

iscte

INSTITUTO
UNIVERSITÁRIO
DE LISBOA

Economia Azul como mecanismo de preservação dos
ecossistemas marinhos

Bruna Marinho Abreu

Mestrado em Estudos do Ambiente e da Sustentabilidade,

Orientador(a):

Cátia Miriam da Silva Costa, Professora Auxiliar Convidada,
ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa

Outubro, 2023

Economia Azul como mecanismo de preservação dos
ecossistemas marinhos

Bruna Marinho Abreu

Mestrado em Estudos do Ambiente e da Sustentabilidade,

Orientador(a):

Cátia Miriam da Silva Costa, Professora Auxiliar Convidada,
ISCTE - Instituto Universitário de Lisboa

Outubro, 2023

Para minha mãe, que acreditou em mim mesmo quando eu não acreditei.

Agradecimentos

A conclusão desta tese representa o concretizar de um sonho seguido por uma trajetória ao qual enfrentei diversas dificuldades, ultrapassei desafios com muita persistência tão longe de casa. O desejo de alcançar estes objetivos e metas me permitiram chegar até aqui. Logo, sem apoio eu não estaria aqui, dessa forma, quero reconhecer toda a ajuda e prestar meus sinceros agradecimentos a estas pessoas.

Primeiramente, quero agradecer à Professora Doutora Cátia Miriam Costa por ter aceitado ao meu pedido de orientação, pelo apoio prestado e pela disponibilidade ao longo do percurso.

Além disso, gostaria de dedicar minha tese para minha amorosa família cuja contribuição, esforços, suporte e encorajamento em todos os momentos difíceis da minha trajetória acadêmica, muito obrigada por nunca me deixarem desistir.

Desejo igualmente agradecer a todos que colaboraram de forma direta ou indireta para que eu pudesse concluir este trabalho, agradeço por sempre me apoiarem e cuidarem tanto de mim neste período. Aos meus amigos, que são a minha segunda família em Portugal, pois sem sua presença, amor e suporte nada seria possível.

Agradeço de igual forma ao meu namorado, nunca fui tão feliz como ao seu lado. Obrigada por todo amor e companheirismo.

Resumo

O discurso sobre o equilíbrio entre a degradação ambiental e o desenvolvimento sustentável levou ao surgimento do conceito crítico de “Economia Azul”, com o objetivo de um desenvolvimento econômico sustentável alinhado com a integridade ecológica dos ecossistemas marinhos. Logo, impulsionado pela Década das Nações Unidas para a Recuperação dos Ecossistemas, é discutido como a Economia Azul é um mecanismo de recuperação dos recifes de corais, biosistema crucial para a vida no planeta, ao qual vem sofrendo desafios crescentes decorrentes das alterações climáticas globais e ações antropogênicas. À luz dessa questão imprescindível, decorro sobre os principais mecanismos da EA e governança multi-nível, aplicados na restauração de recifes de corais na Indonésia, tendo enfoque especial na empresa Mars, principal stakeholder presente nesse processo.

Palavras-chave: economia azul, recifes de corais, recuperação, desenvolvimento sustentável, mitigação.

Abstract

The discourse on the balance between environmental degradation and sustainable development has led to the emergence of the critical concept of “Blue Economy”, with the objective of sustainable economic development aligned with the ecological integrity of marine ecosystems. Therefore, driven by the Decade of Nations United for the Recovery of Ecosystems, it is discussed how the Blue Economy is a mechanism for recovering coral reefs, a crucial biosystem for life on the planet, which has been suffering increasing challenges resulting from global climate change and anthropogenic actions. In light of this essential issue, I discuss the main mechanisms of EA and multi-level governance, applied to the restoration of coral reefs in Indonesia, with a special focus on the company Mars, the main stakeholder present in this process.

Keywords: blue economy, coral reefs, recovery, sustainable development, mitigation.

Conteúdo

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Lista de Figuras	ix
Abreviatura	xi
CAPÍTULO 1. Introdução	1
1.1. Antecedentes e Contexto	2
1.2. Justificação	3
1.3. Objetivos	4
1.4. Metodologia e Estrutura	5
CAPÍTULO 2. Revisão de Literatura	9
2.1. A Gênese das Preocupações Ambientais	9
2.2. Mitigação	10
2.3. Governança Multi-Nível	13
2.4. Conceitualizando a Economia Azul	16
2.5. Desenvolvimento Sustentável e a Economia Azul	23
2.6. A Economia Azul e a Restauração dos Recifes	25
CAPÍTULO 3. Compreendendo os Recifes de Corais	27
3.1. Como os Recifes de Coral se formam	28
3.2. Tipos de Recifes de Coral	29
3.3. Principais características de um recife de coral	33
3.4. Ameaças aos Recifes de Coral	35
3.5. Esforços de Conservação	39
3.6. Mecanismos Internacionais	45
CAPÍTULO 4. Estudo de Caso: Restauração de Recifes Assistida na Indonésia	47
4.1. Políticas Regulatórias	50
4.2. Iniciativas de Restauração na Indonésia	52
4.3. Atuação da Mars Sustainable Solutions(MSS) na Indonésia	53
CAPÍTULO 5. Conclusão	69
5.1. Objetivos	70
	vii

5.2. Limitações e Trabalhos Futuros	71
Bibliografia	73

Lista de Figuras

1	Ascensão do nível de CO ₂ durante o período de 1970 à 2020. Fonte: («Photo», 2023a)	11
2	Pilares da Economia Azul. Fonte: («Fmars», 2023).	17
3	SIDS. Fonte: («SIDS», 2023).	20
4	O Recifes de Franja. Fonte: («Photo», 2023b).	31
5	Recifes de Barreira. Fonte: («Photo», 2023c)	32
6	Atóis. Fonte: («Photo», 2023d)	32
7	Processo de Branqueamento de Corais. Fonte: («Catlin Seaview Survey», 2023).	37
8	Pesca com Explosivo. Fonte: («Fizzy Transition», 2021)	38
9	Status of Coral Reefs of the World 2020 report. («Coral Reef NOAA», 2020)	40
10	Eutrofização de recifes de corais na Indonésia. Fonte: («Fizzy Transition», 2021).	47
11	Pesca com dinamite, prática recorrentemente utilizada na Indonésia. Fonte: («Scubazoo», 2023)	48
12	Estruturas Artificiais («Onda Azul», 2018)	49
13	Restauração de corais de recife 1990-2020	52
14	Estrutura Organizacional Mars (Williams et al., 2019)	54
15	Comunidade local preparando Reef Stars em Pualu Bontosua, Indonésia. («Mars Assisted Reef Restoration System», 2023)	55
16	Manutenção de recifes de corais no projeto Mars Fonte: Antonio Busiello	57
17	Estrutura padronizada da estrela do recife (Williams et al., 2019)	59
18	Antes e depois da utilização de Reef Stars. Fonte: («Scubazoo», 2023)	60
19	Implementação de Reef Stars Fonte: («Mars Assisted Reef Restoration System», 2023).	62

Abreviatura

AMPs: Áreas Marinhas Protegidas.

BBNJ: Biodiversity Beyond National Jurisdiction.

BCSD: Business Council for Sustainable Development (Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável).

BE: Blue Economy.

CCI: Caribbean Challenge Initiative.

CDB: Convenção sobre Biodiversidade Biológica.

CNUDM: Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar.

CNUMAD: Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento.

COVID-19: SARS-COV-2.

CTI: CORAL TRIANGLE INICIATIVE.

CTI-CFF: Coral Triangle Initiative on Coral Reefs, Fisheries, and Food Security.

DGPM: Direção Geral de Política do Mar.

EA: Economia Azul.

ECO92: Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento.

FAO: Food and Agriculture Organization (Organização para a Alimentação e Agricultura).

GBRMPA: Great Barrier Reef Marine Park Authority.

GCD: Greatest Common Divisor.

GCRMN: Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN).

GOA: ON Global Ocean Acidification Observing Network.

GOOS: Global Ocean Observing System.

ICRI: Initiative Call to Action.

LCM: Least Common Multiple.

MARRS: Mars Assisted Reef Restoration System.

MMAF: Ministry of Marine Affairs and Fisheries.

MSS: Mars Sustainable Solutions.

OBIS: Ocean Biographic Information System.

ODS: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

OECD: Organisation for Economic Co-operation and Development (Organização para Co-operação e Desenvolvimento Econômico).

ONG: Organização Não-Governamental.

ONU: Organização das Nações Unidas.

PEID: Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento.

PEM: Planejamento Espacial Marinho.

PMA: Países Menos Avançados.

SIDS: Small Islands Developing States.

UE: União Europeia.

UICN: International Union for Conservation of Nature.

UNCLOS: United Nations Convention on the Law of the Sea.

UNDESA: United Nations Department of Economic and Social Affairs.

UNEP: United Nations Environment Programme (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente).

UNESCO: Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura.

UNHAS: Universitas Hasanuddi.

URI: University of Rhode Island.

WBG: World Bank Group.

WWF: World Wide Fund for Nature.

CAPÍTULO 1

Introdução

O delicado equilíbrio entre a degradação ambiental e o desenvolvimento sustentável emergiu como um discurso fundamental nas últimas décadas, instando os acadêmicos e os decisores políticos ao procurarem abordagens inovadoras que harmonizem a prosperidade econômica com a integridade ecológica. No centro desta busca está o conceito de “Economia Azul”, um quadro que prevê a utilização sustentável dos recursos oceânicos com a finalidade de impulsionar o crescimento econômico, salvaguardando simultaneamente os ecossistemas marinhos. Neste contexto, os recifes de coral, como um dos ecossistemas com maior biodiversidade e economicamente valiosos do planeta, constituem um ponto focal crítico para a Economia Azul

Esta tese embarca numa exploração multifacetada, investigando os antecedentes históricos que preparam o terreno para as discussões contemporâneas em torno da degradação ambiental e do desenvolvimento sustentável. À medida que a sociedade lutava com as repercussões da industrialização e da exploração desenfreada de recursos, uma mudança de paradigma criou raízes, culminando na conceptualização da Economia azul – uma abordagem que defende a integração da gestão ambiental com o avanço econômico.

Os capítulos subsequentes desta tese delineiam os princípios fundamentais deste conceito, elucidando os seus mecanismos e oferecendo um quadro teórico robusto. Ao examinar a interação entre a atividade econômica e os ecossistemas marinhos, descobrimos o potencial da Economia Azul não só para aliviar a degradação ambiental, mas também para catalisar o crescimento sustentável nas comunidades costeiras, com foco na restauração de ecossistemas marinhos. Além de elucidar como a governança multi-nível influencia na abordagem da EA neste processo.

O capítulo três é dedicado a um exame abrangente dos recifes de coral – a sua formação, os ecossistemas intrincados e os inúmeros riscos que enfrentam no mundo contemporâneo. Dessa forma, Com factores antropogênicos a exercer pressões sem precedentes sobre estes ecossistemas frágeis, a compreensão das complexidades dos recifes de coral torna-se fundamental. Este capítulo examina detalhadamente as políticas de preservação existentes, avaliando a sua eficácia e identificando áreas para aperfeiçoamento.

O capítulo quatro examina as sinergias entre a Economia Azul e os mecanismos de preservação, com foco específico no reflorestamento de recifes de corais. Através de uma análise aprofundada de técnicas de restauração, gestão sustentável de recursos e envolvimento comunitário, pretende-se iluminar como a Economia Azul pode servir como um catalisador para a restauração de ecossistemas degradados de recifes de corais.

A fim de cristalizar os fundamentos teóricos desta tese, um Estudo de Caso sobre a restauração de recifes de corais na Indonésia, tendo enfoque no principal stakeholder da área, a Empresa Mars, responsável pelos principais projetos de restauração de recifes na Indonésia. Esta exploração empírica oferece uma ilustração do mundo real e do potencial das estratégias da Economia Azul nas mudanças tangíveis nos esforços de preservação dos recifes de corais. Finalmente, destilamos os conhecimentos obtidos ao longo desta tese, oferecendo uma síntese das conclusões e recomendações práticas para decisores políticos, profissionais e partes interessadas investidas na preservação dos recifes de coral. Ao aproveitar o potencial da Economia Azul, afirmamos que pode ser alcançado um futuro sustentável tanto para os ecossistemas marinhos como para as comunidades costeiras.

Em suma, esta tese representa um esforço abrangente para desvendar o nexo entre a economia azul e a preservação dos recifes de coral, defendendo, em última análise, uma mudança de paradigma na nossa abordagem à gestão dos recursos marinhos. Através de uma análise rigorosa e de uma investigação empírica, esforçamo-nos por traçar um rumo para uma coexistência mais harmoniosa entre a prosperidade econômica e a vitalidade ecológica.

Em suma, durante este trabalho acadêmico é discorrido sobre a gênese das preocupações ambientais e as principais políticas de desenvolvimento sustentável. A seguir, é discutido sobre a Economia Azul, principais mecanismos e sua importância para a promoção econômica, social, cultural e ambiental dos recursos marinhos. É abordado sobre os recifes de corais, sua importância ecossistêmica, principais riscos e instituições que viabilizam a sua preservação.

1.1. Antecedentes e Contexto

Esta tese é baseada no conceito de Economia Azul desenvolvida por Gunter Pauli, como resposta às inadequações e deficiências dos modelos econômicos existentes, particularmente face aos desafios globais prementes, como as alterações climáticas, o aumento das temperaturas, o desemprego e a pobreza. Logo, reconhecendo as limitações das economias planejadas e de mercado. O autor procurou uma abordagem alternativa que não só abordasse estas questões críticas, mas também promovesse o desenvolvimento sustentável de uma forma que se alinhasse com os sistemas naturais do planeta (Johnson, *s.d.*).

Pauli foi influenciado pelos movimentos orgânicos da década de 1960, que trouxeram à luz os impactos prejudiciais das toxinas na cadeia alimentar. Esta consciência levou a uma mudança em direção ao comércio justo e ao consumismo consciente, enfatizando a necessidade de modelos econômicos que contribuam para a justiça social e ambiental (Johnson, *s.d.*).

Além disso, a teoria de Pauli está profundamente enraizada na crença de que a natureza fornece recursos abundantes e que as atividades humanas devem funcionar em harmonia com os ecossistemas naturais. É defendido uma abordagem regenerativa que espelhe a forma como a natureza funciona, visando minimizar o desperdício e a perda de energia.

Esta perspectiva contrasta fortemente com os modelos econômicos tradicionais que muitas vezes exploram os recursos sem considerar as consequências a longo prazo (Johnson, s.d.).

A teoria da Economia Azul de Pauli também é motivada por uma visão de inclusão e empoderamento. Ele prevê um sistema econômico onde as contribuições de todos são valorizadas e ninguém é considerado supérfluo, um afastamento total das sociedades modernas onde muitos indivíduos, especialmente os jovens, lutam para encontrar um emprego significativo (Johnson, s.d.).

Atualmente, o conceito de Economia Azul é aplicado em uma vasta gama de indústrias, setores e governos, sendo fomentado pelo ODS como uma prática que viabiliza o desenvolvimento sustentável dos oceanos, principalmente a ODS14 que tem como objetivo a conservação e o uso sustentável dos oceanos, mares e recursos marinhos. É enfatizado como um equilíbrio entre a economia, sustentabilidade ambiental e bem-estar social. É empregado em diversas economias ao redor do mundo com o intuito de repaginar os modelos econômicos tradicionais a fim de criar um futuro mais resiliente e próspero para as pessoas e para o planeta.

Em síntese, o paradigma dispõe de uma abordagem holística e inovadora ao desenvolvimento econômico que não só aborda as necessidades humanas fundamentais, mas também promove a sustentabilidade ambiental e a equidade social. Ao inspirar-se na natureza e reimaginar a nossa relação com o planeta, a teoria de Pauli oferece uma visão convincente para um futuro mais harmonioso e próspero. Em suma, este ideal influencia diretamente o mundo e a necessidade de redesenhar a forma como lidamos com os nossos oceanos, logo, o seu conceito influencia profundamente o desenvolvimento desta tese e na sua aplicação em seu Estudo de Caso.

1.2. Justificação

A consciência ambiental foi despertada após os impactos das ações humanas no meio ambiente desencadearam impactos significativos em toda a humanidade. Logo, o discernimento sobre a fragilidade do planeta e a relação intrínseca dos seres humanos aos ecossistemas, despertou a necessidade do uso sustentável dos recursos ambientais. Precisamente, a decorrência de males que afrontam os oceanos, surge a necessidade de dialogar sobre ecossistema proeminente para a vida na Terra.

Os recifes de coral estão entre os ecossistemas mais diversos e valiosos da Terra e estão enfrentando ameaças iminentes decorrentes das alterações climáticas e da excessiva ação antropogênica nos oceanos. Estes fatores resultaram em níveis sem precedentes de branqueamento e degradação de corais, dispendo de uma enorme pressão sobre o delicado equilíbrio da biodiversidade marinha. Os esforços tradicionais de conservação enfrentam em larga escala uma complexidade de desafios, mas para agravar a situação, as comunidades costeiras que dependem dos recifes de coral para a sua subsistência e subsistência são apanhadas num ciclo de precariedade econômica, exacerbando ainda mais a pressão sobre estes ecossistemas vitais.

À luz disto, existe uma necessidade premente de explorar abordagens inovadoras e sustentáveis que não só protejam os recifes de coral, mas também forneçam incentivos econômicos para que as comunidades participem ativamente na sua conservação. O conceito de Economia Azul enfatiza a utilização sustentável dos recursos oceânicos para o crescimento econômico, apresenta uma via promissora para enfrentar este duplo desafio. No entanto, os mecanismos específicos através dos quais a Economia Azul pode contribuir eficazmente para a conservação e reflorestação dos recifes de coral continuam pouco estudados e requerem uma investigação aprofundada.

A urgência de abordar a situação dos recifes de coral é sublinhada pelo seu significado ecológico sem paralelo. Os recifes de coral sustentam cerca de 25% de todas as espécies marinhas, servem como viveiros críticos para as populações de peixes e atuam como defesas costeiras naturais contra tempestades e erosão. Além disso, contribuem significativamente para a economia global através do turismo, da pesca e dos recursos farmacêuticos. No entanto, a taxa acelerada de declínio dos recifes de coral ameaça estes serviços ecossistêmicos inestimáveis e as comunidades que deles dependem (Fisher et al., 2015)

Ao alinhar os princípios da economia azul com a conservação dos recifes de coral, existe potencial para forjar uma relação de reforço mútuo entre a saúde ecológica e a prosperidade econômica. O paradigma da Economia Azul incentiva práticas sustentáveis, incluindo a gestão responsável das pescas, o turismo marinho e o desenvolvimento de indústrias inovadoras como a aquicultura e a biotecnologia. Ao integrar estrategicamente estas práticas com os esforços de restauração dos recifes de coral, é concebível que as comunidades costeiras possam obter benefícios econômicos tangíveis de ecossistemas de recifes saudáveis e prósperos.

Esta tese procura investigar sistematicamente os mecanismos através dos quais a Economia Azul pode ser aproveitada como catalisador para a conservação e reflorestação dos recifes de coral. Ao elucidar as estratégias específicas, os quadros políticos e os modelos de envolvimento comunitário que otimizam esta integração. Esta investigação fornecer um roteiro para os decisores políticos, conservacionistas e partes interessadas implementarem mudanças significativas face à crescente degradação dos recifes de coral.

1.3. Objetivos

O objetivo desta tese é investigar de forma abrangente o papel da economia azul na contribuição para a preservação e gestão sustentável dos recifes de coral. Este estudo tem como objetivo analisar os vários setores da economia azul, como as pescas, o turismo e as energias renováveis, e o seu impacto na saúde e resiliência dos ecossistemas dos recifes de coral. Além disso, esta investigação procura identificar e avaliar estratégias, políticas e melhores práticas inovadoras que podem ser empregues para promover a coexistência sinérgica das atividades econômicas azuis e dos esforços de conservação dos recifes de coral. Através de uma abordagem multidisciplinar, esta tese procura fornecer conhecimentos e

recomendações que facilitem a integração harmoniosa do desenvolvimento econômico com a proteção de ecossistemas marinhos.

Para alcançar o objetivo principal foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

1. Analisar conforme o contexto a ascensão das preocupações ambientais, delineando integralmente as causas que despertaram a necessidade de discutir sobre a sustentabilidade e o fim do modus operandi adotado na exploração da natureza
2. Definir e Contextualizar a Economia Azul: Fornecer uma compreensão abrangente do conceito de Economia Azul e Governança Multi-Nível.
3. Realize uma revisão completa da literatura e dos estudos de campo para compreender o estado atual dos recifes de coral, incluindo sua biodiversidade, importância ecológica e as ameaças que enfrentam.
4. Avaliar o impacto das atividades da Economia Azul nos recifes de corais;
5. Examinar Práticas Sustentáveis: Identificar e analisar práticas sustentáveis dentro da Economia Azul que tenham o potencial de beneficiar os recifes de coral.
6. Análise de Política e Governança: Avaliar as políticas, regulamentações e estruturas de governança existentes relacionadas à economia azul e à conservação dos recifes de coral. Avalie sua eficácia e identifique áreas potenciais para melhoria.
7. Estudo de caso e análise comparativa: Examinar o estudo de caso sobre a Indonésia e seu impacto na preservação de recifes de corais.

1.4. Metodologia e Estrutura

No decorrer da tese foi empregado o método qualitativo documental ao qual a busca por informações partiu de diversos documentos nomeados para a pesquisa como livros, relatórios, manuscritos, entre outros, de forma a interpretar os dados. O método de pesquisa apontado foi preferido devido a sua precisão como instrumento de compreensão precisa dos fatos investigados de forma aprofundada (Junior et al., 2021). De acordo com (de Souza Minayo et al., 2011) “a pesquisa qualitativa trabalha com o universo dos significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, dos valores e das atitudes”.

Nesse sentido, aplicabilidade da análise documental na tese ofereceu uma nova perspectiva através do processo de reexaminar obras, em busca de interpretações e informações complementares. Além disso, usufruir de dados de forma antes não utilizados e a oportunidade de iniciar discussões sobre assuntos conhecidos mas de uma perspectiva nova.

