

2º CICLO  
ECONOMIA E GESTÃO DO AMBIENTE

**CORAIS E POLUIÇÃO POR  
PLÁSTICO:  
O DESAFIO DA ECONOMIA  
CIRCULAR NA CHINA E INDONÉSIA**

Cátia Marisa Botelho de Carvalho

**M**

2022



FACULDADE DE ECONOMIA



---

**CORAIS E POLUIÇÃO POR PLÁSTICO:  
O DESAFIO DA ECONOMIA CIRCULAR NA CHINA E INDONÉSIA**  
**Cátia Marisa Botelho de Carvalho**

---

Dissertação  
Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente

---

Orientado por  
**Professora Doutora Maria Cristina Guimarães Guerreiro Chaves**

---

2022

*We are at a unique stage in our history. Never before have we had such an awareness of what we are doing to the planet, and never before have we had the power to do something about that. Surely we all have a responsibility to care for our Blue Planet. The future of humanity and indeed, all life on earth, now depends on us.*

Sir David Attenborough, Blue Planet II, 2017

## Agradecimentos

Findada mais uma etapa do meu percurso acadêmico, reservo este espaço para expressar toda a gratidão a quem me acompanhou até aqui, à meta.

Deixo um agradecimento especial,

À Professora Doutora Maria Cristina Chaves, pela orientação ao longo deste ano; por estar na gênese deste trabalho e principalmente pelo apoio e disponibilidade demonstrados, mesmo à distância.

Aos meus pais Rosa e David e à minha irmã Tânia que me apoiaram incondicionalmente em tudo e especialmente neste meu percurso acadêmico com um começo algo tardio.

Ao Marco, por ser um porto seguro, por me motivar e lembrar sempre que precisei (em muitas ocasiões) que tenho capacidade e garra para terminar tudo a que me autoproponho.

Aos meus amigos e colegas de Licenciatura e agora Mestrado, Inês e Henrique, por terem sido uma parceria inabalável durante o percurso comum até aqui percorrido.

À Bruna, Daniela e Nêveda, por serem um triângulo inigualável, um apoio incondicional e um sinónimo de força e amizade sempre presentes.

Por último, mas não menos importante, a todos os meus amigos pelo apoio, pela companhia e por toda a motivação e amizade com que sempre me brindaram.

A todos, um enorme obrigada!

## Resumo

O Triângulo de Coral na região do Indo-Pacífico é o ecossistema coralíneo mais produtivo e rico em biodiversidade. Representa a base de benefícios socioeconómicos essenciais nos países do sudeste asiático mas tem vindo a sofrer uma redução acelerada da sua biodiversidade decorrente da atividade antropogénica, especialmente pelo aumento da poluição por plástico. Apesar de ser considerada ubíqua, na Ásia a poluição marinha é flagrante resultado da elevada produção e consumo de plástico em países como a China e Indonésia, os maiores emissores de resíduos de plástico para o oceano. Diversas ferramentas que ajudam à conservação da biodiversidade coralínea estão em vigor, no entanto, é notória a urgência em transitar para um sistema económico circular nesta indústria que, anualmente, mais tem gerado externalidades negativas.

Este trabalho pretende contribuir para a literatura através da revisão e identificação dos benefícios advindos da economia circular do plástico na China e Indonésia, países onde o plástico contribui ativamente para a degradação da biodiversidade coralínea. Após a extensa revisão bibliográfica, verifica-se que na Indonésia a implementação da economia circular encontra-se numa fase muito embrionária em comparação à China que, desde os anos 90, tem vindo a implementar práticas circulares no país. Ainda assim, a abordagem para a implementação da economia circular de ambos os países passa apenas por setores-alvo sendo vista como uma ferramenta para atingir algumas das metas estabelecidas e não uma alternativa ao sistema económico linear. Em nenhum dos países se encontraram estudos que estabelecessem uma relação direta positiva entre a implementação da economia circular e a conservação da biodiversidade coralínea. A nível académico, as publicações acerca deste tópico são escassas e sugere-se a realização mais frequente de estudos que permitam avaliar e monitorizar a perda de corais por ação do plástico, bem como a implementação de práticas circulares nas escalas micro, meso e macro em comunidades próximas e dependentes de corais com o objetivo de identificar como isso pode contribuir para a redução da poluição dos recifes por plástico e os seus efeitos no ecossistema.

**Palavras-chave:** Biodiversidade Marinha, Biodiversidade Coralínea, Economia Circular, Recifes de corais, Poluição marinha, Poluição por plástico

## **Abstract**

The Coral Triangle in the Indo-Pacific region is the most productive and biodiversity-rich coral ecosystem. It represents the basis of essential socio-economic benefits in Southeast Asian countries but has been experiencing an accelerated reduction in its biodiversity due to anthropogenic activity, especially the increase in plastic pollution. Despite being considered ubiquitous, marine pollution in Asia is a blatant result of the high production and consumption of plastic in countries such as China and Indonesia, the largest emitters of plastic waste into the ocean. Several tools that help to conserve coralline biodiversity are in place, however, there is a clear urgency to move towards a circular economic system in this industry that, annually, generates negative externalities.

This work intends to contribute to the literature by reviewing and identifying the benefits arising from the circular economy of plastic in China and Indonesia, countries where plastic actively contributes to the degradation of coral biodiversity. After an extensive literature review, it appears that in Indonesia the implementation of the circular economy is at a very embryonic stage compared to China, which, since the 1990s, has been implementing circular practices in the country. Even so, the approach to implementing the circular economy of both countries is only through target sectors, being seen as a tool to achieve some of the established goals and not an alternative to the linear economic system. In none of the countries are studies that establish a direct positive relationship between the implementation of the circular economy and the conservation of coralline biodiversity. At an academic level, publications on this topic are scarce and it is suggested that studies be carried out more frequently to assess and monitor the loss of corals caused by plastic, as well as the implementation of circular practices at micro, meso and macro scales in nearby and coral-dependent communities with the aim of identifying how this can contribute to the reduction of plastic pollution of reefs and its effects on the ecosystem.

**Keywords:** Marine Biodiversity, Coralline Biodiversity, Circular Economy, Coral Reefs, Marine Pollution, Plastic Pollution

# Índice

1. Introdução .....	1
2. Desafios da biodiversidade coralínea perante a poluição por plástico.....	5
2.1 Importância biológica e caracterização do ecossistema: o caso do Triângulo de Coral no Pacífico.....	5
2.2 Importância socioeconómica dos recifes de coral .....	8
2.3 Principais ameaças à biodiversidade dos corais.....	12
2.4 Poluição por plástico: impacto na biodiversidade dos corais .....	15
2.4.1 Plástico – evolução e caracterização.....	15
2.4.2 Ciclo de vida do plástico .....	16
2.4.3 Produção e consumo de plástico: o caso da China e Indonésia.....	19
2.4.4 Impacto direto do plástico nos corais da China e Indonésia.....	27
3. Ferramentas para conservação da biodiversidade coralínea: o desafio da Economia Circular no Sudeste Asiático .....	34
3.1 Evolução e fundamentos da Economia Circular.....	36
3.2 Desafio da Economia Circular na indústria do plástico .....	38
3.3 Plástico e Economia Circular: o caso da China e Indonésia.....	41
4. Metodologia.....	51
4.1 Identificação do problema.....	51
4.2 Abordagem metodológica .....	51
4.2.1 Definição da área e dos países em estudo .....	53
5. Discussão.....	54
5.1 Limitações e oportunidades para estudos futuros .....	56
6. Conclusão .....	57
Referências.....	58
Anexos.....	70

## **Abreviaturas e Acrónimos**

AMP – Área Marinha Protegida

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

EC – Economia Circular

EUA – Estados Unidos da América

EMF – Ellen MacArthur Foundation

EPR – Extended Producer Responsibility

GEE – Gases de Efeito de Estufa

IPBES – The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services

IPEN – International Pollutants Elimination Network

MMT – Milhão de tonelada métrica

MP – Microplásticos

MT – Milhão de tonelada

NAFTA – North American Free Trade Agreement

NPAP – National Plastic Action Partnership

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development

PEI – Parque Eco-Industrial

PRAISE – Plastic and Recycling Association for Indonesia Sustainable Environment

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

TC – Triângulo de Coral

UICN – União Internacional para a Conservação da Natureza

WRI – World Resources Institute

ZEE – Zona Económica Exclusiva

## Índice de Figuras

Figura 1 - Distribuição geográfica mundial dos recifes de coral hermatípicos .....	6
Figura 2 - Localização e delimitação geográfica do Triângulo de Coral.....	7
Figura 3 - Grau de dependência da população pelo ecossistema marinho .....	10
Figura 4 - Principais ameaças locais aos recifes do TC.....	14
Figura 5 - Evolução da produção mundial de plástico entre 1950 e 2020 .....	15
Figura 6 - Produção global e destino final do plástico produzido entre 1750 e 2015 .....	17
Figura 7 - Principais tipos de reciclagem e destino dos resíduos de plástico.....	18
Figura 8 - Hierarquia preferencial para o tratamento dos resíduos de plástico.....	19
Figura 9 - Inputs de produção primária de plástico por setor em 2015 .....	19
Figura 10 - Produção global de plástico em 2020.....	20
Figura 11 - Métodos de tratamento para RSU na China, 2020.....	23
Figura 12 - Direção do fluxo dos resíduos de plástico entre 1949-2019.....	23
Figura 13 - Métodos de tratamento para RSU na Indonésia, 2016.....	24
Figura 14 - Proporção de turistas que encontram corais danificados ou detritos marinhos no Parque Nacional de Komodo.....	26
Figura 15 - Direção do fluxo dos resíduos de plástico na Indonésia em 2017.....	26
Figura 16 - <i>Overview</i> ilustrativo dos principais impactos e riscos biológicos, económicos e sociais associados à poluição marinha por plástico .....	28
Figura 17 - Distribuição dos principais giros marítimos e representação geográfica aproximada da Grande Ilha de Lixo do Pacífico .....	29
Figura 18 - Densidade de microplásticos à superfície por km <sup>2</sup> .....	30
Figura 19 - Representação da possível evolução do nível de macroplásticos presentes nos recifes de coral em 2010 e 2025.....	31
Figura 20 - “Diagrama em Borboleta” proposto pela EMF .....	36
Figura 21 - Modelo de Economia Circular para o plástico proposto pela EMF.....	38
Figura 22 - Variação temporal da importação de resíduos de plástico na China entre 2010 e 2018 .....	42
Figura 23 - Vazamento de plástico para ambientes aquáticos na China entre 2000 e 2019..	43
Figura 24 - Fluxograma do destino dos resíduos plásticos recuperados nas indústrias de reciclagem de plástico .....	45
Figura 25 - Estratégias a curto, médio e longo prazo para combater a poluição por plástico .....	46

## Índice de Tabelas

Tabela 1 - Benefícios socioeconómicos associados aos recifes de coral .....	8
Tabela 2 - Retornos económicos dos setores dominantes no TC, 2017 .....	11
Tabela 3 - Retorno económico do Triângulo de Coral: anualizado 2017 a 2030 e estimado para 2030 .....	12
Tabela 4 - Impacto do plástico nos corais reportado a nível mundial .....	14
Tabela 5 - Estimativa de resíduos plásticos produzidos e depositados em meio marinho em 2010 .....	21
Tabela 6 - Fatores na origem do aumento do consumo e dos resíduos de plástico na China .....	22
Tabela 7 - Fatores na origem do aumento do consumo e dos resíduos de plástico na Indonésia.....	25
Tabela 8 - Fontes de origem e quantidade estimada de plástico a entrar inadvertidamente nos oceanos .....	27
Tabela 9 - Danos provocados por plástico no ecossistema coralíneo da China.....	32
Tabela 10 - Danos provocados por plástico no ecossistema coralíneo da Indonésia.....	33
Tabela 11 - Distribuição da cobertura regional de recifes protegidos por AMP.....	35
Tabela 12 - Síntese das principais vantagens e ferramentas da EC aplicada à indústria do plástico .....	39
Tabela 13 - Vantagens identificadas nos pilares económico, ambiental e social advindas da EC .....	49
Tabela 14 - Benefícios da aplicação de práticas circulares no setor do Comércio e Retalho na Indonésia .....	50
Tabela 15 - Principais conclusões e oportunidades de melhoria identificadas no âmbito do trabalho realizado.....	55

## 1. Introdução

O cenário económico atual segue um modelo linear: são extraídos recursos virgens e utilizadas energia e mão-de-obra para produção de produtos colocados à disposição do consumidor que, eventualmente, acabam incinerados ou depositados em aterros. Isto coloca pressão sobre todo o sistema que mostra, em concordância com a escassez de alguns recursos, que este está a chegar ao seu limite (Accenture strategy, 2015; Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Como consequência desta linearidade, o consumo por parte da população atingiu níveis nunca antes vistos. Se, por um lado, o crescimento económico nos permitiu usufruir de melhor qualidade de vida, por outro, a degradação ambiental e consequente perda de biodiversidade daí decorrente é flagrante (Arruda et al., 2021; Zhong et al., 2021). Dessa forma, não só o modelo económico linear em vigor, mas também o comportamento da sociedade como um todo exercem pressão negativa sobre a biodiversidade (Martins, 2021). É urgente alterar o paradigma, visto que a deterioração da biodiversidade terá impactos não só na nossa sobrevivência como a conhecemos, mas também no sistema económico.

A conservação da biodiversidade é um assunto que há décadas se procura manter como prioridade mundial. Em 1972 decorreu a 1ª Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, também conhecida como “Conferência de Estocolmo” (United Nations, 2021) e em 1987 foi lançado o Relatório Brundtland, “*Our Common Future*”. Ambos alertaram para a urgência da proteção do ambiente e serviram como base à ECO92, Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, decorrida no Rio de Janeiro onde mais de 100 líderes mundiais chegaram a acordo sobre uma estratégia para a procura de um “desenvolvimento sustentável”. Um dos pactos aqui estabelecidos foi a *Convention on Biological Diversity* que alerta para a necessidade de conservar a biodiversidade e utilizar de forma sustentável e responsável os seus componentes e serviços (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Entre as diversas causas para a degradação da biodiversidade são destacadas como principais no relatório IPBES de 2019 a alteração do uso de terra, a exploração de recursos, a poluição e as alterações climáticas, bem como o crescimento populacional, o crescimento económico e o desenvolvimento tecnológico. No entanto, a poluição é dos fatores mais discutidos uma vez que afeta todos os biomas desde ecossistemas marinhos a ecossistemas terrestres.

A biodiversidade marinha tem vindo a decrescer devido a fatores como a sobrepesca e pesca insustentável, poluição marinha por depósito de resíduos e inertes provenientes da costa, extração de água ou areia e desenvolvimentos costeiros para infraestruturas e aquacultura (IPBES, 2019). No entanto, a acidificação do oceano e o aumento da temperatura média da água, consequências do aquecimento global, são também fatores de peso uma vez que produzem desequilíbrios com consequências nocivas para seres vivos frágeis entre os quais os recifes de coral (Hilmi et al., 2019; Huang et al., 2021).

Mais recentemente, o impacto da poluição marinha tomou proporções mundiais e é do consenso geral que esta representa um dos maiores problemas de origem antropogénica tendo-se tornado ubíqua em todo o planeta desde os polos, a costas, ao fundo do oceano e até ilhas remotas (Eriksen et al., 2013; Forrest et al., 2019; Napper & Thompson, 2020). Com origem diversa, desde descargas diretas em rios, a atividade marítima e descargas diretas ilegais, estima-se que 75% dos detritos em meio aquático sejam compostos por plástico (Napper & Thompson, 2020). Tratando-se de um material leve e duradouro, por ação das correntes marítimas e do vento, o plástico acaba por se acumular em “ilhas de lixo” localizadas nos giros oceânicos (NOAA: Marine Debris Program, 2022).

Acumulação de plástico nesta escala é nociva para todo o ecossistema marinho. Os seres aquáticos são afetados diretamente através da ingestão de detritos de plástico, pesca fantasma<sup>1</sup> e através de alterações nas suas condições biológicas, o que origina transtornos na reprodução, no crescimento e até nos níveis hormonais de espécies marinhas colocando em risco a sua sobrevivência (Trusts & SystemIQ, 2020).

No que diz respeito aos recifes de coral, as consequências são cada vez mais estudadas dada a fragilidade destes seres vivos. Os corais caracterizam-se pela particularidade única que lhes permite sobreviver: a relação simbiótica com microalgas fotossintéticas em condições ambientais e biológicas ótimas que permitem, dessa forma, a formação de ecossistemas de recifes de corais extensos e coloridos como os conhecemos (Cunning et al., 2017).

A ação do plástico nos corais é ainda pouco compreendida, no entanto, surtos de doenças por agentes patogénicos advindos da poluição por plástico são cada vez mais preocupantes e a presença de plástico nestes ecossistemas é alarmante principalmente

---

<sup>1</sup> Capturas provocadas por equipamento de pesca como redes, linhas e anzóis abandonados ou descartados indevidamente

porque cenários *business-as-usual* preveem o aumento da presença destes resíduos e dos seus impactos nos corais (Lamb et al., 2018).

Perante este cenário, é imperativo que se adotem estratégias que possibilitem de forma eficiente e o mais célere possível contrariar o ritmo de destruição atual uma vez que milhões de dólares em benefícios socioeconómicos provenientes dos corais são perdidos anualmente. Surge, assim, uma oportunidade no contexto da Economia Circular (EC).

O conceito de economia circular é dinâmico e cada vez mais debatido estando sujeito a diferentes interpretações entre autores. No entanto, a Ellen MacArthur Foundation (EMF), pioneira no impulsionamento da EC, define-a como uma estrutura de solução de sistemas que lida com desafios globais como as alterações climáticas, resíduos, poluição e perda de biodiversidade baseada em três princípios impulsionados pelo design: eliminar resíduos e poluição, circular produtos e materiais e regenerar a natureza (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

É defendido por vários autores que a EC pode fomentar o desenvolvimento sustentável, uma das prioridades na agenda mundial no que diz respeito à conservação do meio ambiente e, conseqüentemente, da sua biodiversidade (Geissdoerfer et al., 2017; Ghisellini et al., 2016).

O objetivo desta Dissertação é entender, através de uma ampla revisão bibliográfica, o impacto causado pela poluição por plástico no ecossistema coralíneo da região do Triângulo de Coral, com destaque para a Indonésia e China, e de que forma a transição para um sistema económico circular nesta indústria pode contribuir ativamente para a proteção da biodiversidade marinha e dos seus componentes através da eliminação dos fatores de pressão ambiental até aqui mencionados.

Com este trabalho pretende-se identificar a importância da economia circular enquanto ferramenta para conservação da biodiversidade, algo de extrema importância para que sejam tomadas melhores decisões políticas, económicas e ambientais que visem proteger seres vivos importantes como os corais, a sua biodiversidade e, ao mesmo tempo, transitar para um modelo económico circular com benefícios ambientais, sociais e económicos.

A Dissertação apresenta-se dividida em 6 Capítulos. O primeiro, aqui presente, é referente à Introdução. O Capítulo 2 engloba o enquadramento dos tópicos a abordar. Além de introduzir a importância económica, ambiental e social dos corais, explora o estado da indústria do plástico e o seu impacto no ecossistemas coralíneo do Triângulo de

Coral. No Capítulo 3 são expostas as ferramentas em vigor na China e Indonésia para combater esta problemática bem como alguns dos potenciais benefícios da EC na indústria do plástico dos países estudados. No Capítulo 4 é apresentada a metodologia utilizada para a realização deste trabalho. No Capítulo 5 é apresentada a análise resultante da revisão bem como algumas limitações deste estudo e sugestões futuras. Finalmente, o Capítulo 6 refere-se à conclusão desta dissertação.

## 2. Desafios da biodiversidade coralínea perante a poluição por plástico

### 2.1 Importância biológica e caracterização do ecossistema: o caso do Triângulo de Coral no Pacífico

Num planeta com 71% da superfície coberta por água e 96,5% dessa água parte integrante dos oceanos (Water Science School, 2019), a biodiversidade marinha é um dos componentes naturais que mais tem vindo a sofrer com o crescimento económico e consequências daí resultantes (Jefferson et al., 2021; Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

De entre toda a diversidade marinha, os corais são possivelmente dos animais mais importantes, não só por eles próprios representarem uma fonte de diversidade com mais de 2000 espécies identificadas (Ritchie & Roser, 2021), mas também porque os recifes isto é, colónias de corais, constituem *hotspots* de biodiversidade marinha que chegam a albergar mais de 4000 espécies de peixes, moluscos, algas e outros animais marinhos (Inter-American Development Bank, 2021).

Os recifes de coral cobrem aproximadamente 0,2% da área dos oceanos e são encontrados maioritariamente em áreas tropicais e subtropicais. Dependem de condições ótimas para sobreviver no que diz respeito à luz solar, temperatura e salinidade da água e relações simbióticas (Inter-American Development Bank, 2021).

Existem dois tipos dominantes de corais: hermatípicos, encontrados em águas quentes próximos da superfície e denominados pólipos no seu estado adulto. A relação simbiótica que mantêm com algas zooxantelas com capacidade fotossintética permite aos corais obter energia para excretar o exoesqueleto branco de carbonato de cálcio que possibilita a construção dos recifes como os conhecemos. Por sua vez, os corais ahermatípicos, corais de água fria, podem viver em profundidades entre os 200 e os 3000 metros e distribuem-se por todo o mundo (Ritchie & Roser, 2021).

A Figura 1 representa a distribuição mundial dos recifes de coral hermatípicos. São evidentes locais caracterizados por elevada densidade e diversidade de corais destacando-se a Grande Barreira de Coral, a maior do mundo, que se estende por mais de 2300 km ao longo da costa nordeste da Austrália (Pratchett et al., 2018) e o Triângulo de Coral na Ásia-Pacífico, a norte da Austrália. No âmbito desta dissertação e em alinhamento com a problemática estudada, o foco desta Dissertação irá incidir sobre a região do Triângulo de Coral.



Figura 1 - Distribuição geográfica mundial dos recifes de coral hermatípicos (áreas a verde-escuro)  
 Obtido a 24 maio 2022 de *Allen Coral Atlas*

### ***Região do Triângulo de coral, Sudeste Asiático***

A região do Triângulo de Coral (TC) fica localizada entre os oceanos Pacífico e Índico na Zona Económica Exclusiva de seis países (Figura 2), nomeadamente, Indonésia, Filipinas, Malásia, Papua Nova Guiné, Timor-Leste e Ilhas Salomão e de duas nações adjacentes, Brunei e Singapura (Asaad et al., 2020). Constitui uma área total superior a 6 milhões de km<sup>2</sup> (Foale et al., 2013) dos quais 5,4 milhões km<sup>2</sup> correspondem a oceano e 1,4 milhões km<sup>2</sup> a terra (Hoegh-Guldberg et al., 2009).

Devido à biodiversidade que alberga no centro da região (representada a verde na Figura 2), é considerado o epicentro da biodiversidade marinha, muitas vezes referido como a “Amazónia dos Oceanos” (Burke et al., 2012). É o habitat de mais de 3000 espécies de peixes de recife (52% das espécies da Ásia-Pacífico e 37% das espécies mundiais), local de desova de 6 das 7 espécies de tartarugas marinhas e possui ainda uma área superior a 40 mil km<sup>2</sup> de mangais, com cerca de 36 a 46 espécies das 70 existentes a nível mundial, sendo o local mais extenso e com maior biodiversidade do género (Asaad et al., 2020). No que a corais diz respeito, alberga mais de 76% das espécies de águas superficiais (Asaad et al., 2018) cobrindo uma área com mais de 73 mil km<sup>2</sup> correspondente apenas ao centro da região, a grande maioria nas costas da Indonésia, Filipinas e Papua Nova-Guiné (Burke et al., 2012).

