel_ago_2008/Sustentabilidade_da_Aquicultura_Brasileira_Aquafair_2008.pdf>.

VALENTI, W. C. **A aqüicultura brasileira é sustentável? Aquicultura e Pesca, 2008**. Disponível em: <http://www.caunesp.unesp.br/eventos/Seminario_Aquicultura_Sustentavel_ago_2008/Sustentabilidade_da_Aquicultura_Brasileira_Aquafair_2008.pdf>. Cited 2 times on the pages 21 e 23.

VASCONCELOS, Y. Planeta Plástico. Revista Pesquisa Fapesp. São Paulo. edição 281. Jul. 2019. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/planeta-plastico/ . Acesso em: 16 jun. 2021.

VIRGINIO JR., L. A. D. R. **Os efeitos causados por tintas anti-incrustantes à base de compostos organoestánicos ao meio ambiente.** Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.uezo.rj.gov.br/tcc/cn/Luiz-Alfredo-dos-Reis-Virginio-Junior.pdf>. Acesso em 15 maio de 2021.

VOIVODIC, M. **Brasil é o 4º país do mundo que mais gera lixo plástico.** Disponível em: https://www.wwf.org.br/?70222/Brasil-e-o-4-pais-do-mundo-que-mais-gera-lixo-plastico. Acesso em: 20/05/2021.

WANG, Z. suo *et al*. Dinâmica dos estoques de peixe-gelo (salangidae) no lago nanyi, leste da china: degradação e pesca excessiva. **Journal of Freshwater Ecology**, v. 19, 2004. Cited on page 9.

WIJNEN J., V.; RAGAS AMJ, K. C. Modelling global river export of microplastics to the marine environment: Sources and future trends. Sci Total Environ. 2019 Jul 10;673:392-401. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.04.078. Epub 2019 Apr 8. PMID: 30991329.

WIKIPEDIA. **Radioactive source Co-60, activity 370 kBq (10 uCi), I keep by hand in glove**, 2020. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Cobalt-60#/media/File:Radioactive_source_Co-60,_activity_370_kBq.jpg. Acesso em: 27 jun. 2021.

WISEMO SOLUTIONS LIMITED 27 dez. 2019. 1 fotografia. Disponível em: https://www.facebook.com/Wisemos/photos/a.431393310600023/709211049484913/. Acesso em: 22 maio 2021.

WORLD REGISTER OF MARINE SPECIES, PHOTOGALLERY. ***Carcinus maenas*.** Disponível em: <http://www.marinespecies.org/photogallery.php> Acesso em: 22 maio de 2021.

WORRELL, E.; PRICE, L.; MARTIN, N.; HENDRIKS, C.; MEIDA, L. O. **Carbon dioxide emissions from the global cement industries 1**, 2001. Annu. Rev. Energy Env., 26 (2001), pp. 303-329. Disponível em: https://www.annualreviews.org/doi/full/10.1146/annurev.energy.26.1.303. Acesso em: 26 jun. 2021.

WUNSCH-VINCENT, S; LANVIN, B; DUTTA, S. **Índice Global de Inovação, 2020.** Disponível em: https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/pt/wipo_pub_gii_2020.pdf. Acesso em 25/05/2021.

WURL, O.; OBBARD, J.P., 2004. **A review of pollutants in the sea-surface microlayer (SML): a unique habitat for marine organisms.** Marine Pollution Bulletin 48, 1016–1030. Acesso em 21 mai. 2021.

WWF-Brasil. **Solucionar a poluição plástica: Transparência e resposabilização**. Relatório, 2019. Disponível em:

https://d335luupugsy2.cloudfront.net/cms/files/51804/1552932397PLASTIC_REPORT_02-2019_Portugues_FINAL.pdf . Acesso em: 15 mai. 2021.

YE, Y. *et al*. **Rebuilding global fisheries: the world summit goal, costs and benefits**, 2012. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1467-2979.2012.00460.x>. Cited on page 10.

ZHANG H.; JARIĆ I.; ROBERTS D.L.; HE Y.; DU H.; WU J.; WANG C.; WEI Q. **Extinction of one of the world's largest freshwater fishes: Lessons for conserving the endangered Yangtze fauna**. Science of The Total Environment. Volume 710, 2020, 136242. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719362382>.

Autores

1. Antonio Enrico Pascale
2. Arthur Costa Santos
3. Arthur Poubel Bonamigo
4. Bruno Favaretto Montenegro
5. Carolina Messery Dias de Andrade
6. Cecilia da Motta Meireles
7. Eduardo Furlan Villares
8. Enzo Correia Caproni
9. Fernando Valverde Prado Moreira
10. Gabriel Castellano Garcia
11. Guilherme Clara Rufino
12. Guilherme Pereira dos Santos
13. Gustavo Raul Weber Morelli
14. João Pedro Lima Rodrigues
15. Lais de Souza
16. Leoni D'Alessandro Pazin
17. Luan Thiago de Souza Ribeiro
18. Luca Augusto Paniago
19. Lucas Dias Barbosa da Silva
20. Matheus Hosomi Mathias da Silva
21. Michel Brik
22. Miyuki Yamashita dos Santos
23. Pedro Dias Hack
24. Pedro Henrique Carreiro Gioia
25. Pedro Pupo Candido
26. Ricardo Henrique Ferreira S. Barreto
27. Samuel Pires Sulzer
28. Veronica Rocha Duval
29. Vinicius Campos Goes
30. Vinicius dos Santos Santiago