Em suma, a pesquisa documental de (Guba e Lincoln, 1981) surge como uma fonte de dados confiáveis, oferecendo a capacidade de extrair evidências de declarações. Notavelmente, os documentos fornecem uma fonte constante e abundante para os investigadores reunirem provas de apoio às suas afirmações. Podem ser revisitados múltiplas vezes, incorrendo em um investimento mínimo de tempo, proporcionando assim ao pesquisador maior acessibilidade. Além disso, este método serve para afirmar, verificar ou complementar informações obtidas através de técnicas alternativas de coleta de dados.

A abordagem caracteriza-se pelo seu caráter descritivo, indutivo, alicerçado na observação cuidadosa que leva em conta os atributos únicos do sujeito e os aspectos subjetivos do fenômeno, sem ser condicionada por princípios pré existentes (NASCIMENTO e Sousa, 2016). Esta tese adota a metodologia qualitativa com objetivo de fornecer uma compreensão abrangente da interação entre o envolvimento corporativo, a Economia Azul e a restauração dos recifes de coral na Indonésia. Esta abordagem é particularmente adequada para explorar fenômenos complexos e multifacetados através da análise de fontes escritas existentes (Creswell e Poth, 2016) Os dados para este estudo originam principalmente de uma revisão completa da literatura existente, incluindo artigos acadêmicos revisados por pares, livros, relatórios e literatura cinzenta de plataformas confiáveis, como bancos de dados acadêmicos, sites institucionais e organizações conservacionistas. A seleção dos documentos foi orientada pela sua relevância, credibilidade e aplicabilidade às questões de pesquisa (Thorogood e Green, 2018) O método de estudo de caso foi empregado para aprofundar as iniciativas da Mars, uma das principais partes interessadas na restauração de recifes de coral na Indonésia. Esta abordagem permite uma análise aprofundada de uma entidade específica dentro do seu ambiente contextual, fornecendo insights ricos e detalhados (Yin, 2018) A análise dos dados seguiu uma abordagem temática, envolvendo a identificação de temas, padrões e relações recorrentes nas informações coletadas. Através de um processo sistemático de codificação e categorização de dados, surgiram conclusões importantes, lançando luz sobre os aspectos multifacetados das contribuições acerca da restauração de recifes de corais na Indonésia, especialmente a atuação da Mars, para a restauração dos recifes de coral

O primeiro capítulo é a base dessa dissertação pois é elucidado sobre as principais motivações, metodologia, antecedentes e objetivos. É uma visão abrangente da estrutura da tese, oferecendo uma visão geral do conteúdo disponibilizado. Enquanto, o segundo capítulo abrange sobre o desenvolvimento da apreensão em relação aos impactos ambientais, elucidando as motivações que impulsionaram este movimento. Investiga-se a gênese do desenvolvimento sustentável, destacando figuras influentes que catalisaram este discurso fundamental e elucidando as estratégias que empregaram para desafiar o paradigma industrial prevalecente, como Clube de Roma, Relatório de Brundtland e COP92. Além disso, é realizado uma revisão de literatura sobre a Economia Azul e a governança multinível, oferecendo uma análise crítica da sua definição central, conceitos-chave e princípios subjacentes. Não se limita a delinear os mecanismos que sustentam a sua viabilidade, mas também destaca potenciais áreas de melhoria e lacunas conceptuais. O terceiro capítulo serve como uma introdução abrangente aos recifes de coral, ao qual desvenda-se suas principais características com sua estrutura ecossistêmica e elucidando as suas relações simbióticas com outras espécies, como os seres humanos. É lançado a luz os principais fatores que culminaram na devastação generalizada do ecossistema e as principais políticas reguladoras, ao qual visam salvaguardar e restaurar estes ecossistemas.

O quarto capítulo serve de fulcro da dissertação, elucidando como a Economia Azul funciona como uma força positiva para a restauração dos recifes de coral, enquanto oferece uma análise detalhada de áreas e projetos específicos no âmbito da Economia Azul que têm sido fundamentais para catalisar os esforços de restauração dos recifes de coral. Este capítulo culmina com um estudo de caso esclarecedor, fornecendo uma exemplificação concreta da relação simbiótica entre a Economia Azul e a restauração dos recifes de coral na Indonésia. No quinto capítulo conclusivo, é realizado um exame matizado das limitações encontradas no processo de pesquisa, junto à sugestões perspicazes para futuros projetos neste domínio, ao qual fomenta a explicação da pergunta delimitadora da tese: “Como é que a restauração dos recifes de coral na Indonésia se alinha com os princípios e objetivos da economia azul, e que papel desempenha a MARS neste contexto?”

CAPÍTULO 2

Revisão de Literatura

A consciência ambiental foi despertada após um ponto de viragem significativo na humanidade, ao qual os impactos das ações no meio ambiente começaram a afetar todo o globo. Este despertar, enraizado numa consciência crescente da fragilidade do nosso planeta e da intrincada interligação dos seus ecossistemas, marcou o nascimento da consciência ambiental. Embora as sementes desta consciência possam remontar a milênios, foi na segunda metade do século XX que estas preocupações começaram a fundir-se num movimento global pela preservação ambiental (Pott e Estrela, *s.d.*) A metade do século XX foi caracterizada por uma industrialização e avanços tecnológicos sem precedentes, que desencadearam um enorme crescimento econômico. No entanto, esta era de progresso também deixou uma marca inapagável no ambiente através da poluição do ar e da água, a desflorestação, a destruição de habitats e a exploração desenfreada dos recursos naturais. A exploração desenfreada e toda o dano contra a natureza começaram a cobrar o seu preço. Os rios ficaram negros com poluentes, os céus foram sufocados pela poluição atmosférica e a vida selvagem enfrentou ameaças crescentes de extinção (Pott e Estrela, *s.d.*) O reconhecimento de que a saúde do nosso planeta está inextricavelmente ligada à saúde e ao bem-estar da humanidade começou a ganhar força. Surgiu um novo paradigma, que via o ambiente não como um recurso infinito a ser explorado, mas como um sistema delicado e finito que merece proteção e preservação. Os governos, as organizações internacionais e os movimentos populares começaram a apoiar esta mudança de paradigma, pressionando por regulamentos, políticas e iniciativas destinadas a mitigar os danos ambientais e a promover a sustentabilidade (Pott e Estrela, *s.d.*) Neste contexto de evolução da consciência ambiental, a nossa tese explora a intersecção crucial da “Economia Azul” e a conservação de um dos ecossistemas mais delicados da Terra: os recifes de coral. À medida que nos aprofundamos no potencial da economia azul para conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ecológica, fazemos isso com uma profunda compreensão do contexto histórico que nos trouxe a esta conjuntura crítica.

2.1. A Gênese das Preocupações Ambientais

Durante os anos 1960 e 1970, a preocupação ambiental ressurgiu em escala mundial após o período industrial a partir do surgimento de catástrofes ambientais em escala global, que despertou o medo e a preocupação de culturas de massa sobre o desenvolvimento industrial e tecnológico em excesso e o fracasso dos Estados em controlar a situação. A eclosão de uma circunstância jamais vivenciada anteriormente incentivou a interpretação científica social dos processos de reforma ambiental a múltiplas escalas na sociedade

contemporânea. Essa nova forma de pensar criou diversos ideais, como a modernização ecológica (Arthur, 2000).

O ideal difundido anteriormente era fundamentado no pressuposto de que os seres humanos eram detentores de características excepcionais que os tornavam isentos de constrangimentos. Ou seja, essa concepção representa a visão antropocêntrica ao qual eram condicionados apenas pelo ambiente social, o que é caracterizado como o determinismo ambiental. Contudo, a dependência dos seres sociais no sistema é evidenciada e expõe com clareza a dependência da natureza de forma similar com outras espécies (Mela et al., 2001).

(Catton Jr e Dunlap, 1978), na cerne da sua sociologia do ambiente, trazem um paradigma extremamente válido no que concerne na influência das ações humanas na própria sociedade e como sem intermediários produzem efeitos substanciais na natureza. Os autores fomentam a necessidade de discutir sobre o ambiente nas ciências sociais por ser um tema que afeta os processos sociais. Parafraseando (Dicken, 1992), a sociedade humana é dependente da natureza, não de algo estranho, mas de uma entidade ao qual o homem faz parte originalmente.

Schnaiberg disserta sobre a ruptura ecológica, o crescimento da economia aumenta os problemas ambientais substituindo uma sociedade sem riscos para uma sociedade que vive a síntese de escassez gerenciada. Logo, a ruptura ambiental e a expansão econômica resulta em

uma dominância crescente das empresas monopolistas que acabam tendo consequências diretas no Estado. Isto gera resposta política aos problemas causados por conta da expansão de produção, criando uma esteira de produção. Dessa forma, o ambiente serve apenas para três funções distintas: o espaço de vida, depósito de recursos e de resíduos (Schmidt, 1999).

A situação geracional criou uma crise de autoconfiança internacional e de identidade coletiva, principalmente na tecnologia e os riscos envolvidos na ameaça ao bem-estar coletivo; a catástrofe de Chernobyl impulsionou mais esses sentimentos. A ascensão do movimento ambientalista e o frequente surgimento de casos de poluição atmosférica reforçado pela crise energética dos anos 70, trouxeram essas questões ao debate cada vez mais influenciada pelas ações dos grupos de cidadãos e as interações indústria e governo. A opinião pública influencia na política e no potencial de resolução dos problemas ambientais (Dunlap, 1994). Por consequência, as propriedades físicas e ambientais só se tornam relevantes se forem percebidos como relevantes pelos atores (Catton Jr e Dunlap, 1978).

2.2. Mitigação

Os problemas ambientais estão nas agendas políticas desde 1970 e a sua resolução tem essencialmente ocorrido através de políticas públicas e surgimento de inovações e tecnologias limpas. Não podemos ignorar que a indústria transformadora, a nível mundial, é responsável por cerca de 1/3 do consumo de energia e das emissões de CO₂, valor que

aumenta se considerarmos as atividades extrativas e a utilização dos produtos manufaturados («Eco-Innovation in Industry – Enabling Green Growth, Paris, OECD», 2009), conforme é visto no figura 1.

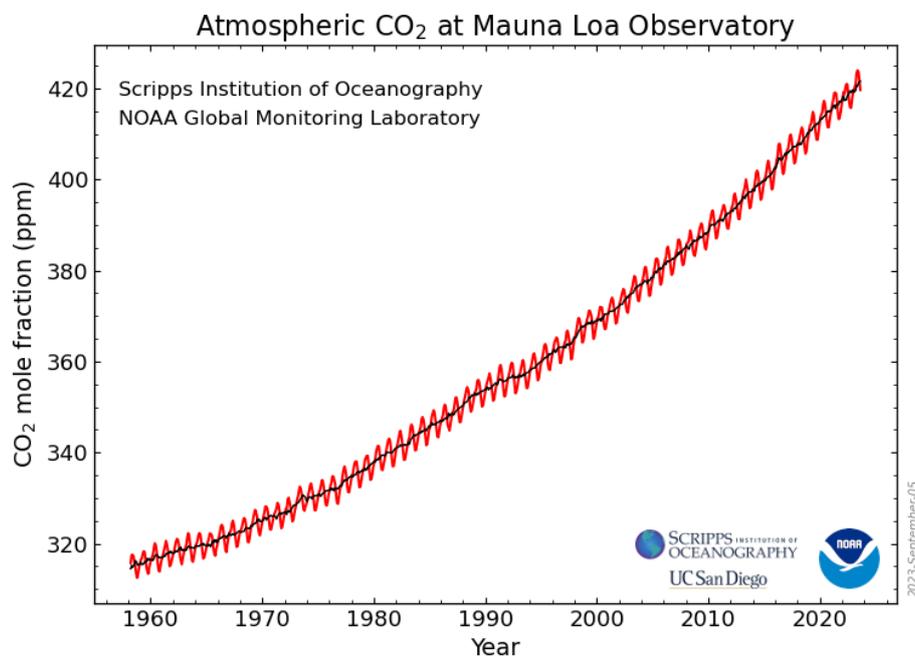


FIGURA 1. Ascensão do nível de CO₂ durante o período de 1970 à 2020.
Fonte: («Photo», 2023a)

A indústria pode contribuir para a construção de uma sociedade sustentável através da adoção de práticas de produção eficientes e do desenvolvimento de bens e serviços com menores impactos negativos ao nível do ambiente.

Segundo Camargo (2002 apud (Gonçalves, 2005), s.d., p.2), a criação do Clube de Roma instituída por intelectuais e empresários que não eram militantes ecologistas, foi uma iniciativa que influenciou profundamente as discussões dos anos 70 e 80 sobre a conservação dos recursos naturais de toda a Terra. Os relatórios foram apresentados entre o período de 1972 e 1974 ao qual abrangeu dimensões científicas e políticas centrados no conceito de crescimento zero, contrariando a noção predominante de desenvolvimento contínuo econômico. Os relatórios apresentaram quatro questões indispensáveis para alcançar a sustentabilidade: controle do crescimento populacional, controle do crescimento industrial, insuficiência da produção de alimentos e os esgotamentos dos recursos naturais.

A premissa geral dos documentos apresentavam tendências futuras para o planeta ao qual afirmavam que caso os fenômenos degradantes contra a natureza não diminuíssem levariam a uma conjuntura crítica no próximo século. Segundo os relatórios, a capacidade da Terra de sustentar a população e as atividades industriais estariam em perigo, o que culminaria em um declínio precipitado e incontrolável de remediar.

A publicação da obra “Os Limites do Crescimento”, pelo Clube de Roma e 1972 atingiu um impulso mundial devido à antecipação da Conferência das Nações Unidas de Estocolmo, ao qual foi realizado no mesmo ano, popularizando o debate. Durante o colóquio, foi debatido a necessidade de substituir os paradigmas dominantes da época e promover o desenvolvimento limpo. A partir daí, foi implementado o conceito de ecodesenvolvimento que logo após popularizou oficialmente como desenvolvimento sustentável a partir da adoção do termo em documentos da ONU, UICN E WWF (Gonçalves, 2005). O ecodesenvolvimento ou desenvolvimento sustentável representou um esforço de conciliar o avanço socioeconômico com a proteção ambiental, particularmente à luz das preocupações globais articuladas no contexto da Nova Ordem Mundial, especialmente no que diz respeito às nações do hemisfério sul.

Em 1987, a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento da Organização das Nações Unidas, na Noruega, concebeu o documento intitulado “Nosso Futuro Comum” popularmente conhecido como Relatório Brundtland, onde os governos signatários comprometiam a proporcionar o desenvolvimento econômico e social compatível a preservação ambiental (CMMAD, 1987 apud (Gonçalves, 2005)). Segundo o relatório “o desenvolvimento sustentável é aquele que atende as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades”.

É relevante destacar que o Relatório de Brundtland quanto os documentos produzidos pelo Clube de Roma sobre o Desenvolvimento Sustentável, sofreram diversas críticas na época pois expunham a

conjuntura que o planeta operava através do modus operandi difundido pela economia do ocidente, ao qual resultou na insustentabilidade no uso dos recursos naturais e nas condições de miséria que os países do Terceiro Mundo vivenciavam (Gonçalves, 2005).

Apesar das dificuldades, este impulso culminou na realização da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) de 1992, vulgarmente conhecida como Cimeira da Terra Rio-92, realizada no Rio de Janeiro, onde foram feitos esforços com o propósito de avançar os princípios e práticas do desenvolvimento sustentável a nível global a partir da necessidade de um equilíbrio justo econômico, social e ambiente para gerações presentes e futuras (Gonçalves, 2005).

No decorrer da convenção, foram reunidos 172 governos de países desenvolvidos e em desenvolvimento, além da sociedade civil e organizações não-governamentais. Desse modo, foram definidos três acordos que instituíram a Agenda 21 e os direitos e obrigações dos Estados sobre o meio ambiente e desenvolvimento. Nesse escopo, é necessário enfatizar a participação de organizações não-governamentais pois graças a sua persistência em relação a um documento que seria descartado no encontro, foi ratificado em 2002 pela UNESCO e ONU a Carta da Terra. Logo, a conferência deve ser considerada um marco histórico na busca por um planeta sustentável e equitativo para todos (Gonçalves, 2005)

Dez anos após sucedeu a Conferência Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável em Johannesburgo, África do Sul. Com a presença de chefes de Estado e de Governo, organizações não-governamentais e empresários, foram discutidos os resultados e dificuldades do estabelecimento da Agenda 21. Além de reforçar a cooperação Norte-Sul e a necessidade de criação de metas regionais e nacionais.

Apesar do conceito de desenvolvimento sustentável ter se popularizado através do Clube de Roma, Relatório Brundtland e Rio92, a primeira referência ocorre no relatório da World Union for the Conservation Strategy of Nature em 1980. O documento parte do pressuposto de que a “espécie humana é parte da natureza e só tem futuro se a natureza e os recursos naturais forem protegidos e mantidos”. Em seu conteúdo encontra-se um debate sobre a proteção da natureza e como o desenvolvimento econômico e ecológico podem coexistir harmoniosamente.

Em suma, no decorrer dos dez anos desde a Rio-92 houve frustrações sobre a eficácia das medidas adotadas, mas é necessário reconhecer que a noção de desenvolvimento sustentável transformou a forma como os problemas ambientais são tratados. Logo, para contribuir com o Desenvolvimento Sustentável, é necessário continuar a caminhar para uma concepção compreensiva, isto é, compreender o próprio conceito do termo e aplicar essa compreensão na sociedade. Deste modo, a maior parte da sociedade poderá apontar os problemas que lhe são pertinentes e, subsequentemente, formar uma base de apoio para os solucionar. Tal faz-se, basicamente, por meio da difusão de informação, da educação ambiental e do aumento da consciência em relação aos problemas identificados na procura pela sustentabilidade.

Dessa maneira, finalizo com essa citação (Furtado, 1992) (apud (Gonçalves, 2005), p.5 s.d):

O desafio que se coloca no umbral do século XXI é nada menos do que mudar o curso da civilização, deslocar o seu eixo da lógica dos meios a serviço da acumulação, num curto horizonte de tempo, para uma lógica dos fins em função do bem-estar social, do exercício da liberdade e da cooperação entre os povos. Devemos nos empenhar para que essa seja a tarefa maior dentre as que preocuparão os homens no correr do próximo século: estabelecer novas prioridades para a ação política em função de uma nova concepção do desenvolvimento, posto ao alcance de todos os povos e capaz de preservar o equilíbrio ecológico.

2.3. Governança Multi-Nível

O Direito Marítimo Internacional, atingindo o seu apogeu em 1982 com o endosso da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (UNCLOS), vulgarmente conhecida como Convenção de Montego Bay, proporcionou delimitações mais precisas em relação as zonas marítimas, permitindo uma transformação profunda na utilização econômica dos oceanos e desencadeando alterações na geografia global e nas atividades relacionadas com os domínios marítimos. Atualmente, as nações são componentes integrantes de uma Ordem Mundial em constante evolução, na qual os mares e oceanos continuam a servir como

componentes fundamentais das redes globais de transporte e comércio (D. Ginga, 2020) Consequentemente, desempenham um papel crucial no processo de globalização, atuando como catalisadores do desenvolvimento (Ribeiro, 2011). Como resultado, a territorialidade está gradualmente a perder a sua posição reguladora dominante, outrora inquestionável nos assuntos internacionais. Esta mudança é atribuída à crescente importância do oceano, recurso que interliga todo planeta e disponibiliza serviços ecossistêmicos abrangentes (Pitta e Cunha, 2011) Devido à sua ligação aos ativos econômicos de grande valias de diversos Estados que dependem dos mesmos para sua prosperidade, ao mesmo que lidam com diversos desafios apresentados pela vulnerabilidade em termo de segurança e defesa em território nacional. Dado este contexto, a governação dos oceanos baseada em políticas sectoriais convencionais, confinadas a domínios nacionais distintos, já não é suficiente para satisfazer o imperativo contemporâneo de exploração inteligente e sustentável dos recursos marítimos nacionais. Isto é particularmente evidente devido à necessidade de integrar e harmonizar estas políticas sectoriais numa abordagem unificada, que abranja várias tutelas e esferas de governação política sobre os oceanos (D. Ginga, 2020). Nas últimas duas décadas, o termo “governança” ganhou força significativa, logo, o surgimento de “clusters marítimos”, é frequentemente discutido como uma forma de maximizar o potencial económico dos recursos marinhos adotando uma abordagem sustentável. Estes clusters abrangem uma gama diversificada de atores, incluindo empresas, centros de investigação, entidades de interface, facilitadores e prestadores de serviços. Logo, operam em setores caracterizados por fortes interconexões económicas e tecnológicas através dos esforços colaborativos dos seus membros, ao qual geram um potencial inovador que os membros individuais seriam incapazes de alcançar de forma independente (D. F. C. Ginga et al., 2014) O próprio termo tem origem na palavra inglesa “governance”, utilizada pela primeira vez pelo Banco Mundial em 1992 na sua publicação “Governance and Development”, a qual é enfatizada a importância para o desenvolvimento através da sua influência sobre a administração e gestão dos recursos económicos e sociais de um Estado, viabilizando o progresso (Bank, 1992) Segundo o Banco Mundial, esta mudança de perspectiva económica para uma perspectiva política visa avançar no objetivo principal de promover uma gestão inclusiva e colaborativa, afastando-se dos modelos tradicionais caracterizados por tendências centralizadas e burocráticas (N. Martin et al., 2021), dessa forma, o termo “governança” engloba uma gestão eficaz através de um espectro de processos, atividades e organizações, que se estende desde a governação corporativa à governação dos oceanos, como um quadro para a implementação de políticas públicas (Baker, 2011). O modelo de governação dos oceanos deve não só alinhar com as capacidades da estrutura governativa, mas também dar prioridade a instrumentos que facilitem processos de tomada de decisões integrados que sejam eficientes e proativos. Isto é especialmente crítico dada a visão do oceano como um património coletivo, necessitando de governação conjunta por várias partes interessadas (Bank, 1992) Contraria a uma simples gestão que está relacionada com as ações, sem considerar às questões sistêmicas e estruturas da organização, a governança concentra-se na organização dos sistemas como um todo, tendo como referência os valores da organização face aos objetivos a atingir. A Governança aponta que os objetivos e os modelos institucionais são a matriz do planeamento e do processo de tomada de decisão,

na medida em que considera essencial o conhecimento local na abordagem das questões ligadas aos oceanos, implicando que esta seja exercida numa relação de proximidade e envolvendo os conhecedores (L. P. Martin, 2012) Dessa forma, a perspectiva de governança abordada visa a introdução de uma gestão e administração sobre uma governança que visa a adoção de instrumentos e procedimentos globais que visam uma exploração sustentável, econômicos e políticos dos recursos marinhos. Segundo (L. P. Martin, 2012):

“a governança do oceano é (...)a abordagem integrada dos valores, das políticas, das leis e das instituições do sistema oceano permitindo a resolução em multi-perspectiva de diversas questões e planeamentos”.