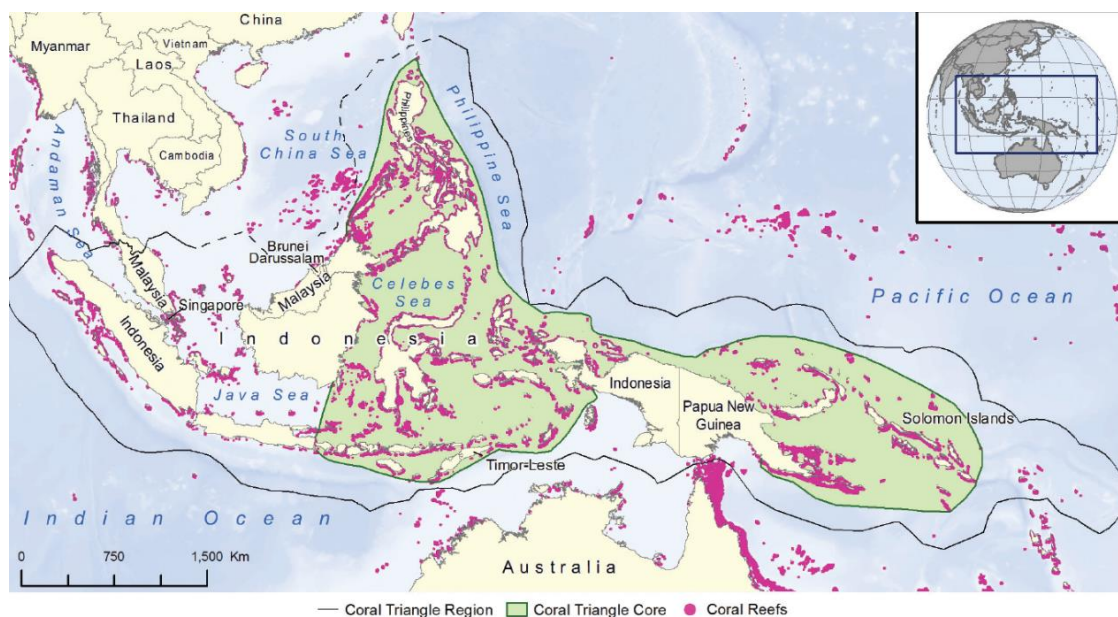


Figura 2 - Localização e delimitação geográfica do Triângulo de Coral  
Retirado de Burke et al. (2012)

Crê-se que a biodiversidade presente é oriunda da conjugação de inúmeros fatores como a atividade tectônica, correntes e marés oceânicas e a dispersão de espécies daí decorrente que favorece o aparecimento de novos genótipos e biodiversidade única associada a este local (Hoegh-Guldberg et al., 2009). É, por isso, uma área de grande interesse científico e destaca-se economicamente por providenciar bens e serviços essenciais de extrema importância para subsistência da população.

Em 2007, os seis principais países do TC acordaram entre si e assinaram a declaração que deu origem à Iniciativa do Triângulo de Coral, *Coral Triangle Initiative on Coral Reefs, Fisheries and Food Security* (CTI-CFF). O objetivo é a colaboração inter-países para fomentar a conservação do ecossistema marinho e costeiro através da diminuição das ameaças presentes (Burke et al., 2012). O CTI-CFF assenta em cinco pilares (Read, 2014):

- Paisagens marinhas
- Áreas Marinhas Protegidas
- Abordagem Ecosistêmica à Gestão das Pescas
- Adaptação às Mudanças Climáticas
- Espécies ameaçadas.

## 2.2 Importância socioeconómica dos recifes de coral

Estima-se que 3 mil milhões de indivíduos sejam dependentes da biodiversidade marinha e dos seus serviços de ecossistema (Hilmi et al., 2019) e cerca de 500 milhões de pessoas dependem diretamente de recifes de coral (The Nature Conservancy, 2022). Por conseguinte, o decréscimo acentuado da biodiversidade marinha que se tem verificado (Millennium Ecosystem Assessment, 2005; Talukdera et al., 2022) coloca em causa não só a subsistência da população, mas também a de todo o sistema económico que tem como base os serviços e bens provenientes da biodiversidade marinha (Eddy et al., 2021; Hilmi et al., 2019).

No caso dos recifes de coral, estes constituem a base de serviços de ecossistema essenciais (Eddy et al., 2021). Os serviços de ecossistema são o conjunto de benefícios dos quais a população usufrui para obtenção de alimentos, água potável e matérias-primas. Servem como suporte direto e indireto à nossa sobrevivência e são uma peça fundamental do sistema económico (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Na Tabela 1 estão apresentados de forma sucinta, e resultante de uma breve revisão bibliográfica, alguns dos benefícios socioeconómicos advindos dos corais.

Tabela 1 - Benefícios socioeconómicos associados aos recifes de coral  
Elaboração própria a partir das referências mencionadas

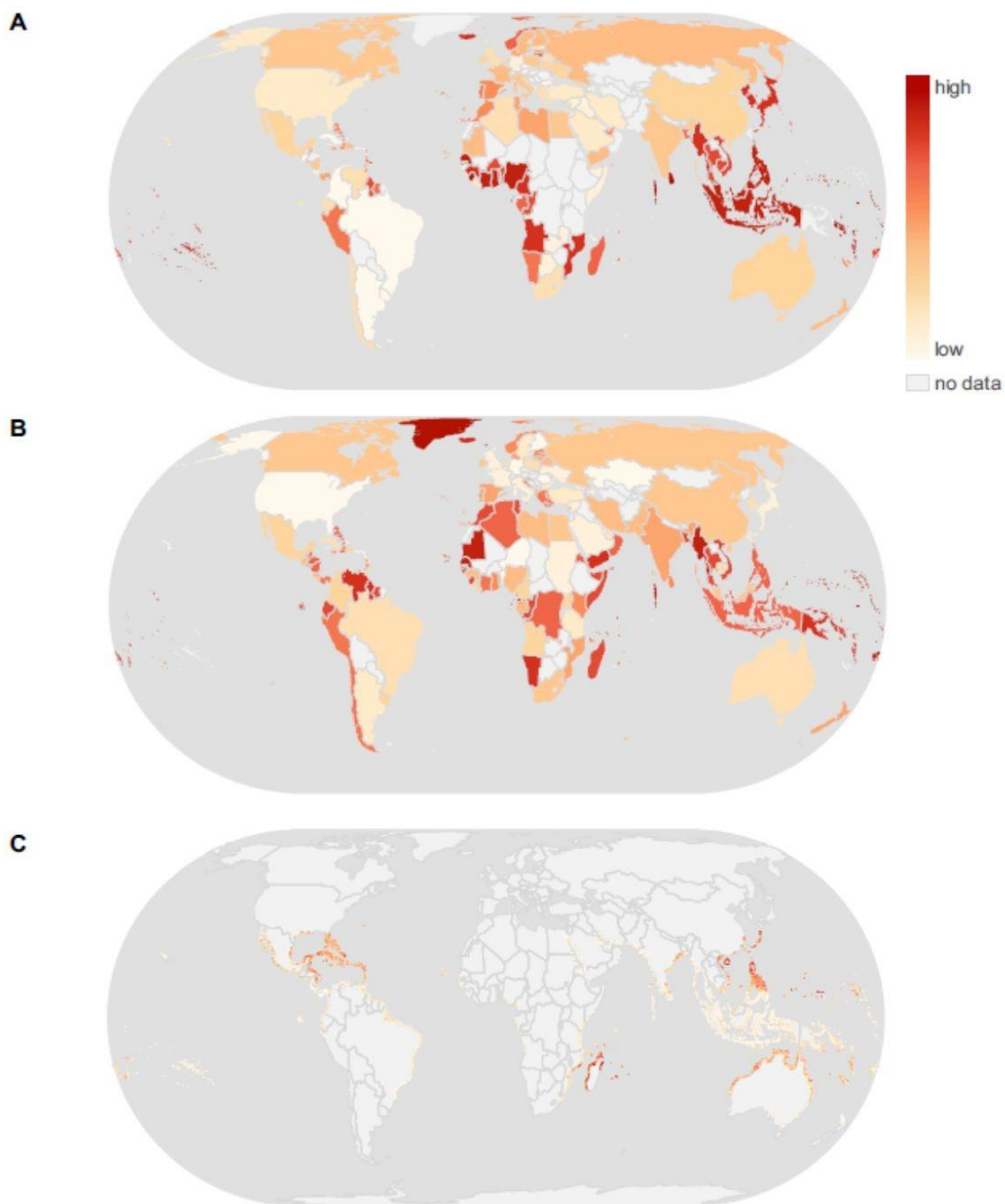
Bens e serviços provenientes dos recifes de coral		Referência
<b>Serviços de Suporte</b>	- Abrigo de biodiversidade e variedade genética - Habitat de inúmeras espécies, algumas das quais alvo de atividade pesqueira - Local para manutenção do ecossistema marinho assegurando fotossíntese, proteção de espécies e suporte para animais marinhos (locais de desova e alimentação)	Inter-American Development Bank (2021)
<b>Serviços de Provisão</b>	- Alimentos através da pesca ou aquacultura - Recursos genéticos associados à biodiversidade - Substâncias químicas para a indústria farmacêutica e construção	
<b>Serviços de Regulação</b>	- Captura de carbono - Regulação climática - Manutenção dos ciclos biológicos e bioquímicos - Proteção da costa em eventos climáticos intensos em mais de 100 países num total de mais de 150 mil km de litoral	Inter-American Development Bank (2021) The Nature Conservancy (2022)
<b>Serviços Culturais</b>	- Áreas para diversão e estudos científicos - Turismo (representa mais de 15% do PIB de países com elevada densidade de corais)	Burke et al. (2011) Inter-American Development Bank (2021)

Em termos económicos, é difícil valorizar todos os usos diretos e indiretos associados à biodiversidade e aos serviços prestados e, por isso, os recifes são avaliados em vários cenários com retornos económicos diferentes (Hilmi et al., 2017). Nos recifes da Mesoamérica os retornos monetários estão estimados em 6,2 mil milhões de dólares (UN Environment, 2018), já na Austrália estima-se que atinjam 56 milhões de dólares australianos (Prideaux & Pabel, 2018).

No estudo levado a cabo pela UNESCO e publicado em 2017 que avaliou 29 locais de recifes classificados como Património Mundial prevê-se que em 2100, e em cenários *business-as-usual*, nenhum deles será um ecossistema funcional fruto do aumento da frequência de eventos de branqueamento. Isto é o equivalente a perdas estimadas em 500 mil milhões US\$ em serviços de ecossistema que irão afetar principalmente as regiões mais dependentes destes serviços como é o TC (Boakes et al., 2022; Heron et al., 2017). Assim, é incontornável a importância destes ecossistemas a nível mundial tanto para a biodiversidade como para o sistema económico.

No caso do TC, destaca-se a sua importância para proteção da costa, sendo que 45% do litoral dos países abrangidos é protegido pelos recifes, com destaque para as Ilhas Solomon (70% da costa) e as Filipinas (65% da costa) (Inter-American Development Bank, 2021). Além disso, mais de 120 milhões de habitantes dos países abrangentes dependem diretamente dos serviços e bens provenientes dos recifes desta área dada a proximidade das suas habitações à costa (Asaad et al., 2018).

Segundo o estudo de Selig et al. (2018), os países asiáticos, incluindo os do TC, lideram o pódio de países dependentes do ecossistema marinho no que diz respeito às dependências alimentar, económica e proteção costeira (Figura 3). A Indonésia ocupa a primeira posição da dependência alimentar, por sua vez a China ocupa a segunda posição da dependência para proteção costeira.



### Legenda

A - Dependência nutricional

B - Dependência económica (pesca)

C - Dependência para proteção costeira

---

Figura 3 - Grau de dependência da população pelo ecossistema marinho  
Retirado de Selig et al. (2018)

Em 2017, as receitas diretas e indiretas provenientes destes serviços (Tabela 2) foram especialmente importantes nos setores dominantes na região do TC: Turismo, Pesca e Desenvolvimentos costeiros<sup>2</sup>.

As receitas diretas são provenientes do aumento do rendimento dos setores (ex.: maior afluência de turistas) e as receitas indiretas resultam do aumento das receitas diretas (ex.: o aumento do rendimento da Pesca traduz-se em gastos em atividades relacionadas como logística ou processamento do pescado) (UN Environment, 2018).

Tabela 2 - Retornos económicos dos setores dominantes no TC, 2017 (M US\$)  
Adaptado de UN Environment (2018), p.10

Setor	Retornos económicos		Total (M US\$)
	Diretos (M US\$)	Indiretos (M US\$)	
<b>Turismo</b>	3 113	3 113	6 226
<b>Pesca</b>	2 925	2 925	5 850
<b>Desenvolvimentos costeiros</b>	1 323	1 094	2 417

Na totalidade, em 2017, os retornos monetários para o TC atingiram os 14 M US\$, com cada um dos setores Turismo, Pesca e Desenvolvimentos Costeiros a representar, respetivamente, 45%, 42% e 13% das receitas (UN Environment, 2018).

O mesmo relatório da UN Environment (2018) analisou um cenário *Recife saudável vs. Recife degradado* tendo em conta os três setores dominantes de forma a estimar as receitas provenientes do TC entre 2017 e 2030 (anualizado) e em 2030 (estimado). Na Tabela 3 podem observar-se os resultados obtidos. Num cenário de recife saudável, é possível atingir receitas de 225 M US\$ no período de 13 anos compreendido entre 2017 e 2030 em comparação aos 188 M US\$ num cenário de recifes degradados.

Estudos desta natureza são essenciais já que demonstram a importância em investir o quanto antes para reverter a perda de biodiversidade atual. Os benefícios irão traduzir-se em rendimentos económicos, mas também em ganhos nos pilares sociais e ambientais, partes integrantes de um ecossistema saudável.

<sup>2</sup> A análise neste setor pelos autores incluiu o valor da proteção costeira conferida pelos corais e as mudanças e investimentos nas costas com base nas alterações no turismo e recifes adjacentes.

Tabela 3 - Retorno económico do Triângulo de Coral: anualizado 2017 a 2030 e estimado para 2030 (M US\$)  
 Fonte: UN Environment (2018), p.13

Cenário	Ano	Turismo	Pesca	Desenvolvimentos Costeiros	Total
Recife saudável	Anualizado 2017-2030	7 040	6 395	2 675	16 110
	Estimado 2030	8 520	6 942	3 124	18 586
Recife degradado	Anualizado 2017-2030	5 312	5 971	2 178	13 461
	Estimado 2030	4 145	6 094	1 866	12 105
Benefícios líquidos recife saudável	Anualizado 2017-2030	1 728	395	496	2 619
	Estimado 2030	4 375	848	1 258	6 481

### 2.3 Principais ameaças à biodiversidade dos corais

As características e necessidades biológicas dos corais variam entre espécies, no entanto, todas estão expostas aos mesmos fatores que colocam em causa a sua sobrevivência.

Entre as principais ameaças de origem antropogénica destacam-se a pesca excessiva e/ou danosa (Ballesteros et al., 2018; United Nations Environment Programme et al., 2019), poluição, derrames de petróleo, danos causados por tráfego de navios, sedimentação, erosão, acidificação e/ou aumento da temperatura da água decorrente das alterações climáticas e legislação inadequada para a sua proteção (Alvarez-Filip et al., 2021; Carvalho-Souza et al., 2018; Hilmi et al., 2019; Inter-American Development Bank, 2021). Marés muito baixas que expõe os corais ao ar, terremotos, tempestades e *bloom* de plâncton<sup>3</sup> são alguns dos fatores naturais passíveis de exercer pressão negativa sobre os corais (Alvarez-Filip et al., 2021).

Uma vez que a maioria das espécies são sésseis isto é, não se deslocam voluntariamente, estão sujeitos às alterações que o seu habitat sofre (Richards & Beger, 2011). Estima-se que quase todos os corais desapareceriam com um aumento de 2° C na temperatura média da água, sendo que apenas 10% a 30% dos corais conseguiriam sobreviver com um aumento de 1,5° C (Hilmi et al., 2019).

<sup>3</sup> O aumento da eutrofização costeira proporciona o *bloom* de plâncton e fitoplâncton que provoca anoxia, aumento da toxicidade da água e diminuição da penetração de luz solar, fatores que contribuem ativamente para a morte dos corais (Alvarez-Filip et al., 2021).

Como resultado de sucessivas alterações no equilíbrio do ecossistema marinho, é possível que mais de 200 espécies de corais se encontrem em vias de extinção, no entanto, a dificuldade em calcular com rigor científico todas as espécies e número de indivíduos existentes, não permite classificar de forma congruente o seu estado de conservação oficial (Ritchie & Roser, 2021). Ainda assim, no estudo de Eddy et al. (2021) é estimado um declínio de 50% na cobertura de recifes de coral entre 1957 e 2007.

Enquanto ecossistema marinho, o TC encontra-se exposto às ameaças referidas anteriormente, no entanto, quando considerados os países envolventes e as práticas da população para a sua subsistência, destacam-se como principais ameaças à conservação dos corais do TC:

- Pesca insustentável e prejudicial, como por exemplo pesca de arrasto e pesca com recurso a dinamite ou cianeto<sup>4</sup> que, apesar de banidas, continuam em prática (Asaad et al., 2020; Burke et al., 2012);
- Escoamentos e sedimentação provenientes do continente que cobrem parte dos corais, principalmente nas costas da Indonésia e Filipinas (Asaad et al., 2020);
- Conversão de terra nas costas para aquacultura, infraestruturas e extração de madeira (Asaad et al., 2020);
- Eventos de branqueamento de corais, cada vez mais frequentes devido as alterações climáticas (Asaad et al., 2020).

Na Figura 4 pode ser consultado o resultado do estudo de Burke et al. (2012) que identificou as principais ameaças locais e o grau de gravidade das mesmas para os corais do TC. Em 2012, cerca de 85% dos corais dos países do TC encontravam-se ameaçados e desses, aproximadamente 45% num nível considerado Alto ou Muito Alto (Burke et al., 2012). O mesmo estudo de Burke et al. (2012) prevê que em 2030 o cenário seja ainda mais preocupante com mais de 80% dos recifes em nível de risco Alto ou Muito Alto e em 2050 mais de 90% dos recifes estarão ameaçados, alguns dos quais num nível crítico de sobrevivência.

---

<sup>4</sup> Na Indonésia, como resultado do domínio da pesca com cianeto e explosivos estimam-se perdas económicas na ordem dos 46 M US\$/ano. Burke et al.. (2002)

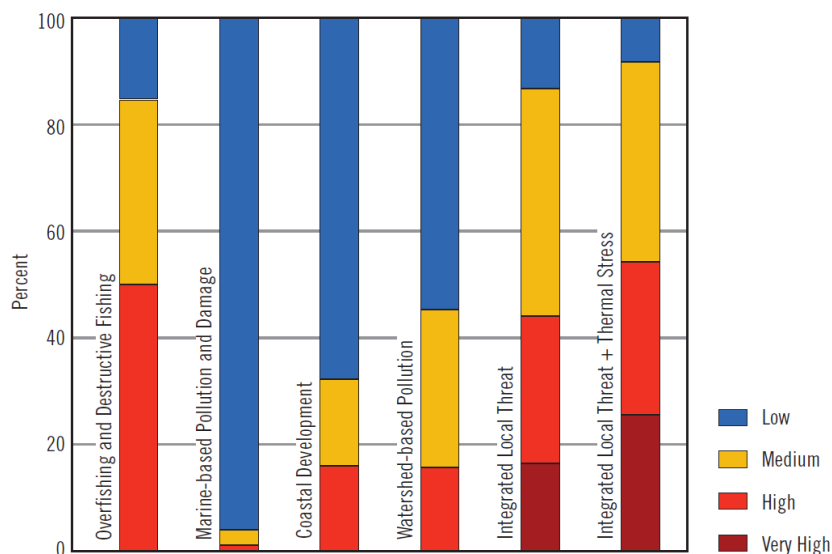


Figura 4 - Principais ameaças locais aos recifes do TC  
Retirado de Burke et al. (2012)

Apesar de a pesca ser considerado o fator antropogénico com mais peso para redução da biodiversidade coralínea devido à elevada dependência da população<sup>5</sup> e o plástico ser considerado uma ameaça mais recente, os seus efeitos negativos são cada vez mais visíveis e preocupantes sendo os mais reportados a nível mundial expostos de forma sucinta na Tabela 4.

Tabela 4 - Impacto do plástico nos corais reportado a nível mundial  
Elaboração própria a partir das referências mencionadas

Impacto do plástico nos corais	Referência
- Disrupção do sistema imunitário e das relações simbióticas	Lamb et al. (2018)
- Transporte de agentes patogénicos causadores de doenças	Reichert et al. (2019)
- Disrupção da taxa de crescimento	Savinelli et al. (2020);
- Distúrbios na capacidade de alimentação por ingestão inadvertida de partículas plásticas	Syakti et al. (2019);
- Lesões físicas, mecânicas e necrose dos tecidos	Carvalho-Souza et al. (2018); United Nations Environment Programme et al. (2019)
- Cobertura dos corais com conseqüente diminuição da penetração de luz solar e redução do nível de oxigénio que pode provocar branqueamento e, eventualmente, morte.	United Nations Environment Programme et al. (2019)
- Emaranhamento e aprisionamento	

<sup>5</sup> Mundialmente, cerca de 850 milhões de pessoas vivem a menos de 100 km de recifes de corais. No TC, aproximadamente 320 milhões vivem a menos de 100 km e 114 milhões a menos de 30 km de recifes. Isto contribui para a sobre-exploração de peixe devido à elevada dependência por esta fonte proteica.

Perante este cenário, é cada vez mais importante contribuir ativamente para o estudo dos impactos da poluição por plástico nos corais, em especial no sudeste asiático, para que se consiga encontrar soluções adequadas que permitam reverter as previsões atuais. Na próxima secção irá explorar-se o impacto do plástico na biodiversidade dos recifes da Indonésia e da China.

## 2.4 Poluição por plástico: impacto na biodiversidade dos corais

### 2.4.1 Plástico – evolução e caracterização

Na década de 1950, a criação de um produto durável, versátil e com baixo custo de produção revolucionou o consumo e comercialização dos produtos do dia-a-dia (Ford et al., 2022; Geyer et al., 2017). No entanto, essa praticidade não veio a custo zero: estima-se que a produção de plástico tenha aumentado de 1,7 milhões de toneladas métricas em 1950 (Y. Chen et al., 2021) para 367 milhões de toneladas métricas em 2020 (Plastics Europe, 2016, 2021), com uma taxa de aumento anual estimada de 9% (United Nations Environment Programme, 2018a).

A evolução temporal da produção de plástico entre 1950 e 2020 pode ser observada na Figura 5<sup>6</sup>.

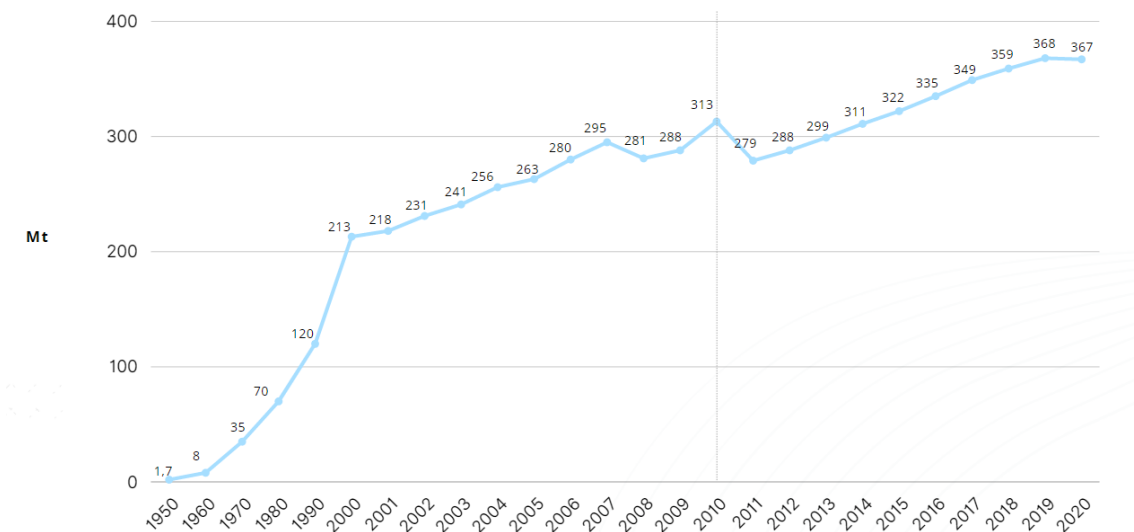


Figura 5 - Evolução da produção mundial de plástico entre 1950 e 2020

Elaboração própria a partir de dados retirados de Geyer et al. (2017); Plastics Europe (2016,2021)

<sup>6</sup> Dados de 1950-2010 retirados de de Geyer et al. (2017), dados de 2011-2020 retirados de Plastics Europe (2016,2021)

As diferentes metodologias utilizadas explicam a redução verificada entre 2010 e 2011 bem como a diferença quando comparados os mesmos anos em ambos os estudos. No estudo de Geyer et al. (2017) é contabilizada a produção de todo o plástico, incluindo fibras, que se encontram ausentes na metodologia dos relatórios de Plastics Europe (2016, 2020). Assim, torna-se pertinente realçar que a partir de 2015 já se produziu mais plástico do que até 2010, mesmo sem considerar fibras, o que leva a crer que a quantidade total de plástico produzida poderá ser mais elevada do que a reportada nestes relatórios.