Em suma, a transversalidade dos benefícios do oceano para o desenvolvimento em diferentes escalas, mundialmente ou localmente, implica uma abordagem mais abrangente da gestão oceânica, não centralizada em questões que envolvam apenas a exploração dos recursos oceânicos mas na sustentabilidade deste processo. À vista disso, surge uma nova abordagem que fomenta o crescimento das economias marítimas e à exploração dos oceanos, associados à conservação dos ecossistemas marinhos e sua gestão sustentável, intitulado Economia Azul. Apesar de continuar como uma Economia Oceânica, as atividades realizadas não se limitam as atividades marítimas tradicionais, mas também a incorporação novas utilizações e áreas (Confraria, 2011) Diante disso, a Economia Azul surge como uma variante da economia que está ligada a políticas e práticas inseridas numa estratégia conjunta de instituições e setores especializados, com o objetivo de aproveitar melhor as vantagens e potencialidades do oceano, de forma a permitir a sustentabilidade desenvolvimento dos Estados (D. F. C. Ginga et al., 2014) Para o sucesso dessa nova abordagem, é imprescindível ter em conta a importância das cadeias de valor. Ou seja, uma parte substancial dos esforços econômicos não ocorre em sectores essenciais, mas em atividades econômicas interligadas. Nos últimos tempos, o conceito de “clusters” ganhou imensa força entre os líderes políticos, econômicos e acadêmicos (D. Ginga, 2020) Em termos gerais, “clusters” referem-se a um colectivo de empresas, organizações ou entidades económicas ligadas por proximidade ou escala. Juntos, cultivam conhecimentos, serviços e recursos especializados para promover o desenvolvimento sustentado, ao qual pode ocorrer devido à concentração geográfica, networking e colaboração entre empresas e instituições (Innova e Inno, 2008). A premissa é que as empresas raramente progridem e se expandem isoladamente, logo, seu crescimento depende de fatores ligados à rede ou cadeia de valor. No domínio marítimo, os clusters podem desempenhar um papel fundamental na transformação estrutural das economias, gerando emprego, aliviando a pobreza, melhorando as condições sociais e muito mais (Oyelaran-Oyeyinka e McCormick, 2007). Na sua essência, os clusters marítimos são um conjunto de entidades afins que avançam em conjunto. Em suma, o cerne de qualquer cluster é principalmente o estabelecimento de uma estratégia colectiva e inclusiva, servindo como um motor indispensável do desenvolvimento. Isto visa

promover a expansão e a diversificação econômica. Atualmente, a ascendência na atividade econômica também depende da proliferação de clusters dinâmico (Krugman, 2009). Assim, a interpretação do conjunto que abrange a governação oceânica, a Economia Azul e os clusters marítimos defendida neste artigo estende-se não apenas aos organismos e subsetores marítimos, mas também a todas as partes interessadas e instituições com interesses adquiridos nos espaços marítimos. Estas entidades podem contribuir para a sua utilização sustentável, tudo na prossecução dos interesses nacionais. O curso de ação prudente é formular um quadro de políticas públicas, com os oceanos no centro, em torno do qual as políticas sectoriais específicas possam servir como ferramentas suplementares. Isto deve ser feito com foco na supervisão espacial, na exploração de recursos, na preservação ambiental e na exploração científica dos territórios marítimos nacionais. A visão de uma nova governação integrada do oceano deverá posicionar o mar no seu núcleo. Por outras palavras, o ponto de partida para a governação dos oceanos deve ser os próprios oceanos, com uma perspectiva de harmonização das atividades humanas que os impactam. Logo, em uma era marcada por desafios ambientais sem precedentes e por uma população global que cresce amplamente, o conceito de desenvolvimento sustentável emergiu a esperança de uma coexistência harmoniosa entre o planeta e a humanidade. Na vanguarda deste esforço está a “Economia Azul”, uma abordagem multifacetada e dinâmica que tem o potencial de revolucionar a forma como interagimos com um dos recursos mais valiosos da Terra – os nossos oceanos e ecossistemas costeiros .

2.4. Conceitualizando a Economia Azul

Na figura 2 temos os três pilares da EA.

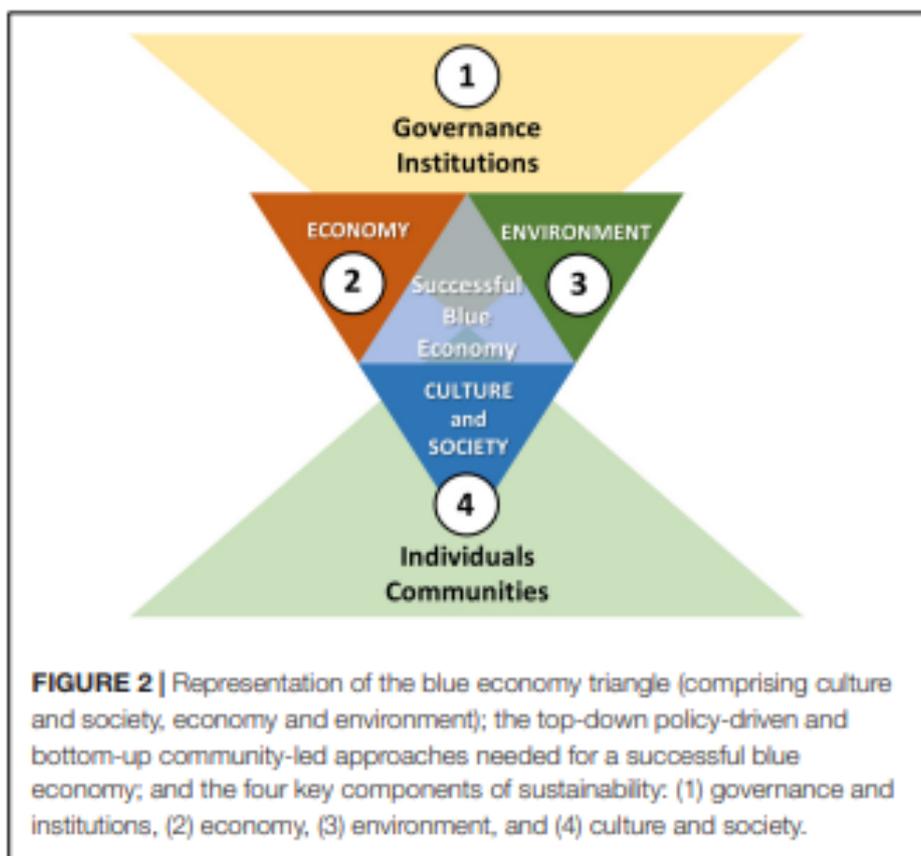


FIGURA 2. Pilares da Economia Azul. Fonte: («Fmars», 2023).

A Economia Azul representa uma mudança de paradigma, onde a vasta extensão dos oceanos do mundo e os recursos associados são aproveitados não apenas para fins lucrativos, mas como uma fonte sustentável, de bem-estar, prosperidade e equilíbrio ecológico. Este campo emergente reconhece que os nossos oceanos não são apenas uma fonte de riqueza, mas também um reservatório de potencial econômico, ecológico e social. Ao integrar princípios de sustentabilidade, inovação e governação responsável, a Economia Azul pretende atingir um equilíbrio entre o crescimento econômico e a preservação dos ecossistemas marinhos.

Para (Huxley, 2015), a Economia Azul surge como uma abordagem promissora para alinhar as políticas com o desenvolvimento sustentável e a preservação dos oceanos. Essa ideia, idealizada há duas décadas por Gunter Pauli e Gurgulino de Souza, ganhou destaque durante a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20) em 2012, quando o conceito de “crescimento verde” foi apresentado como uma extensão do desenvolvimento sustentável. A Economia Azul enfatiza a necessidade de promover a redução de riscos ambientais e de um desenvolvimento sustentável que fugisse do ideal de degradação do meio ambiente.

A necessidade de ressaltar a importância social e econômica dos oceanos para o desenvolvimento foi a motivação para as reuniões preparatórias de nações insulares denominadas “Small Islands Developing States(SIDS), ao qual antecedeu a Rio+20. Após as

discussões, apresentaram na conferência o documento intitulado “Blue Economy Concept Paper” pela Divisão de Assuntos Econômicos e Sociais da Organização das Nações Unidas (Mulazzani et al., 2016).

Segundo (Smith-Godfrey, 2016) (apud (Santos Silva, 2022), p.200), o documento enfatiza que a Economia Azul visa alcançar resultados comparáveis aos almejados pelo “crescimento verde”. Isso inclui melhorar o bem-estar humano e promover a equidade social, minimizando significativamente os riscos ambientais e a escassez ecológica. O documento endossa que o conceito busca a utilização sustentável dos recursos marinhos e os valores dos serviços ecossistêmicos prestados pelo oceano em todos os aspectos da economia e processos de tomada de decisão (planejamento da atividade econômica, desenvolvimento de infraestrutura, produção, consumo de energia e outros).

O conceito de economia azul pretende promover o crescimento econômico, a inclusão social e a preservação dos meios de subsistência, garantindo ao mesmo tempo a sustentabilidade ambiental dos oceanos e das zonas costeiras. Fundamentalmente, gira em torno da dissociação do desenvolvimento socioeconômico ligado aos setores e atividades relacionados com os oceanos da degradação do ambiente e dos ecossistemas. Baseia-se em descobertas científicas que sublinham a natureza finita dos recursos oceânicos e o declínio significativo na saúde dos oceanos devido às atividades humanas. De acordo com o World Bank Group(2017) (Group, 2017), os impactos já são visíveis no bem-estar humano e na sociedade, sendo os potenciais futuros devido ao aumento populacional previsto.

Segundo o (Group, 2017)¹:

Embora o termo “economia azul” tenha sido utilizado de diferentes maneiras, é aqui entendido como abrangendo a gama de sectores econômicos e políticas relacionadas que, em conjunto, determinam se a utilização dos recursos oceânicos é sustentável. Um desafio importante da economia azul é, portanto, compreender e gerir melhor os muitos aspectos da sustentabilidade oceânica, que vão desde a pesca sustentável à saúde dos ecossistemas e à poluição.

A Economia Azul compõe atividades industriais oceânicas como a pesca, turismo, transporte marítimo mas abrange novas atividades emergentes, como energia renovável offshore, aquicultura, biotecnologia, bioprospecção entre outros. Além disso, os ecossistemas oceânicos contribuem significativamente através dos serviços ecossistêmicos, como o sequestro de carbono, proteção costeira, eliminação de resíduos e em si, a rica biodiversidade encontrada.

Globalmente, a Economia Azul (BE) demonstra números notáveis, apoiados por uma infinidade de relatórios recentes que abrangem a Austrália (2016), a Europa, os EUA

¹Although the term “blue economy” has been used in different ways, it is understood here as comprising the range of economic sectors and related policies that together determine whether the use of oceanic resources is sustainable. An important challenge of the blue economy is thus to understand and better manage the many aspects of oceanic sustainability, ranging from sustainable fisheries to ecosystem health to pollution

(2016), a China, a África (2016) e pequenos Estados Insulares em desenvolvimento (SID) (Vanderklift et al., 2019). A OCDE (2016) sublinha que a Economia Azul está atualmente avaliada de forma conservadora em 1,5 bilhões de dólares, representando 2,5% do PIB global, proporciona emprego a 31 milhões de pessoas.

Segundo (Meadows et al., 1972)(apud (Vanderklift et al., 2019), p.125), as projeções indicam que, até 2030, este valor deverá aumentar para 3 bilhões de dólares, impulsionado principalmente por sectores como a aquicultura (atualmente com um crescimento anual de 8,5%), energia eólica offshore, processamento de pescado e construção e reparação naval.

Apesar da diversidade oceânica diferir de uma nação para outra, influenciada pelas suas quadraturas internas distintas e pelo modelo específico que adotam para a sua interpretação de uma economia azul. Para serem reconhecidas como elementos integrantes deste conceito, as atividades devem atender a critérios que produzam vantagens sociais e econômicas para gerações atuais e futuras, contribuir para a restauração, salvaguarda e preservação da diversidade dos ecossistemas marinhos. É necessário operar tecnologias limpas, fontes de energia renováveis e fluxos circulares de materiais a fim de minimizar o desperdício e incentivar a reciclagem de materiais (Vanderklift et al., 2019).

A prática procura ir além das práticas comerciais convencionais, visando harmonizar o desenvolvimento econômico com o bem-estar dos nossos oceanos. É geralmente concebido como uma estratégia de longo prazo dedicada a promover o crescimento econômico sustentável e equitativo em vários sectores e atividades relacionadas com os oceanos. Esta abordagem é aplicável a todas as nações e pode ser implementada em diferentes níveis, desde a escala local à escala global. Para pôr em prática o conceito de economia azul, são necessários conhecimentos robustos e diversificados, acompanhadas de recursos eficazes de gestão e desenvolvimento que incentivem e apoiem a inovação (Vanderklift et al., 2019).

É indispensável reconhecer e incorporar plenamente na Economia Azul os efeitos das alterações climáticas nos ecossistemas marinhos e costeiros, incluindo os impactos observados e previstos. A compreensão destes impactos está em constante evolução e pode ser categorizada em vários “vetores” primários, incluindo acidificação, aumento do nível do mar, temperaturas elevadas da água e mudanças nas correntes oceânicas. Estes vetores, no entanto, variam em termos do conhecimento sobre eles, da sua previsibilidade em termos de localização, gravidade, e da complexidade das suas interações dentro e entre ecossistemas. Apesar destas incertezas, o conhecimento atual é suficiente para reconhecer que estes impactos afetarão ecossistemas marinhos e costeiros cruciais a nível mundial, influenciando fundamentalmente qualquer abordagem à gestão dos recursos marinhos e intensificando a necessidade de uma ação rápida.

(Bueger, 2015), fomenta que a economia azul é imprescindivelmente ligada à segurança marítima, por conta da gestão dos recursos marinhos e pelo mar ser um território internacional regido por diversas leis que garantem todo os aparatos jurídicos para o manuseio do mesmo. É necessário que economia azul seja adequada a segurança marítima pela

sua relevância para o desenvolvimento humano, influenciando na competição econômica crescente pelo território e seus recursos.

A exploração sustentável depende dos Estados garantirem a segurança e comprometimento com a vigilância, a fim de evitar a exploração de recursos de forma ilegal. Logo, a segurança marinha é o exercício pleno da soberania desses Estados costeiros garantindo a supervisão e o controle do seu território marítimo (A., 2023).

Oceanos e mares saudáveis desempenham um papel vital na promoção da inclusão, na redução da pobreza e na garantia de um futuro mais sustentável, especialmente para os Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento (PEID) e os Países Menos Desenvolvidos costeiros (PMA). Estas regiões dependem fortemente dos oceanos e dos seus recursos para as suas economias e culturas e são contribuintes essenciais para a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, incluindo os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Uma economia azul oferece aos PEID e aos PMA costeiros uma base para a continuação do crescimento econômico e do desenvolvimento com enfoque em estratégias hipocarbônicas e eficientes em termos de recursos. Esta abordagem visa melhorar os meios de subsistência das populações desfavorecidas, criar oportunidades de emprego e aliviar os níveis de pobreza. No entanto, é importante reconhecer que estas regiões enfrentam frequentemente desafios relacionados com a capacidade, as competências e o apoio financeiro no desenvolvimento das suas economias azuis (Group, 2017). Abaixo é possível contemplar as SIDS presentes ao redor do mundo, sendo prevaletentes na região do Caribe e Pacífico.

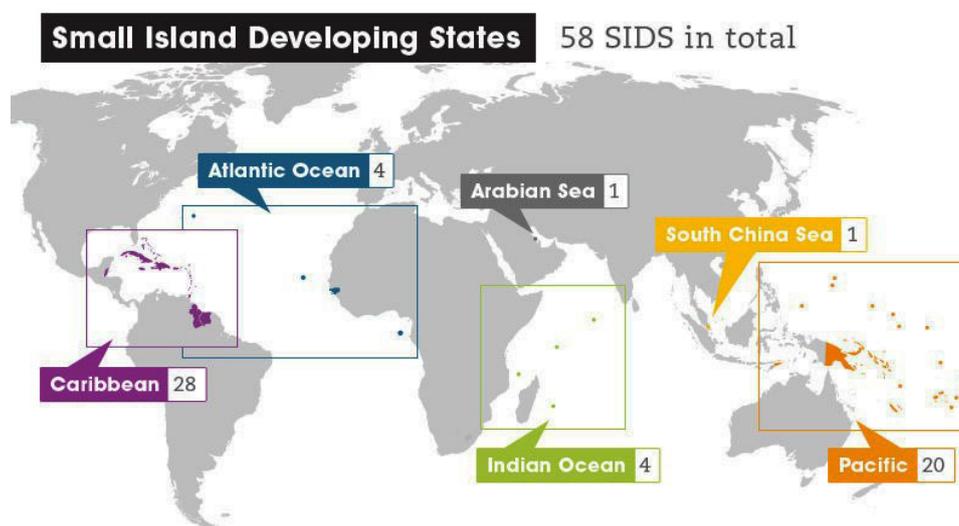


FIGURA 3. SIDS. Fonte: («SIDS», 2023).

A Economia Azul foca no desenvolvimento sustentável das atividades em meios marinhos e aquáticos, incluindo atividades econômicas tradicionais e emergentes como o transporte marítimo e fluvial; os portos e logística; o turismo costeiro; a náutica de recreio; a indústria marítima; a energia do oceano; a biotecnologia azul, entre outras. De 20

acordo com a UNDESA (2014), “valorizar os recursos marinhos além de seu valor financeiro por meio de seus serviços ecossistêmicos - como serviços de abastecimento, culturais, de apoio e regulação - é vital para o uso eficiente e sustentável dos recursos oceânicos e da economia azul. Portanto, a abordagem ecossistêmica deve ser integrada em todas as facetas da Economia Azul, levando em consideração as inter-relações, externalidades, efeitos colaterais e os custos e benefícios reais das atividades em relação ao capital natural da economia "azul" (de Jesus Pereira, s.d.).

Enfatizado por c (Cisneros-Montemayor et al., 2021), alcançar uma economia azul justa e sustentável exige mais do que apenas recursos e tecnologia de ponta, necessita de um esforço contra a corrupção e o estabelecimento da estabilidade nacional. A Conferência sobre Economia Azul Sustentável, realizada em novembro de 2018, destacou vários temas-chave essenciais para promover a economia azul e a justiça. Estes temas abrangem a melhoria dos processos de tomada de decisão, o envolvimento das partes interessadas em questões políticas, a promoção de atividades econômicas sustentáveis, o incentivo à responsabilidade empresarial, o reconhecimento do valor de mercado dos bens não comerciais, a garantia de financiamento para iniciativas inclusivas e a promoção da emergência de mercados para indústrias inovadoras. No entanto, continua a ser um desafio que o desenvolvimento econômico tenha muitas vezes precedência sobre considerações sociais e ambientais.

Apesar do seu potencial, o desenvolvimento de uma economia azul enfrenta vários desafios. O principal desafio é a necessidade de contrariar as tendências econômicas existentes que estão a esgotar rapidamente os recursos oceânicos através da extração insustentável de recursos marinhos, de alterações físicas nos ambientes marinhos e costeiros, das alterações climáticas e da poluição marinha. Outro desafio é a necessidade de investir no capital humano necessário para aproveitar os benefícios de emprego e de desenvolvimento dos setores inovadores da economia azul. O terceiro conjunto de desafios diz respeito ao fortalecimento do próprio conceito e à superação de questões como a avaliação inadequada dos recursos marinhos e dos serviços ecossistêmicos, a gestão fragmentada das atividades oceânicas, as capacidades humanas, institucionais e técnicas limitadas, as ferramentas de planeamento subdesenvolvidas e a implementação incompleta das convenções internacionais. , incluindo a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (UNCLOS) de 1982. Embora o avanço do crescimento em sectores oceânicos individuais possa ser relativamente simples, definir os contornos de uma economia azul sustentável e identificar as condições que conduzem ao seu desenvolvimento permanecem complexos e pouco claros (Santos Silva, 2022).

Segundo (Bennett et al., 2021) existem dez desafios que devem ser enfrentados para criar uma economia azul que englobe os princípios de justiça e equidade azuis. Esses desafios são todos significativos e interconectados. Eles incluem:

1. a apreensão do território oceânico (conhecido como desapropriação e apropriação do oceano);

2. garantia de justiça ambiental em relação à poluição e disposição de resíduos;
3. prevenir a degradação ambiental e o esgotamento dos serviços ecossistêmicos;
4. salvaguardar os meios de subsistência dos pescadores de pequena escala;
5. prevenir a perda de acesso aos recursos necessários à segurança alimentar e ao bem-estar;
6. abordar a distribuição desigual de benefícios econômicos;
7. mitigação de impactos sociais e culturais;
8. prevenir a marginalização das mulheres;
9. proteção dos direitos humanos e indígenas; e
10. garantia de representação justa na governança.

Para que ocorra uma transição que seja bem-sucedida rumo à sustentabilidade é imprescindível promover uma alteração abrangente e de longo prazo nos sistemas sociotécnicos e na forma como as necessidades sociais são atendidas (Geels, 2004), (Smith-Godfrey, 2016). Isso envolve a interação e coevolução de diversas forças, incluindo aspectos tecnológicos, econômicos, sociais, políticos, culturais e institucionais. Logo, é de suma importância mudanças tanto técnicas quanto comportamentais e institucionais na sociedade ao qual uma nova abordagem política e educacional que seja pautada nos desafios que devem ser ultrapassados por meio de pesquisas, inovação e desenvolvimento (Schot e Steinmueller, 2018).