Atualmente, mais de 30 tipos de plástico são produzidos e divididos em duas categorias, dependendo da característica do polímero utilizado: termoplásticos, em que o polímero é derretido a altas temperaturas e moldado a frio, podendo sofrer tratamentos repetidamente; ou termofixos quando o polímero utilizado é transformado quimicamente e depois de moldado não pode sofrer alterações (United Nations Environment Programme, 2018b). São também categorizados de acordo com o tamanho do diâmetro, nomeadamente, megaplásticos (>100 mm), macropásticos (<20 mm), micropásticos (<5 mm) (Miller et al., 2017) e nanopásticos (<100 nm) (Koelmans et al., 2015).

A matéria-prima mais utilizada representa cerca de 99,5% e corresponde a combustíveis fósseis, como o crude ou o gás natural (Y. Chen et al., 2021; United Nations Environment Programme, 2018a). Como consequência, em 2015 foram emitidas mais de 1 milhão de toneladas métricas de CO<sub>2</sub>, o equivalente a mais de 3% das emissões de combustíveis fósseis nesse ano (Ford et al., 2022). A *share* de 0,5% de matérias-primas corresponde a produtos de origem biológica sobretudo o poliacido láctico (United Nations Environment Programme, 2018a).

Independentemente das suas características, cerca de 49% dos plásticos inserem-se na categoria do “plástico de utilização única” (Singh et al., 2021), ou seja, materiais com ciclo de vida curto antes do descarte, muitas vezes incorreto, o que acarreta perigo não só para o ambiente mas também para a saúde humana (Agência Portuguesa do Ambiente, 2021).

#### **2.4.2 Ciclo de vida do plástico**

O principal problema do plástico é simultaneamente a vantagem da sua utilização: a durabilidade. Uma vez que são produzidos maioritariamente à base de combustíveis fósseis e enriquecidos com químicos e aditivos durante o seu processamento, o produto final não é biodegradável (Geyer et al., 2017).

No caso de plásticos encontrados em corpos de água, a ação das correntes, da luz solar e do vento agrava a situação degradando mega e macroplásticos em detritos cada vez mais pequenos como microplásticos (MP) e/ou nanoplásticos, tornando virtualmente impossível a sua total remoção do ambiente (United Nations Environment Programme, 2018b). Assim, é importante ressaltar que todo o plástico produzido até à data encontra-se presente no planeta, ainda que muito provavelmente com formato e tamanho diferentes, resultante da sua deterioração ou reaproveitamento (Geyer et al., 2017).

No estudo de Geyer et al. (2017) estima-se que apenas 30% de um total de 8300 milhões de toneladas métricas de plástico produzidas entre 1950 e 2015 esteja em utilização, e aproximadamente 60% ou 4900 milhões de toneladas métricas de plástico encontram-se depositadas em aterro ou descartadas no ambiente (Figura 6).

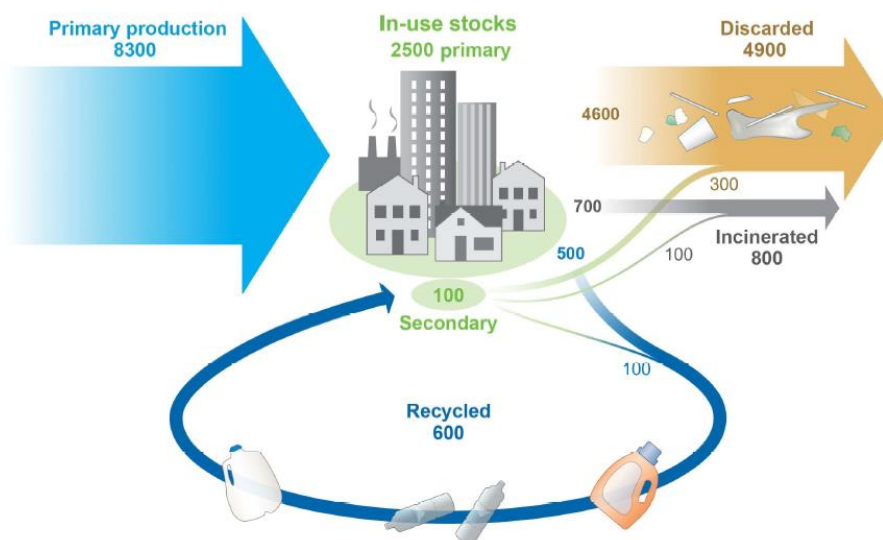


Figura 6 - Produção global e destino final do plástico produzido entre 1950 e 2015 (MMT)  
Retirado de Geyer et al. (2017)

O método mais eficaz para tratar resíduos de plástico é o tratamento termal destrutivo através de combustão ou reciclagem química, com aproveitamento para produção de combustíveis ou ceras com recurso a catalisadores (Geyer et al., 2017). No entanto, este tipo de tratamento não é implementado frequentemente devido aos custos energéticos associados. Ao invés, a reciclagem mecânica que envolve separação primária, trituração, lavagem, separação secundária, derretimento e re-moldagem dos polímeros é o método mais utilizado a nível global, seguido da incineração (Garcia & Robertson, 2017; Singh et al., 2021).

Na Figura 7 encontram-se representados esquematicamente os principais métodos de reciclagem de resíduos plásticos bem como os destinos finais de acordo com o tratamento.

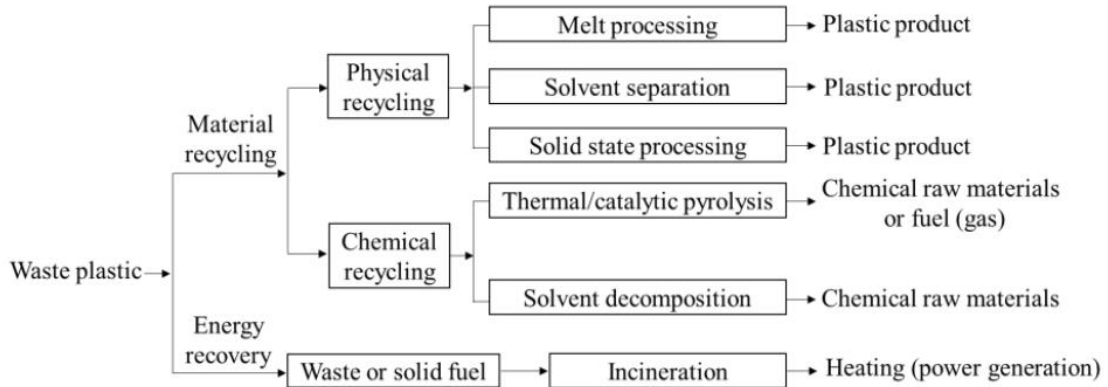


Figura 7 - Principais tipos de reciclagem e destino dos resíduos de plástico  
Retirado de Qi et al. (2021)

O ciclo de vida deste produto é, por isso, uma preocupação. Estima-se que no setor das embalagens o ciclo de vida seja inferior a um ano, com grande parte a ser descartada ao fim de uma única utilização no âmbito *business-to-consumer*. Em setores como o da Construção ou Têxtil o ciclo de vida é mais longo, 35 e 5 anos respetivamente, no entanto, continuam aquém do potencial de reaproveitamento deste material (Geyer et al., 2017; Rhodes, 2018).

Destaca-se, no entanto, o setor industrial de produção de plástico, uma vez que os resíduos daqui provenientes têm elevada qualidade e pureza, podendo circular dentro da própria indústria ou seguir diretamente para outros setores, estando assim presente algum tipo de circularidade e maior aproveitamento do produto (IPEN, 2022).

Com base no ciclo de vida e cadeia de valor atuais é defendido por diversos autores que uma das prioridades desta indústria passa pela transformação do tratamento dos resíduos, algo que deve começar desde o design. Isto é, além dos processos de tratamento mencionados, o produto deve ser concebido desde a sua produção para ter um ciclo de vida mais longo e utilizar menos matéria-prima (Principles for Responsible Investment, 2019). Na Figura 8 encontra-se representada a hierarquia preferencial para o tratamento dos resíduos com base no design e ciclo de vida deste produto.

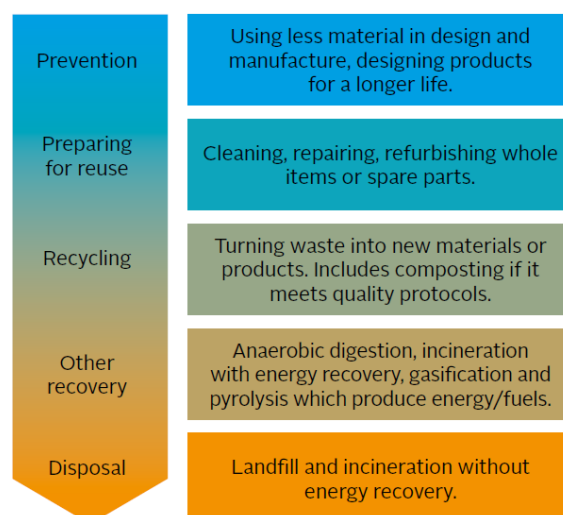


Figura 8 - Hierarquia preferencial para o tratamento dos resíduos de plástico  
Retirado de Principles for Responsible Investment (2019)

### 2.4.3 Produção e consumo de plástico: o caso da China e Indonésia

Esta problemática surgiu, como referido anteriormente, no contexto das alterações dos hábitos de consumo e comercialização dos produtos que aumentou exponencialmente a necessidade da produção de plástico.

A distribuição dos *inputs* de produção primária de plástico por setor em 2015 pode ser consultada na Figura 9. Traduzido em milhões de toneladas, em 2015, foram consumidas 146 milhões de toneladas de plástico no setor das Embalagens, 65 milhões de toneladas na Construção e 59 milhões de toneladas na Indústria têxtil, um total de 270 milhões de toneladas de plástico apenas em três setores (Geyer et al., 2017).

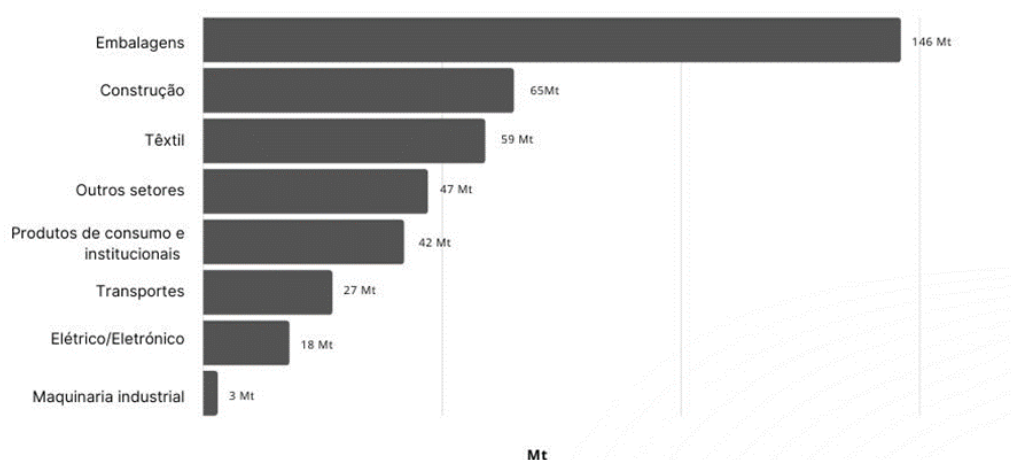


Figura 9 - *Inputs* de produção primária de plástico por setor em 2015 (milhões de toneladas)  
Elaboração própria a partir de dados retirados de Geyer et al. (2017)

A produção global em 2020 (Figura 10) foi maioritariamente localizada na Ásia e nos países NAFTA (Estados Unidos da América, México e Canadá), destacando-se a China em primeiro lugar. A Europa representou cerca de 15% da produção (Plastics Europe, 2021).

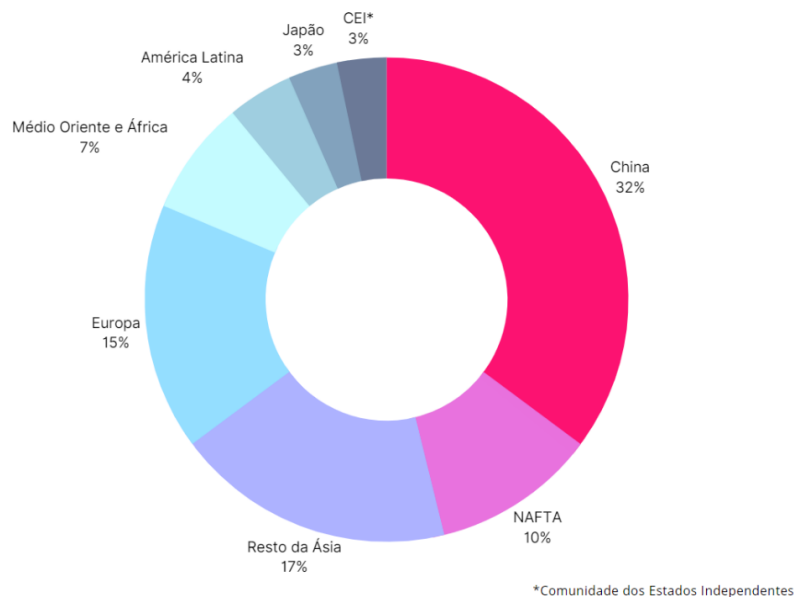


Figura 10 - Produção global de plástico em 2020  
Elaboração própria a partir de dados retirados de Plastics Europe (2021)

A produção de resíduos de plástico por país em 2010 (Tabela 5) foi estimada por Jambeck et al. (2015) tendo como variáveis de estudo a população residente a menos de 50 km da costa, a massa de resíduos anual por país, a percentagem atribuída a plástico bem como a percentagem de resíduo plástico que vaza para meio aquático, entre outros. No mesmo estudo é estimado que o “pico” de resíduos de plástico não seja atingido antes de 2100 devido a fatores como o aumento populacional, crescimento económico e aumento do consumo *per capita*.

Em concordância com o cenário apresentado até então, 8 dos 10 países que mais contribuem para esta problemática estão localizados na Ásia. Fatores como a carência de estações de tratamento de resíduos adequadas, elevada densidade populacional que exacerba o consumo de plástico, crescimento económico acentuado e falta de regulação (ex.: cobrança de taxa para a utilização de sacos de plástico) contribuem para que neste continente as consequências ambientais sejam mais severas (Jambeck et al., 2015; United Nations Environment Programme, 2018b). Todos estes fatores contribuem para que seja atribuído às economias emergentes a responsabilidade pelo grau elevado de poluição e

macroplásticos em ecossistemas marinhos (United Nations Environment Programme et al., 2019).

Tabela 5 - Estimativa de resíduos plásticos produzidos e depositados em meio marinho em 2010  
Adaptado de Jambeck et al. (2015)

<b>PAÍS</b>	<b>População costeira ≤50 km (milhões)</b>	<b>Taxa de produção de resíduos (kg/pessoa por dia)</b>	<b>% de resíduos plástico</b>	<b>Resíduos plásticos mal geridos (tonelada métrica/ano)</b>	<b>Detritos marinhos de plástico (tonelada métrica/ano)</b>
<b>1 China</b>	262,9	1,10	11	8,82	1,32-3,53
<b>2 Indonésia</b>	187,2	0,52	11	3,22	0,48-1,29
<b>3 Filipinas</b>	83,4	0,5	15	1,88	0,28-0,75
<b>4 Vietname</b>	55,9	0,79	13	1,83	0,28-0,73
<b>5 Sri Lanka</b>	14,6	5,1	7	1,59	0,24-0,64
<b>6 Tailândia</b>	26,0	1,2	12	1,03	0,15-0,41
<b>7 Egípto</b>	21,8	1,37	13	0,97	0,15-0,39
<b>8 Malásia</b>	22,9	1,52	13	0,94	0,14-0,37
<b>9 Nigéria</b>	27,5	0,79	13	0,85	0,13-0,34
<b>10 Bangladesh</b>	70,9	0,43	8	0,73	0,12-0,31

Uma vez que os dois primeiros países que mais contribuem para esta problemática se encontram em áreas com elevada cobertura de corais, devido à sua relevância para este estudo, será elaborada uma breve revisão bibliográfica acerca do estado da indústria do plástico em ambos os países e, posteriormente, uma breve revisão acerca do impacto direto do plástico nos corais de cada um.

▪ **China**

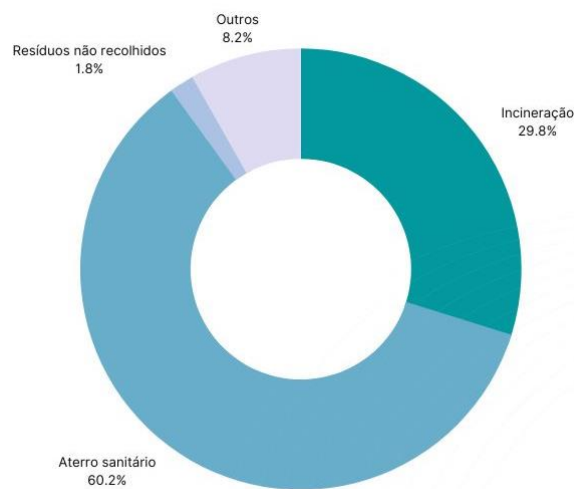
A China é um país que apesar de possuir uma costa extensa com mais de 30 mil km, tem os corais localizados maioritariamente ao largo de Hainan e ilhas adjacentes, onde as condições da água são ótimas para a sua sobrevivência. Possui cerca de 180 diferentes espécies e 900 km<sup>2</sup> de cobertura de corais bem como 340 km<sup>2</sup> de manguezais (Burke et al., 2002).

Este país é atualmente o maior consumidor de plástico a nível mundial (Sun et al., 2022) e em 2020 foi também o maior produtor com uma quota de 32% da produção mundial (Figura 10). Alguns dos fatores que explicam este fenómeno foram já evidenciados anteriormente, no entanto, outros devem ser considerados para compreender a posição deste país em relação à problemática associada ao plástico como é o caso dos evidenciados na Tabela 6 onde se expõe as conclusões de alguns estudos realizados neste âmbito.

Tabela 6 - Fatores na origem do aumento do consumo e dos resíduos de plástico na China  
Elaboração própria a partir das referências mencionadas

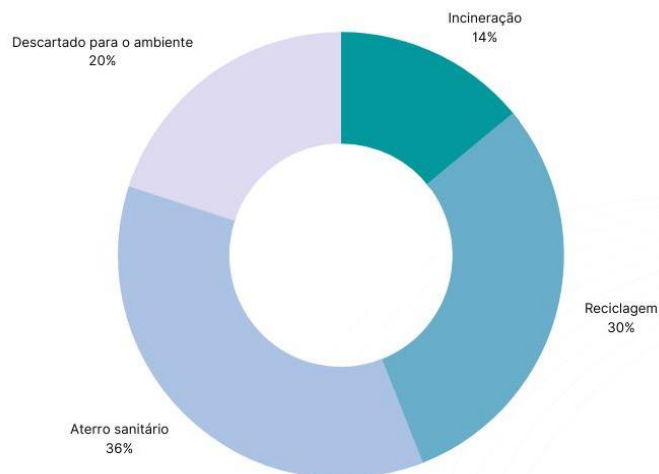
<b>Fator explicativo</b>	<b>Conclusão do estudo</b>	<b>Referência</b>
<b>Nível de importação</b>	- Importações de artigos de plástico Para dar resposta à elevada produção de artigos de baixo valor económico como brinquedos ou sacos, sem recurso a matéria-prima virgem, em 2016 foram importadas cerca de 7,3 MMT de resíduos plásticos de outros países.	Qu et al. (2019)
<b>Setores predominantes</b>	- Indústria, agricultura, medicina e setor doméstico <sup>7</sup> O elevado uso nestes setores bem como o incorreto descarte do plástico associado ao ciclo de vida curto e baixa taxa de reciclagem contribuem para pouca circularidade nestes setores.	Qi et al. (2021)
<b>Consumo interno</b>	- O crescimento do <i>e-commerce</i> , consumo <i>take-away</i> e cosmética aumentam significativamente o consumo interno de plástico. Em 2015, o consumo <i>per capita</i> foi 45,1 kg, mais do dobro em comparação a 2005.	International Energy Agency (2020) The Collective (2015)
<b>Método de tratamento de resíduos</b>	- O aterro sanitário continua a ser o principal meio de descarte dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) (Figura 11) e plástico (Figura 12). Várias regiões do país não têm mecanismos e aterros adequados o que acaba por provocar fugas e contaminação ambiental secundária.	Garcia et al. (2019) Kurniawan et al. (2022)

<sup>7</sup> Tipos de plástico por setor: Indústria: maioritariamente resíduos da produção industrial de plástico com elevada qualidade e taxa de reciclagem/reaproveitamento. Agricultura: tubagens e embalagens de fertilizantes. Medicina: equipamentos de proteção individual ou de uso único como máscaras e proteção ocular. Setor Doméstico: resíduos do dia-a-dia como garrafas, sacos ou embalagens.




---

Figura 11 - Métodos de tratamento para RSU na China, 2020  
 Elaboração própria a partir de dados retirados de Kurniawan et al. (2022)




---

Figura 12 - Direção do fluxo dos resíduos de plástico entre 1949-2019  
 Elaboração própria a partir de dados retirados de Qi et al. (2021)

Todos estes fatores contribuem ativamente para que a indústria gere externalidades negativas para o ambiente marinho e saúde humana.

### ▪ *Indonésia*

A Indonésia é o maior arquipélago do mundo composto por mais de 17 mil ilhas e possui uma extensa área marítima classificada como uma das mais ricas em termos de biodiversidade ao longo da sua costa com mais de 80 mil km. Abrange uma área de mais de 50 mil km<sup>2</sup> de recifes de corais e é o habitat de cerca de 75% das espécies de corais do mundo. Detém uma área combinada superior a 60 mil km<sup>2</sup> de algas marinhas e manguezais que representam cerca de 17% do reservatório de carbono do mundo (Adyasari et al., 2021). No entanto, a degradação e o ritmo de mudança do ecossistema marinho colocam em causa a manutenção deste ecossistema. O estudo de Making Oceans Plastic Free (2017) estima perdas económicas superiores a 2 mil milhões de dólares nos setores do Turismo e Pesca apenas no que diz respeito ao impacto causado por sacos de plástico no ecossistema marinho, sendo por isso alarmante o cenário atual no que diz respeito à poluição por plástico.

À semelhança do observado na China, o tratamento de RSU é bastante rudimentar e mais de metade acaba em aterro (Figura 13). Outra agravante é o facto de cerca de 40% da população urbana não ter acesso a estações de tratamento de resíduos adequadas o que acaba por exacerbar a poluição (World Bank, 2021b).