Para fazer avançar a causa da Economia Azul Sustentável, que se centra no crescimento responsável das atividades marítimas, é imperativo adotar estratégias de gestão baseadas nos ecossistemas como o PEM. O PEM facilita a implementação, monitorização e avaliação dos esforços de gestão, estabelecendo indicadores para objetivos ecológicos, econômicos e sociais. Ao fazer isso, abrem-se oportunidades significativas, incluindo a promoção do desenvolvimento econômico por meio da criação de um ecossistema oceânico robusto e resiliente, o fortalecimento da pesquisa científica e da inovação tecnológica, e a transição para uma abordagem de gestão abrangente, intersetorial e de longo prazo (Group, 2017).

A economia azul não só oferece oportunidades econômicas, mas também é a chave para enfrentar alguns dos desafios globais mais prementes, como a segurança alimentar, a mitigação das alterações climáticas e a redução da pobreza. A sua ênfase na gestão responsável e holística dos recursos, na inovação e na cooperação internacional é crucial para garantir que os oceanos continuem a fornecer às gerações atuais e futuras. No entanto, devemos permanecer vigilantes na nossa busca pelos benefícios da economia azul. As práticas sustentáveis, esforços de conservação e preservação da biodiversidade são fundamentais para evitar a exploração em massa dos recursos marinhos e a degradação desse ecossistema. Além disso, a promoção da inclusão social e o respeito pelos direitos das comunidades costeiras são fundamentais para alcançar o verdadeiro potencial da economia azul.

Ao olharmos para o futuro, é evidente que a economia azul desempenhará um papel cada vez mais vital na definição do panorama econômico e ambiental do nosso mundo. O

seu sucesso dependerá do nosso compromisso de equilibrar o crescimento econômico com a gestão ambiental, bem como da nossa dedicação na promoção da cooperação internacional e da partilha de conhecimentos. Nos capítulos subsequentes desta tese, aprofundaremos aspectos específicos da economia azul, examinando estudos de caso, políticas e estratégias que ilustram a sua implementação e impacto (Novak et al., 2021).

2.5. Desenvolvimento Sustentável e a Economia Azul

O oceano, enquanto objeto de estudo e preocupação política, é um fenômeno multifacetado e complexo. Por um lado, serve como fonte fundamental de riqueza econômica e de bem-estar global, enquanto por outro lado, existe um imperativo substancial para aprofundar a nossa compreensão do ambiente oceânico e implementar políticas públicas eficazes destinadas a promover o desenvolvimento sustentável. Neste contexto, investiga-se os principais mecanismos que promovem a Economia Azul. Segundo a (Portuguesa, 2021):

É fundamental garantir um maior equilíbrio ao longo da cadeia de valor, procurando uma valorização dos recursos endógenos das comunidades costeiras, com base numa integração sustentável do ecossistema industrial, que promova a criação de valor e o desenvolvimento das economias locais tradicionalmente mais dependentes do mar, direta ou indiretamente, pela associação a outras atividades como o turismo ou a transformação do pescado.

Em 2015, o mundo conheceu a Agenda 2030, revelando 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que serviram de catalisador para o avanço da Economia Azul. Estes ODS foram elaborados com a intenção de promover práticas sustentáveis, enfatizando a importância de dar prioridade às preocupações globais de uma forma que promova a sustentabilidade em cinco dimensões principais: o planeta, as pessoas, a prosperidade, a paz e as parcerias. Este quadro abrangente revelou-se indispensável para a economia azul, com particular destaque para o ODS 14. Este objetivo é dedicado à salvaguarda da vida marinha através de uma abordagem multifacetada que inclui a gestão responsável dos oceanos, mares e recursos marinhos, reduzindo a poluição e protegendo estes recursos provenientes da exploração ilegal (ONU, s.d)

Um ano depois, diante da necessidade de discutir mais sobre o desenvolvimento sustentável e a proteção dos oceanos, as Nações Unidas intitularam os anos de 2021 a 2030 como a “Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável”, em conjunto com diversos países ao redor do mundo criaram um conjunto de condições para o uso do ecossistema marinho baseado nos pilares do desenvolvimento sustentável. Foi considerado a partir aumento dos danos causados pela atividade humana nas últimas décadas nos oceanos e pela necessidade de catalisar junto a comunidade científica e civil dimensões a fim de desenvolver uma agenda política oceânica sustentável e limpa (Platiau et al., 2021).

A União Europeia foi uma das primeiras regiões que começaram a empregar o conceito com o intuito de garantir a sustentabilidade marinha através da cooperação entre atores privados e o governo. O plano foi dividido em três etapas, a primeira era desenvolver os setores que tinham potencial empregatício de maneira sustentável, a segunda é fornecer conhecimento sobre esse ecossistema e a terceira através de políticas que fomentem a cooperação entre os países. Cinco anos após esse marco, a União Europeia publicou o Relatório de Crescimento Azul Rumo a Mais Crescimento Sustentável e Empregos na Economia Azul. Ao qual afirma ser necessário conquistar nos próximos anos com a iniciativa, incentivando o crescimento em áreas como energia azul, turismo, biotecnologia e aquicultura, juntamente com uma maior vigilância acerca dos ecossistemas marinhos e investimentos na área, possibilitando a adequação dessa realidade em um futuro próximo (Coelho, 2020).

Outra iniciativa notável é o Ocean Panel, liderado por 14 líderes mundiais que trabalham para promover uma economia oceânica sustentável e criar um futuro melhor para o planeta. Desde a sua criação em setembro de 2018, o Ocean Panel tem colaborado com várias organizações e comunidades para desenvolver políticas, governança, tecnologia e soluções financeiras para facilitar a transição para uma economia oceânica sustentável. O painel, co-presidido pela Noruega e Palau, inclui representantes da Austrália, Canadá, Chile, Fiji, Gana, Indonésia, Jamaica, Japão, Quênia, México, Namíbia, Noruega, Palau e Portugal e é apoiado pela ONU (Platiau et al., 2021).

A Organização para a Alimentação e a Agricultura (FAO), uma organização afiliada às Nações Unidas, introduziu a iniciativa “Crescimento Azul”. Esta iniciativa visa encontrar um equilíbrio entre o crescimento econômico, o progresso social, a segurança alimentar e a utilização sustentável dos recursos aquáticos (Eikeset et al., 2018) (FAO, 2018). O seu principal objetivo é ajudar as nações na elaboração e execução de agendas da economia azul. O "Crescimento Azul" procura desbloquear todo o potencial dos oceanos, mares e costas, promovendo práticas sustentáveis de pesca e aquicultura, facilitando o acesso ao mercado para promover o desenvolvimento econômico, especialmente nos países em desenvolvimento, e capacitando as comunidades para otimizarem as atividades de pesca e aquicultura, assegurando simultaneamente a alimentação segurança (FAO, m018).

Embora a economia ofereça oportunidades para as gerações futuras, também enfrenta riscos de exclusão, violência, gestão ambiental e desigualdade de rendimentos. A Década dos Oceanos oferece uma oportunidade para estabelecer uma economia azul mais justa e abrangente, baseada em princípios éticos de justiça azul e inovação sustentável. A iniciativa “Crescimento Azul” da FAO procura equilibrar o crescimento econômico, a segurança alimentar e a utilização sustentável dos recursos aquáticos (Platiau et al., 2021).

Em conclusão, os mecanismos que apoiam a Economia Azul são diversos e interligados, desde o quadro global da Agenda 2030 e dos seus Objetivos de Desenvolvimento Sustentável até iniciativas regionais como as da União Europeia, e esforços de colaboração como o Painel dos Oceanos, estes mecanismos são essenciais para fazer avançar a causa

do desenvolvimento sustentável dos oceanos. Oferecem um caminho para aproveitar o vasto potencial dos oceanos, ao mesmo tempo que abordam os desafios e riscos que os acompanham, lutando, em última análise, por uma Economia Azul mais equitativa e sustentável.

2.6. A Economia Azul e a Restauração dos Recifes

A Economia Azul representa uma abordagem sustentável e inclusiva ao desenvolvimento econômico centrado nos recursos oceânicos. Este paradigma enfatiza a importância da conservação e utilização dos ecossistemas marinhos de uma forma que promova a resiliência ecológica e a prosperidade econômica a longo prazo. A restauração de recifes de corais é uma componente crítica da conservação marinha, ou seja, alinha-se perfeitamente com os princípios da Economia Azul e de uma relação mutuamente benéfica (PAULI, 2014). De acordo com (Fabricius et al., 2007), o valor econômico dos recifes de corais contribuí anualmente com bilhões de dólares para a economia por do turismo, pesca e proteção costeira. Logo, a restauração dos recifes danificados salvaguarda estes fluxos de receitas, proporcionando uma sólida fundamentação econômica no investimento destes ecossistemas. Além disso, é elucidado como as conexões entre recifes saudáveis e a pesca são intrincadas. Conforme (Sale, 2013), ao reabilitar sistemas de recifes degradados, investi-se não apenas na pesca local, mas no fortalecimento da espinha local das comunidades costeiras. Devido à sua diversidade dentro de sua biogeocenose, estes recifes servem como berçários e habitats para inúmeras espécies de peixes importantes para toda a cadeia alimentar. Ainda mais, é necessário enfatizar o papel imprescindível dos recifes de corais na prestação de serviços ecossistêmicos, como proteção contra tempestades, sequestro de carbonos e estabilização da costa. Um sistema de recifes saudável atua como uma barreira natural contra a erosão costeira e eventos climáticos extremos. Em síntese, investir na restauração dos recifes não só preserva estes serviços, mas também aumenta a sua capacidade, beneficiando diretamente as comunidades e indústrias locais (Turner et al., 2007). Em suma, a intersecção da Economia Azul e restauração dos recifes representa um paradigma poderoso para a sustentabilidade costeira. Com base nos conhecimentos de autores da área, elucidamos o valor econômico dos recifes saudáveis, os serviços ecossistêmicos cruciais que fornecem e como a restauração dos recifes se alinha perfeitamente com os princípios da Economia Azul. Esta abordagem sinérgica não só preserva o capital natural, mas também promove o crescimento econômico, criando um cenário vantajoso para ambas as comunidades costeiras e para o ambiente. Adotar este modelo integrado é essencial para alcançar um futuro sustentável e próspero para os nossos oceanos e regiões costeiras.

CAPÍTULO 3

Compreendendo os Recifes de Corais

No capítulo anterior, é investigado sobre a gênese das preocupações ambientais, a partir da análise dos mecanismos que impulsionam a Economia Azul. Dessa forma, decorra-se sobre as estruturas de governação multi-nível e os quadros de desenvolvimento sustentável que o sustentam. Logo, através desta introdução, o foco é para a própria base da economia azul: o seu ecossistema marinho. Nas profundezas cristalinas das águas azuis da Indonésia, estes delicados organismos permanecem como sentinelas, salvaguardando uma surpreendente diversidade de vida marinha. A sua existência não é meramente estética, mas antes fundamental para o equilíbrio ecológico que sustenta tanto as comunidades locais como as economias globais. Neste capítulo, embarcaremos numa viagem abrangente pelo mundo dos corais de recife, examinando o seu papel fundamental, os riscos que enfrentam e os serviços ecossistêmicos inestimáveis que fornecem. À medida que desvendamos a intrincada tapeçaria dos corais de recife, é crucial apreciar a profunda interligação entre estes organismos vivos e a prosperidade econômica que exploramos no capítulo anterior. As iniciativas empreendidas por organismos internacional, comunidade acadêmica e governo, na restauração destes ecossistemas vibrantes exemplificam uma manifestação tangível da relação simbiótica entre práticas sustentáveis e a preservação desse patrimônio natural. Em suma, neste capítulo obtém uma compreensão aprofundada dos recifes de corais no panorama da Economia Azul. Além de, como a administração coletiva pode catalisar mudanças transformadoras na salvaguarda destes tesouros subaquáticos. Na intrincada tapeçaria dos ecossistemas da Terra, poucos são tão cativantes e ecologicamente significativos como os recifes de coral. Este capítulo investiga o fascinante reino dos recifes de coral, desvendando suas complexidades biológicas, dinâmica ecológica e os desafios críticos que enfrentam atualmente. As relações interligadas dentro dos ecossistemas dos recifes de coral são uma prova do delicado equilíbrio da natureza. Uma miríade de espécies, desde o carismático peixe-palhaço até aos esquivos cavalos-marinhos, evoluiu para encontrar o seu nicho dentro da complexa teia de predação, competição e mutualismo que caracteriza estes ambientes. A relação mútua entre os pólipos de coral e as algas fotossintéticas conhecidas como zooxantelas constitui a pedra angular deste ecossistema, iluminando a intrincada dança da troca e cooperação de energia.

No entanto, a continuação da existência de recifes de coral enfrenta uma série alarmante de desafios, em grande parte atribuídos à atividade humana. O aumento da temperatura do mar devido às alterações climáticas levou ao fenômeno de branqueamento dos corais, um processo angustiante em que os corais expõem as suas algas simbióticas e perdem a sua cor. A poluição, a pesca excessiva e o desenvolvimento costeiro pressionam

ainda mais estes ecossistemas, perturbando o equilíbrio afinado que evoluiu ao longo dos séculos. Este capítulo investiga a relevância de compreender os recifes de coral no contexto da economia azul, esclarecendo as diversas formas como estes ecossistemas frágeis sustentam o crescimento econômico sustentável, ao mesmo tempo que aborda a necessidade premente da sua conservação. Ao explorar a intrincada tapeçaria que liga os recifes de coral ao quadro mais amplo da economia azul, obtemos uma compreensão mais profunda das complexas interações que moldam as nossas comunidades costeiras e indústrias marinhas, sublinhando a urgência de uma gestão equilibrada e ponderada dos recursos.

3.1. Como os Recifes de Coral se formam

Os recifes de coral são ecossistemas de importância ecológica primordial, surgem através de uma intrincada interação de processos biológicos e geológicos que se desenrolam em longos períodos. Neste discurso, nos aprofundamos na progressão sistemática da formação dos recifes de coral, oferecendo uma compreensão abrangente dos estágios constituintes da sua criação.

Os recifes de coral se formam através da gênese dos recifes de coral, ao qual começa com a disseminação de larvas de coral, conhecidas como plânulas, durante eventos de desova por organismos de coral maduros (Dustan, 1977). Estas plânulas microscópicas atravessam as correntes oceânicas até encontrarem substratos adequados, como superfícies rochosas ou esqueletos de corais sem vida, onde se instalam. Uma vez ancoradas, as plânulas sofrem metamorfose em pólipos de coral, uma transformação que desencadeia o início da secreção do exoesqueleto de carbonato de cálcio (Barnes, 1980). Este processo de biomineralização é facilitado pelas células calicoblásticas, o que culmina na criação de uma estrutura esquelética protetora. As colônias de corais florescem através de mecanismos de brotamento assexuado e de desova sexual, permitindo a sua propagação e expansão da colônia (Hughes, 1984). A adição de novos pólipos à colônia leva à deposição gradual de esqueletos de carbonato de cálcio, resultando no crescimento ascendente e externo da estrutura do recife. Este crescimento é ainda enriquecido pela presença de diversas espécies de corais, cada uma caracterizada por taxas de crescimento, padrões de ramificação e morfologias distintas (Veron e Stafford-Smith, 2000). convergência destas várias formas criam nichos ecológicos que acomodam uma grande variedade de espécies marinhas.

A capacidade do coral de assimilar íons de cálcio e carbonato do ambiente aquático ao seu redor é fundamental na construção de sua estrutura esquelética (Clausen e Roth, 1975). Durante um período prolongado, a acumulação destes esqueletos de carbonato de cálcio gera a base estrutural robusta que define os recifes de coral. A crescente estrutura do recife estabelece habitats e refúgios, promovendo um ecossistema próspero que compreende uma rede de organismos interdependentes (Knowlton, 2001). As dependências mútuas entre espécies levam a interações tróficas complexas e à coexistência, contribuindo para a resiliência do ecossistema.

O equilíbrio do crescimento dos corais é neutralizado por processos de bioerosão impulsionados por organismos como o peixe-papagaio e as esponjas chatas (Perry et al., 2013).

Estes agentes desempenham um papel crucial na decomposição e remoção de material de coral expirado, abrindo assim espaço para nova colonização de corais. Esta interação dinâmica garante a evolução contínua do ecossistema recifal.

O desenvolvimento dos recifes de coral se desenrola em escalas temporais estendidas, abrangendo milênios à medida que sucessivas gerações de corais contribuem com seus restos esqueléticos para a evolução da paisagem dos recifes (Darwin, 1842) . Esta acumulação gradual é fundamental para o estabelecimento das características topográficas que caracterizam os recifes de coral.

Esquema de Darwin: explicando o desenvolvimento dos recifes

Charles Darwin desenvolveu um paradigma no século XIX a fim de explicar a formação de recifes de coral após se deparar com o crescimento de recifes até a marca da maré baixa e a elevação de ilhas/ atóis de coral. O cientista propôs uma hipótese em que os recifes de corais são influenciados pelo conceito de movimento das massas da terra e o crescimento ascendente dos corais em direção à luz. Segundo o mesmo, o desenvolvimento dos recifes consiste em três estágios (Sheppard, 2021) :

1. Primeiramente, ocorre a formação de uma orla de recife em águas rasas adjacentes a uma ilha ou vulcão.
2. Em segundo lugar, a criação de uma barreira de recife à medida que a terra submergia ainda mais, encarregando-se do afastamento do recife da costa;
3. E finalmente, o surgimento de um atol através do processo em que a terra afunda totalmente e cria um anel circular de recife. Este processo é impulsionado pela submersão de ilhas vulcânicas e outras massas terrestres.

Suas ideias sobre a formação de recifes foram paralelas à originalidade de seus pensamentos evolutivos contribuíram significativamente para remodelar as percepções da história antiga da Terra. Segundo o cientista, ao longo das transições entre eras, a Terra é capaz de reduzir o seu tamanho de forma consistente, como por exemplo, os vulcões originados no centro dos oceanos. Este fenômeno é evidente no Mar Vermelho, onde as linhas costeiras se afastam e aumentam periodicamente, expandindo o desenvolvimento de terraços de recifes em ambos os lados (Sheppard, 2021). Além disso, as numerosas flutuações em níveis absolutos do mar durante a Era Glacial contribuíram para a alteração de habitats de recifes de coral que vivem em águas rasas. Esse fenômeno é resultado da expansão oceânica devido ao derretimento das calotas polares. Conseqüentemente, a diversidade de formações de recifes, incluindo manchas, anéis, fitas e barreiras, decorre da capacidade dos corais de se adaptar as condições ambientais variadas (Sheppard, 2021).

3.2. Tipos de Recifes de Coral

Tipos de recifes de coral: Apresentando diferentes tipos de recifes de coral, como recifes em franja, recifes de barreira e atóis. Os recifes de coral são formações de carbono de cálcio concebidos por organismos intitulos pólipos. Segundo (Vecsei, 2004), o processo ocorre através da união de pólipos que resulta na criação de colônias, estas estruturas

confeccionam o esqueleto tridimensional de um recife. Essa configuração desempenha a função de proteger o ecossistema de correntes marinhas, forças erosivas, predadores e situações que possam causar estresse para os corais. A espécie é detentora de uma extraordinária pluralidade que a diferencia em genealogia, configuração, composição, forma e fatores ambientais. O fator ambiental é crucial para designar a sua variedade e desenvolvimento, por exemplo, em águas pacíficas são encontrados comunidades de recifes com estruturas delicadas e ramificadas, mesas de coral e projeções em formas de dedos. Enquanto em águas tempestuosas, a estrutura é divergente, caracterizado por estruturas robustas e massivas, com esqueletos densos e curtos. Na profundidade do oceano, devido à inexistência de ondas e luz solar, suas características são opostas dos recifes de corais vistos na superfície (Darwin, 1842). Os recifes de coral são encontrados majoritariamente na região equatorial entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, estendendo-se a outras localidades devido às correntes quentes que transcorrem ao longo dos litorais. A Austrália possui em seu território a maior extensão de recifes de corais, como a Grande Barreira de Corais na costa leste e nas Ilhas Houtman. No Atlântico, depara-se com a espécie em localidade como a América Latina, Correntes do Golfo e Bermudas (Sheppard, 2021). Os corais do Atlântico e Caribe divergem dos encontrados no Indo-Pacífico, algumas espécies fazem transições entre as regiões possivelmente através de transportes marítimos e transplantes. A diversidade do Indo-Pacífico é encontrado no “Triângulo de Coral” no Sudoeste Asiático, diminuindo a medida que se encontra nas ilhas do Pacífico. O Oceano Índico apresenta diversidade mista, em locais com mais reincidência em Madagascar, Moçambique e Mar Vermelho. Em essência, as comunidades recifais e o seu desenvolvimento complexo revelam notáveis formas de vida, forças geológicas e dinâmicas ambientais. As variações nas formas dos corais, nos perfis dos recifes e nas composições rochosas são testemunhos da intrincada interação entre os elementos naturais que moldam essas paisagens subaquáticas ao longo de incontáveis milênios (Sheppard, 2021).

Variedades de Recifes de Coral

1. Recifes de franjas Os recifes em franja formam-se em águas rasas localizadas em zonas costeiras. Esses recifes abrangem várias localidades em termos de profundidade, estrutura do recife e comunidade ecossistêmica. O ambiente abrange estruturas como a crista do recife de corais, o recife frontal energético e a zona de crescimento de corais. Podem ser consideradas estruturas com formações simples, fornece uma ampla gama de habitats para corais devido à conexão com a superfície da costa. Essa característica impossibilita a espécie de possuir extensas características de fundo de recife, ao qual são perceptíveis na figura 4 (Sheppard, 2021).



FIGURA 4. O Recifes de Franja. Fonte: («Photo», 2023b).

Possuem uma variedade de espécies e habitats extremamente diversificadas, sendo presente uma grande variedade de corais construtores de recifes e corais moles, estendendo-se à cinco metros de altura, devido aos fatores regionais distintos e diferentes partes do mesmo recife. A energia da onda é um dos principais fatores que influenciam na distribuição de profundidade pois quanto mais profundidade tem a energia das ondas diminui, definindo a distribuição das espécies e sobrevivência (Sheppard, 2021).

Segundo (Darwin, 1842):

“Os recifes em franjas tão diretamente conectados a ilhas vulcânicas, os recifes de barreira são separados de ilhas vulcânicas ou massas de terra por lagoas e os atóis são formados por recifes circulares que circundam uma lagoa”.

2. Recifes de Barreira São originários da orla de um recife, é tipificado pela planície de recife e a encosta de recife que inclina para águas profundas. Tem como característica excepcional a sua separação do continente por um canal navegável, que possibilita a incorporação de estruturas expansivas e protegidas. São encontrados em duas formas: lineares e entrelaçados (Sheppard, 2021). A Grande Barreira de Corais localizada no leste da Austrália é um exemplar dos recifes de barreira devido a sua proeminência e características únicas 5.



FIGURA 5. Recifes de Barreira. Fonte: («Photo», 2023c)

3. Atóis São formações identificadas pela sua distinta forma em anel na superfície do oceano. Sua disposição é afetada pelas flutuações do nível do mar durante os ciclos glaciais, conforme explorado por (Droxler e Jorry, 2020). A noção anterior de (Darwin, 1842) sugeria que os atóis se desenvolvem à medida que os corais colonizam ilhas vulcânicas que eventualmente submergem.



FIGURA 6. Atóis. Fonte: («Photo», 2023d)

Pesquisas indicam que as espécies atuais de atóis, como o Arquipélago das Maldivas e do Pacífico tropical, repousam sobre bancos de topo plano. A base vulcânica subjacente não impediu a progressão desses bancos em atóis durante o final do período quaternário. A erosão das cristas dos bancos durante vários declínios glaciais do nível do mar levou à recolonização de corais durante cada uma das cinco deglaciações do meio ao fim da época de Brunhes. Esse crescimento vertical de corais em resposta ao aumento do nível do mar deu origem aos atóis que observamos hoje (Droxler e Jorry, 2020).

3.3. Principais características de um recife de coral

Os recifes de coral são uma espécie que cobrem 1 milhão de quilômetros quadrados (km²) da superfície da terra. São resultados da produção de organismos de corais e lar de milhares de espécies oriundas destes ecossistemas. Além de seu conhecido serviço ecossistêmico para as espécies marinhas, sua importância é notável para a economia, para o ambiente social e cultural (H., 2000).

São uma classe oriunda de águas profundas mas que submergem para superfícies e margeiam na linha da costa. Sua função ecossistêmica é reduzir a altura das ondas através da perda por fricção, amparando as ondas dos recifes através do processo de adição de sedimentos e formação de culminâncias costeiras (Sanderson e Eliot, 1996). São responsáveis pela produção de sedimentos carbonáticos que contribuem para formação de ilhas e praias (Perry et al., 2013), (Spalding et al., 2001).

São ecossistemas imprescindíveis em oceanos tropicais e subtropicais quentes, sendo caracterizado por uma vasta biodiversidade, complexidade estrutural e alta produtividade primária. São recursos naturais vitais para a humanidade e para a vida marinha. Infelizmente, tem enfrentado cada vez mais desafios causados pelas mudanças climáticas globais, agravamento de processos de sedimentação, extração de recursos, pesca excessiva e poluição terrestre, consequências que agravam o estresse gerado na espécie. Segundo dados, 14% dos corais foram perdidos na última década e, 70-90% dos corais podem enfrentar a extinção caso não obtenham uma proteção efetiva e medidas para controlar o aquecimento do oceano a fim de limitar o mesmo a 1,5 °C até 2050 (Sheppard, 2021).

Ao redor do globo, foram classificados cerca de 850 espécies de corais abrigados em recifes, com características que as diferem, 60 destas são originárias do Oceano Atlântico, enquanto o resto está presente nos Oceanos Pacífico e Índico. O ecossistema do recife de coral abriga infinitas espécies de peixes que formam um ecossistema vibrante e único em sua diversidade. São estimadas entre 6.000 e 8.000 espécies de peixes que abrigam os corais, sendo um décimo habitado na região das Caraíbas, enquanto o restante situa-se na região do Indo-Pacífico. Dentro de um único recife de coral, a distribuição das espécies de peixes está intrinsecamente ligada a fatores ambientais, como intensidade da luz, profundidade e força da ação das ondas (Sheppard, 2021).

A disponibilidade de luz é um fator crucial para fotossíntese neste habitat, logo, com o aumento da profundidade a escassez desse recurso é maior resultando em um local mesofótico, zonas mal iluminadas habitadas por corais frondosos. Essa característica especial possibilitam os corais de capturar e utilizar luz mesmo de forma limitada nas profundidades. A sedimentação é um processo que afeta de modo significativo espécies e sua possibilidade de prosperar. Através da deposição de sedimentos aumenta a profundidade e podem colocar como alvo espécies que são toleráveis ao processo e outras que não. A exposição excessiva a luz solar também é uma situação que agrava as condições dos recifes de corais, principalmente os de planícies (Sheppard, 2021).

Locais que são bem iluminados tem maior diversidade de espécies de peixes, as condições de habitat determinam a distribuição de espécies, os nichos ecológicos desempenham esse papel de preferências. Os peixes desempenham um papel ecossistêmico importantíssimo através de atividades como predação, pastoreio, navegação, raspagem de rochas, controle de crescimento de algas marinhas, impedindo-as de dominar os corais entre diversos outros. A reciclagem de nutriente feita pela espécie auxilia no crescimento geral e a saúde do recife, logo, seu nível trófico na cadeia alimentar tem uma importância significativa para todo esse processo ecossistêmico com os recifes de corais. A pesca de arrastamento em recifes de corais e o extermínio destes peixes que ali residem, causam um desequilíbrio significativo para todo o ecossistema (Sheppard, 2021).

Interação com outras espécies

Os recifes de corais são habitats biodiversos que acolhem inúmeras variedades de espécies que interagem em uma relação mutualista. No centro desse ecossistema, encontra-se uma fusão de elementos biológicos e físicos que se conectam a fim de formar um ambiente complexo e multidimensional.

Nos ecossistemas de recifes de corais, as características geológicas em conjunto com a matriz de carbonato subjacente formada por organismos ao longo do tempo, contribuem para a complexidade do habitat. Essas várias escalas estruturais resultam em recifes de corais mais diversos, abundantes e ricos em espécies. Numerosas razões explicam o impacto da complexidade estrutural na abundância de espécies, majoritariamente os peixes, como fornecer espaço de nicho, influenciar a dinâmica predador e presa, oferecer abrigo e aumentar a disponibilidade de alimentos. Apesar da tendência geral de aumento da diversidade e abundância de peixes em habitats de recifes complexos, as respostas específicas dos peixes à complexidade estrutural variam (Sheppard, 2021).

É necessário o equilíbrio perfeito para que os recifes sejam saudáveis e possam prosperar, é priorizado águas que tenham movimento mas que não sejam turbulentas a ponto de danificá-los. O acesso à luz é priorizado mas o excesso pode causar superexposição e subexposição. A sedimentação deve ser mínima a fim de evitar o sufocamento de espécies, zonas de profundidades médias são as mais favoráveis para grande parte de espécies de corais, mas infelizmente a diminuição desses locais tem aumentado a competição entre espécies (Sheppard, 2021).

Bioticamente, os recifes de coral são habitats essenciais para uma ampla gama de espécies, oferecendo áreas de desova, berçário, reprodução e alimentação. A sua estrutura regula processos ecossistêmicos e mantém o equilíbrio ecológico. A complexa estrutura tridimensional dos recifes de coral facilita a diversificação de nichos e a evolução de novas espécies. As relações simbióticas dentro da sua estrutura são visíveis ao qual a dinâmica pode ocorrer entre espécies opostas que partilham o mesmo espaço e recursos. Entretanto, é visível relações desarmônicas entre espécies, como o parasitismo.

Os recifes de coral dispõem de finalidades distintas para cada espécie que ali habita. A título de exemplo, peixes carnívoros utilizam para a caça, enquanto, cardumes o utilizam como refúgio de predadores. Logo, o ciclo da vida dentro do coral é notável, pois depara-se com o início e o fim em constante harmonia (Sheppard, 2021).

De fato, o que morre ali, se desintegra em areia e com o tempo, auxilia na formação de futuros recifes. O processo de criação de areia e entulho em um recife se dá através das atividades de criativas que escavam túneis, tempestades e animais pastando que extraem seu sustento de algas marinhas da superfície do recife. Essa atividade cria fixação e crescimento de corais em um nível contínuo (Sheppard, 2021).

A resiliência dos recifes de corais depende de diversos fatores devido a riqueza desses habitats e a dependência entre espécies. Por exemplo, quando há falta de um organismo que ali vivia e que desempenhava uma função vital, pode ocorrer impactos profundos na constituição dessa “sociedade”, tornando-se necessário um substituto adequado para aquele papel ecossistêmico. Mas, a perda de uma espécie que não influencia na estrutura, pode ser facilmente substituído (Sheppard, 2021).

Os recifes de coral oferecem serviços físicos e bióticos. Fisicamente, protegem as costas das correntes, ondas e tempestades, evitando a erosão e a perda de terras. Também constroem terrenos e criam condições favoráveis para o crescimento de ecossistemas adjacentes, como tapetes de ervas marinhas e mangais. Além disso, os recifes de coral geram a areia fina encontrada em praias tropicais (Sheppard, 2021).

Apesar da sua importância, os recifes de coral enfrentam ameaças que comprometem a sua capacidade de fornecer estes serviços essenciais. A conservação e a utilização sustentável dos recifes de coral requerem uma abordagem holística que considere a paisagem marítima mais ampla, abordando os desafios colocados pelas atividades humanas dentro e fora dos recifes (Sheppard, 2021).

3.4. Ameaças aos Recifes de Coral

Os recifes de coral, conhecidos pela sua biodiversidade incomparável e importância ecológica, encapsulam uma complexa vida marinha. Servindo como hotspots vitais de biodiversidade e oferecendo serviços ecossistêmicos críticos, estas cidadelas subaquáticas têm um valor imenso tanto para a ciência como para a sociedade. No entanto, escondida sob a sua fachada hipnotizante, encontra-se uma narrativa alarmante do impacto humano, que desenrola uma crônica de degradação e desestabilização ambiental.

Por serem ecossistemas altamente produtivos e diversificados que fornecem bens e serviços essenciais aos seres humanos e ao meio ambiente. Oferecem recursos e benefícios valiosos, como frutos do mar, oportunidades recreativas, proteção costeira e valor estético e cultural. Apesar de cobrirem apenas uma pequena porcentagem do fundo do oceano, os recifes de coral sustentam uma porção significativa de espécies de peixes marinhos, contribuindo a sua captura para cerca de 10% dos peixes consumidos pelo homem. Milhões de pessoas em mais de 100 países dependem dos recifes de coral para a sua sobrevivência (Sheppard, 2021).

Segundo estimativas de (Schoepf et al., 2015), o declínio de recifes de corais estabeleceu em 14% durante o período de 2009 a 2018, a qual é relacionado a causas antropogênicas que colocam em risco a sua segurança. Dessa forma, o desempenho de serviços ecossistêmicos que contribuem para o oceano como para milhares de pessoas ao redor do mundo que dependem desse ecossistema.

Na busca pela compreensão do impacto de atividades antropogênicas nos recifes de coral, pesquisas apontam que as consequências podem ser caracterizadas em diversas áreas. Abaixo, estende-se sobre as principais.

Estresse luminoso e nutricional: Os corais construtores de recifes têm uma relação simbiótica com parceiros fotossintéticos chamados zooxantelas. A redução na luz disponível devido a factores como a sedimentação da dragagem ou o aumento da turbidez da água, podem levar à diminuição do crescimento, reprodução dos corais e até mesmo limitar a sua distribuição em profundidade. Além disso, a diminuição dos níveis de luz podem dificultar a translocação de metabólitos das zooxantelas, afetando a nutrição dos corais (Sheppard, 2021).

Perturbação física e sedimentação: Os sedimentos provenientes da dragagem, escoamento ou construção, podem sufocar os corais e interferir nas suas superfícies de alimentação, que são cruciais para a captura de presas. A sedimentação crônica pode aumentar o custo energético da limpeza, levando à redução da saúde geral. A sedimentação também pode alterar a composição das espécies de recifes, impactando a estrutura da comunidade e o recrutamento de larvas de coral (Sheppard, 2021).

Efeitos Químicos: Sedimentos e produtos químicos transportados pelo escoamento de atividades como construções e processos industriais podem ter impactos químicos nos corais. Metais pesados e pesticidas podem prejudicar corais adultos, larvas e taxas de assentamento. A introdução de solos tratados quimicamente pode potencialmente perturbar o ecossistema dos recifes de coral (Sheppard, 2021).

Qualidade da Água e Escoamento: Poluentes e nutrientes do escoamento, especialmente esgoto, podem afetar negativamente os recifes de coral. A seguir, uma amostra encontrada em diversas localidades do oceano extremamente poluídas. O enriquecimento de nutrientes pode alterar as interações competitivas e ao crescimento excessivo de algas,

o que reduz as taxas de calcificação dos corais. Esse processo intensifica os riscos de infecção bacteriana, perturbar a sincronia de desova dos corais e seu sucesso na fertilização (Sheppard, 2021).

Estresse térmico e branqueamento de corais: As temperaturas elevadas causadas por eventos naturais ou por fontes antropogênicas, podem causar o branqueamento generalizado dos corais através da perda de zooxantelas simbióticas. Este stress enfraquece os corais e pode levar à mortalidade se não for aliviado (Sheppard, 2021). A 7 retrata o processo de branqueamento de corais.



FIGURA 7. Processo de Branqueamento de Corais. Fonte: («Catlin Seaview Survey», 2023).

Eliminação de resíduos tóxicos: A eliminação inadequada de resíduos tóxicos representa uma ameaça significativa aos recifes de coral. As empresas que visam a eliminação de resíduos podem introduzir materiais perigosos em ambientes de recife naturalmente frágeis (Sheppard, 2021).

Práticas de pesca destrutivas: Práticas como a pesca com dinamite e veneno, bem como a pesca excessiva, podem devastar os ecossistemas dos recifes de coral. O impacto danifica sua estrutura e mata/esgota populações de peixes. Este desequilíbrio perturba a dinâmica natural do ecossistema recifal (Sheppard, 2021). A seguir, um exemplo das consequências causadas pela pesca com explosivas 8.



FIGURA 8. Pesca com Explosivo. Fonte: («Fizzy Transition», 2021)

Segundo estimativas, as pescas insustentáveis em recifes de coral são superiores a 75%, representando um risco significativo para o equilíbrio ecológico. A busca por recursos tem aumentado no decorrer das últimas décadas, portanto, o desenvolvimento costeiro em prol da pesca tem acelerado e com isso, gera maior poluição dos oceanos, abrandamento de espécies invasoras e mortalidade em massa de corais construtores de recifes. Devido às circunstâncias, tornou-se imperativo minimizar o impacto negativo que essas atividades possuem nos recifes de coral, a fim de garantir a atividade ecológica adequada (Train, 2009).

A pegada global da pesca nos recifes de coral nas ilhas estudadas é quantificada como 1,64. Esta estatística sugere que a Terra necessitaria de 75 031 km² adicionais de área de recifes de corais, caracterizada pela produtividade e resiliência comparáveis, a fim de garantir a sustentabilidade dos atuais níveis de captura. Para colocar isto em perspectiva, esta área equivale a 3,7 vezes o tamanho da Grande Barreira de Corais. Nesse sentido, a Divisão de População da ONU prevê que a pegada combinada dos recifes em todas as ilhas mencionadas aumentará em 160% até 2050, logo, a utilização da área de recifes de coral até a data mencionada atingirá 313.271 km², o que resulta em um déficit de 196.041 km². Apesar das estimativas sofrerem mudanças no decorrer dos anos, os valores são muito altos para o período de tempo (K. Newton et al., 2007).

Branqueamento de Corais: A elevação da temperatura ocasiona o branqueamento dos corais, o fenômeno é uma resposta do organismo ao estresse causado pela contínua mudança ambiental. O branqueamento sucede através da expulsão de zooxantelas, dinoflagelados unicelulares localizados dentro do tecido do coral ou pela destruição de seus pigmentos fotossintetizantes responsáveis pelos componentes orgânicos que mantêm os corais vivos quando ocorrem mudanças em seu habitat. Sem a possibilidade de nutrir-se de forma necessária, o ecossistema está vulnerável a doenças (Glynn, 1993).

Acidificação do Oceano: A interação química entre o dióxido de carbono e a água do mar tem encadeamentos significativos para o bem-estar dos oceanos. Ao entrar em contato com a água, o dióxido de carbono tem uma reação química que se torna ácido

carbônico, levando a um equilíbrio complexo envolvendo moléculas de ácido carbônico, bicarbonato e carbonato. Este equilíbrio reflete o sistema regulador de ácido presente no sangue humano e é particularmente relevante para os corais, que utilizam carbonato para construir os seus esqueletos (Sheppard, 2021).

O ácido carbônico aumenta a acidez da água que é medida na escala de pH. Nesta escala, um pH de 1 indica alta acidez, 14 é altamente alcalino e 7 é neutro. O pH do oceano geralmente permanece ligeiramente alcalino, em torno de 8,2 a 8,5, o que é ideal para as funções metabólicas dos corais, uma vez que eles dependem do carbonato para construir seus esqueletos. No entanto, à medida que mais dióxido de carbono se dissolve nos oceanos, o pH cai e a acidez aumenta. Nas áreas tropicais, o pH já caiu cerca de 0,1 unidade, representando um aumento de 30% na acidez. Esta mudança tem um impacto negativo na capacidade dos corais de criar carbonato de cálcio e desenvolver as suas estruturas esqueléticas. Isto é especialmente preocupante porque o tipo de calcário que utilizam, chamado aragonite, é mais susceptível a danos em comparação com outras formas, como a calcite (Sheppard, 2021).

A somar a esta situação está o atraso entre o aumento do dióxido de carbono atmosférico e a sua absorção pelos oceanos. O movimento complexo das principais correntes oceânicas a nível global significa que são necessários aproximadamente 30 anos para estabelecer o equilíbrio entre os gases atmosféricos e o oceano. Isto significa que mesmo que as emissões de gases de efeito estufa cessassem imediatamente, a acidificação dos oceanos persistiria durante as próximas três décadas. Os cientistas sugerem que o crescimento dos corais só pode ser mantido quando os níveis atmosféricos de dióxido de carbono atingirem cerca de 350 partes por milhão (ppm) após o equilíbrio ser alcançado. Infelizmente, os níveis atuais já ultrapassaram 400 ppm (Sheppard, 2021).

3.5. Esforços de Conservação

Nesta discussão, aprofundamos no impacto das ações humanas nos recifes de coral, com foco nas principais ameaças que colocam em risco estes ecossistemas inestimáveis. As alterações climáticas, a poluição, a pesca excessiva e a destruição de habitats são os principais responsáveis pela deterioração da saúde dos recifes de coral em todo o mundo. Estas ameaças não só põem em perigo a intrincada rede de vida dentro dos recifes, mas também têm implicações de longo alcance para as comunidades e economias que dependem destes ecossistemas marinhos.

Além disso, é essencial lançar luz sobre os esforços e estratégias proativas de conservação que surgiram em resposta a estes desafios. Iniciativas como áreas marinhas protegidas, projetos de conservação baseados na comunidade e técnicas inovadoras de restauração estão na vanguarda dos esforços que visam salvaguardar e revitalizar os recifes de coral. Ao explorar estas medidas de conservação, obtemos uma visão sobre a esperança e a determinação que levam indivíduos, organizações e governos a proteger estes tesouros subaquáticos para as gerações futuras. Nesta narrativa, embarcaremos numa viagem para compreender o estado precário dos recifes de coral, as ameaças que enfrentam e as

ações inspiradoras que estão a ser tomadas para preservar e restaurar estes ecossistemas marinhos vitais no contexto da economia azul.

3.5.1. Mitigação e Monitoramento

Os esforços para mitigar o impactos humano e do aquecimento global nos recifes envolvem a compreensão das mudanças e suas causas. As principais medidas incluem a cobertura de corais, diversidade de espécies e populações de corais juvenis. Contudo, as mudanças no ecossistema dificultam a análise geracional sobre as condições dos recifes de corais. As avaliações de impacto para projetos de desenvolvimento podem ignorar os efeitos cumulativos, contribuindo para o declínio geral dos recifes de coral. A monitorização a longo prazo é crucial para detectar a deterioração sustentada. Abaixo seguem alguns projetos que envolvem a preservação dos recifes de coral. Na 9, o («Global Coral Reef Monitoring Network», 2020), apresenta os maiores índices de monitoramento e conservação de corais de recife ao redor do mundo.

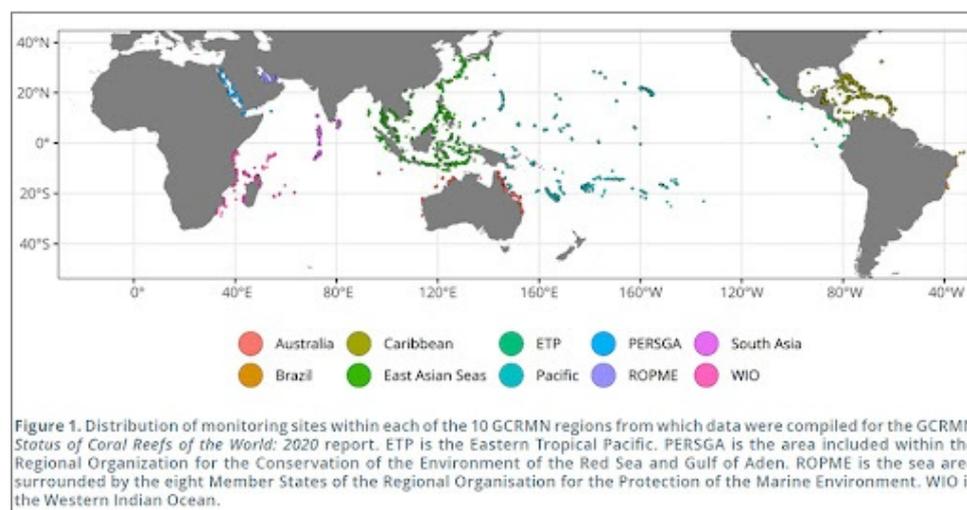


FIGURA 9. Status of Coral Reefs of the World 2020 report. («Coral Reef NOAA», 2020)

GOA-ON

A GOA-ON nasce da crescente preocupação ambiental e a necessidade de criação de um organismo de investigação otimizada de ecossistemas marinhos a fim de antecipar processos de deterioração destes habitats e a forma como influenciam a vida dentro d'água (Miloslavich, 2022). A iniciativa é uma rede internacional colaborativa que visa detectar e compreender os fatores de acidificação dos oceanos em ambientes estuarinos/costeiros/oceânicos abertos, disponibilizando informações com intenção de democratizar a informação para investigadores de todo o globo. A plataforma é fundamental para fornecer alertas antecipados sobre os impactos da acidificação dos oceanos nos ecossistemas naturais e atividades fundamentadas no mar (J. Newton et al., 2015). A rede fornece informações importantes às comunidades, à indústria e aos governos que procuram desenvolver planos de ação

de mitigação face aos impactos da mudança climática nos oceanos. A sua inclusão no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 14 reconhece a importância de monitorar e pesquisar a acidificação dos oceanos através da coleta de dados sobre temperatura, salinidade, profundidade da água e concentração de oxigênio (J. Newton et al., 2015).