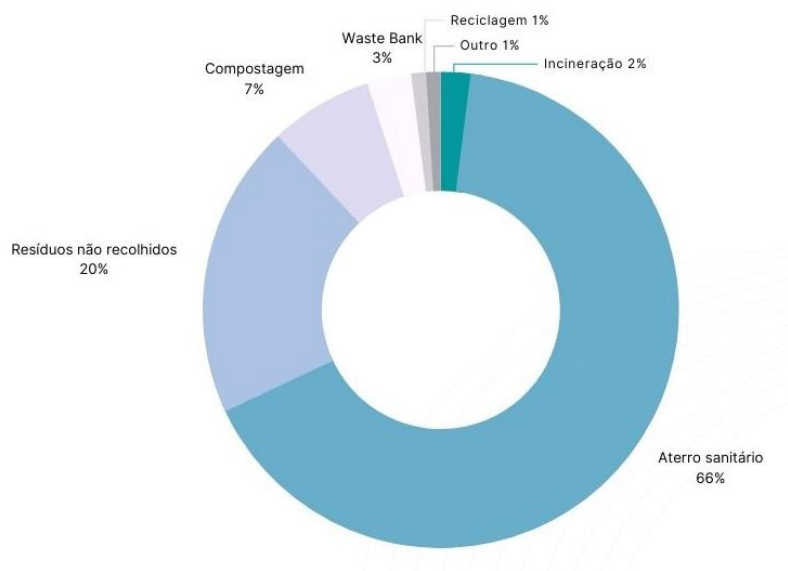


Figura 13 - Métodos de tratamento para RSU na Indonésia, 2016  
Elaboração própria a partir de dados retirados de OECD (2019)

Na Tabela 7 encontram-se sumarizados alguns dos principais fatores que contribuem para o aumento do consumo e poluição por plástico.

Tabela 7 - Fatores na origem do aumento do consumo e dos resíduos de plástico na Indonésia  
Elaboração própria a partir das referências mencionadas

<b>Fator explicativo</b>	<b>Conclusão do estudo</b>	<b>Referência</b>
<b>Crescimento económico</b>	- A crescente industrialização contribui ativamente para o aumento da produção e consumo de plástico em setores como o das embalagens, construção e setor automóvel.	Garcia et al. (2019)
<b>Ferramentas de proteção ambiental</b>	- A falta de regulações e subsídios governamentais alocados à proteção ambiental contribui para a perpetuação da má gestão dos resíduos não tratados e depositados em aterros ou no ambiente.	Garcia et al. (2019)
<b>População costeira e rural</b>	- A elevada densidade populacional na costa e em zonas rurais contribui com grandes quantidades de plástico que não são tratadas e acabam inadvertidamente no ambiente.	Jambeck et al. (2015); World Bank (2021b)
<b>Turismo</b>	- Há uma grande dependência económica <sup>8</sup> pelo setor do Turismo, no entanto, este setor contribui não só para o elevado consumo de plástico mas também para a degradação dos corais (Figura 14).	Garcia et al. (2019)
<b>Método de tratamento de resíduos</b>	- As áreas rurais representam o maior problema do tratamento de resíduos de plástico. Cerca de 3,5 milhões de toneladas são produzidas, no entanto, 85% não são tratadas/recolhidas devido à falta de estações para tratamento dos resíduos que provoca o depósito direto em cursos de água ou a incineração a céu aberto (Figura 15).	World Bank (2021b)

Além destes fatores, é importante considerar que a localização geográfica do país o torna mais propenso à poluição por plástico já que pela ação das correntes acaba por ser o destino final de resíduos provenientes de países vizinhos como as Filipinas, Índia e China que partilham o mesmo problema com resíduos de plástico (Garcia et al., 2019).

As épocas de chuva intensas são outro fator natural que contribui para a poluição marinha uma vez que arrastam resíduos depositados diretamente em rios para o oceano (World Bank, 2021b).

<sup>8</sup> O Turismo representou 1,9% do PIB do país em 2017 com receitas de 19,4 mil milhões US\$ e em 2028 pode vir a representar potencialmente 2,1% com receitas estimadas de 37 mil milhões US\$

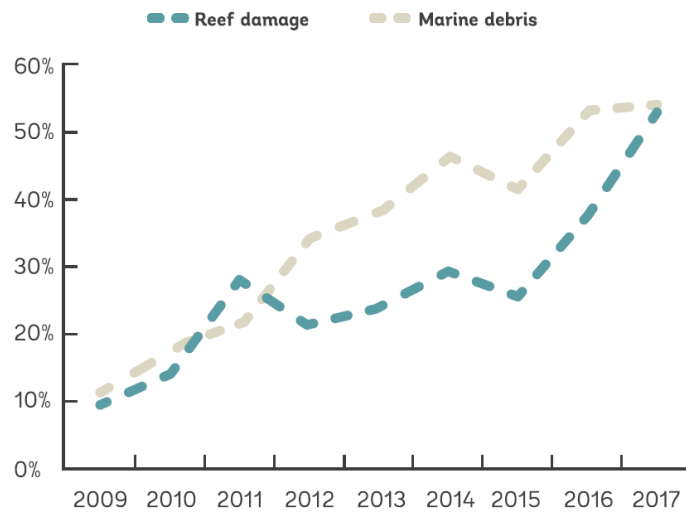


Figura 14 - Proporção de turistas que encontram corais danificados ou detritos marinhos no Parque Nacional de Komodo<sup>9</sup>  
Retirado de World Bank (2021a)

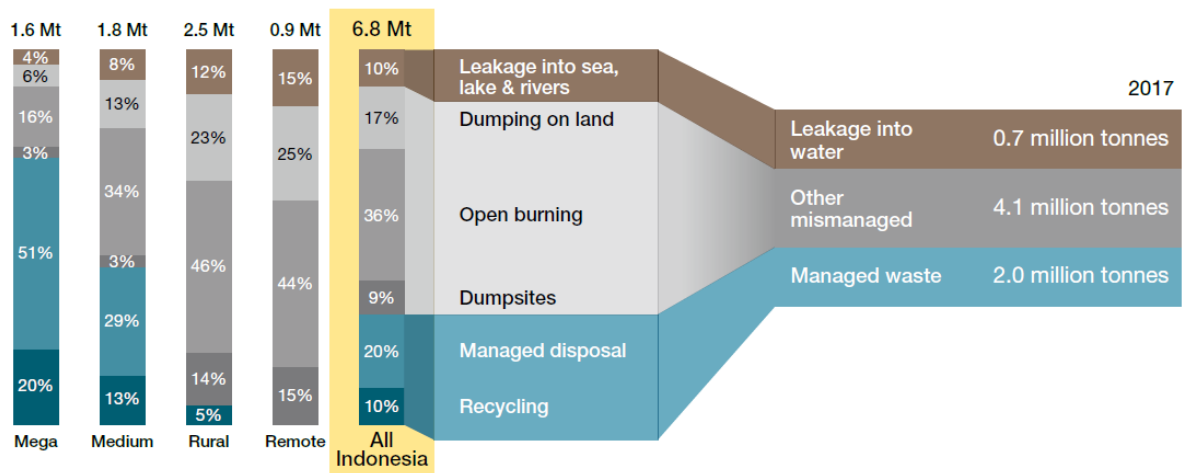


Figura 15 - Direção do fluxo dos resíduos de plástico na Indonésia em 2017  
Retirado de Ministry of Environment and Forestry (2020)

<sup>9</sup> O Parque Nacional de Komodo foi estabelecido pelo governo indonésio em 1980 para proteger o habitat natural do dragão-de-komodo bem como a biodiversidade dos recifes e manguezais. Foi declarado Património Mundial da UNESCO em 1991.

#### 2.4.4 Impacto direto do plástico nos corais da China e Indonésia

Na década de 70 a preocupação acerca da poluição por plástico aumentou e desde então vários estudos são levados a cabo para perceber a sua escala de distribuição no ambiente (Miller et al., 2017).

Entre o plástico mais comum no ambiente destacam-se, por ordem de volume, garrafas de plástico, tampas de garrafas, embalagens de alimentos, sacos de compras, tampas, palhinhas e embalagens de refeições *take-away* (United Nations Environment Programme, 2018b). A fonte de origem deste plástico é diversa (Tabela 8), sendo que a proximidade de atividade antropogénica à costa (habitações, atividade pesqueira, aquacultura) (Jambeck et al., 2015) e a atividade turística (United Nations Environment Programme et al., 2019) parecem ser os fatores que mais contribuem para a poluição por plástico dos ecossistemas marinhos.

Tabela 8 - Fontes de origem e quantidade estimada de plástico a entrar inadvertidamente nos oceanos  
Retirado de United Nations Environment Programme et al. (2019), pág. 26

Fonte de origem	Estimativa de plástico a entrar no oceano (tonelada métrica/ano)
Rios/escoamentos terrestres	9000
Despejo direto	1500
Equipamento de pesca	640
Carga perdida	600
Pó de pneus	270
Derrame de <i>pellets</i> industriais	230
Tinta de estrada e edifícios	210
Têxteis	190
Cosméticos	35
Tinta marinha	16

Em cenários *business-as-usual* e na falta de melhoramentos nos sistemas de tratamento, estima-se que em 2050 existam cerca de 12 milhões de toneladas de plástico depositadas em aterro ou descartadas incorretamente para o meio ambiente de forma direta ou indireta (United Nations Environment Programme, 2018b).

Inúmeros estudos alertam para uma situação particularmente preocupante nos ecossistemas marinhos (Allen et al., 2022; Barboza et al., 2018; Bhuyan et al., 2021; Wysocki & Billon, 2019). As características do plástico escalam a poluição nos oceanos e rios devido

a fatores como o tempo de persistência no ambiente, químicos libertados para a água, o potencial depósito em zonas de difícil acesso como o fundo do mar (Riechers et al., 2021) e, ainda mais grave, a ação direta em seres marinhos quer por ingestão de plástico por peixes (Bellas et al., 2016), aves marinhas (Wilcox et al., 2015) e bivalves, alguns dos quais consumidos frequentemente pela população (Cauwenberghe & Janssen, 2014), quer pelo aumento da incidência de pesca fantasma por redes de pesca ou cordas que provocam lesões ou, em casos mais graves, morte (Jepsen & Bruyn, 2019; Woods et al., 2019) (Figura 16).

Apesar de a hipótese de biomagnificação na rede trófica ainda não ter sido corroborada cientificamente (K.-J. Chen et al., 2021; Teuten et al., 2009), num estudo levado a cabo por Leslie et al. (2022) foi detetada, pela primeira vez, a presença de partículas de microplásticos na corrente sanguínea de humanos o que demonstra a magnitude de distribuição deste poluente e a urgência em reverter a tendência atual.

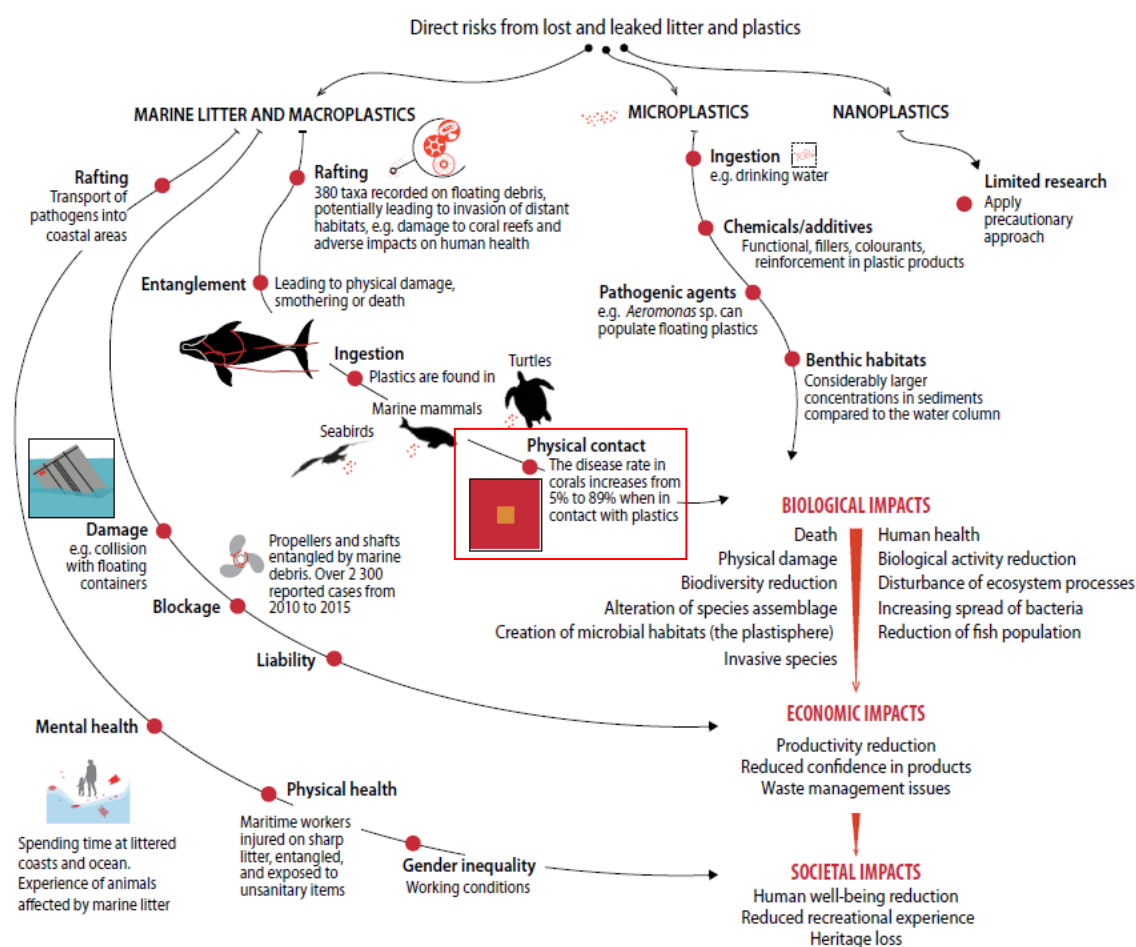
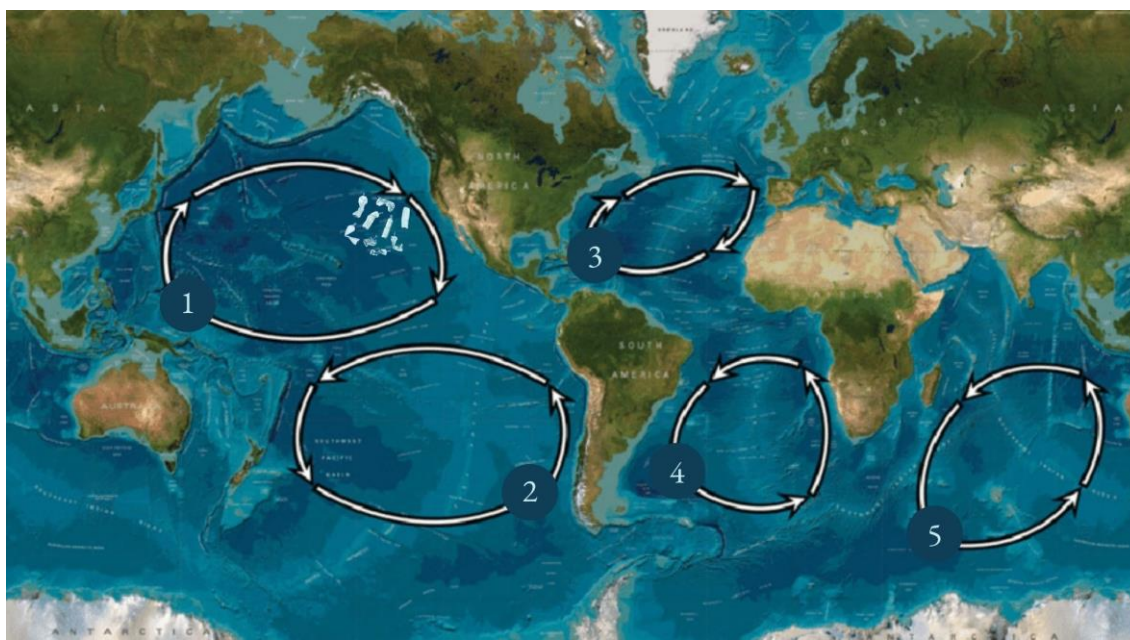


Figura 16 - *Overview* ilustrativo dos principais impactos e riscos biológicos, económicos e sociais associados à poluição marinha por plástico

Retirado de United Nations Environment Programme (2021)

No ecossistema marinho, a sua incidência tornou-se evidente devido à acumulação de milhares de detritos de plástico nos giros oceânicos (Figura 17). Um giro oceânico é o conjunto das grandes correntes marinhas permanentes e, por isso, a ação do vento e das forças gravitacionais que as mantêm em movimento acaba por arrastar detritos para o mesmo local formando “ilhas de lixo”, já mencionadas anteriormente (Eriksen et al., 2013). A Grande Ilha de Lixo do Pacífico é o maior *hotspot* de poluição marinha e apesar de se localizar próximo da costa dos Estados Unidos da América, entre o Havai e a Califórnia, acredita-se que a maior parte dos resíduos que o compõe é proveniente de países asiáticos que representam a principal fonte de resíduos proveniente do continente para os oceanos (Jambeck et al., 2015).



**Legenda**

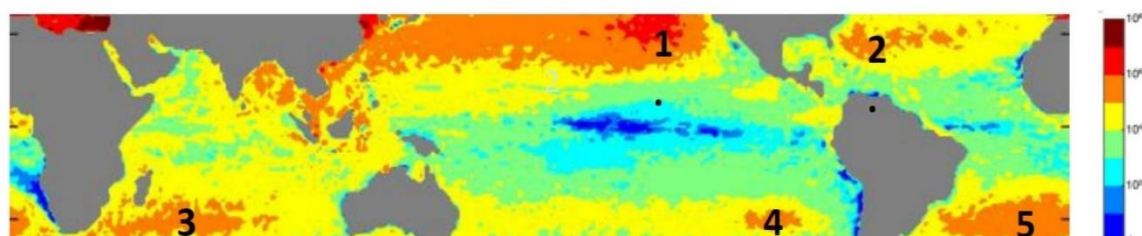
- |  |  |
|--|--|
| 1 - Giro Subtropical Norte do Oceano Pacífico  | 4 - Giro Subtropical Sul do Oceano Atlântico                   |
| 2 - Giro Subtropical Sul do Oceano Pacífico    | 5 - Giro Subtropical do Oceano Índico                          |
| 3 - Giro Subtropical Norte do Oceano Atlântico | O sentido das setas indica o sentido do movimento da corrente. |

Figura 17 - Distribuição dos principais giros marítimos e representação geográfica aproximada da Grande Ilha de Lixo do Pacífico (No Ponto 1)

Elaboração própria

Como resultado, e em cenários *business-as-usual*, no relatório publicado em 2016 pelo World Economic Forum em conjunto com a Ellen MacArthur Foundation, é estimado que até 2025 por cada 3 toneladas de peixe exista 1 tonelada de plástico e, em 2050, poderá haver mais plástico do que peixe.

Na Figura 18, é possível observar a densidade de microplásticos à superfície, por km<sup>2</sup>, sendo evidente no número 1 a elevada concentração na Grande Ilha de Lixo do Pacífico. Apesar de aqui a situação ser considerada mais grave, nos restantes giros o risco para acumular plástico e a densidade observada é igualmente preocupante.



**Legenda**

- |  |  |
|--|--|
| 1 - Giro Subtropical Norte do Oceano Pacífico  | 4 - Giro Subtropical Sul do Oceano Pacífico  |
| 2 - Giro Subtropical Norte do Oceano Atlântico | 5 - Giro Subtropical Sul do Oceano Atlântico |
| 3 - Giro Subtropical do Oceano Índico          |  |

Figura 18 - Densidade de microplásticos à superfície por km<sup>2</sup>

Retirado de United Nations Environment Programme et al. (2019)

Em termos económicos, em 2015, a produção de plástico originou receitas de aproximadamente 1 722 milhões de euros (United Nations Environment Programme, 2018a). No entanto, aproximadamente 95% do seu valor económico é perdido anualmente devido ao ciclo de vida curto (World Economic Forum et al., 2016).

A avaliação económica dos danos causados pelo plástico no ambiente permite estimar as perdas económicas que podem atingir valores astronómicos sendo que na Ásia esta situação é flagrante com estimativas de 1,3 mil milhões de euros em perdas para os setores dominantes no continente, nomeadamente, turismo, pesca e indústria (United Nations Environment Programme, 2018b). Por sua vez, na Europa, o custo de limpezas de praias e zonas costeiras pode ascender a 630 milhões de euros.

No ecossistema marinho a poluição por plástico é hoje um problema universal e os custos económicos para a sua remoção podem atingir os 13 mil milhões de dólares por ano (United Nations Environment Programme, 2018b).

Assim, a presença ubíqua de plástico no ecossistema marinho, com potencial de acumulação em recifes, tem tornado indispensável a necessidade de estudar e compreender o seu impacto nos corais, algo que se tornou mais comum nas últimas décadas (Barboza et al., 2019; Lamb et al., 2018; Lasut et al., 2018; Mueller et al., 2022; Reichert et al., 2019; Soares et al., 2020).

A importância biológica, social e económica dos recifes do TC colocam-no no centro desta preocupação, principalmente devido à proximidade da China e Indonésia em relação ao TC uma vez que são os principais responsáveis pela emissão de plástico para o oceano e, ao mesmo tempo, países com elevada cobertura de corais.

Na Figura 19 encontra-se uma extrapolação sugerida no estudo de United Nations Environment Programme et al. (2019) que representa o nível de macroplásticos em recifes de coral, tendo como base os dados dos estudos de Jambeck et al. (2015) e Geyer et al. (2017) já mencionados neste trabalho.

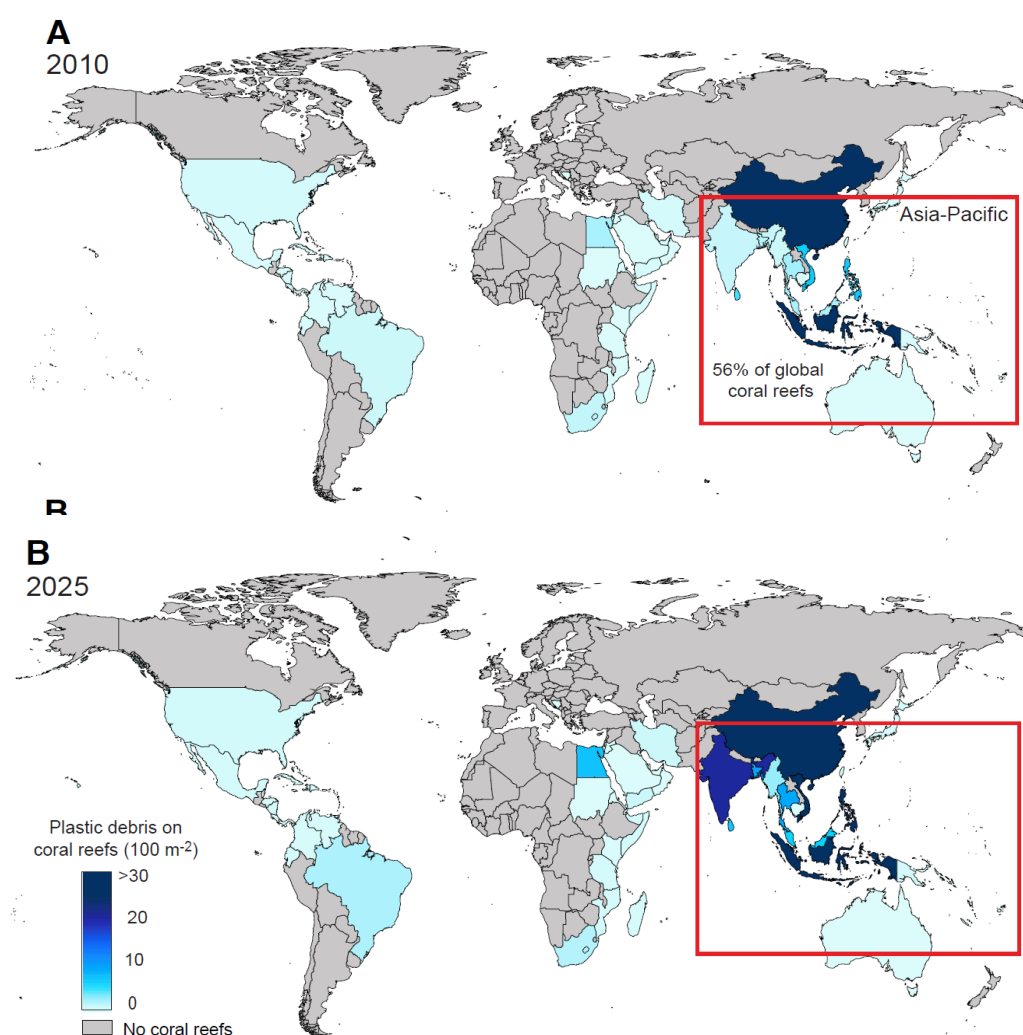


Figura 19 - Representação da possível evolução do nível de macroplásticos presentes nos recifes de coral em 2010 e 2025  
Retirado de United Nations Environment Programme et al. (2019)

Em 2010, estimava-se a presença de 11 mil milhões de partículas de macroplásticos (0,6 – 26,6 itens/100m<sup>2</sup>) na zona da Asia-Pacífico. Em 2025, a mesma área, poderá vir a conter 15,7 mil milhões de partículas de macroplásticos, um aumento de 40% em relação aos níveis de 2010, quando considerado um cenário *business-as-usual*.