Sistema Global de Observação dos Oceanos (GOOS)

O sistema foi originado em 1991 através de uma colaboração co-patrocinada por organizações internacionais proeminentes, incluindo a Comissão Oceanográfica Intergovernamental da UNESCO, a Organização Meteorológica Mundial, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Conselho Científico Internacional. Nos seus anos de estruturação concentrou-se na concepção e coordenação do desenvolvimento de um sistema global de observação dos oceanos. Os propósitos desta iniciativa são apoiar a investigação científica sobre o clima e atuar como parâmetro para sistemas de previsão operacionais (Miloslavich, 2022). Ademais, com as crescentes preocupações sobre a saúde dos oceanos e a procura por informações que pudessem auxiliar no combate destes fenômenos, foi criado em 2012 o Quadro de Observação Oceânica a fim de responder às necessidades de diversas partes interessadas. Atualmente, o GOOS apoia-se em quatro componentes principais: os painéis de especialistas, projetos e coordenação central e iniciativas como o Grupo de Coordenação de Observações e Alianças Regionais, projetos e coordenação central (Miloslavich, 2022).

O GOOS apoia ativamente uma ampla comunidade a qual inclui programas de observação internacionais, regionais e nacionais, governos, agências da ONU, instituições de pesquisa e cientistas independentes. Ao promover a colaboração no desenvolvimento de ferramentas de observação, partilha de dados, sistemas de informação, capacidades de previsão e análise científica, esta comunidade global maximiza o valor dos seus investimentos colectivos. Em resposta à crescente demanda por serviços e observações oceânicas, a GOOS formulou uma estratégia voltada para o futuro para o ano 2030. Esta estratégia serve como um roteiro para a GOOS e seus parceiros, orientando-os no desenvolvimento de um sistema global integrado de observação oceânica que é essencial para a nossa segurança, bem-estar, prosperidade e um futuro sustentável (Vinayachandran et al., 2022).

Rede de Observação da Biodiversidade Marinha(MBON)

É uma iniciativa do Grupo de Observações da Biodiversidade na Terra concebido no sentido de desenvolver uma comunidade global de coleta de dados, análise, curadoria e compartilhamento sobre biodiversidade marinha. O exercício deste projeto requer coordenação e colaboração de países, organizações e indivíduos envolvidos na associação, a fim de promover uma integração de dados a comunidades científicas por meio de sistemas como o Ocean Biogeographic Information System(OBIS). O GCRMN tem sido o órgão

responsável por observações de sistemas de recifes de corais desde 1997. A iniciativa motivou a inclusão de milhares de relatórios a nível global e regional, que posteriormente foi incorporado na Convenção sobre Biodiversidade Biológica (CDB) (Wilkinson, 2004).

Com o objetivo de estabelecer um quadro abrangente que priorize as observações essenciais de variáveis oceânicas, o projeto salva-guarda práticas de recolha, gestão e utilização de dados, enfatizando a integridade e a publicação de dados com acesso aberto. A promoção de observações e o desenvolvimento de produtos para informar políticas, investigação e utilização dos oceanos, promovendo iniciativas de capacitação, colaborando estreitamente com a comunidade científica oceânica e profissionais de gestão de recursos para apoiar a implementação da observação da biodiversidade para as necessidades da sociedade local, facilitando coordenação de membros através de esforços de networking e comunicação, fomentando redes internacionais e temáticas dentro do MBON e elaborando estratégias de observação e aplicação da biodiversidade marinha que se alinhem com os esforços de ecologia de água doce e terrestre (Miloslavich, 2022).

Rede Global de Monitoramento de Recifes de Coral (GCRMN) Criado em 1995 pela Iniciativa Internacional de Recifes de Coral (ICRI) (Fairoz, 2022) com a intenção de expor o cenário que os recifes de coral no desenvolvimento do ICRI “Call to Action” (Dight e Scherl, 1997). A partir disto, foram produzidos milhares de relatórios globais em parceria com coordenadores e gestores de parques marinho sobre a conjuntura e tendência dos recifes de corais. Desde sua criação, foi constatado em mais de cem países o risco significativo das atividades humanas e mudanças climáticas para a acidificação dos oceanos e bem-estar dos recifes de corais, ecossistemas costeiros e sociedade (Obura, 2019).

Iniciativa do Triângulo de Coral (CTI) A Iniciativa do Triângulo de Coral sobre Recifes de Coral, Pesca e Segurança Alimentar (CTI-CFF) é um esforço colaborativo entre seis nações dedicadas à preservação de recursos marinhos e costeiros da região do Triângulo de Coral. Esta iniciativa foi apresentada em 2009 após o apelo do Presidente Indonésio Yudhoyono, ao qual resultou na assinatura da Declaração dos Líderes. As nações participantes, conhecidas coletivamente como “CT6”, incluem Indonésia, Malásia, Papua Nova Guiné, Filipinas, Ilhas Salomão e Timor-Leste. Tornaram a primeira e única cooperação multilateral deste gênero no mundo que prioriza à segurança alimentar e a gestão sustentável dos recursos marinhos face aos impactos das alterações climáticas («CTI-CFF», 2023).

A CTI-CFF adota uma abordagem centrada na população costeira que dependem dos recursos marinhos, com objetivo de democratizar tópicos como a conservação da biodiversidade, desenvolvimento sustentável e redução da desigualdade social («CTI-CFF», 2023).

Apesar do seu valor, os ecossistemas de recifes de corais no Triângulo de Coral enfrentam ameaças significativas. Aproximadamente 95% destes recifes estão em risco devido a

factores como a sobrepesca, práticas de pesca destrutivas, poluição terrestre, desenvolvimento costeiro e ameaças iminentes das alterações climáticas e da acidificação dos oceanos. O CTI-CFF trabalha em colaboração com parceiros para alcançar marcos importantes na gestão e conservação destes ecossistemas e recursos vitais («CTI-CFF», 2023). Desde a sua criação, os países adotaram estratégias para salvaguardar os recursos biológicos marinhos e costeiros da região. O primeiro plano foi empregado na Cimeira dos Líderes de 2009, ao qual intitularam Plano de Ação Regional CTI-CFF de 10 anos. Abrange cinco objetivos principais: apurar a gestão das paisagens marinhas, promover uma abordagem baseada no ecossistema para a gestão das pescas, estabelecer áreas marinhas protegidas e aumentar a resiliência das comunidades costeiras às alterações climáticas e salvaguardar as espécies ameaçadas («CTI-CFF», 2023). Além disso, os governos do Triângulo de Coral estão a progredir no sentido de estabelecer o CTI-CFF como uma organização regional formal. Em Outubro de 2011, durante a Reunião Ministerial do CTI-CFF, o CT6 aprovou um conjunto de documentos legais que descrevem as operações da organização, incluindo o recrutamento de pessoal com base no mérito, procedimentos de coordenação e contribuições financeiras de cada país-membro. Estes acordos fundamentais abrem caminho a um Secretariado Regional independente para supervisionar a implementação do Plano de Ação Regional da CTI («CTI-CFF», 2023). O Secretariado Regional, com sede em Manado, na Indonésia, foi concebido oficialmente em abril de 2015 com a nomeação do seu primeiro diretor executivo. O registo do Acordo sobre o Secretariado Regional junto do Secretário-Geral das Nações Unidas, em Novembro de 2017, elevou ainda mais o perfil internacional do CTI-CFF, criando oportunidades de cooperação com organismos relacionados com as Nações Unidas («CTI-CFF», 2023). Futuramente, o CTI-CFF pretende tornar-se a organização líder em segurança alimentar e gestão de recursos marinhos. Para atingir este objetivo, conta com o apoio e compromisso contínuos dos seus países membros. Apesar dos desafios colocados pelos diferentes acordos institucionais entre os países, as nações do Triângulo de Coral continuam empenhadas em tomar medidas e procurar o apoio da comunidade internacional para impulsionar mudanças significativas («CTI-CFF», 2023).

Iniciativa Desafio do Caribe (CCI) A Iniciativa Desafio das Caraíbas (CCI) é um programa regional de conservação e desenvolvimento sustentável centrado na proteção do ambiente natural e na promoção do desenvolvimento económico e social na região das Caraíbas. A iniciativa foi lançada em 2008 com o objetivo de conservar e gerir de forma sustentável os recursos marinhos e costeiros do Caribe. É um esforço colaborativo que envolve vários países, organizações e partes interessadas no Caribe («CCI», 2023). A CCI estabeleceu metas de conservação ambiciosas para os seus países membros, com o objetivo de proteger no mínimo 20% das suas áreas marinhas e costeiras até 2020, enquanto até 2030 30%. Estas metas estão alinhadas com metas internacionais de conservação e são concebidas para ajudar a preservar a biodiversidade e os ecossistemas da região.A

Iniciativa Desafio Caribenho representa uma abordagem proativa e colaborativa para enfrentar os desafios ambientais e de desenvolvimento que o Caribe enfrenta. Ao centrar-se na conservação marinha e costeira e, ao mesmo tempo, promove o crescimento econômico sustentável, saúde e prosperidade a longo prazo na região.

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas(ODS) A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável adotada pelos Estados-Membros das Nações Unidas em 2015 estabelece como prioridades objetivos para o desenvolvimento sustentável global para 2030, contendo 169 metas, ao qual determinou-se 17 objetivos para mitigar desafios de preservação e desenvolvimento orientados por ações de sustentabilidade na área econômica, social e ambiental. Conforme a temática abordada, os dois objetivos específicos se alinham profundamente com a preservação dos recifes de corais, designa Objetivo 13 e 14 («ODS-1», 2023) («ODS-2», 2023). Segundo as Nações Unidas, o Objetivo 13 visa:

“Tomar medidas urgentes para combater as mudanças climáticas e seus impactos. Fortalecer a resiliência e a capacidade de adaptação aos perigos e desastres naturais relacionados ao clima. Integrar soluções e medidas de mudança climática nas políticas, estratégias e planejamento nacionais. Melhorar a educação sobre mitigação das mudanças climáticas, redução de impacto e alerta precoce”.

O 13.^o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) procura amplificar a resiliência e a adaptabilidade globais aos riscos relacionados com a mudança climática e às catástrofes naturais através de indicadores que acompanham o impacto destes fenômenos, avaliação da adoção de estratégias nacionais e locais de redução do risco de catástrofes. Integração de medidas climáticas nas políticas nacionais e a monitorização das emissões de gases com efeito de estufa («ODS-1», 2023) («ODS-2», 2023). Além disso, enfatiza a importância da educação, sensibilização e capacitação relacionadas com a mitigação e adaptação às alterações climáticas. Sublinha os compromissos financeiros das nações desenvolvidas para apoiar os países em desenvolvimento nos seus esforços climáticos e promove o desenvolvimento de capacidades, especialmente entre grupos e nações vulneráveis, com foco nas mulheres, nos jovens e nas comunidades marginalizadas. Globalmente, o ODS 13 representa uma abordagem abrangente para abordar as alterações climáticas, a resiliência às catástrofes e o desenvolvimento sustentável à escala global («ODS-1», 2023) («ODS-2», 2023). Enquanto, o Objetivo 14 tem como objetivo:

Conservar e usar de forma sustentável os oceanos, mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável conservar e usar de forma sustentável os oceanos, mares e recursos marinhos. Prevenir e diminuir a poluição marinha de todos os tipos, em particular de atividades terrestres. Gerir e proteger de forma sustentável os ecossistemas marinhos e costeiros para evitar impactos adversos significativos. Acabar com a sobrepesca, práticas de pesca ilegais, não declaradas e destrutivas.

Os objetivos delineados neste parágrafo fazem parte de uma agenda abrangente sobre o estado dos oceanos. Até 2025, o objetivo é prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha, especialmente de fontes terrestres, como detritos marinhos e poluição por nutrientes. Os indicadores para este objetivo incluem a monitorização do índice de eutrofização das águas costeiras e do índice de densidade dos resíduos plásticos flutuantes. Outro objetivo é gerir e proteger de forma sustentável os ecossistemas marinhos e costeiros, reforçar a sua resiliência e tomar medidas de restauração para garantir oceanos saudáveis e produtivos, com indicadores que avaliam a adoção de abordagens ecossistêmicas pelos países («ODS-1», 2023) («ODS-2», 2023). Além disso, os objetivos envolvem a minimização dos impactos da acidificação dos oceanos através da cooperação científica e da monitorização do pH médio dos oceanos. Os esforços também são direcionados para regular a extração de recursos, acabar com a pesca excessiva e as práticas destrutivas e restaurar as populações de peixes, bem como a conservação das áreas acordo com a legislação. Ainda, há um foco na eliminação de subsídios prejudiciais à pesca, o aumento dos benefícios económicos para os pequenos Estados insulares em desenvolvimento e investimento no conhecimento científico. Um fator crucial da ODS 14 é a necessidade de popularizar os dados sobre preservação para a população costeira, principalmente os pescadores. O Objetivo 14 centra-se especificamente na “Vida Abaixo da Água”, enfatizando a conservação e a utilização sustentável dos recursos marinhos, que incluem os recifes de coral («ODS-1», 2023) («ODS-2», 2023).

3.6. Mecanismos Internacionais

Vários mecanismos e leis estão em vigor para ajudar a proteger os recifes de coral e os seus ecossistemas. Estes mecanismos podem variar desde acordos internacionais até regulamentações locais, todos concebidos para enfrentar as ameaças que os recifes de coral enfrentam. Aqui estão alguns mecanismos e leis que contribuem para a proteção dos recifes de coral.

Tratado sobre o Alto Mar O novo Tratado sobre a Biodiversidade para além da Jurisdição Nacional é um passo crucial na proteção dos oceanos e da biodiversidade marinha. Após mais de uma década de esforços internacionais, foi acordado na 5^a Conferência Intergovernamental em Nova Iorque. A União Europeia (UE) e os Estados-Membros desempenharam um papel central na liderança da BBNJ High Ambition Coalition, com o objetivo de proteger os oceanos. Este tratado permite a criação de extensas zonas marinhas protegidas em alto-mar a fim de tornar a preservação dos oceanos um compromisso global. A meta é proteger ao menos 30% dos oceanos até 2030, ao qual 60 Estados devem ratificar (Europeia, 2023).

Cimeira “Um Oceano” A União Europeia (UE) e os seus Estados-Membros desempenharam um papel vital na liderança da BBNJ High Ambition Coalition, uma coligação de 52 países dedicada à proteção dos oceanos. Esta coligação foi iniciada na Cimeira “Um

Oceano” realizada em Brest em 2022, lançada conjuntamente pela Presidente Ursula von der Leyen e pela Presidência Francesa do Conselho. O tratado permite o estabelecimento de extensas zonas marinhas protegidas em alto mar, alinhando-se com o compromisso global estabelecido no Quadro Mundial Kunming-Montreal para a Biodiversidade, que visa proteger pelo menos 30% dos oceanos até 2030 (Europeia, 2023).

O tratado introduz uma avaliação inovadora do impacto das atividades econômicas na biodiversidade marinha. Os países em desenvolvimento que participam no tratado receberão apoio, incluindo o desenvolvimento de capacidades, a transferência de tecnologia, o financiamento de fontes públicas e privadas e um mecanismo equitativo para partilhar os benefícios dos recursos genéticos marinhos. O tratado aplica princípios da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, promovendo a cooperação entre as nações, protegendo e preservando o ambiente marinho e realizando avaliações prévias dos impactos das atividades (Europeia, 2023).

O acordo que implementa o tratado ajudará a CNUDM a adaptar-se aos desafios atuais e alinha-se com a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, particularmente o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 14, que se centra na vida no fundo do mar. Além de introduzir regulamentos básicos para avaliar o impacto ambiental das atividades comerciais nos oceanos, garantindo que não perturbam as migrações anuais de espécies marinhas como golfinhos, baleias, tartarugas marinhas e peixes. O acordo centra-se principalmente nas regiões de alto-mar, que estão fora das águas nacionais de qualquer país e constituem quase metade da superfície da Terra. O acordo ainda não está em vigor e requer análise por juristas e tradução para as seis línguas oficiais das Nações Unidas antes da adoção formal (Europeia, 2023).

Convenção sobre a Diversidade Biológica O objetivo da Decisão 96/626/CEE e da Convenção das Nações Unidas sobre a Diversidade Biológica é um acordo internacional assinado no Rio de Janeiro em junho de 1992, que visa promover a conservação e a utilização sustentável da diversidade biológica na Terra. A CDB incentiva o estabelecimento de áreas protegidas e o uso sustentável dos recursos marinhos através de medidas integradas em seus objetivos principais a conservação da diversidade biológica, o uso sustentável e responsável da natureza e a partilha justa e equitativa entre nações («EUR-Lex - 128102 - EN - EUR-Lex», 2023). Para atingir estes objetivos, os governos signatários devem colaborar com governos e organizações internacionais terceiras. Devem também desenvolver estratégias, programas nacionais e políticas para a integração e proteção da biodiversidade. O acordo também apela ao acesso equitativo aos recursos genéticos, sujeito a consentimento prévio e informado, e à partilha equitativa dos benefícios resultantes da sua utilização. Além disso, incentiva a partilha de tecnologia, a cooperação científica internacional e a partilha de benefícios das biotecnologias baseadas em recursos genéticos («EUR-Lex - 128102 - EN - EUR-Lex», 2023).

CAPÍTULO 4

Estudo de Caso: Restauração de Recifes Assistida na Indonésia

Segundo (Burke et al., 2012), a Indonésia abrange 39.538 km² de recifes de corais, constituindo 16% da área total de recifes ao redor do mundo. Esse recife é reconhecido como um dos ecossistemas mais diversos do mundo. Entretanto, apesar das ações humanas contra ecossistema tem sofrido severos danos que impactaram nos níveis de estresse, como a poluição, eutrofização, sobrepesca e o branqueamento devido às alterações climáticas.



FIGURA 10. Eutrofização de recifes de corais na Indonésia. Fonte: («Fizzy Transition», 2021).

Segundo estimativas, 25% dos 270 milhões de habitantes da Indonésia residem em um raio de 30 km de um recife de coral, logo, a dependência da população nos ecossistemas costeiros é gigante. Consequentemente, mais de 95% dos recifes indonésios enfrentam ameaças, principalmente devido à sobrepesca e práticas de pesca destrutivas. Apesar de métodos pescatórios como a pesca com dinamite ser proibida desde 1985, esta prática ilícita continua a ser uma ameaça significativa e generalizada para os recifes da Indonésia (Djohani, 1995). Dessa forma, a recuperação natural do ecossistema nestas localidades é dificultada pela presença de campos de entulho não consolidados. Esses campos criam ambientes hostis para a recuperação de corais devido ao seu substrato altamente instável, o que leva à suscetibilidade das colônias de corais jovens ao tombamento, abrasão ou soterramento (Ceccarelli et al., 2020).

Conseqüentemente, ainda os locais de campo de escombros possuem um amplo abastecimento de larvas de coral e condições hídricas favoráveis, é frequente a possibilidade de não apresentarem sinais de recuperação natural. Embora os campos de entulho surjam de vários processos de degradação em todo o mundo, o problema é particularmente grave na Indonésia devido à prevalência da pesca explosiva, também conhecida como pesca com dinamite, como visto na [11](#)



FIGURA 11. Pesca com dinamite, prática recorrentemente utilizada na Indonésia. Fonte: («Scubazoo», [2023](#))

Muitos campos de entulho gerados pela histórica pesca explosiva permanecem não recuperados mesmo após décadas (Fox et al., [2019](#)). Dada esta mistura de biodiversidade notável e a presença generalizada de perigos localizados, a restauração eficaz dos recifes de coral é amplamente reconhecida como crucial e valiosa na Indonésia. Nas últimas décadas, o país testemunhou o início de centenas de iniciativas de restauração de recifes, superando os esforços documentados de qualquer outro país do mundo. Várias técnicas ativas de restauração de recifes estão sendo empregadas globalmente para reconstruir recifes em áreas onde os processos de recuperação natural são lentos ou inexistentes. Idealmente, estes esforços são empreendidos em conjunto com políticas de mitigação de ameaças locais aos recifes, ao qual visam contornar obstáculos à recuperação natural, tais como escombros ou recrutamento reduzido, até que o sistema atinja um ponto em que o recife de coral possa regenerar-se naturalmente (Boström-Einarsson et al., [2020](#)).

Por exemplo, técnicas e materiais empregados nesses projetos variam significativamente, abrangendo resíduos reaproveitados, pilhas de rochas vulcânicas, estruturas de concreto personalizadas, módulos cerâmicos ramificados, depósitos eletrolíticos em modelos de malha de arames moldados, estruturas hexagonais de aço e a fixação direta de fragmentos de coral no fundo do mar (Razak et al., [2022](#)). Segundo Sukarno (1988 apud (Razak et al., [2022](#)) p.2), o estabelecimento de estruturas artificiais e o transplante de corais ganharam popularidade como métodos de restauração, com uma história que se

estende por mais de quatro décadas. A instalação inicial documentada de recifes artificiais ocorreu em julho de 1979, realizada pela Marinha da Indonésia com o objetivo de reabilitar o recife de coral ao redor das Ilhas Seribu, ao norte de Jacarta.



FIGURA 12. Estruturas Artificiais («Onda Azul», 2018)

Isto ocorreu através da utilização de carros velhos, riquixás e pneus, com objetivo de fornecer complexidade topográfica para os assentamentos de corais, invertebrados e peixes. Os projetos de restauração de recifes de corais no país são desenvolvidos através de iniciativas governamentais, ONGs, setor privado e comunidades costeiras. No entanto, muitas destas iniciativas não foram oficialmente documentadas junto as avaliações dos projetos de restauração de recifes em toda a Indonésia. Logo, frequentemente estão desatualizadas e disponíveis na literatura revisada. Além disso, a implantação de recifes artificiais e outros métodos de restauração enquadra-se em múltiplos quadros políticos governamentais, logo, dificulta-se a determinação de requisitos para licenças e regulamentos relativos às atividades de restauração de recifes (Idem). Igualmente, diversos métodos e materiais são empregados em projetos de restauração de recifes na Indonésia, dispendo de uma evolução notável ao longo dos anos. Logo, independentemente do período de tempo, o concreto (173, 46%) e o aço (91, 24%) são os materiais preferidos para a elaboração de estruturas de restauração no país. No entanto, houve uma expansão na variedade de materiais utilizados nos últimos anos. Os projetos estabelecidos na década de 1990 utilizavam predominantemente concreto e pneus, enquanto recentemente há uma gama mais ampla de abordagens, incluindo estruturas cerâmicas, estruturas de aço, transplante direto e bio-rock (Williams et al., 2019). Embora o concreto tenha mantido seu domínio ao longo das três décadas sob escrutínio, outros materiais experimentaram flutuações em popularidade. Por exemplo, a utilização de pneus foi predominante na década de 1990, representando 50% dos projetos durante essa década, com alguns anos (1996-1997) a empregar exclusivamente este material. A utilização de pneus diminuiu gradualmente e não foram registados quaisquer projetos deste tipo desde 2009. A adoção de estruturas

de aço registou um aumento dramático nos últimos anos, de quatro recordes na década de 2000 para 86 na última década. Muitas destas estruturas empregam uma configuração hexagonal, espelhando o sucesso do “Sistema de Restauração Assistida de Recifes de Mars (MARRS)”, no sul de Sulawesi (Williams et al., 2019). Implementadas inicialmente pela Mars em 2013, estas estruturas representam agora 18% dos registos de projetos nos últimos três anos (33 projetos entre 2018 e 2020). Consequentemente, há evidências convincentes de que diversos métodos e materiais para restauração estão sendo aplicados em todo o país, com certas técnicas ganhando ou perdendo popularidade ao longo do tempo. Estas tendências de mudança podem ser atribuídas a projetos que se inspiram e emulam uns aos outros, além de serem influenciadas por flutuações na disponibilidade e na relação custo-benefício de materiais específicos em detrimento de outros (Williams et al., 2019). Positivamente, o número de projetos de restauração de recifes de coral na

Indonésia registou um aumento significativo nos últimos anos. Na última década, mais de dois terços das iniciativas de restauração registadas foram implementadas. Além disso, as estimativas anunciam que desde 2010 388 projetos foram implementados, o que representa 73% do total. Dentre estes projetos, metade foram implementados nos últimos 5 anos, o que totaliza 294 desde 2015 (Razak et al., 2022). Inesperadamente, apesar da pandemia de COVID-19, a tendência ascendente dos projetos permaneceu. O ano de 2020 testemunhou um número recorde de restauração antes vivenciado. Este aumento em 2020 pode ser atribuído em grande parte ao programa “Indonesia Coral Reef Garden”, orquestrado pelo Ministério Coordenador dos Assuntos Marítimos e de Investimento, como parte de uma estratégia de recuperação econômica a fim combater o desemprego entre as comunidades costeiras afetadas pelo confinamento (Prasetyo et al., 2021). Estima-se que o programa tenha envolvido 10.000 indivíduos no plantio de quase 96.000 unidades de recifes artificiais e suportes para transplante e viveiros de corais, cobrindo uma extensão de 74,3 hectares em cinco áreas em Bali entre outubro de 2020 e janeiro de 2021. Este programa expansivo exemplifica uma tendência mais ampla, indicando uma escalada substancial na escala operacional das atividades de restauração em toda a Indonésia nos últimos anos. Antes de 2010, apenas dois projetos tinham suplantado com sucesso mais de 10.000 fragmentos de coral (Prasetyo et al., 2021). Em contraste, na década seguinte (2010-2020), nove projetos adicionais alcançaram este marco, embora seja crucial ter em mente que um elevado número de fragmentos transplantados não indica inerentemente um projeto bem-sucedido. O objetivo final das iniciativas de restauração deve ser a sobrevivência e proliferação duradouras de corais deslocados, conduzindo a um ecossistema autossustentável e funcional (Prasetyo et al., 2021).

4.1. Políticas Regulatórias

No decorrer do estudo, foram identificadas dezassete políticas e regulamentos relativos à restauração de recifes de corais na Indonésia. Estes regulamentos abrangem quatro leis nacionais, três regulamentos governamentais, dois regulamentos presidenciais e oito

regulamentos ministeriais. Todos os regulamentos da Indonésia relativo à restauração dos recifes de coral defendem um amplo envolvimento comunitário, enfatizando a propriedade conjunta e a responsabilidade partilhada entre as entidades governamentais centrais e locais, bem como as comunidades locais que se beneficiam dos recifes. No decorrer, é perceptível nas leis à disposição que os mecanismos de recuperação podem ser realizados pelo governo e/ou governo regional e/o pelos cidadãos que obtenham benefícios ecossistêmicos diretos ou indiretos. Logo, a notoriedade na responsabilidade dos recursos naturais é transpassado para toda a população. Segundo o Regulamento Presencial nº 12.1/2012:

“A reabilitação pode ser conduzida através da cooperação entre governo, governo regional, pessoa ou comunidade”.

Eventualmente, o sistema para obter permissão de realizar atividades do âmbito alinha-se com a abordagem centrada na comunidade como um todo. Porquanto, para que exista uma facilidade no acesso à licença, os regulamentos da Indonésia são geridos a nível regional, ou seja, as propostas de restauração devem ser consultadas com a Unidade de Trabalho Regional (órgão responsável pelos assuntos marinhos) ou a estrutura regional, sem necessidade de submeter a um órgão governamental (Regulamento Ministerial nº 26/2021).

Além de apresentar um sistema de licenciamento estruturado regionalmente, a legislação da Indonésia exige explicitamente o envolvimento direto das comunidades locais e das partes interessadas, tanto no planeamento como na execução das atividades de restauração. O Regulamento Ministerial nº 26/2021 do MMAF estabelece que os planos de restauração “devem ser consultados com as partes interessadas relacionadas em torno do local de reabilitação, a fim de receber contributos e respostas”. Consequentemente, a legislação da Indonésia relativa à restauração descentraliza a responsabilidade governamental para as autoridades regionais em vez de um centro nacional. Indubitavelmente, é um incentivo para a participação de um conjunto diversificado de comunidades locais e partes interessadas. Por exemplo, o quadro regulamentar do país acomoda uma gama diversificada de técnicas e condutas para a conservação dos recifes de corais. Mas, um detalhe importante é a reiteração na necessidade de respeitar o equilíbrio e diversidade local, além de um ambiente saudável o oceano e para as pessoas que ali residem (Lei nº 1/2014). O Decreto Ministerial do MMAF (Decreto do Diretor Geral de Gestão Espacial Marinha nº 10/2021), fornece diretrizes para uma série de atividades de restauração mas as licenças não são obrigadas a seguir esses preceitos. Consequentemente, o quadro regulamentar da Indonésia poderá conduzir a um elevado grau e diversidade de participação na restauração, ao qual corre o risco de faltar uma abordagem sincronizada. Além disso, a ênfase na implantação sem a exigência de objetivos claramente especificados e metas mensuráveis aumenta o risco de projetos de restauração mal concebidos, que podem não proporcionar benefícios genuínos de conservação. Segundo estimativas de (Razak et al., 2022), foram catalogados 533 projetos de restauração que abrangem 29 das 34 províncias indonésias.

Consequentemente, as iniciativas foram lideradas por entidades públicas(38%), posteriormente o setor privado(15%), universidades(14%) e ONGs(13%). No gráfico abaixo 13, (Razak et al., 2022), traz registros de projetos na Indonésia durante o período de 1990 à 2020.

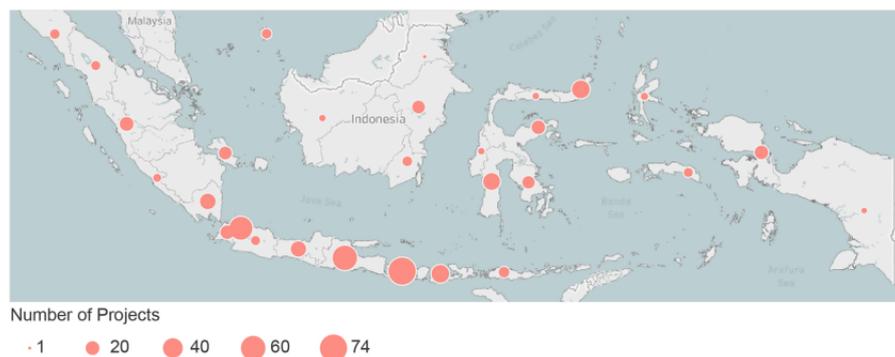


Fig. 1. Indonesia's coral reef restoration projects (1990–2020), aggregated by province. Circles are positioned at the geometric centre of each province; their size is proportional to the number of restoration projects in that province. There are a total of 533 projects in the database. To explore this database further, see the interactive visualisation [here](#).

FIGURA 13. Restauração de corais de recife 1990-2020

Portanto, não é surpresa que um amplo espectro de entidades participe ativamente no estabelecimento de um número substancial de programas de restauração. O estabelecimento de esforços colaborativos entre diferentes setores é uma característica predominante no cenário de restauração do país a fim de superar as limitações de uma estrutura organizacional singular e tornar as iniciativas plurais (Osborne et al., 2021).

4.2. Iniciativas de Restauração na Indonésia

Coral Triangle Centre(CTC)

Devido às políticas de restauração da Indonésia serem orientadas em iniciativas para a comunidade em geral, existem diversos projetos que disponibilizam a especialização em restauração em todo o país. Um exemplo é o Coral Triangle Centre(CTC), entidade de coordenação regional que disponibiliza formação e estudos para empreendimentos individuais na área. O CTC destaca-se neste papel devido às suas ligações com agências nacionais e comunidades locais, bem como à sua experiência na organização de redes comparáveis, como a Coral Triangle MPA Learning Network e Bali Reef Rehabilitation Network (Razak et al., 2022). Essa rede reúne profissionais de toda a região, facilitando interações através de reuniões presenciais e plataformas online, permitindo a troca de conhecimento, discussões sobre desafios enfrentados e oportunidades, padronização de protocolos operacionais e esforços colaborativos para alcançar melhores práticas. É importante ressaltar que estas redes permitem um fluxo bidirecional de informações, garantindo que os profissionais continuem a aprender e a desenvolver as suas capacidades ao longo de seus projetos (Razak et al., 2022).

Yayasan Orang Laut Papua

A reabilitação de habitats e mitigação de ameaças aos recifes de corais são lideradas por diversas iniciativas no país. Como resultado, duas organizações não-governamentais(ONG) Raja Ampat Yayasan Misool Baseftin, desenvolveu processos de restauração e mitigação, com objetivo de remover o plástico marinho devido à doenças que podem influenciar os recifes de corais. Após, esse plástico é reciclado pela comunidade local. Desde 2014, esta iniciativa recolheu com sucesso mais de 2.000 toneladas métricas de plástico reciclável, diminuindo assim o risco de os detritos marinhos causarem danos aos próprios recifes em fase de recuperação (Lamb et al., 2018). Enquanto, a ONG Yayasan Orang Laut Papua desenvolveu um mecanismo de gerenciamento de organismos não-corais através da monitorização colaborativa e a remoção de espécies como estrela-do-mar e coroa-de-espinhos em localidades que a restauração de recifes de corais são circundantes. Dessa forma, a gestão de espécies não-corais cria oportunidades para impulsionar o crescimento e as taxas de sobrevivência dos corais, contribuindo em última análise para o sucesso dos esforços de restauração ampliados (Pratchett et al., 2017). Em conjunto, colaboram com a Autoridade do Parque Marinho Raja Ampat para coordenar um programa conjunto de relatórios e abate de COTS. O website da ONG apresenta um mapa interativo em tempo real de surtos de COTS, permitindo aos utilizadores no terreno contribuir e fornecem formação, equipamento e apoio à capacitação para capacitar grupos locais na identificação, notificação e remoção de estrelas-do-mar. Sobretudo, esta forma de gestão de ameaças externas é reforçada pela seleção meticulosa do local para identificar áreas onde a mitigação de ameaças é viável, bem como pela monitorização ecológica consistente para detectar prontamente ameaças emergentes. Coletivamente, estas estratégias reduzem os perigos enfrentados pelos recifes naturais e reabilitados, acelerando e aumentando assim a escalabilidade dos esforços de restauração (Lamont et al., 2022).

4.3. Atuação da Mars Sustainable Solutions(MSS) na Indonésia

A Mars Sustainable Solutions (MSS) opera sob a Mars, Incorporated, uma empresa privada fundada em 1911, conhecida mundialmente devido as suas marcas de chocolate e produtos para animais de estimação. Apesar deste outro lado não ser reconhecido mundialmente como seus outros produtos, a empresa trabalha com a Indonésia desde 2006 na revitalização e reabilitação de recifes de corais na costa ocidental de Celebes do Sul, especificamente no Arquipélago de Spermonde (Vaughan, 2021). Embora a ligação entre a Mars e a revitalização dos recifes de coral possa não ser imediatamente aparente, ela destaca o compromisso inabalável da empresa em colaborar estreitamente com as comunidades locais, a fim de enfrentar desafios complexos e garantir meios de subsistência sustentáveis dentro das suas redes de abastecimento. Logo, desde o início das operações na Indonésia, a equipa da Mars observou declínios significativos na disponibilidade de pesca costeira, crucial para a segurança alimentar de muitos dentro das suas cadeias de abastecimento (Vaughan, 2021).

Este declínio pode ser atribuído a vários factores, incluindo a degradação dos sistemas de recifes de coral e das populações de peixes que eles sustentam. Enquanto contribuintes essenciais para a biodiversidade marinha, a preservação e o rejuvenescimento dos recifes de coral tem um impacto significativo na potencial revitalização dos ecossistemas costeiros tropicais e nos serviços que prestam às comunidades locais. Aproveitando a sua vasta experiência na Indonésia e reconhecendo o papel fundamental que os recursos costeiros desempenham nas comunidades locais, particularmente nas suas cadeias de abastecimento, a Mars iniciou um esforço de longo prazo centrado na reabilitação e restauração de recifes (Vaughan, 2021). Durante quase vinte anos, a Mars Sustainable Solutions (MSS) dedicou-se ao rejuvenescimento dos recifes de coral e lidera atualmente uma das mais extensas iniciativas a nível mundial, com a missão de contrariar a deterioração prolongada dos recifes de coral. Em 2006, a MSS iniciou o Mars Coral Reef Revival Program, enfatizando a sua iniciativa na biodiversidade do Arquipélago Spermonde, na costa de Makassar, Indonésia. Situado no coração do ambiente marinho mais diversificado e biologicamente complexo do planeta, o Triângulo de Coral (Williams et al., 2019). Na 14, encontram-se todo o sistema de restauração da Mars Assisted Reef Restoration.

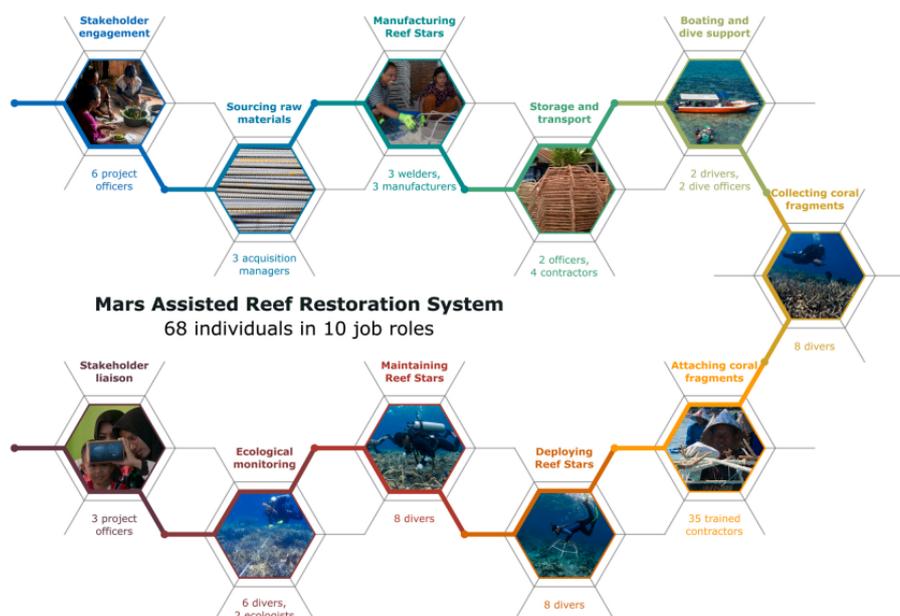


FIGURA 14. Estrutura Organizacional Mars (Williams et al., 2019)

Como o propósito de envolver um esforço fundamental para instruir os parceiros nacionais no Mars Assisted Reef Restoration System (MARRS), a fim de validar sua eficácia na restauração de recifes danificados a um ritmo mais rápido, maior âmbito e custo reduzido em comparação com métodos alternativos desde 2011. Positivamente, o progresso de mais uma década alcançou estimativas de instalação de até 500 estrelas de recife em apenas dois dias por equipes da Mars. (N. Martin et al., 2021).

Estas equipes formadas pelo MARRS fornecem, por sua vez, formação avançada aos participantes, fortalecendo a capacidade global para executar a restauração de corais em

grande escala, acelerando assim o potencial para mudanças transformadoras.. Através deste programa, os participantes estão capacitados para empregar a técnica MARRS para erigir novos recifes de coral em todo o arquipélago indonésio, beneficiando as suas respectivas comunidades. A abordagem MARRS ganhou o reconhecimento de cientistas independentes como um modelo exemplar para a restauração marinha em grande escala. O seu sucesso reside na adaptabilidade da Reef Stars, devido à sua possibilidade de complementar vários outros métodos de restauração para máxima eficácia. Porquanto, técnicas como micro fragmentação, aprimoramento larval e transplante direto. Através de iniciativas que se estendem além dos recifes de corais, comprometem-se com líderes comunitários, representantes e instituições acadêmicas a nível regional e internacional a fim de garantir que os esforços de restauração beneficiem o maior número de pessoas possível.



FIGURA 15. Comunidade local preparando Reef Stars em Pualu Bontosua, Indonésia. («Mars Assisted Reef Restoration System», 2023)

Mediante o exposto, estão envolvidos em projetos colaborativos com comunidades locais, fundações, autoridades e investidores globais em detrimento social e ambiental («Mars Assisted Reef Restoration System», 2023).

Além da restauração dos recifes, financiam projetos que apoiam meios de subsistência sustentáveis ligados aos recifes, melhorando a coesão da comunidade e a compreensão dos esforços de restauração. Estes esforços são guiados por um programa de pesquisa composto por 40 cientistas de 28 instituições de países diferentes («Mars Assisted Reef Restoration System», 2023).

Impulsionados por conhecimentos científicos e pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, suas metodologias são guiadas conforme o Plano Sustentável numa Geração. Além disso, a empresa está envolvida em colaborações com comunidades locais, organizações filantrópicas, órgãos governamentais e investidores globais em vários cenários sociais e ambientais. Isso se dá em consequência da abordagem que visa o envolvimento direta da comunidade, o que aumenta o envolvimento ativo destes na restauração. Além da revitalização dos recifes, alocam recursos para iniciativas destinadas a cultivar meios de subsistência sustentáveis, reforçando a unidade comunitária e aumentando a compreensão

e o envolvimento nos esforços de restauração dos recifes («Mars Assisted Reef Restoration System», 2023).

4.3.1. Atuação

Em 2006, o Mars Assisted Reef Restoration System (MARRS) foi introduzido como uma abordagem inovadora para reabilitar a cobertura de coral em áreas anteriormente reduzidas a escombros devido à extração histórica de corais e à pesca com dinamite. Esta técnica envolve a fixação de fragmentos de coral em “estrelas de recife”, estruturas metálicas interligadas que fornecem um substrato estável. Isto evita o soterramento de novos recrutas de coral causado pelo deslocamento de escombros devido às ondas e marés, um processo que normalmente retarda a recuperação ao longo de décadas ou mais (Fox et al., 2003). Entre 2013 e 2017, este método levou a um aumento notável na cobertura de coral de aproximadamente 10% para 60% numa extensão de recife de 7.000 metros quadrados (Williams et al., 2019). Na Indonésia, um conjunto diversificado de entidades, abrangendo empresas, órgãos governamentais, organizações sem fins lucrativos e operadores de viagens, estão participando ativamente em iniciativas destinadas ao rejuvenescimento. Um exemplo notável de uma organização de tamanho considerável que une esses diversos parceiros com o propósito de expansão mundial é a campanha “Hope Grows” da marca SHEBA®. Este compromisso recente centra-se na promoção da restauração de recifes em regiões tropicais de todos os continentes durante os próximos dez anos («SHEBA Hope Reef», 2023). O envolvimento da marca abre caminho para oportunidades de expansão global, fundindo extensas operações comerciais com empreendimentos liderados pela comunidade. A fase inaugural deste empreendimento envolve o estabelecimento de parcerias com organizações locais para estabelecer uma rede de centros regionais em todo o mundo, que podem servir como centros de formação em restauração («Mars Assisted Reef Restoration System», 2023). Esta rede abrange uma variedade de colaboradores, incluindo a ONG Oceanus, A. C. no México, a agência governamental GBRMPA (Great Barrier Reef Marine Park Authority) na Austrália, e parcerias com o hotel resort Hurawalhi Esses colaboradores locais estão bem preparados para realizar esforços de restauração centrados na comunidade. Ao uni-los com apoio financeiro sustentado e uma visão global, a campanha Hope Grows estabelece uma rede de iniciativas de restauração que angariam apoio internacional, ao mesmo tempo que permanecem fundamentadas em iniciativas locais. Esta extensa iniciativa também gerou considerável atenção do público, ultrapassando o que os projetos de restauração individuais normalmente alcançam.