No seguimento do reportado, foi realizada uma compilação aprofundada com estudos levados a cabo acerca do impacto direto do plástico nos corais da China e Indonésia apresentados nas Tabelas 9 e 10, respetivamente.

Tabela 9 - Danos provocados por plástico no ecossistema coralíneo da China  
Elaboração própria a partir das referências mencionadas

Local	Impacto verificado no ambiente coralíneo	Referência
<b>Wenchang</b>	Stress induzido pelo MP compromete sistema imunitário da espécie <i>P. damicornis</i> tornando-o mais suscetível a organismos patogénicos e branqueamento	Tang et al. (2018)
<b>Ilhas de Xisha, Nansha, Weizhou e Sanya Lu Hui Tou, Mar do Sul da China</b>	Acumulação de MP no ambiente por “captura” pela estrutura rugosa do esqueleto dos corais	Ding et al. (2019)
<b>Zhubi, ilha de Zhongye</b>	Aumento da probabilidade de doenças nos corais, invasão por espécies patogénicas e redução da população de algumas espécies de corais	Huang et al. (2019)
<b>Zhongye, Adominga, Jiuzhang e Zhenghe, ilha de Nansha</b>	MP provenientes de descargas de resíduos não tratados de ilhas vizinhas e da atividade pesqueira afetam a produtividade dos recifes que parecem funcionar como reservatório para MP	Tan et al. (2020)
<b>Baía de Sanya, ilha de Hainan</b>	Ingestão de MP transparentes em diversas espécies de corais, similares às suas presas habituais, que aumentam a probabilidade de que ocorra redução de obtenção de alimento	Lei et al. (2021)
<b>Ilha de Hainan</b>	Apoptose celular no coral por quebra da relação simbiótica com a alga que compõe o seu tecido	Tang et al. (2021)

Tabela 10 - Danos provocados por plástico no ecossistema coralíneo da Indonésia  
Elaboração própria a partir da bibliografia recolhida

<b>Local</b>	<b>Impacto verificado no ambiente coralíneo</b>	<b>Referência</b>
<b>Baía de Jacarta</b>	Aumento da poluição e de detritos plásticos no ecossistema coralíneo da baía	Verstappen (1988)
<b>Mil Ilhas; Baía de Jacarta</b>	Presença de macrolástico em quantidades elevadas nos dois locais contribui para a morte de corais, reduzindo a biodiversidade local	Willoughby et al. (1997)
<b>Ambon, Karimunjawa e Jepara, Java</b>	Níveis elevados de poluição, incluindo plástico, parecem ter facilitado a redução da biodiversidade coralínea entre 40-70% desde os anos 80 até à data do estudo	Edinger et al. (1998)
<b>Estreito Lembeh, Bitung</b>	Incorporação de redes de pesca no ecossistema coralíneo	Hoeksema & Hermanto (2018)
<b>Cidade de Manado, Sulawesi do Norte</b>	Aumento da poluição na proximidade de recifes e manguezais provenientes de descargas sólidas urbanas não tratadas adequadamente	Lasut et al. (2018)
<b>Mil Ilhas, Jacarta</b>	Contacto direto com MP flutuantes durante a baixa-mar aumentam a probabilidade de adesão dos MP aos corais. Presença de substâncias químicas nos MP com risco de absorção pelos corais.	Utami et al. (2021)
<b>Praias de Bailang e Malalayang, Baía de Manado</b>	Macrolásticos e outros detritos aglomeram-se nas praias durante as épocas seca e de chuva, com potencial para afetar os recifes do Parque Nacional de Bunaken, a apenas alguns km da baía	Lasut et al. (2021)
<b>Ilha de Semak Daun, Mar de Java</b>	Turismo contribui ativamente para o aumento de plástico nas praias e corais da ilha	Utami & Sujatmiko (2021)
<b>Estreito de Banca, Sulawesi do Norte</b>	Presença de macrolásticos emaranhados ou a cobrir totalmente corais. A longa exposição ao plástico provoca necrose, branqueamento e cobertura dos corais por algas invasivas em espécies mais sensíveis	Mueller et al. (2022)

### **3. Ferramentas para conservação da biodiversidade coralínea: o desafio da Economia Circular no Sudeste Asiático**

Diferentes instrumentos são colocados em prática para combater a degradação da biodiversidade dos recifes de corais. Todos têm como principal objetivo mitigar as consequências dos fatores de stress para a biodiversidade, alguns dos quais já mencionados anteriormente.

As ferramentas para controlar a pesca insustentável passam por regulações que definem as áreas piscatórias, os limites e as épocas para pesca ou o período de pesca para cada espécie (Burke et al., 2011).

A poluição que advém do tráfico de navios é regulada e são controladas as descargas para os oceanos bem como as zonas de ancoragem de navios de forma a proteger áreas mais sensíveis (Burke et al., 2011).

As descargas de resíduos, muitas das quais incluem plástico (Lasut et al., 2018), são controladas através da costa através da implementação de tratamentos de esgotos e por uma gestão adequada das bacias hidrográficas para prevenir erosão ou escoamentos (Burke et al., 2011).

Apesar de todos os esforços supramencionados, é o estabelecimento de Áreas Marinhas Protegidas (AMP) que mostra ser mais eficiente neste aspeto e são por isso usadas como mecanismo primário (Lasut et al., 2018). Por um lado, permitem proteger extensas áreas marinhas que podem dessa forma permanecer imaculadas, por outro, a sua implementação a nível global permite avaliar com mais rigor a evolução e os benefícios desta ferramenta (Asaad et al., 2018; Burke et al., 2011).

As AMP são definidas pela Direção-Geral de Recursos Naturais (2018) como *“espaços marinhos integralmente delimitados em águas oceânicas, com o propósito de reforçar a conservação da natureza e da biodiversidade marinha. São dotadas de legislação específica e dos meios necessários para cumprir o seu objetivo. Criadas para salvaguardar espécies e ecossistemas, contribuem para uma utilização sustentável dos recursos naturais associados ao Mar”*. Essa definição é por norma geral e organizações como a UICN classificam as AMP em 6 diferentes categorias de acordo com o nível de proteção ou área protegida (Anexo 1), podendo neste caso haver divergências na classificação consoante o país (Laffoley et al., 2019) e a estrutura social, económica e governamental (Asaad et al., 2020).

Atualmente existem mais de 17 mil locais oficialmente designados como AMP. Cobrem uma área de mais de 28 milhões de km<sup>2</sup>, distribuídos entre águas nacionais<sup>10</sup> e águas internacionais<sup>11</sup>, o equivalente a apenas 7% da área do oceano (Protected Planet, 2022).

No que diz respeito a recifes de coral, estima-se que em 2011 existiam cerca de 2679 áreas classificadas como AMP, o correspondente a apenas 27% dos recifes de coral mundiais (Tabela 11). Uma vez que nem todas as AMP se inserem nas categorias que proíbem pesca ou atividades aquáticas, grande parte continua a sofrer pressão que coloca em risco a conservação da biodiversidade (Asaad et al., 2018). Esta situação é especialmente problemática no Sudeste asiático, o local com maior biodiversidade e cobertura coralínea e onde apenas 17% dos corais se encontram em AMP.

Tabela 11 - Distribuição da cobertura regional de recifes protegidos por AMP  
Retirado de Burke et al. (2011), pág.81

<b>Região</b>	<b>Número de AMP</b>	<b>Área de recife na AMP (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área total de recife (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Recife na AMP (%)</b>
<b>Atlântico</b>	617	7 630	25 850	30
<b>Austrália</b>	171	31 650	42 310	75
<b>Oceano Índico</b>	330	6 060	31 540	19
<b>Médio Oriente</b>	41	1 680	14 400	12
<b>Pacífico</b>	921	8 690	65 970	13
<b>Sudeste asiático</b>	599	11 650	69 640	17
<b>Total global</b>	2 679	67 350	249 710	27

Perante este cenário, em que se pretende estabelecer medidas para fortalecer a proteção da vida dos oceanos colocada em causa devido ao aumento da poluição por plástico, decorrente do consumo exacerbado e sistema económico linear incapaz de fornecer ferramentas capazes de mitigar esta problemática, a próxima secção explora a Economia Circular. Após uma breve introdução acerca da sua evolução e princípios serão estudados os benefícios que podem advir da implementação da circularidade na indústria do plástico para minimizar as externalidades negativas e, dessa forma, contribuir para a conservação da biodiversidade dos recifes de coral.

<sup>10</sup> Área de águas costeiras que se estendem até ao limite da ZEE do país.

<sup>11</sup> Área Marinha além da Jurisdição Nacional, ou seja, área em que nenhum país tem responsabilidade na gestão e proteção. Inclui o alto mar, áreas marinhas que não fazem parte das ZEE e o fundo do mar para além das águas nacionais.

### 3.1 Evolução e fundamentos da Economia Circular

Apesar da recente popularização do termo, as origens da economia circular são mais remotas do que se pensa. Em 1990, no livro “*Economics of Natural Resources and the Environment*” de Pearce & Turner, o termo “Economia Circular” foi utilizado pela primeira vez num manual de Economia. Aqui, os autores apresentam a hipótese de haver uma relação circular interdependente entre a economia e o ambiente (Wautelet, 2018). Os autores apresentam três funções da economia no ambiente: fornecimento de recursos, sistema de suporte à vida e depósito para resíduos e emissões (Ghisellini et al., 2016)

Atualmente, é utilizado o “Diagrama em Borboleta” (Figura 20) proposto pela EMF para representação da economia circular que distingue os ciclos biológico (lado verde do diagrama) e tecnológico (lado azul do diagrama) dos materiais.

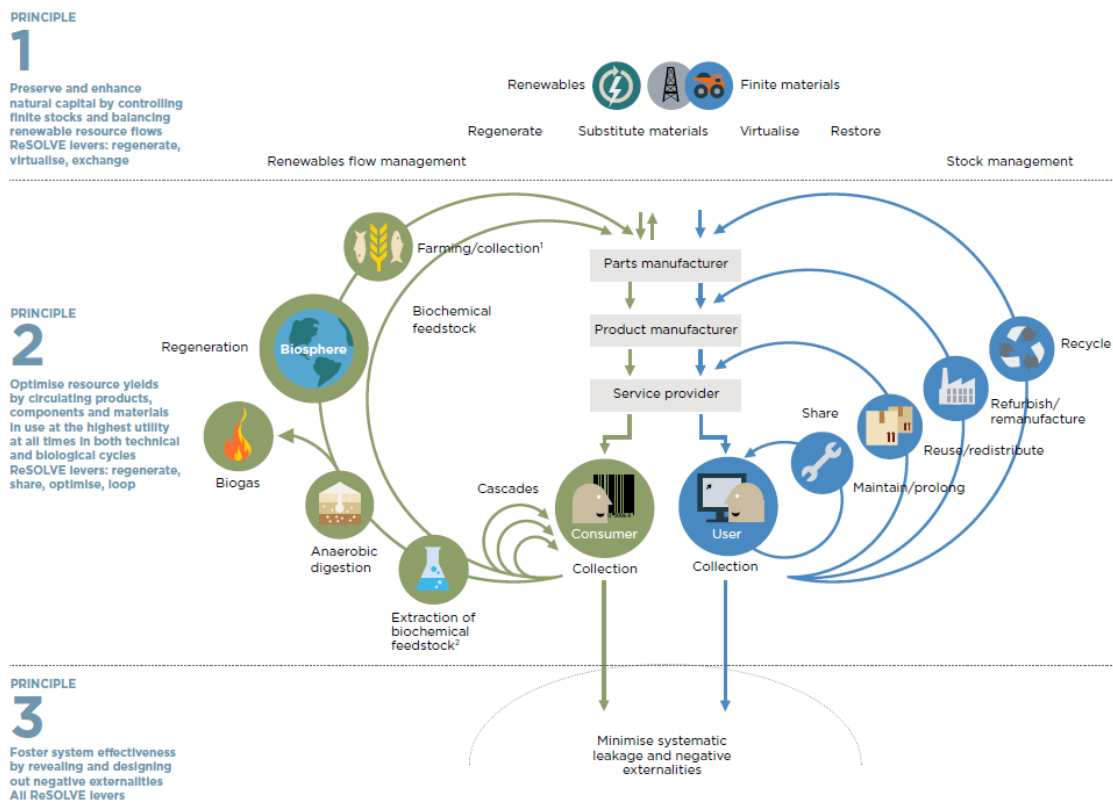


Figura 20 - “Diagrama em Borboleta” proposto pela EMF  
Retirado de World Economic Forum et al. (2016)

No ciclo biológico, os consumíveis bióticos renováveis (ex.: fibras naturais e produtos biodegradáveis) em circulação, ao invés de serem descartados como resíduos são transformados em novos materiais ou compostos e utilizados como “nutrientes” para a produção de novos produtos. Por sua vez, no ciclo tecnológico, os produtos abióticos não renováveis descartados, provenientes de um processo que otimizou previamente o seu ciclo de vida durante as fases de design e produção, são separados em componentes que podem ser reintroduzidos no ciclo técnico, o que permite manter um fluxo de materiais de qualidade e evitar resíduos (EPEA, 2021; Navare et al., 2021). O plástico, quase na totalidade um produto sintético, deve ser inserido no ciclo tecnológico para que se rentabilizem as suas propriedades em ciclos fechados e, dessa forma, diminuam os seus impactos ambientais e socioeconómicos.

Além dos processos fundamentais dos ciclos anteriores, a economia circular fomenta a utilização de energias renováveis como a solar, eólica e biomassa ao longo da cadeia de valor em alinhamento com metas estabelecidas globalmente num cenário de desenvolvimento sustentável (Korhonen et al., 2018).

Perante os conceitos apresentados, podemos desde já identificar características elementares da economia circular que contribuem para a conservação da biodiversidade e desenvolvimento sustentável (Ghisellini et al., 2016; McKinsey Center for Business and Environment, 2016; Navare et al., 2021):

- O conceito de “fim de vida” existente na economia linear é eliminado através da redução, reutilização, reciclagem e recuperação de materiais em produção, o que contribui para a diminuição da extração de recursos virgens;
- A extensão do ciclo de vida dos produtos e aumento da reciclagem ao longo dos processos diminui a incineração ou depósito de resíduos em aterros ou no ambiente;
- A utilização responsável dos recursos fomenta uma economia mais verde e contribui para a criação de novos modelos de negócio sustentáveis e inovadores que incorporam, desde o início, a conservação da biodiversidade, o desenvolvimento sustentável e podem, por isso, minimizar externalidades;
- O aumento da quota de energias renováveis nos processos da economia circular contribui para diminuição das emissões de gases de efeito de estufa.

### 3.2 Desafio da Economia Circular na indústria do plástico

Com predominância de um sistema económico de produção e consumo lineares, a poluição por plástico mal descartado, não reciclado ou não reaproveitado é uma das provas flagrantes da ineficiência deste sistema. Como resultado, os níveis de produção superiores aos de tratamento poderão vir a causar o aumento da poluição marinha, principalmente em países emergentes da Ásia, caracterizados pela baixa capacidade de tratamento de resíduos (McIlgorm et al., 2022).

Foi estimado pela EMF que em 2050, em cenários *business-as-usual*, a produção de plástico poderá vir a ser responsável pela utilização de 20% da quota anual de petróleo e representará 15% das emissões de carbono (Ellen MacArthur Foundation, 2017). No caso de não se tomarem ações para reverter a situação atual, é possível que em 2040 mais de 30 milhões de toneladas de plástico continuem a vazar para os oceanos (Ellen MacArthur Foundation, 2020). Este é o cenário que deve ser evitado e, por isso, implementar um sistema de economia circular nesta indústria é urgente.

De acordo com a visão da EMF para a economia circular do plástico deve olhar-se a três pontos fundamentais (Figura 21) explorados de seguida e sintetizados na Tabela 12, todos eles com base nos princípios fundamentais da própria economia circular (World Economic Forum et al., 2016).

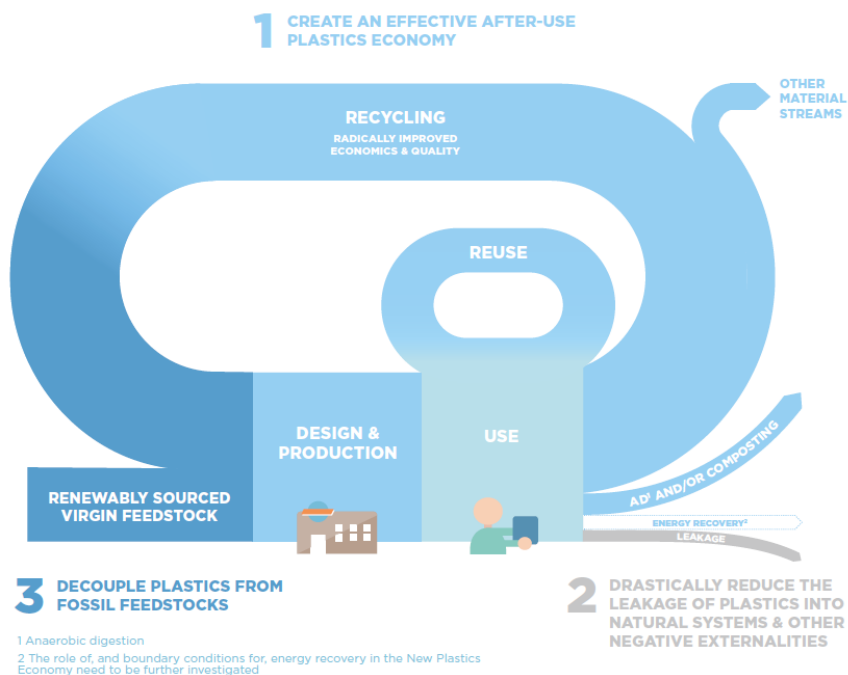


Figura 21 - Modelo de Economia Circular para o plástico proposto pela EMF  
Retirado de World Economic Forum et al. (2016)

Tabela 12 - Síntese das principais vantagens e ferramentas da EC aplicada à indústria do plástico  
 Elaboração própria a partir de Ellen MacArthur Foundation (2017)

<b>Objetivo EC</b>	<b>Vantagens associadas à aplicação da EC na indústria do plástico</b>	<b>Ferramentas necessárias</b>
<b><i>Economia pós-uso do plástico</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Criação de ciclo fechado com recurso a reciclagem e reutilização;</li> <li>- Aumento da retenção do valor económico;</li> <li>- Utilização responsável dos recursos;</li> <li>- Incentivo económico direto para redução de perdas para o ambiente;</li> <li>- Incentivo à transição energética e de matéria-prima para fontes renováveis e sustentáveis durante a produção;</li> <li>- Diminuição das emissões de gases de efeito de estufa (a reciclagem de 1 tonelada adicional de plástico diminui a emissão de 1,1 a 3 toneladas de CO<sub>2</sub> em comparação à produção da mesma quantidade de plástico com recurso a combustíveis fósseis).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Criação de mecanismos cruzados da cadeia de valor do plástico através de protocolos e diálogos internacionais;</li> <li>- Inovação para desenvolvimento de produtos sustentáveis e passíveis de biodegradação controlada em setores alvo como por exemplo, recolha de resíduos inorgânicos.</li> </ul>
<b><i>Diminuição de descargas de plástico para o ambiente</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estabilização da entrada de resíduos nos oceanos;</li> <li>- Redução de externalidades negativas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melhoria das infraestruturas para tratamento de resíduos;</li> <li>- Alteração da composição química do plástico tornando-o inofensivo para o ambiente com recurso a novas tecnologias;</li> <li>- Aumento da biodegradabilidade do plástico com recurso a matéria-prima pouco processada quimicamente;</li> <li>- Identificação de benefícios económicos que suportem esta implementação como competitiva e eficiente a nível de custos.</li> </ul>
<b><i>Desassociar a produção de plástico de combustíveis fósseis</i></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento das taxas de reciclagem e reutilização do plástico;</li> <li>- Fomento da utilização de matéria-prima sustentável ou biodegradável com incentivos económicos competitivos em comparação aos produtos atuais;</li> <li>- Criação de novos modelos de negócio em simbiose industrial com utilização de metano ou CO<sub>2</sub> capturados de outras indústrias, incentivando a sua captura e reutilização ou, em alternativa, biomassa proveniente de algas e outras plantas, resíduos agrícolas ou óleo vegetal usado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inovação tecnológica e melhorias ao nível do tratamento dos resíduos através da reciclagem mecânica ou química;</li> <li>- Criação de cadeias de logística secundárias para materiais reciclados que garantam a qualidade necessária e que sejam economicamente competitivos com os modelos atuais.</li> </ul>

Assim, de acordo com a visão da EMF em relação à circularidade do plástico descrita anteriormente, podemos destacar três pontos essenciais para a fomentação da EC nesta indústria:

1. Inovação e redesign do produto desde o início até ao final do ciclo de vida;
2. Aumento da taxa de reutilização, reciclagem do plástico e tratamento de resíduos como forma de retenção do valor económico e diminuição da exploração de recursos passíveis de causar danos ambientais;
3. Criação de cadeias de valor interdisciplinares que permitam a utilização de recursos/resíduos em ciclos fechados que promovam a circulação de materiais com potencial de aproveitamento elevado antes do seu descarte ou eliminação.

Num cenário em que a EC é implementada com sucesso, são inúmeros os benefícios económicos e ambientais daí decorrentes como discutido ao longo da secção.

### 3.3 Plástico e Economia Circular: o caso da China e Indonésia

Perante a contextualização anterior relativamente à posição de ambos os países no que diz respeito à poluição por plástico e consequências daí advindas, parece ser evidente a continuidade de má gestão dos resíduos bem como uma capacidade de recursos e infraestruturas insuficientes. A economia circular surge assim como uma ferramenta que pode responder de forma mais eficiente à problemática atual, principalmente se forem instituídas com sucesso as ferramentas mencionadas anteriormente na Tabela 11.

O objetivo desta secção é explorar algumas das ferramentas em vigor atualmente para combater a poluição por plástico, com destaque para o estado da EC em ambos os países.

#### ▪ *China*

Para reverter o cenário até aqui descrito, já se encontram em vigor regulamentos e políticas que têm como objetivo minimizar as externalidades ambientais e incentivar a utilização responsável de matéria-prima.

Em 2008 foi implementada a “*Circular on Restrictions on the Production and Sale of Plastic Shopping Bags*” que envolveu a cobrança de uma taxa monetária a todos os sacos de compra de plástico. Apesar de ter resultado numa diminuição da utilização de sacos de mais de um milhão de toneladas, era pouco clara e tinha objetivos mal definidos. Mais tarde nesse ano foi implementada a *Extended Producer Responsibility* (EPR), ainda em vigor, que visa promover práticas circulares e a utilização sustentável dos recursos por parte dos produtores. Sendo aplicada primeiramente ao setor eletrónico e elétrico em 2006, mais recentemente em 2016, esta medida passou a abranger as embalagens compostas à base de papel (IPEN, 2022).

Em 2017, o Governo decidiu banir a importação de resíduos de plástico. Porventura a medida mais radical, mas também a que melhores resultados apresentou já que a importação diminuiu para apenas 76 mil toneladas em 2018, uma redução de quase 99%/ano em comparação aos valores de 2015 (Figura 22) (IPEN, 2022). Esta medida tem dois objetivos principais: diminuir os resíduos plásticos e a poluição ambiental no país e incentivar o aumento da taxa de reciclagem interna (Kumamaru & Takeuchi, 2021).

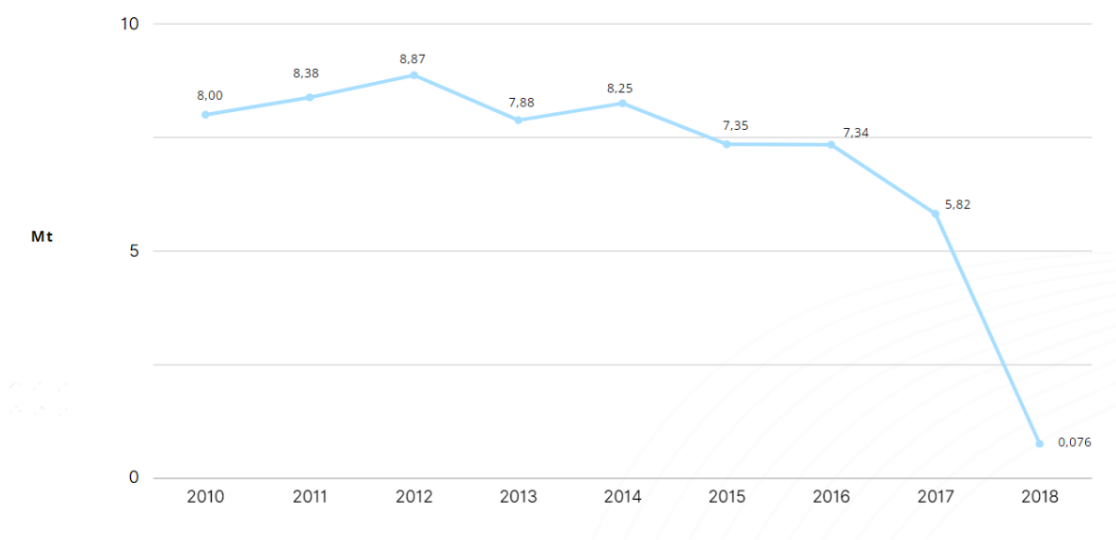


Figura 22 - Variação temporal da importação de resíduos de plástico na China entre 2010 e 2018  
Elaboração própria a partir de dados retirados de IPEN (2022)

Em 2020 foi lançada a “*Opinions on Further Strengthening Plastic Pollution Management*” com o objetivo de regular a poluição por plástico por região, tempo e setor através da implementação de um melhor sistema de gestão e tratamento de resíduos (IPEN, 2022).

A prática de incentivos fiscais é também prática recorrente no país. Alguns passam pela isenção de impostos entre 50% a 80% para empresas que utilizem a reciclagem de plástico ou alumínio no seu modelo de negócio durante a produção de artigos. No caso dos consumidores, além da taxaço dos sacos de plástico em lojas e supermercados, a prática de ações sustentáveis como a separação de resíduos pode ser recompensada, com recurso a aplicações de *smartphones*, e o comportamento verde do indivíduo é recompensado pela atribuição de créditos disponíveis para troca de bens (Sea Circular, 2022b).

Apesar de todo o esforço político e governamental, os efeitos destas medidas tardam em fazer-se notar, principalmente no que ao impacto no ecossistema marinho diz respeito. Nota-se uma tendência anual para o aumento das descargas de resíduos plásticos para o oceano e, apenas em 2019, estima-se que quase 4 toneladas de resíduos plásticos tenham vazado para os rios e oceano (Figura 23).

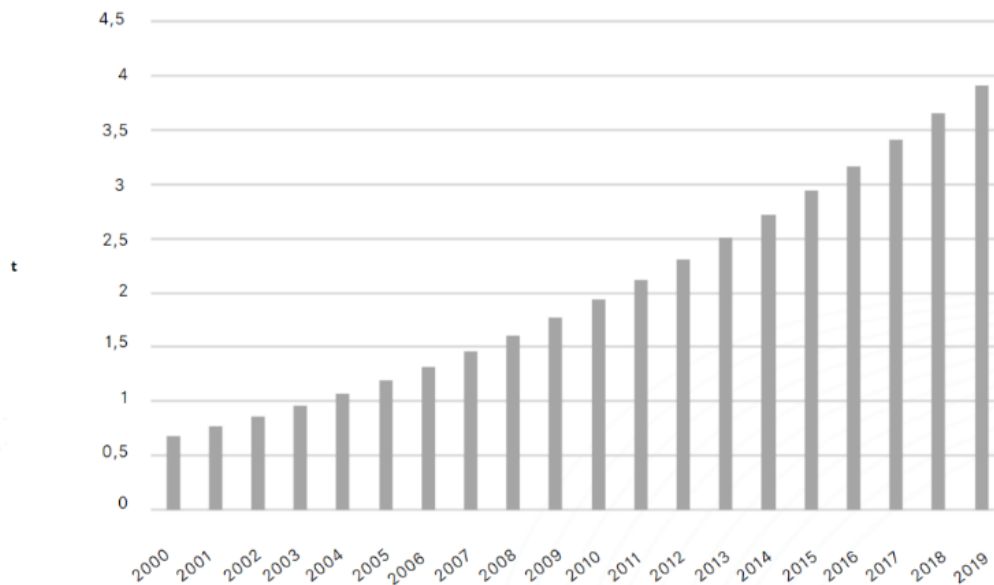


Figura 23 - Vazamento de plástico para ambientes aquáticos na China entre 2000 e 2019  
Elaboração própria a partir de dados retirados de oecd.stat a 18 de maio de 2022

A relação entre o crescimento económico da China e o plástico pode dizer-se, chegou a um impasse. Por um lado, e como visto anteriormente, a utilização de plástico é imprescindível para dar resposta ao crescimento económico que envolve cada vez mais embalagens ou produtos à base de plástico. Por outro, a degradação ambiental, especialmente poluição marinha estão em níveis considerados altos e as consequências já são notórias com a China a liderar as emissões de GEE (Liu et al., 2018) e o depósito de plástico no meio marinho (Jambeck et al., 2015). Apesar de todas as ferramentas mencionadas anteriormente, os resultados tardam em notar-se.

A EC na China foi implementada com base no estudo de estratégias em prática no Japão, União Europeia e EUA. Partiu maioritariamente de leis, regulamentos e políticas e o objetivo é alinhar o setor da produção a práticas sustentáveis com uso de energia verde, redução das emissões de GEE (Liu et al., 2018), implementação de sistemas de manutenção de modelos de negócio e produção que permitam reduzir o consumo e as taxas de resíduos e, conseqüentemente, a degradação ambiental (Fan & Fang, 2020; McDowall et al., 2017).

Em 2008 foi aprovada a lei “*Circular Economy Promotion Law of the People's Republic of China*” que define, desde 2009, a importância e os passos para a implementação da EC. Foca-se primariamente na política dos 3 R’s e envolve, além disso, transformação industrial, proteção ambiental, inovação tecnológica e simbiose industrial. Tanto o Governo, como

empresas e população são considerados *stakeholders* que devem envolver-se neste processo de forma a garantir uma implementação bem sucedida (Fan & Fang, 2020).

Alguns autores consideram que a EC evoluiu em quatro diferentes períodos. O primeiro, antes de 1992 surgiu como resposta à necessidade de circular recursos devido à sua escassez e assim aumentar indiretamente os *stocks*. Entre 1992 e 2002, na segunda fase, as ações focaram-se em melhorar os níveis de eficiência energética e a implementação da “*Cleaner Production Promotion Law of the People’s Republic of China*” focou-se essencialmente em projetos-piloto com diversas empresas com o objetivo de reduzir a dependência do carvão. Entre 2002 e 2008 a introdução da EC em províncias selecionadas permitiu avaliar as medidas mais eficientes para implementar futuramente o que resultou na Lei da EC aprovada em 2008, já mencionada anteriormente (Li & Lin, 2016). Por fim, desde 2008 e até ao presente a EC tem vindo a ser integrada na legislação nacional e implementada em diferentes escalas, nomeadamente:

- Micro: focada em processos industriais como o eco-design, diminuição de resíduos, sistemas de gestão ambiental e energia verde. Há criação de cadeias de valor industriais que permitem circulação de energia e material como forma de maximizar o uso de recursos reciclados, minimizar a utilização de matéria-prima virgem e aumentar os rendimentos económicos (Mohajan, 2021).
- Meso: primordialmente *clusters* ou parques eco-industriais (PEI) (Zhong et al. 2021). À semelhança do nível micro, nos PEI há simbiose industrial e partilha de infraestruturas que permitem o fluxo interno de subprodutos em ciclos fechados que servem como recurso a empresas “vizinhas”. O objetivo é atingir a redução da emissão de resíduos e a maximização do ciclo de vida dos produtos bem como o aumento da eficiência energética (Mohajan, 2021).
- Macro: a criação de eco-cidades ou eco-províncias pretende fomentar o consumo e produção sustentáveis em grande escala. A EC baseia-se em quatro pilares: industrial, infraestruturas, cultural e social. As eco-cidades e províncias beneficiam de incentivos fiscais próprios e o objetivo é a criação de cidades sustentáveis orientadas para a redução da produção de resíduos e aumento das taxas de reciclagem (Mohajan, 2021).

Desde a implementação da EC no país, já se alcançaram alguns resultados positivos.

O reaproveitamento de 2,04 mil milhões de toneladas, entre 2005 e 2015, de subprodutos industriais reciclados como cobre, alumínio ou zinco bem como 188 milhões de toneladas de resíduos de plástico ao invés de matéria-prima virgem permitiu a redução em 1,15 mil milhões de toneladas de resíduos (Fan & Fang, 2020) e uma melhoria na utilização de recursos como carvão, água ou energia que resultou em níveis de eficiência energética mais elevados (Li & Lin, 2016).

No caso particular do plástico, a reciclagem e circularidade por empresas especializadas tem vindo a crescer em grande parte pelo estímulo e incentivos económicos do próprio governo central. A sua implementação em províncias estratégicas<sup>12</sup> com forte desenvolvimento económico permitiu aumentar a quantidade de resíduos plásticos reciclados de 9 MT para 17 MT entre 2009 e 2014, com uma subida de quase 5% no rácio da taxa de reciclagem de plástico (25,7% para 30,0%) no mesmo período. O destino final desse plástico reciclado são predominantemente os setores da eletrónica, automóveis, construção e eletrodomésticos (Figura 24).

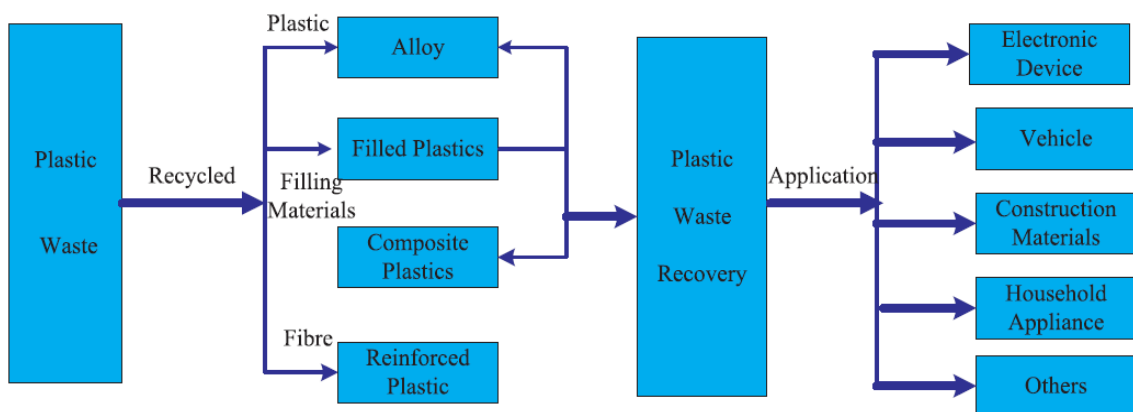


Figura 24 - Fluxograma do destino dos resíduos plásticos recuperados nas indústrias de reciclagem de plástico Retirado de Liu et al. (2018)

Apesar do crescimento positivo, alguns dos objetivos estabelecidos ainda não foram atingidos e em comparação a outros países da União Europeia ou Japão, as taxas de reciclagem continuam bastante baixas o que demonstra que ainda há bastante margem para melhorar o estado da EC no país (Liu et al., 2018; McDowall et al., 2017).

<sup>12</sup> As províncias com mais PEI são as que recebem a maior quota de plástico importado, nomeadamente, Guangdong (38,5%), Fujian (12,8%) e Zhejiang (11,4%)

▪ **Indonésia**

À semelhança do exposto previamente para a China, a Indonésia tem também em execução algumas ferramentas para combater a poluição marinha por plástico.

Destaca-se o *Indonesia National Plastic Action Partnership* (NPAP) 2017-2025, uma organização que envolve 4 Ministérios do governo indonésio, 4 governos regionais, 12 empresas locais e mais de 100 líderes dos setores público e privado do país. O NPAP assenta em cinco pilares que pretendem implementar mecanismos de coordenação entre instituições de tratamento de resíduos, aplicar tecnologia e inovação para controlar a poluição marinha e educação ambiental com destaque para a importância do tratamento de resíduos e reciclagem (Sea Circular, 2022a; WRI Indonesia, 2022).

Esta organização alinha-se com os objetivos do *Indonesia's National Action Plan on Marine Debris* que estabeleceu a meta de reduzir em 70% a poluição marinha por plástico até 2025 e atingir os 0% em 2040 em comparação ao cenário *business-as-usual* de 2017 (OECD, 2019). Para isso, foram definidos objetivos a curto, médio e longo prazo que devem ser implementados para que as metas sejam atingidas (Figura 25) e que assentam na reciclagem, tecnologia e eco-design.

Outras medidas passam pela cobrança de uma taxa monetária para a utilização de sacos plásticos de uso único em superfícies comerciais ou a sua proibição como é o caso nas cidades de Bali e Jacarta em 2019 e 2020, respetivamente, com planos para alargar a outras cidades (OECD, 2022).

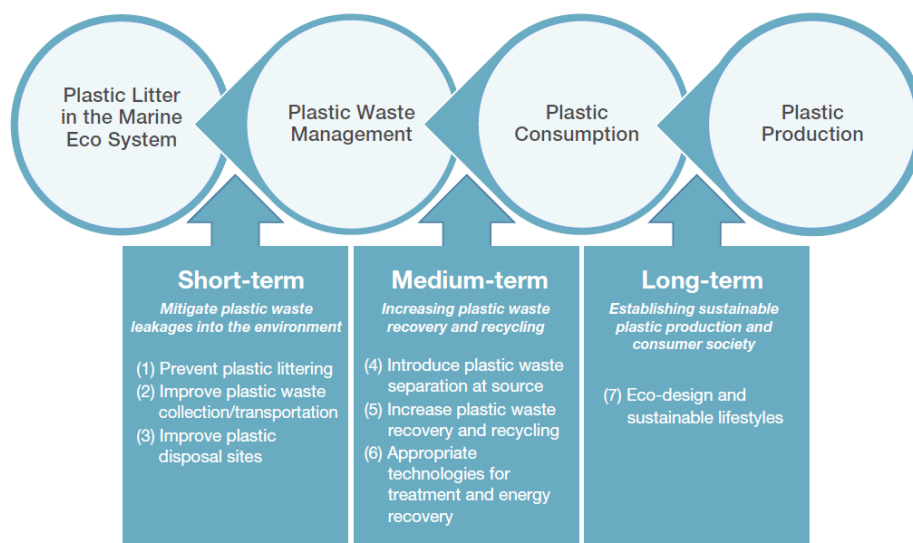


Figura 25 - Estratégias a curto, médio e longo prazo para combater a poluição por plástico Retirado de Ministry of Environment and Forestry (2020)

Os governos regionais trabalham com base em Decretos, Regulamentos e programas para homogeneizar o tratamento de resíduos como forma de diminuir o seu impacto ambiental no arquipélago (Sea Circular, 2022a). Destaca-se a *National Solid Waste Law* implementada pelo governo em 2008 que promove o tratamento e recolha de resíduos com base na Política dos 3 R's – Reduzir, Reutilizar e Reciclar (OECD, 2019).

No setor do tratamento de resíduos foi implementado a *Extended Producer Responsibility* (EPR) que serve como guia para que produtores evitem ou diminuam a utilização de plástico em embalagens e tenham em consideração o design do produto para que este permita uma melhor reciclagem ou reutilização no fim de vida (OECD, 2019).

Incentivos fiscais são utilizados frequentemente para a reabilitação de aterros, construção de instalações para compostagem, reciclagem ou *Waste Banks*<sup>13</sup>. Os *Waste Banks* surgiram em 2004 como uma oportunidade de envolver a comunidade na importância do tratamento de resíduos. O projeto arrancou com 20 postos e em 2019 já estavam em funcionamento 7500 por todo o arquipélago com o envolvimento de mais de 200 mil clientes locais (Ministry of Environment and Forestry, 2020). Nos *Waste Banks*, é possível trocar resíduos orgânicos (posteriormente encaminhados para compostagem) ou não orgânicos (separados em três categorias, nomeadamente, papel, plástico e garrafas e metal) por pequenas quantias monetárias ou bens essenciais. Estima-se que em Jacarta o volume de resíduos tenha reduzido 35% desde a implementação deste sistema na cidade (OECD, 2019).

O Governo indonésio comprometeu-se também a investir até 1000 milhões de dólares por ano na limpeza de rios e costas (Sea Circular, 2022a).

Por fim, a educação ambiental é uma ferramenta bastante empregue no arquipélago. A organização *Plastic and Recycling Association for Indonesia Sustainable Environment* (PRAISE) promove ações de educação e de limpeza de praias e costas com a população local. Para promover a importância do tratamento de resíduos entre a população, além da implementação de *Waste Banks* são colocadas em prática iniciativas como a possibilidade de troca de resíduos (ex.: garrafas de plástico) por bilhetes de autocarro como forma de incentivo ao correto descarte dos resíduos produzidos em contexto residencial (OECD, 2019).

---

<sup>13</sup> *bank sampah* em indonésio

À semelhança da China, o crescimento económico e a rápida industrialização do país já representam uma fonte de externalidades negativas para o ambiente. A Indonésia destaca-se no primeiro lugar no que diz respeito às emissões de GEE dos países do sudeste asiático (Visvanathan & Anbumozhi, 2018) e, além disso, é o segundo país que mais contribui com resíduos plásticos para o oceano (Jambeck et al., 2015).

No entanto, e ao contrário da China que tem vindo a implementar práticas circulares desde os anos 90, na Indonésia este é um conceito bastante mais recente. O tratamento dos RSU só foi legislado pela primeira vez em 2008 através do *Waste Management Law No. 18/2008*, que apenas enfatiza a política dos 3 R's e a aplicação da EPR o que demonstra a debilidade do país no que diz respeito ao tratamento de resíduos e plástico (Visvanathan & Anbumozhi, 2018). Por sua vez, o termo “Economia Circular” só é mencionado pela primeira vez no NPAP de 2020-2024 como ferramenta para atingir alguns dos objetivos nos pilares económico, infraestruturas e ambiente e não como um mecanismo próprio com inúmeras vantagens a ser implementado a nível nacional (Nurdiana et al., 2021).

O plano de ação para a implementação da EC na Indonésia tem como alvo os cinco principais setores do país, nomeadamente, o Alimentar, Têxtil, Construção, Comércio e Retalho<sup>14</sup> e Equipamentos elétricos e eletrónicos. Em conjunto, representam  $\frac{1}{3}$  do PIB do país e em 2019 empregavam mais de 43 milhões de indivíduos. O plano contempla 5 etapas<sup>15</sup> (UNDP Bappenas & Embassy of Denmark, 2021):

1. Análise do potencial económico, social e ambiental da EC: identificação de benefícios e barreiras à implementação da EC que servirão como base às decisões futuras do governo central e outros *stakeholders*;
2. Desenvolvimento do Plano Nacional da EC: em conjunto, o governo central, a UNDP e o setor privado irão elaborar um plano de ação para os setores-alvo onde se expõe estratégias e ferramentas para a implementação da EC;
3. Criação da plataforma de EC<sup>16</sup> e projetos-piloto: a plataforma irá envolver todos os *stakeholders* bem como promover, disponibilizar informação e facilitar a realização de projetos-piloto para a implementação da EC;

---

<sup>14</sup> Este setor foca-se principalmente na produção de resíduos de plástico provenientes de embalagens

<sup>15</sup> À data da realização desta Dissertação, as fases 1, 2 e 3 já se encontravam completas entre 2019-2021

<sup>16</sup> Disponível em <https://indonesiacef.id/en/>

4. Criação de parcerias: esta fase focar-se-á na criação de parcerias internacionais que proporcionem os investimentos e as condições necessárias à implementação da EC em todo o país;
5. Implementação: a última fase corresponderá à implementação da EC e para tal serão apresentadas as orientações no próximo *National Medium-Term Development Plan 2025-2029*.

Atualmente, já são praticadas atividades que envolvem fundamentos da EC, essencialmente a nível meso, através de organizações como a PRAISE, *The Incubation Network*, *Waste4Change* ou a *Indonesia Post-Harvest Loss Alliance for Nutrition*. Estas organizações promovem práticas circulares junto da população através de ações de educação ambiental sobre tópicos como a má gestão de RSU e plástico ou o impacto do têxtil no ambiente. A nível empresarial nota-se o aumento da implementação de ferramentas circulares nos modelos de negócio, principalmente as que contribuem ativamente para a redução da produção de resíduos (UNDP Bappenas & Embassy of Denmark, 2021).

Alguns dos benefícios identificados no Plano de Ação da EC são apresentados na Tabela 13. Estes benefícios advêm da implementação da EC através da adoção da Política dos 5 R's – Reduzir, Reutilizar, Recuperar, Renovar e Reciclar (UNDP Bappenas & Embassy of Denmark, 2021).

Tabela 13 - Vantagens identificadas nos pilares económico, ambiental e social advindas da EC  
Elaboração própria a partir de UNDP Bappenas & Embassy of Denmark (2021)

Pilar	Vantagens identificadas
<b>Económico</b>	- Aumento do PIB em 42 a 45 mil milhões US\$ em 2030 em comparação ao cenário <i>business-as-usual</i>
<b>Ambiental</b>	- Redução da taxa de resíduos dos setores-alvo entre 18% e 52% em 2030 - Redução das emissões de CO <sub>2</sub> em 126 milhões de toneladas em 2030 - Redução da utilização de água em 6,3 mil milhões m <sup>3</sup> em 2030
<b>Social</b>	- Criação de mais de 4,4 milhões de postos de trabalho - Redução das despesas orçamentais das residências em 9%/ano

A mesma análise permitiu identificar algumas barreiras à implementação da EC. Apesar de variarem consoante os cenários utilizados e setor, de forma geral, destacam-se a ausência ou assimetria de informação, a falta de infraestruturas, enquadramento legal ou capital financeiro, a dificuldade de adaptação dos clientes aos novos modelos de negócio ou a insuficiência de mercados finais para o plástico reciclado (UNDP Bappenas & Embassy

of Denmark, 2021).

No que diz respeito à poluição por plástico, a EC demonstra-se especialmente importante no setor do Comércio e Retalho. Uma vez que este é o setor mundial que mais contribui para a poluição, é também o que apresenta maior potencial para reduzir significativamente a taxa de resíduos marinhos produzidos. Algumas das práticas circulares identificadas vão de encontro às apresentadas previamente na Tabela 13 e são descritas sucintamente na próxima Tabela 14.

Tabela 14 - Benefícios da aplicação de práticas circulares no setor do Comércio e Retalho na Indonésia  
Elaboração própria a partir de UNDP Bappenas & Embassy of Denmark (2021)

<b>Prática Circular</b>	<b>Medidas adotadas e resultado esperado</b>
<b>Redução e reutilização de embalagens plásticas</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Eliminação de embalagens de utilização única desnecessárias desde o design do produto;</li><li>- Criação de novos modelos de negócio que não recorrem a embalagens.</li></ul> <p><u>Resultado esperado:</u> Redução em 1 milhão de toneladas de resíduos de embalagens de plástico em 2030.</p>
<b>Criação de embalagens sustentáveis</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Utilização de alternativas sustentáveis ao plástico como materiais compostáveis ou mais facilmente recicláveis.</li></ul> <p><u>Resultado esperado:</u> Redução de 0,5 milhões de toneladas de resíduos de plástico em 2030.</p>
<b>Redesign das embalagens</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Redução dos aditivos e tintas utilizados;</li><li>- Eliminação de embalagens compostas por vários tipos de plástico.</li></ul> <p><u>Resultado esperado:</u> Aumento da taxa de reciclagem com reaproveitamento de mais 40 mil toneladas de resíduos plásticos devido à maior facilidade em reciclar embalagens simples.</p>
<b>Aumento da taxa de reciclagem</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Implementação de mais ciclos de reciclagem abertos e fechados e sistemas de reciclagem química;</li><li>- Aumento de infraestruturas para reciclagem e recolha de resíduos.</li></ul> <p><u>Resultado esperado:</u> Aumento da taxa de reciclagem de 12% (2019) para 27% em 2030; Aumento da taxa de recolha de resíduos de 47% (2019) para 86% em 2030.</p>

## **4. Metodologia**

### **4.1 Identificação do problema**

É evidente pela contextualização anterior a crescente popularização da economia circular enquanto ferramenta impulsora da conservação da biodiversidade e da transição do sistema económico linear para um sistema económico circular mais sustentável e, em contraste, um aumento da poluição marinha por plástico que coloca em causa a biodiversidade marinha existente. Esta dualidade mostrou ser pertinente de uma análise mais detalhada e, dessa forma, optou-se por realizar um estudo exploratório através de uma recolha bibliográfica acerca do estado da poluição marinha por plástico no Triângulo de Coral, Indo-Pacífico, e como isso afeta a sua biodiversidade coralínea, colocando em causa não só o pilar ambiental, mas também o social e o económico.

O objetivo desta dissertação é explorar e identificar, face à literatura existente, os principais contributos que advêm da implementação da economia circular na indústria do plástico dos países selecionados e que podem contribuir diretamente para a conservação da biodiversidade coralínea na área de estudo como resultado da redução da poluição marinha.

Nesse sentido, a questão que orienta o trabalho realizado é: que benefícios podem advir da implementação da economia circular na indústria do plástico na China e Indonésia que contribuam potencialmente para a conservação da biodiversidade dos seus recifes de corais?

A hipótese levantada é que a implementação de um sistema circular na indústria do plástico em países com elevadas taxas de produção e consumo desse material pode impulsionar a redução de vazamento de detritos plásticos emitidos para o oceano e, dessa forma, diminuir a pressão ambiental a que ficam sujeitos os recifes de corais da região do TC e China.

### **4.2 Abordagem metodológica**

Na presente secção será apresentado o trabalho realizado na procura de resposta à questão de investigação.

Uma vez que na literatura não existe, do nosso conhecimento, uma ligação direta clara sobre os tópicos a explorar, nomeadamente, biodiversidade coralínea, poluição marinha por plástico e economia circular, optou-se por responder à pergunta através de um

estudo exploratório focado numa região delimitada.

Para responder à pergunta proposta, esta dissertação assentou na recolha de informação através de investigação qualitativa que pressupõe recolha e análise de bibliografia e documentos relacionados com as palavras-chave.

Dada a multidisciplinaridade do estudo proposto procurou-se obter múltiplas fontes de informação e, para isso, procedeu-se à utilização de fontes bibliográficas variadas, de múltiplos autores, para que a informação pudesse ser o mais diversificada possível. Assim, foram utilizadas fontes e motores de pesquisa confiáveis, nomeadamente, *Science Direct*, *Social Science Research Network (SSRN)*, *Google Scholar* e a *Web of Science*. Foram também consultados relatórios de Organizações Internacionais (ex.: *Ellen MacArthur Foundation*, *Millennium Ecosystem Assessment*, OECD) e websites (ex.: *Allen Coral Atlas*, *Reef Resilience Network*) considerados pertinentes para a investigação devido à sua área de estudo.

Os artigos e documentos foram inicialmente selecionados após primeiras leituras que permitiram uma ponderação acerca da sua pertinência e, além disso, contribuíram ativamente para dar um rumo concreto ao estudo que se mostrou inicialmente bastante abrangente (Amado et al., 2014).

O corpo documental foi posteriormente tratado de forma mais detalhada através de uma análise documental dividida em três etapas como proposto por Bardin (1979):

- Pré-análise: consiste na seleção de artigos e documentos a analisar, formulação de objetivo e preparação do material;
- Exploração do material selecionado: Estudo aprofundado do material de acordo com o objetivo definido. No caso deste estudo procedeu-se à categorização por tema (biodiversidade coralínea, poluição marinha por plástico e economia circular) para permitir uma análise mais detalhada e fiável;
- Tratamento dos resultados: compreende a reflexão e interpretação dos dados obtidos.

#### **4.2.1 Definição da área e dos países em estudo**

Um dos resultados mais importantes advindos da análise documental inicial foi a necessidade de seleção de uma área e países de estudo já que os tópicos estudados são bastante amplos.

O primeiro ponto a ser definido foi a área de recifes visada neste estudo. A biodiversidade marinha dos corais do Indo-Pacífico, em concreto a região do Triângulo de Coral tornaram-no o foco deste estudo.

De seguida, a localização geográfica e a quantidade (em cobertura, km<sup>2</sup>) de recifes de coral determinou a seleção dos países China e Indonésia, caracterizados por extensas áreas de corais, economias emergentes e situações sociais similares.

O estudo de Jambeck et al. (2015) foi o último componente preponderante para a seleção dos países em estudo já que permitiu avaliar a situação da poluição marinha por plástico. Dessa forma, optou-se por selecionar os dois principais países responsáveis pela emissão de resíduos plásticos para o oceano, China e Indonésia.

## 5. Discussão

O objetivo desta dissertação era, a partir de uma extensa revisão bibliográfica, responder ao objetivo proposto.

Finalizada a análise documental defendemos como vários autores mencionados que a EC pode trazer inúmeros benefícios para a economia e ambiente, especialmente quando aplicada com sucesso na indústria do plástico e, em última instância, como solução para o problema dos corais.

É claro que em ambos os países a elevada produção e consumo de plástico são um problema em grande escala e esta indústria é atualmente a principal responsável pela poluição marinha e consequente degradação da biodiversidade coralínea que se tem observado cada vez mais na região estudada.

Verifica-se uma maior dependência por parte da Indonésia pelos seus corais justificado pelas práticas de sustento da população o que coloca desde logo em risco o seu sistema económico. Este país é fortemente dependente da atividade pesqueira e do turismo que tem vindo a aumentar precisamente pela biodiversidade coralínea do país. Apesar disso, a riqueza biológica deve ser considerada e por isso é importante que ambos os países adotem medidas que visem a proteção da sua herança natural independentemente do grau de dependência pelos corais.

No que diz respeito à EC, ambos têm margem para melhorar os mecanismos em vigor. A EPR é utilizada como uma das principais ferramentas para implementação da EC, colocando a responsabilidade nos produtores, no entanto, a sua implementação deveria passar por outros setores através de medidas propostas pelo governo de cada país, nomeadamente:

- Melhor controlo e legislação dos aterros, uma fonte de vazamento de plásticos para o ecossistema coralíneo;
- Implementação de projetos-piloto de modelos de EC não só em setores-alvo, mas também em áreas e negócios na proximidade de corais dada a urgência da sua proteção;
- Criação de planos de ação claros, com objetivos específicos e metas definidas que vão ao encontro da implementação da EC;
- Criação de mercados específicos para matéria-prima proveniente de indústrias circulares que promovam a competitividade destes materiais;

- Criação de metas e projetos inter-países que permitam o fluxo de subprodutos e resíduos para que se evite a sobrecarga das estações de tratamento existentes.

Na Tabela 15 pode ser consultada uma síntese com as conclusões e oportunidades de melhoria mais relevantes decorrentes desta dissertação.

Tabela 15 - Principais conclusões e oportunidades de melhoria identificadas no âmbito do trabalho realizado  
Elaboração própria com base na literatura mencionada ao longo da Dissertação

<b>Impacto do plástico nos corais</b>	
<b>Principais conclusões</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A presença de plástico é ubíqua o que comprova a sua escala de distribuição em meio marinho e em ecossistemas coralíneos;</li> <li>- Em ambos os países foi possível relacionar a perda de corais por ação do plástico, ainda que em diferentes magnitudes, consoante os locais estudados e os fatores de pressão ambiental presentes;</li> <li>- A densidade populacional costeira, a proximidade de atividade humana como turismo, atividade pesqueira, habitações, descargas de resíduos não tratados e a insuficiência de estações de tratamentos de resíduos adequadas são os fatores que, em ambos os países, mais contribuem para a presença de resíduos de plástico nos recifes;</li> <li>- A pesca e o branqueamento são consideradas as ameaças predominantes, no entanto, o impacto do plástico tem contribuído para a aceleração da redução dos corais;</li> </ul>
<b>Oportunidade de melhoria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Criar um método standard internacional para avaliar o impacto do plástico nos corais de forma a permitir uma avaliação homogénea a nível mundial;</li> <li>- Monitorizar com mais rigor e aumentar o número de AMP de ambos os países;</li> <li>- Criar parcerias e sistemas de gestão de AMP internacionais;</li> <li>- Promover práticas circulares em setores como a pesca e o turismo que representam uma fonte de externalidades negativas para os recifes de ambos os países;</li> <li>- Sensibilizar <i>stakeholders</i> através de educação ambiental para a importância da biodiversidade dos corais para o ambiente e sistema económico.</li> </ul>
<b>Implementação da EC na indústria do plástico</b>	
<b>Principais conclusões</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Em nenhum dos países a implementação da EC é apresentada como alternativa ao sistema económico linear, mas sim como ferramenta para atingir algumas das metas ambientais e económicas estabelecidas;</li> <li>- Em nenhum dos estudos e relatórios revistos é estabelecida correlação direta entre a implementação da EC e a conservação da biodiversidade coralínea;</li> <li>- Os cenários avaliados que estudam a implementação da EC apresentam sempre benefícios económicos, sociais e ambientais que incluem, entre outros, crescimento do PIB, redução das emissões GEE, criação de oportunidades de emprego, aumento das taxas de reciclagem e redução dos resíduos de plástico;</li> <li>- A capacidade para tratamento de resíduos de ambos os países é insuficiente para o nível de resíduos produzidos anualmente;</li> <li>- Os setores alvo da EC nos dois países são o Comércio e Retalho, Têxtil e Construção;</li> </ul>
<b>Oportunidade de melhoria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Melhorar os sistemas de tratamento de resíduos em ambos os países;</li> <li>- Implementar incentivos fiscais que tornem a EC economicamente competitiva;</li> <li>- Criar legislação que torne a implementação da EC de forma obrigatória;</li> <li>- Estabelecer metas anuais e limites legais para a produção de resíduos que fomente o aumento da reciclagem e reaproveitamento de subprodutos por parte das empresas.</li> </ul>

## 5.1 Limitações e oportunidades para estudos futuros

Apesar de a revisão bibliográfica levada a cabo para a realização deste trabalho ter fornecido uma visão ampla e informada acerca do impacto do plástico nos corais da China e Indonésia bem como do estado da EC em ambos os países, a presença de algumas limitações deixa margem para futuras investigações e melhorias ao trabalho aqui realizado.

Em primeiro lugar, e apesar de a metodologia utilizada ser um método credível de investigação, pode levar à presença de alguma subjetividade ou falta de neutralidade por parte do autor. Para estudos futuros pode ser importante aplicar metodologia quantitativa que permita uma análise imparcial suportada com dados estatísticos ou testes de validação que sustentem as descobertas deste trabalho e que, adicionalmente, possam vir a servir de suporte a organizações, governos, empresas e comunidades na tomada de decisões.

A segunda limitação prendeu-se com a escassez da informação disponível. Uma vez que a poluição por plástico e o seu impacto nos corais é um tópico ainda pouco desenvolvido, verificou-se um grau de dificuldade acrescido para encontrar material fidedigno com conclusões suportadas cientificamente ou bases de dados estatísticas de variáveis contínuas relacionadas por exemplo, com a perda de corais por ação do plástico, o impacto da poluição por plástico no PIB dos países ou a evolução do PIB após a implementação de sistemas circulares na indústria do plástico. Assim, é relevante a realização de estudos futuros que permitam, por um lado, uma monitorização dos corais com maior rigor científico, por períodos de tempo alargados que facilitem a obtenção de dados claros e suportados científica e academicamente acerca do impacto do plástico nestes ecossistemas ao longo do tempo e, por outro, a identificação dos benefícios ambientais, sociais e económicos associadas à EC nesta indústria. De futuro pode ser pertinente rever a evolução do sistema circular implementado nos países à data da realização deste trabalho por forma a identificar as ferramentas mais eficientes passíveis de ser aplicadas a nível macro em anos vindouros.

Por fim, fica a sugestão para futuros estudos com outros objetivos concretos a análise da implementação dos modelos de negócio da EC (Cadeias de Abastecimento Circulares, Valorização e Reciclagem, Extensão do Tempo de Vida do Produto, Plataformas de Partilha e Produto como Serviço) nos dois países como forma de identificar as suas vantagens bem como as soluções mais adequadas a cada um, já que este não se tratava de um objeto de estudo da Dissertação.

## 6. Conclusão

É incontornável a urgência em transformar o paradigma económico atual. Por um lado porque as consequências das alterações climáticas se agravam a cada dia, por outro porque a poluição marinha por plástico tem-se tornado inconciliável com a biodiversidade marinha. Os cenários *business-as-usual* apresentam panoramas assustadores e apesar dos esforços levados a cabo até ao presente ficou claro nesta dissertação que ainda há um grande caminho a percorrer.

É inquestionável a importância dos corais para um ecossistema marinho saudável. Não só por estes assegurarem a manutenção das espécies e relações tróficas do oceano, mas também porque são essenciais para os países onde se encontram, especialmente os do sudeste-asiático, foco desta Dissertação. Ainda assim, os resultados das ferramentas para sua proteção parecem ficar aquém do ambicionado.

Verifica-se, em concordância com o defendido por vários autores, que a EC parece ser uma alternativa sustentável e apropriada ao sistema linear atual. Não obstante, a sua evolução é bastante díspar entre os dois países, encontrando-se em diferentes fases de implementação. Apesar do progresso na legislação e regulamentação ainda existem vários *gaps* que perpetuam o depósito de resíduos em aterros ou a sua incineração, mecanismos que são considerados o destino menos preferencial para resíduos de plástico.

De entre os benefícios da EC para a conservação dos corais destaca-se a circularidade do produto como matéria-prima que admite, nos vários cenários analisados, a redução em vários milhares de toneladas de resíduos de plástico que acabariam no oceano e eventualmente nos corais. Salienta-se também a urgência em melhorar os sistemas de tratamento de resíduos destes países e a necessidade de desenvolver novas tecnologias, cadeias de valor e mercados que permitam obter e circular resíduos de plástico reciclados com qualidade e competitividade económica significativas.

Apesar de não ter sido um foco desta dissertação, o setor do turismo tem vindo a contribuir cada vez mais para a acumulação de resíduos de plástico em praias próximas de corais e AMP, pelo que é importante ressaltar a pertinência em promover o ecoturismo e práticas circulares em hotéis e/ou negócios junto destes locais bem como integrar o setor nos planos de ação para a EC de ambos os países.

Por fim, este estudo contribuiu para o enriquecimento da bibliografia do tema abordado e salientou a importância em realizar futuros trabalhos de suporte que elucidem a relação existente entre a economia circular e a conservação da biodiversidade coralínea.

## Referências

- Accenture strategy (2015). *Circular Advantage Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth*.
- Adyasari, D., Pratama, M. A., Teguh, N. A., Sabdaningsih, A., Kusumaningtyas, M. A., & Dimova, N. (2021). Anthropogenic impact on Indonesian coastal water and ecosystems: Current status and future opportunities. *Marine Pollution Bulletin*, 112689. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112689>
- Agência Portuguesa do Ambiente (2021). *Plásticos de Utilização Única*. Obtido a 01 abril 2022 de <https://apambiente.pt/residuos/plasticos-de-utilizacao-unica-0>
- Allen, S., Allen, D., Karbalaeei, S., Maselli, V., & Walker, T. R. (2022). Micro(nano)plastics sources, fate, and effects: What we know after ten years of research. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 6, 100057. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100057>
- Alvarez-Filip, L., Estrada-Saldívar, N., Pérez-Cervantes, E., González-Barrios, F. J., & Secaira Fajardo, F. (2021). *Comparative analysis of risks faced by the world's coral reefs*.
- Amado, J., Costa, A. P., & Crusoé, N. (2014). A Técnica da Análise de Conteúdo. In J. Amado (Ed.), *Manual de Investigação Qualitativa em Educação, 2ª Edição* (pp. 299-351). Imprensa da Universidade de Coimbra. <https://doi.org/10.14195/978-989-26-0879-2>
- Arruda, E. H., Melatto, R. A. P. B., Levy, W., & Conti, D. d. M. (2021). Circular economy: A brief literature review (2015–2020). *Sustainable Operations and Computers*, 2, 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2021.05.001>
- Asaad, I., Lundquist, C. J., Erdmann, M. V., & Costello, M. J. (2018). Delineating priority areas for marine biodiversity conservation in the Coral Triangle. *Biological Conservation*, 222, 198–211. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.03.037>
- Asaad, I., Lundquist, C. J., Erdmann, M. V., & Costello, M. J. (2020). The Coral Triangle: The Most Species Rich Marine Region on Earth. In *Encyclopedia of the World's Biomes* (pp. 539-546). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11801-9>
- Barboza, L. G. A., Cózar, A., Gimenez, B. C. G., Barros, T. L., Kershaw, P. J., & Guilhermino, L. (2019). Macroplastics Pollution in the Marine Environment. In C. Sheppard (Ed.), *World Seas: An Environmental Evaluation, Second Edition* (pp. 305-328). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00019-X>
- Barboza, L. G. A., Vethaak, A. D., Lavorante, B. R. B. O., Lundeby, A.-K., & Guilhermino, L. (2018). Marine microplastic debris: An emerging issue for food security, food safety and human health. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 336-348. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.047>
- Bardin, L. (1979). *Análise de Conteúdo*. Edições 70.

- Bellas, J., Martínez-Armental, J., Martínez-Cámara, A., Besada, V., & Martínez-Gómez, C. (2016). Ingestion of microplastics by demersal fish de the Spanish Atlantic and Mediterranean coasts. *Marine Pollution Bulletin*, *109*, 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.026>
- Bhuyan, M. S., S., V., Selvam, S., Szabo, S., Hossain, M. M., Rashed-Un-Nabi, M., Paramasivam, C. R., Jonathan, M. P., & Islam, M. S. (2021). Plastics in marine ecosystem: A review of their sources and pollution conduits. *Regional Studies in Marine Science*, *41*, 101539. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101539>
- Boakes, Z., Hall, A. E., Ampou, E. E., Jones, G. C. A., Suryaputra, G. N. A., Mahyuni, L. P., Prasetijo, R., & Stafford, R. (2022). Coral reef conservation in Bali in light of international best practice, a literature review. *Journal for Nature Conservation*, *67*, 126190. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2022.126190>
- Burke, L., Reytar, K., Spalding, M., & Perry, A. (2011). *Reefs at Risk Revisited*. World Resources Institute.
- Burke, L., Reytar, K., Spalding, M., & Perry, A. (2012). *Reefs at Risk Revisited in the Coral Triangle*. World Resources Institute.
- Burke, L., Selig, E., & Spalding, M. (2002). *Reefs at Risk in Southeast Asia*. World Resources Institute.
- Carvalho-Souza, G. F. d., Llope, M., Tinôco, M. S., Medeiros, D. V., Maia-Nogueira, R., & Sampaio, C. L. S. (2018). Marine litter disrupts ecological processes in reef systems. *Marine Pollution Bulletin*, *133*, 464–471. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.049>
- Cauwenberghe, L. V., & Janssen, C. R. (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution*, *193*, 65-70. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.06.010>
- Chen, K.-J., Chen, M.-C., & Chen, T.-H. (2021). Plastic ingestion by fish in the coastal waters of the Hengchun Peninsula, Taiwan: Associated with human activity but no evidence of biomagnification. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *213*, 112056. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112056>
- Chen, Y., Awasthi, A. K., Wei, F., Tan, Q., & Li, J. (2021). Single-use plastics: Production, usage, disposal, and adverse impacts. *Science of the Total Environment*, *752*, 141772. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141772>
- Cunning, R., Muller, E. B., Gates, R. D., & Nisbet, R. M. (2017). A dynamic bioenergetic model for coral- Symbiodinium symbioses and coral bleaching as an alternate stable state. *Journal of Theoretical Biology*, *431*, 49-62. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2017.08.003>

- Ding, J., Jiang, F., Li, J., Wang, Z., Sun, C., Wang, Z., Fu, L., Ding, N. X., & He, C. (2019). Microplastics in the Coral Reef Systems de Xisha Islands of South China Sea. *Environmental Science & Technology*, *53*, 8036-8046. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01452>
- Direção-Geral de Recursos Naturais & Segurança e Serviços Marítimos (2018). *Áreas Marinhas Protegidas*. Obtido a 12 abril 2022 de <https://www.dgrm.mm.gov.pt/amp>
- Eddy, T. D., Lam, V. W. Y., Reygondeau, G., Cisneros-Montemayor, A. M., Greer, K., Palomares, M. L. D., Bruno, J. F., Ota, Y., & Cheung, W. W. L. (2021). Global decline in capacity of coral reefs to provide ecosystem services. *One Earth* *4*, 1278–1285. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.08.016>
- Edinger, E. N., Jompa, J., Limmon, G. V., Widjatmoko, W., & Risk, M. J. (1998). Reef Degradation and Coral Biodiversity in Indonesia. Effects of Land-based Pollution, Destructive Fishing Practices and Changes Over Time. *Marine Pollution Bulletin*, *36*, 8, 617-630.
- Ellen MacArthur Foundation (2013). *Towards the Circular Economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*. <https://emf.thirdlight.com/link/t4gb0fs4knot-n8nz6f>
- Ellen MacArthur Foundation (2017). *The New Plastics Economy: Catalysing Action*. <https://ellenmacarthurfoundation.org/the-new-plastics-economy-catalysing-action>
- Ellen MacArthur Foundation (2020). *Perspective on 'Breaking the Plastic Wave' study: The Circular Economy Solution to Plastic Pollution*. <https://plastics.ellenmacarthurfoundation.org/breaking-the-plastic-wave-perspective>
- EPEA (2021). *Cradle to Cradle*. Obtido a 8 dezembro 2021 de <https://epea.com/en/about-us/cradle-to-cradle>
- Eriksen, M., Maximenko, N., Thiel, M., Cummins, A., Lattin, G., Wilson, S., Hafner, J., Zellers, A., & Rifman, S. (2013). Plastic pollution in the South Pacific subtropical gyre. *Marine Pollution Bulletin*, *68*, 71-76. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.12.021>
- Fan, Y., & Fang, C. (2020). Circular economy development in China-current situation, evaluation and policy implications. *Environmental Impact Assessment Review*, *84*, 106441. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106441>
- Foale, S., Adhuri, D., Aliño, P., Allison, E. H., Andrew, N., Cohen, P., Evans, L., Fabinyi, M., Fidelman, P., Gregory, C., Stacey, N., Tanzer, J., & Weeratunge, N. (2013). Food security and the Coral Triangle Initiative. *Marine Policy*, *38*, 174–183. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.05.033>

- Ford, H. V., Jones, N. H., Davies, A. J., Godley, B. J., Jambeck, J. R., Napper, I. E., Suckling, C. C., GarethJ.Williams, Woodall, L. C., & Koldewey, H. J. (2022). The fundamental links between climate change and marine plastic pollution. *Science of the Total Environment*, 806. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150392>
- Forrest, A., Giacobazzi, L., Dunlop, S., Jamieson, A., & Meeuwig, J. J. (2019). Eliminating Plastic Pollution: How a Voluntary Contribution from Industry Will Drive the Circular Plastics Economy. *frontiers in Marine Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00627>
- Garcia, B., Fang, M. M., & Lin, J. (2019). Marine Plastic Pollution in Asia: All Hands on Deck! *Chinese Journal of Environmental Law*, 3, 11-46. <https://doi.org/10.1163/24686042-12340034>
- Garcia, J. M., & Robertson, M. L. (2017). The future of plastics recycling. *Science*, 358. <https://doi.org/10.1126/science.aao6711>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy - A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11-31. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Heron, S. F., Eakin, C. M., Douvère, F., Anderson, K., Day, J. C., Geiger, E., Hoegh-Guldberg, O., Hoodonk, R. v., Hughes, T., Marshall, P., & Obura, D. (2017). *Impacts of Climate Change on World Heritage Coral Reefs: A First Global Scientific Assessment*. UNESCO World Heritage Centre.
- Hilmi, N., Osborn, D., Acar, S., Bambridge, T., Chlous, F., Cinar, M., Djoundourian, S., Haraldsson, G., Lam, V. W. Y., Maliki, S., Mantuano, A. d. M., Marshall, N., Marshall, P., Pascal, N., Recuero-Virto, L., Rehdanz, K., & Safa, A. (2019). Socio-economic tools to mitigate the impacts of ocean acidification on economies and communities reliant on coral reefs —a framework for prioritization. *Regional Studies in Marine Science*, 28, 100559. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100559>
- Hilmi, N., Safa, A., Sumalia, U. R., & Cinar, M. (2017). Coral reefs management and decision making tools. *Ocean & Coastal Management*, 146, 60-66. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.06.006>
- Hoegh-Guldberg, O., Hoegh-Guldberg, H., Veron, J.E.N., Green, A., Gomez, E. D., Lough, J., King, M., Ambariyanto Hansen L., Cinner J., Dews G., Russ G., Schuttenberg, H. Z., Peñaflor E.L., Eakin C. M., Christensen, T. R. L., Abbey M. Areki F., Kosaka R. A., Tewfi K. A., Oliver J. (2009). *The Coral Triangle and Climate Change: Ecosystems, People and Societies at Risk*. WWF Australia, Brisbane.

- Hoeksema, B. W., & Hermanto, B. (2018). Plastic nets as substrate for reef corals in Lembeh Strait, Indonesia. *Coral Reefs*, 37, 631. <https://doi.org/10.1007/s00338-018-1686-x>
- Huang, W., Chen, M., Song, B., Deng, J., Shen, M., Chen, Q., Zeng, G., & Liang, J. (2021). Microplastics in the coral reefs and their potential impacts on corals: A mini-review. *Science of the Total Environment*, 762, 143112. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143112>
- Huang, Y., Yan, M., Xu, K., Nie, H., Gong, H., & Wang, J. (2019). Distribution characteristics of microplastics in Zhubi Reef from South China Sea. *Environmental Pollution*, 255, 113133. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113133>
- Inter-American Development Bank (2021). *Economic Valuation of Reef Ecosystems in the MAR Region and the Goods and Services they Provide*.
- International Energy Agency (2020). *Per capita demand for major plastics in selected countries in 2015*. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/per-capita-demand-for-major-plastics-in-selected-countries-in-2015>
- IPBES (2019). *Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* (Brondízio, E. S., Settele, J., Díaz, S., Ngo, H. T Eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. ISBN: 978-3-947851-20-1
- IPEN (2022). *Plastic Waste Management and Burden in China*.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Jefferson, T., Costello, M. J., Zhao, Q., & Lundquist, C. J. (2021). Conserving threatened marine species and biodiversity requires 40% ocean protection. *Biological Conservation*, 264. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109368>
- Jepsen, E. M., & Bruyn, P. J. N. d. (2019). Pinniped entanglement in oceanic plastic pollution: A global review. *Marine Pollution Bulletin*, 145, 295–305. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.042>
- Koelmans, A. A., Besseling, E., & Shim, W. J. (2015). Nanoplastics in the Aquatic Environment. Critical Review. In M. Bergmann, L. Gutow, & M. Klages (Eds.), *Marine Anthropogenic Litter* (pp. 325-340). Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143, 37-46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>

- Kumamaru, H., & Takeuchi, K. (2021). The impact of China's import ban: An economic surplus analysis of markets for recyclable plastics. *Waste Management*, *126*, 360-366. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.03.027>
- Kurniawan, T. A., Liang, X., O'Callaghan, E., Goh, H., Othman, M. H. D., Avtar, R., & Kusworo, T. D. (2022). Transformation of Solid Waste Management in China: Moving towards Sustainability through Digitalization-Based Circular Economy. *Sustainability*, *14*. <https://doi.org/10.3390/su14042374>
- Laffoley, D., Baxter, J. M., Day, J. C., Wenzel, L., Bueno, P., & Zischka, K. (2019). Marine Protected Areas. In C. Sheppard (Ed.), *World Seas: An Environmental Evaluation, Vol. III: Ecological Issues and Environmental Impacts* (pp. 549-569). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-805052-1.00027-9>
- Lamb, J. B., Willis, B. L., Fiorenza, E. A., Couch, C. S., Howard, R., Rader, D. N., True, J. D., Kelly, L. A., Ahmad, A., Jompa, J., & Harvell, C. D. (2018). Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science*, *359*, 460–462. <https://doi.org/10.1126/science.aar3320>
- Lasut, M. T., Pane, L. R., Doda, D. V. D., Kumurur, V. A., Warouw, V., & Mamujaja, J. M. (2021). Seasonal variation of marine debris at Manado Bay (North Sulawesi, Indonesia). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, *744*, 012038. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/744/1/012038>
- Lasut, M. T., Weber, M., Pangalila, F., Rumampuk, N. D. C., Rimper, J. R. T. S. L., Warouw, V., Kaunang, S. T., & Lott, C. (2018). From Coral Triangle to Trash Triangle - How the Hot spot of Global Marine Biodiversity Is Threatened by Plastic Waste. In M. Cocca, E. D. Pace, M. E. Errico, G. Gentile, A. Montarsolo, & R. Mossotti (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Microplastic Pollution in the Mediterranean Sea* (pp. 107-113). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-71279-6\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-71279-6_15)
- Lei, X., Cheng, H., Zhou, G., Huang, H., Luo, Y., Zhang, Y., Jiang, L., & Sun, Y. (2021). Abundance and Characteristics of Microplastics in Seawater and Corals From Reef Region of Sanya Bay, China. *frontiers in Marine Science*, *8*, 728745. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.728745>
- Leslie, H. A., Velzen, M. J. M. v., Brandsma, S. H., Vethaak, A. D., Garcia-Vallejo, J. J., & Lamoree, M. H. (2022). Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. *Environment International*. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>
- Li, W., & Lin, W. (2016). Circular Economy Policies in China. In V. Anbumozhi & J. Kim (Eds.), *Towards a Circular Economy: Corporate Management and Policy Pathways* (pp. 95-111). ERIA Research Project Report 2014-44, Jakarta: ERIA.

- Liu, Z., Adams, M., Cote, R. P., Chen, Q., Wu, R., Wen, Z., Liu, W., & Dong, L. (2018). How does circular economy respond to greenhouse gas emissions reduction: An analysis of Chinese plastic recycling industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *91*, 1162–1169. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.038>
- Making Oceans Plastic Free (2017). *The Hidden Cost of Plastic Bag Use and Pollution in Indonesia*. <https://makingoceansplasticfree.com/hidden-cost-plastic-bag-use-pollution-indonesia/>
- Martins, N. O. (2021). The economics of biodiversity: Accounting for human impact in the biosphere. *Ecological Economics*, *189*, 107150. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107150>
- McDowall, W., Geng, Y., Huang, B., Barteková, E., Bleischwitz, R., Türkeli, S., Kemp, R., & Doménech, T. (2017). Circular Economy Policies in China and Europe. *Journal of Industrial Ecology*. <https://doi.org/10.1111/jiec.12597>
- McIlgorm, A., Raubenheimer, K., McIlgorm, D. E., & Nichols, R. (2022). The cost of marine litter damage to the global marine economy: Insights from the Asia-Pacific into prevention and the cost of inaction. *Marine Pollution Bulletin*, *174*, 113167. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.113167>
- McKinsey Center for Business and Environment (2016). *The circular economy: Moving from theory to practice*. McKinsey & Company.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute.
- Miller, M. E., Kroon, F. J., & Motti, C. A. (2017). Recovering microplastics from marine samples: A review of current practices. *Marine Pollution Bulletin*, *123*, 6–18. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.08.058>
- Ministry of Environment and Forestry (2020). *National Plastic Waste Reduction Strategic Actions for Indonesia*.
- Mohajan, H. (2021). Circular Economy in China: Towards the Progress. *International Journal of Economics and Business Administration*, *7*, 89-96.
- Mueller, J. S., Bill, N., Reinach, M. S., Lasut, M. T., Freund, H., & Schupp, P. J. (2022). A comprehensive approach to assess marine macro litter pollution and its impacts on corals in the Bangka Strait, North Sulawesi, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, *175*, 113369. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113369>
- Napper, I. E., & Thompson, R. C. (2020). Plastic Debris in the Marine Environment: History and Future Challenges. *Global Challenges*, *4*, 1900081. <https://doi.org/10.1002/gch2.201900081>

- Navare, K., Muys, B., Vrancken, K. C., & Acker, K. V. (2021). Circular economy monitoring – How to make it apt for biological cycles? *Resources, Conservation & Recycling*, 170, 105563. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105563>
- NOAA: Marine Debris Program (2022). *Garbage Patches: What and Where Are Garbage Patches?* Obtido a 30 março 2022 de <https://marinedebris.noaa.gov/info/patch.html>
- Nurdiana, J., Franco-Garcia, M. L., & Heldeweg, M. A. (2021). How Shall We Start? The Importance of General Indices for Circular Cities in Indonesia. *Sustainability*, 13, 11168. <https://doi.org/10.3390/su132011168>
- OECD (2019). Environmental Performance: Recent trends and developments. In *OECD Green Growth Policy Review of Indonesia 2019*. OECD Publishing, Paris. <https://doi.org/10.1787/040efbb8-en>
- OECD (2022). *Marine plastics pollution in Indonesia*. Obtido a 17 julho 2022 de <https://www.oecd.org/ocean/topics/ocean-pollution/marine-plastics-pollution-Indonesia.pdf>
- oecd.stat (2022). *Global Plastics Outlook - Plastic leakage to aquatic environments*. [https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PLASTIC\\_LEAKAGE\\_1](https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PLASTIC_LEAKAGE_1)
- Plastics Europe (2016). *Plastics – the Facts 2016: An analysis of European plastics production, demand and waste data*.
- Plastics Europe (2021). *Plastics - the Facts 2021: An analysis of European plastics production, demand and waste data*. <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2021/>
- Pratchett, M. S., Bridge, T. C. L., Brodie, J., Cameron, D. S., Day, J. C., Emslie, M. J., Grech, A., Hamann, M., Heron, S. F., Hoey, A. S., Hoogenboom, M. O., Lough, J. M., Morrison, T. H., Osborne, K., Read, M. A., Schauble, C., Smithers, S. G., Sweatman, H. P. A., & Waterhouse, J. (2018). Australia's Great Barrier Reef. In C. Sheppard (Ed.), *World Seas: An Environmental Evaluation Vol. 2* (pp. 333-362). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100853-9.00014-2>
- Prideaux, B., & Pabel, A. (2018). Australia's Great Barrier Reef – protection, threats, value and tourism use. In B. Prideaux & A. Pabel (Eds.), *Coral Reefs: Tourism, Conservation and Management* (pp. 1-14). Routledge.
- Principles for Responsible Investment (2019). *The Plastics Landscape: Risks and opportunities along the plastics value chain*.
- Protected Planet. (2022). *Marine Protected Areas*. Obtido a 12 abril 2022 de <https://www.protectedplanet.net/en/thematic-areas/marine-protected-areas>

- Qi, W., Jinping, Q., Bi, S., Ning, C., Min, N., & Shuangqiao, Y. (2021). Prevention and Control of Waste Plastics Pollution in China. *Strategic Study of CAE*, 23. <https://doi.org/10.15302/J-SSCAE-2021.01.020>
- Qu, S., Guo, Y., Ma, Z., Chen, W.-Q., Liu, J., Liu, G., Wang, Y., & Xu, M. (2019). Implications of China's foreign waste ban on the global circular economy. *Resources, Conservation & Recycling*, 144, 252–255. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.01.004>
- Read, T. (2014). Stewarding Biodiversity and Food Security in The Coral Triangle: Achievements, Challenges, and Lessons Learned. In M. Knight & P. Deeks (Eds.). Coral Triangle Support Partnership.
- Reichert, J., Arnold, A. L., Hoogenboom, M. O., Schubert, P., & Wilke, T. (2019). Impacts of microplastics on growth and health of hermatypic corals are species-specific. *Environmental Pollution*, 254, 113074. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113074>
- Rhodes, C. J. (2018). Plastic pollution and potential solutions. *Science Progress*, 101, 207-260. <https://doi.org/10.3184/003685018X15294876706211>
- Richards, Z. T., & Beger, M. (2011). A quantification of the standing stock of macro-debris in Majuro lagoon and its effect on hard coral communities. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 1693–1701. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.003>
- Riechers, M., Fanini, L., Apicella, A., Galván, C. B., Blondel, E., Espiña, B., Kefer, S., Keroullé, T., Klun, K., Pereira, T. R., Ronchi, F., Rodríguez, P. R., Sardonm, H., Silva, A. V., Stulgis, M., & Ibarra-González, N. (2021). Plastics in our ocean as transdisciplinary challenge. *Marine Pollution Bulletin*, 164, 112051. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112051>
- Ritchie, H., & Roser, M. (2021). *Coral Reefs*. Obtido a 21 março 2022 de <https://ourworldindata.org/biodiversity>
- Savinelli, B., Fernández, T. V., Galasso, N. M., D'Anna, G., Pipitone, C., Prada, F., Zenone, A., Badalamenti, F., & Musco, L. (2020). Microplastics impair the feeding performance of a Mediterranean habitat-forming coral. *Marine Environmental Research*, 155, 104887. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.104887>
- Sea Circular (2022a). *SEA Circular Country Profile for Indonesia*. Obtido a 3 março 2022 de <https://www.sea-circular.org/country/indonesia/>
- Sea Circular (2022b). *SEA Circular Country Profile for People's Republic of China*. Obtido a 3 março 2022 de <https://www.sea-circular.org/country/peoples-republic-of-china/>
- Selig, E., Hole, D., Allison, E., Arkema, K., McKinnon, M., Chu, J., de Sherbinin, A., Fisher, B., Gallagher, L., Holland, M., Ingram, J., Rao, N., Russell, R., Srebotnjak, T., Teh, L., Troëng, S., Turner, W., & Zvoleff, A. (2018). Mapping global human dependence on marine ecosystems. *Conservation Letters*, 12. <https://doi.org/10.1111/conl.12617>

- Singh, N., Ogunseitan, O. A., Tang, Y., & Wong, M. H. (2021). Preventing Petrochemical Plastics Pollution: Sustainable Material Alternatives. <https://doi.org/10.31224/osf.io/xemny>
- Soares, M. d. O., Matos, E., Lucas, C., Rizzo, L., Allcock, L., & Rossi, S. (2020). Microplastics in corals: An emergent threat. *Marine Pollution Bulletin*, *161*, 111810. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111810>
- Sun, Y., Liu, S., Wang, P., Jian, X., Liao, X., & Chen, W.-Q. (2022). China's roadmap to plastic waste management and associated economic costs. *Journal of Environmental Management*, *309*, 114686. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114686>
- Syakti, A. D., Jaya, J. V., Rahman, A., Hidayati, N. V., Raza'i, T. S., Idris, F., Trenggono, M., Doumenq, P., & Chou, L. M. (2019). Bleaching and necrosis of staghorn coral (*Acropora formosa*) in laboratory assays: Immediate impact of LDPE microplastics. *Chemosphere*, *228*, 528-535. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.04.156>
- Talukdera, B., Ganguli, N., Matthew, R., van Loon, G. W., Hipel, K. W., & Orbinski, J. (2022). Climate change-accelerated ocean biodiversity loss & associated planetary health impacts. *The Journal of Climate Change and Health*, *6*, 100114. <https://doi.org/10.1016/j.joclhm.2022.100114>
- Tan, F., Yang, H., Xu, X., Fang, Z., Huilong, Shi, Q., Zhang, X., Wang, G., Lin, L., Zhou, S., Huang, L., & Li, H. (2020). Microplastic pollution around remote uninhabited coral reefs of Nansha Islands, South China Sea. *Science of the Total Environment*, *725*, 138383. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138383>
- Tang, J., Ni, X., Zhou, Z., Wang, L., & Lin, S. (2018). Acute microplastic exposure raises stress response and suppresses detoxification and immune capacities in the scleractinian coral *Pocillopora damicornis*. *Environmental Pollution*, *243*, 66-74. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.08.045>
- Tang, J., Wu, Z., Wan, L., Cai, W., Chen, S., Wang, X., Luo, J., Zhou, Z., Zhao, J., & Lin, S. (2021). Differential enrichment and physiological impacts of ingested microplastics in scleractinian corals in situ. *Journal of Hazardous Materials Advances*, *404*, 124205. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124205>
- Teuten, E. L., Saquing, J. M., Knappe, D. R. U., Barlaz, M. A., Jonsson, S., Bjorn, A., Rowland, S. J., Thompson, R. C., Galloway, T. S., Yamashita, R., Ochi, D., Watanuki, Y., Moore, C., Viet, P. H., Tana, T. S., Prudente, M., Boonyatumanond, R., Zakaria, M., Akkhavong P., Ogata Y., Hirai H., Iwasa S., Mizukawa K., Hagino Y., Imamura A., Saha M., Takada, H. (2009). Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, *364*, 2027-2045. <https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0284>
- The Collective (2015). *Plastic waste in China*. <https://www.coresponsibility.com/plastic-waste-in-china/>

- The Nature Conservancy (2022). *Value of Reefs*. Obtido a 5 abril 2022 de <https://reefresilience.org/value-of-reefs/>
- Trusts, P. C., & SystemIQ (2020). *Breaking the Plastic Wave: A Comprehensive Assessment of Pathways towards stopping ocean plastic pollution*.
- UN Environment, ISU, ICRI, Trucost (2018). *The Coral Reef Economy: The business case for investment in the protection, preservation and enhancement of coral reef health*.
- UNDP Bappenas, & Embassy of Denmark (2021). *The economic, social, and environmental benefits of a circular economy in Indonesia*.
- United Nations (2021). *United Nations Conference on the Human Environment, 5-16 June 1972, Stockholm*. Obtido a 8 dezembro 2021 de <https://www.un.org/en/conferences/environment/stockholm1972>
- United Nations Environment Programme (2018a). *Mapping of global plastics value chain and plastics losses to the environment: with a particular focus on marine environment*. Ryberg, M., Laurent, A., Hauschild, M. United Nations Environment Programme, Nairobi, Kenya. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/26745>
- United Nations Environment Programme (2018b). *Single-use plastics: A Roadmap for Sustainability*
- United Nations Environment Programme (2021). *From Pollution to Solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution*.
- United Nations Environment Programme, Sweet, M., Stelfox, M., & Lamb, J. (2019). *Plastics and shallow water coral reefs. Synthesis of the science for policy-makers*. .
- Utami, D. A., Reuning, L., Konechnaya, O., & Schwarzbauer, J. (2021). Microplastics as a sedimentary component in reef systems: A case study from the Java Sea. *Sedimentology*, 68, 2270–2292. <https://doi.org/10.1111/sed.12879>
- Utami, D. A., & Sujatmiko, K. A. (2021). Unravelling the pathway of macro and micro debris in the beach of uninhabited Semak Daun reef platform, Kepulauan Seribu. *Earth and Environmental Science*, 789, 012047. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/789/1/012047>
- Verstappen, H. T. (1988). Old and New Observations on Coastal Changes of Jakarta Bay: An Example of Trends in Urban Stress on Coastal Environments. *Journal of Coastal Research*, 4, 573-587.
- Visvanathan, C., & Anbumozhi, V. (2018). Evolutionary Acts and Global Economic Transition: Progress of the Circular Economy in ASEAN. In V. Anbumozhi & F. Kimura (Eds.), *Industry 4.0: Empowering ASEAN for the Circular Economy* (pp. 67-105). Jakarta: ERIA.

- Water Science School (2019). *How Much Water is There on Earth?* Obtido a 5 abril 2022 de <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/how-much-water-there-earth>
- Wautelet, T. (2018). *The Concept of Circular Economy: its Origins and its Evolution*.
- Wilcox, C., Seville, E. V., & Hardesty, B. D. (2015). Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *The Proceedings of the National Academy of Sciences*, *112*, 11899–11904. <https://doi.org/10.1073/pnas.1502108112>
- Willoughby, N. G., Sangkoyo, H., & Lakaseru, B. O. (1997). Beach Litter: an Increasing and Changing Problem for Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*, *34*, 469-478. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(96\)00141-5](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(96)00141-5)
- Woods, J. S., Rødder, G., & Verones, F. (2019). An effect factor approach for quantifying the entanglement impact on marine species of macroplastic debris within life cycle impact assessment. *Ecological Indicators*, *99*, 61-66. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.018>
- World Bank (2021a). *Oceans for Prosperity: Reforms for a Blue Economy in Indonesia*. The World Bank, Washington, D.C.
- World Bank (2021b). *Plastic Waste Discharges from Rivers and Coastlines in Indonesia*. Marine Plastics Series, East Asia and Pacific Region, Washington DC.
- World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation, & McKinsey & Company (2016). *The New Plastics Economy — Rethinking the future of plastics*.
- WRI Indonesia (2022). *Indonesia National Plastic Action Partnership (NPAP)*. <https://wri-indonesia.org/en/our-work/project/indonesia-national-plastic-action-partnership-npap>
- Wysocki, I. T.-v., & Billon, P. L. (2019). Plastics at sea: Treaty design for a global solution to marine plastic pollution. *Environmental Science and Policy*, *100*, 94-104. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.06.005>
- Zhong, R., Pei, F., Yang, K., Xia, Y., Wang, H., & Yan, G. (2021). Coordinating socio-economic and environmental dimensions to evaluate regional sustainability — towards an integrative framework. *Ecological Indicators*, *130*, 108085. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108085>

# Anexos

## Anexo 1

Classificação das AMP segundo a IUCN

Retirado de Laffoley et al. (2019)

Fishing generally NOT allowed (some subsistence fishing may be allowed in Cat. Ib)	Cat. Ia	<b>Scientific reference area</b> (or scientific baseline) set aside for scientific research & monitoring, where human visitation, use, and impacts are strictly controlled and limited to ensure protection of the conservation values; may be a “no-go” area	These are all <b>MARINE PROTECTED AREAS</b> (different IUCN categories) (to be an MPA, conservation must be the primary overarching purpose of the area)
	Cat. Ib	Large unmodified areas (aka <b>wilderness</b> ), retaining their natural character and influence, without permanent or evidence of significant human use, which are protected and managed so as to preserve their natural condition	
	Cat. II	Large natural or near natural <b>no-take areas</b> set aside to protect large-scale ecological processes, along with the complement of species and ecosystems characteristic of the area; also provide for environmentally and culturally compatible spiritual, scientific, educational, recreational, and visitor opportunities	
Fishing may, or may not, be allowed to occur	Cat. III	A specific <b>natural monument</b> (e.g., a seamount, submarine feature, a cave, or even a living component such as a specific coral reef or feature). They are generally small protected areas and often have high visitor values	
	Cat. IV	Set aside to <b>protect particular species or habitats</b> and management reflects this priority (e.g., <u>regular, active management interventions</u> to address the requirements of particular species or to maintain habitats)	
Fishing may occur legally (subject to other controls)	Cat. V	Area where the <b>interaction of people and nature over time has produced an area with some distinct character</b> with significant ecological, biological, cultural, or scenic value: and where safeguarding the integrity of this interaction is vital to protecting and sustaining the area and its associated values.	
	Cat. VI	Generally large areas, most of which is in a natural condition, and a proportion is under low-level sustainable natural resource management (i.e., <b>multiple use MPA</b> ) and <u>where such use of natural resources is compatible with conserving ecosystems and habitats</u> , together with associated cultural values and traditional natural resource management systems.	
	MMA	<b>Marine-managed area</b> , i.e., an area of ocean, or a combination of land and ocean, where human activities are managed and all elements—biophysical, human, and institutional—of the system are considered together <u>but conservation is not the primary purpose</u>	
	EEZ	<b>Exclusive economic zone</b> , i.e., area prescribed by the UN Convention for Law of the Sea over which a state party/country has special rights regarding the exploration and use of its marine resources, out to 200 nautical miles from its coast	
	ABNJ	<b>Areas beyond national jurisdiction</b> are defined by UNCLOS as the water column <u>beyond the EEZ</u> , or beyond the Territorial Sea where no EEZ has been declared (aka the <b>High Seas</b> ); plus the seabed which lies beyond the limits of the continental shelf	