O seu lançamento recebeu cobertura de algumas das maiores plataformas de mídia internacionais em todo o mundo, atingindo potencialmente uma audiência na casa das dezenas de milhões. Este tipo de exposição poderia melhorar ainda mais os esforços de restauração globais, atraindo financiamento adicional e interesse de outras organizações. Esta parceria cooperativa entre comunidades locais, organizações sem fins lucrativos, entidades do sector privado, autoridades governamentais e grandes empresas oferece um plano encorajador para facilitar a implementação generalizada da restauração dos recifes



FIGURA 16. Manutenção de recifes de corais no projeto Mars Fonte: Antonio Busiello

de coral à escala global. A aplicação bem-sucedida do método MARRS necessita de uma avaliação minuciosa do local, de um planeamento cuidadoso e do envolvimento ativo de todas as partes envolvidas, como a comunidade local, órgãos governamentais locais, nacionais e comunidade científica. Além disso, requer treinamento prático sob a orientação de profissionais experientes para garantir que todo o conhecimento crítico seja transferido, evitando possíveis contratemplos ou mal-entendidos sobre as limitações do método que poderiam levar ao fracasso do projeto (Vaughan, 2021).

A abordagem MARRS foi especificamente elaborada e ajustada para ser adaptável em ambientes remotos, utilizando materiais facilmente obtidos e pré-requisitos tecnológicos mínimos. O seu design enfatiza a eficácia ao mesmo tempo que minimiza os recursos necessários. No entanto, a execução precisa e eficiente do programa exige um domínio abrangente da técnica e treinamento prático no local. Sem essa formação, é provável que a abordagem não produza os resultados desejados e possa até agravar os danos ao ecossistema que pretende reabilitar (Vaughan, 2021).

Na sua essência, a abordagem MARRS demonstra a sua máxima eficácia e utilidade em áreas dominadas por escombros de coral. A técnica foi projetada para permitir a implantação rápida de sistemas modulares ou “Reef Stars”, em uma estrutura semelhante a uma rede, resultando em estrutura física robusta e estabilidade. Conseqüentemente, é mais vantajoso em regiões onde existem extensões substanciais e ininterruptas de leitos de entulho intercalados com corais ou formações rochosas. Outros pré-requisitos para a restauração também são imperativos, tais como uma população próxima de recrutas de peixes e um cenário ambiental adequado, incluindo boa qualidade da água, taxas de fluxo moderadas, profundidade de água adequada e a ausência de factores de stress que possam ter causado inicialmente a degradação do recife.

4.3.2. Reef Star e o processo de restauração

As técnicas de restauração comumente empregadas na Indonésia envolvem a implantação de unidades modulares repetidas, como Reef Balls, EcoReef e Reef Stars. Estas

estruturas modulares oferecem flexibilidade nas configurações de plantio, permitindo um design ecológico inteligente e variáveis (Bachtiar e Prayogo, 2010). Por exemplo, no Sistema de Restauração Assistida de Recifes da MAARS, fragmentos de corais são fixados em estruturas modulares de aço hexagonais conhecidas como Reef Stars. Estes estão interligados em redes em planícies de recifes degradadas, ao qual cada Reef Star suporta um número variável de fragmentos de coral anexados em orientações e posições numerosas (Williams et al., 2019).

Dessa forma, a flexibilidade da estrutura permite experimentos simples que determinam o espaçamento ideal e as configurações necessárias para cada espécie. Por exemplo, num sistema de plantação modular utilizado em Java Central, os fragmentos de coral podem ser implantados tanto horizontal como verticalmente, permitindo abordagens adaptáveis baseadas no contexto ambiental de cada espécie e taxas de sucesso mais alta (Munasik et al., 2020). Essas redes de Reef Stars estabilizam detritos soltos e fornecem uma plataforma robusta para o desenvolvimento de corais transplantados. Com o tempo, o coral cresce e envolve as Reef Stars, integrando-as totalmente na estrutura do recife. Isto cria novos habitats para peixes e invertebrados, além de promover o crescimento de mais corais nativos. À medida que os processos ecológicos naturais são retomados, todo o recife floresce («Mars Assisted Reef Restoration System», 2023). Em certos casos, fragmentos plantados horizontalmente apresentam taxas de sobrevivência mais altas devido ao aumento da estabilidade e à redução da suscetibilidade aos danos das ondas. No entanto, em diferentes contextos, os fragmentos plantados verticalmente têm melhor desempenho porque são menos vulneráveis à sedimentação. Portanto, a capacidade de plantar corais em diversas configurações facilita a variação estratégica que pode levar a um maior sucesso da restauração (Okubo et al., 2005). Por outro lado, em projetos que visam um ambiente recifal mais heterogêneo e com maior complexidade estrutural multidimensional, um desenho solto pode ser empregado, incorporando espaços entre Reef Stars. Esta configuração cobre uma área espacial maior com o mesmo número de instrumentos pode gerar maior complexidade estrutural e uma maior variedade de nichos de habitat para peixes e outras criaturas associadas aos recifes. Isso ocorre porque há mais espaços entre as Reef Stars para animais maiores procurarem abrigo e em estruturas posicionadas em estruturas naturais existentes (Williams et al., 2019). Em suma, a natureza modular do sistema de restauração oferece oportunidades para um design ecológico inteligente, resultando numa estratégia de implantação flexível e na capacidade de priorizar diferentes funções e resultados do ecossistema em cenários variados. De acordo com (Vaughan, 2021), os esforços de restauração na região de Spermonde necessitavam de uma solução que estabilizasse os substanciais leitos de entulho móveis e oferecesse uma plataforma segura para o crescimento de corais. Este sistema tinha que ser versátil, capaz de se adaptar a diversas características físicas do habitat, como a presença de grandes leitos de entulho uniformes ou uma mistura de leitos de entulho e corais de tamanhos variados. Assim, foi concebida uma abordagem modular, inspirando-se em práticas estabelecidas no campo

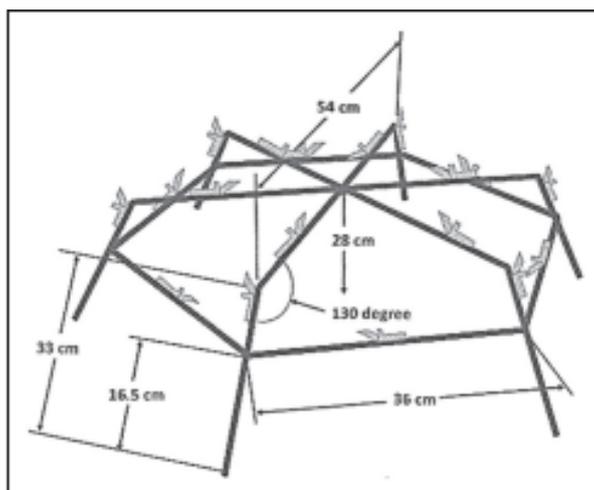


FIGURA 17. Estrutura padronizada da estrela do recife (Williams et al., 2019)

mais amplo da restauração. Esses componentes modulares são chamados de “Reef Stars” 17. Esses componentes são unidades hexagonais com uma cobertura efetiva do solo de aproximadamente 0,74 metros quadrados após instalação. Sua estrutura é característica de barras de aço de origem local, aderindo a dimensões específicas e padronizadas. Cada componente do design da estrela do recife foi refinado para minimizar o uso de materiais, simplificar e padronizar a construção e garantir a integridade estrutural. Além disso, o formato hexagonal facilita o empilhamento, o que, por sua vez, reduz os custos associados ao armazenamento e transporte (Vaughan, 2021).

Os módulos de “Star Reefs” têm a capacidade de serem interligadas, permitindo a cobertura de extensões maiores. Em certos locais, uma infinidade destas unidades, chegando a várias centenas, são combinadas para criar uma rede que abrange extensos leitos de entulho. Atualmente, a prática padrão envolve fixar estrelas de recife juntas na junção de duas pernas, utilizando abraçadeiras duráveis e duradouras, medindo entre 7 e 9 milímetros de espessura. Posteriormente, as porções excedentes desses laços são removidas e reaproveitadas (Vaughan, 2021). No entanto, as “Reef Stars” também podem ser estrategicamente colocadas em pequenos aglomerados, complementando outras técnicas de restauração que concentram-se na fixação de corais em substratos sólidos através de transplante direto, como a micro-fragmentação de corais. Em essência, a abordagem aqui descrita pode ser considerada de forma independente, dadas as condições ambientais apropriadas, ou pode ser integrada como parte de um conjunto de ferramentas mais amplo para a restauração num ambiente ambiental diversificado (Vaughan, 2021). Na região de Spermonde, a sua produção foi estabelecida como microempresas em comunidades situadas perto dos locais de restauração. Um grupo é responsável pela fabricação das estruturas de aço, enquanto uma microempresa comunitária distinta se concentra na aplicação de vários revestimentos nas estrelas brutas do recife. Esta abordagem descentralizada das tarefas não só reforçou o envolvimento no projeto, mas também diversificou os fluxos de receitas locais. Além disso, houve melhora na eficiência operacional ao designar pessoas treinadas e experientes

para tarefas específicas. Consequentemente, cada unidade de produção local é capaz de gerar até 1.000 estrelas de recife mensalmente (Vaughan, 2021).

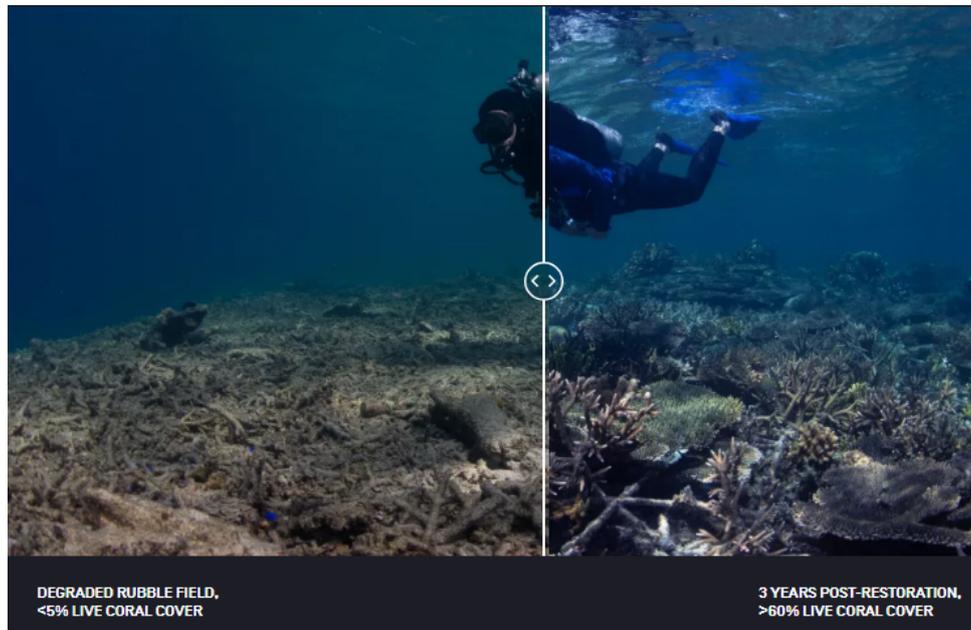


FIGURA 18. Antes e depois da utilização de Reef Stars. Fonte: («Scuba-zoo», 2023)

O processo de restauração variou entre Pulau Badi e Pulau Bontosua devido a implementação de protocolos mais rigorosos no último. Os esforços de restauração em Pulau Bontosua concentraram-se consistentemente em blocos de 50 metros por 20 metros, o que equivale a uma área de 0,1 hectares. Além disso, conforme os níveis de danos aos corais dentro de um bloco, aproximadamente 750 Reef Stars são implementadas em cada um, com uma média de 350 instaladas em um dia. Logo, antes de iniciar o processo de construção, um mapa elaborado do bloco é gerado e utilizado para planejamento. Este mapa é criado colocando fitas de transecção no fundo do mar para delinear os limites do bloco. Posteriormente, são realizados transectos verticais, espaçados em intervalos de 3 metros ao longo do eixo horizontal, resultando em 17 transectos verticais, cada um com 20 metros de comprimento, abrangendo toda a largura do bloco. As características bentônicas do local são avaliadas ao longo de cada linha de transecção utilizando uma técnica clássica de interceptação de linha contínua, concentrando-se apenas em formas de vida grosseiras e categorias de substratos. Estes transectos verticais estão sujeitos a monitorização periódica, pois fornecem uma visão abrangente da resposta do bloco. O mapa de blocos permite o cálculo preciso do número de estrelas de recife necessárias para a construção (normalmente com precisão de $\pm 5\%$) e auxilia a equipe de construção a determinar os pontos iniciais e finais ideais para a construção, bem como o posicionamento e a quantidade de dispositivos de ancoragem necessários. A experiência tem demonstrado que o ponto de partida mais eficaz para a construção é adjacente a uma estrutura de recife de coral vivo existente e a uma próspera comunidade de peixes. A assembleia de peixes posteriormente

migra para a área de construção da estrela do recife, auxiliando na minimização dos esforços de manutenção (principalmente limpeza) necessários, acompanhando efetivamente o processo de construção. Logo, ocorre em 4 etapas:

Etapa 1: Coleta de Coral

O processo de coleta abrange extensas áreas com objetivo de aumentar a diversidade genética dos recifes de corais. Salienta-se, espécies que não se fragmentam naturalmente mas que são abundantes em sistemas naturais de recifes, uma regra bem estabelecida de 10% é aplicada durante a colheita direta. Esta regra determina que não mais do que 10% da colônia deve ser extraída, e isto só deve ocorrer a partir de colônias maduras desprovidas de qualquer doença ou sinais de stress fisiológico. Os fragmentos de coral são recolhidos à mesma profundidade onde ocorrerá a restauração, por vezes ligeiramente mais rasos, mas nunca mais profundos, para evitar o stress induzido pela luz que poderia ocorrer quando o fragmento de coral é realocado para o local de restauração. A área doadora é meticulosamente monitorada e um sistema de rotação é empregado para evitar a colheita excessiva em qualquer área específica. É dada especial atenção para manter o equilíbrio na coleção, garantindo que as proporções do coral extraído reflitam aproximadamente a abundância natural daquela espécie no ambiente. Os fragmentos de coral, sempre maiores que 10 centímetros, mas menores que 20 centímetros para maximizar a utilização da biomassa do coral sem aumentar a mortalidade dos corais, são prontamente transportados de volta ao local de restauração. Aqui, são colocados em cestos subaquáticos, reproduzindo as condições ambientais da construção planejada. Esses corais servem como estoque primário para restauração e serão inteiramente utilizados durante o processo de construção, determinando em última análise o número preciso de estrelas de recife a serem instaladas naquela ocasião específica (Vaughan, 2021).

Etapa 2: Afixação de Coral em Star Reefs

No dia seguinte, os fragmentos de coral armazenados são afixados nas estrelas do recife por membros competentes da comunidade local, cada um representando um dos seis bairros de Pulau Bontosua. O tamanho da força de trabalho pode variar um pouco, mas normalmente é composto por 36 indivíduos organizados em seis equipes de seis. Um treinador experiente supervisiona o processo, garantindo que todos os recém-chegados recebam treinamento adequado antes do início. A fixação do coral começa no início da manhã em pontões flutuantes posicionados em águas rasas adjacentes ao local de restauração. Assim que os fragmentos de coral são fixados nas Reef Stars, são imediatamente devolvidos à água a fim de minimizar o tempo em que ficam expostos ao ar.

Após esse procedimento, são empregadas braçadeiras finas para a fixação e, em aproximadamente quatro semanas, são normalmente obscurecidas pelo crescimento de novos corais. Normalmente, duas braçadeiras são empregadas para fixar cada coral em um padrão predeterminado e fixo em cada barra da estrela do recife, resultando em 15 fragmentos de coral afixados em cada estrela do recife (Vaughan, 2021).

Por ser um procedimento meticuloso, é necessário garantir que o fragmento esteja firmemente preso ao longo de seu maior comprimento horizontal para atingir o máximo contato com a estrela do recife. Segundo testes empíricos, a abordagem acelera a aderência do fragmento à estrela do recife e o crescimento de novos corais. Em última análise, aumenta a integridade física e a resistência a forças externas que os fragmentos podem suportar uma vez que o recife estrelas são implantadas. A formação adequada no manuseamento de corais, a fragmentação segura e as técnicas adequadas de amarração são imperativas para alcançar resultados de alta qualidade com uma taxa de sobrevivência notável de corais transplantados (superior a 95% de sobrevivência no programa Spermonde).

Durante uma sessão de um único dia, em 350 estrelas de recife, 5.250 fragmentos de coral são implantados (o número mais alto num único dia é de 9.900). Normalmente, cada construção dura dois dias até que todos os fragmentos de coral coletados tenham sido implantados, resultando na instalação de entre 600 e 700 estrelas de recife em uma sessão de construção de um a dois dias.

Etapa 3: Implantação das Reef Stars

O processo de implantação das estrelas do recife envolve o transporte das unidades concluídas para o local de restauração através de uma lancha/mergulho, durante o qual as estrelas do recife ficam temporariamente fora da água. Para minimizar esta duração, o transporte ocorre de forma breve a fim de mitigar o tempo fora d'água (figure 23)



FIGURA 19. Implementação de Reef Stars Fonte: («Mars Assisted Reef Restoration System», 2023).

Ao chegar ao local de construção designado, se o local tiver menos de 4 metros de profundidade, uma equipe de mergulhadores qualificados, incluindo alunos da UNHAS, receberá as estrelas do recife na água. Eles então os transportam para o local designado dentro da área definida de construção do recife e os colocam livremente no fundo do mar. Este processo de transferência leva aproximadamente 10 minutos usando o método de

descarga da correia transportadora. Para locais mais profundos, as estrelas do recife são baixadas até o local de construção usando cordas, transportando menos estrelas por vez para minimizar o tempo de exposição do coral ao ar (Vaughan, 2021).

Uma vez posicionadas as estrelas do recife no fundo do mar, uma equipa proficiente de mergulhadores (normalmente quatro indivíduos por grupo) que completaram o programa de formação MARRS interliga todas as estrelas do recife para formar uma teia contínua. As pernas das estrelas de recife são fixadas juntas com braçadeiras de cabos resistentes, e âncoras de aço inoxidável são instaladas em áreas de alto impacto ao longo das bordas externas da teia construída (a cada terceira estrela de recife). A construção de recifes dentro do Spermonde normalmente dura quatro dias, incluindo coleta de corais, instalação e ancoragem. Cada construção é separada por até um mês para se alinhar com as marés mais favoráveis (menor amplitude de maré) e depende das condições sazonais (Vaughan, 2021).

Os esforços de restauração de recifes são notavelmente mais desafiadores em condições climáticas adversas (por exemplo, amplitude de maré alta, exposição e velocidade da corrente), e a maioria dos locais tem uma estação ideal para atividades de restauração quando o clima e as marés são mais propícios. No Spermonde, isto se traduz na implantação de cerca de 700 estrelas de recife por mês, com aproximadamente 10.500 fragmentos de coral (Vaughan, 2021).

No entanto, isto abrange apenas quatro dias de atividade na água, incluindo dois dias de construção, um dia de recolha de corais e um dia de ancoragem e controlo de qualidade. A este ritmo, aproximadamente um hectare de recife pode ser restaurado em cerca de 40 dias dentro de água, desde que todos os materiais sejam preparados e as condições ambientais permaneçam adequadas. É importante observar que esse cronograma representa um máximo teórico para qualquer equipe e local de construção pequena (Vaughan, 2021).

Etapa 4: Manutenção da Construção de Restauração

A fase de manutenção inicial ocorre no último dia de construção, ao qual uma equipa de mergulhadores treinados realizam uma inspeção minuciosa de toda a construção, garantindo a integridade física da teia. Logo, conclui-se a instalação de estacas de aço inoxidável para ancoragem, removendo qualquer excesso de plástico das braçadeiras, verificando a fixação segura de todos os fragmentos de coral e confirmando a ausência de materiais de construção no local.

De acordo com os conhecimentos do programa Spermonde, quando os corais são recolhidos, armazenados e fixados corretamente e a teia estelar do recife está instalada de forma segura no local certo, as necessidades de manutenção são mínimas. No ensaio científico Pulau Bontosua, a manutenção é permitida apenas durante os primeiros três meses, que marca o tempo designado para o início e o fim da construção de um único bloco (Vaughan, 2021).

Mars Sustainable Solutions-Sulawesi

A Mars Sustainable Solutions instituiu um projeto de restauração de recifes em Sulawesi através do uso de Reef Stars. O processo de restauração foi dividido em onze etapas ao qual em cada foi identificadas as necessidades de aprimoramento com base no conhecimento específico local e contexto. Logo, com a otimização dos processos, foi desenvolvida uma seleção de matérias-primas disponíveis em mercados locais a fim de o abastecimento não ser prejudicado pelas restrições do COVID-19. Além disso, a coleta de corais tornou-se mais sustentável através da implementação de procedimentos operacionais padronizados que evitam danos aos recifes “doadores” dos quais os corais são colhidos (Lamont et al., 2022).

Esta abordagem à gestão da cadeia de abastecimento também resultou num alargamento significativo da participação da comunidade local de diversas idades e gêneros, o que contribuiu para o envolvimento da sociedade no projeto. Durante o processo, a aquisição de matérias-primas é frequentemente supervisionada por especialistas de um centro urbano próximo, enquanto a elaboração de Reef Stars é frequentemente realizada por mulheres que vivem em ilhas remotas (Lamont et al., 2022).

Os pescadores locais normalmente lidam com a fixação de corais e a monitorização ecológica envolve frequentemente estudantes de pós-graduação de uma universidade regional próxima. Cada um desses grupos distintos traz experiência e habilidades únicas para suas respectivas responsabilidades, levando a uma produtividade impressionante. A composição diversificada da equipa sublinha a sua natureza inclusiva. Ao dividir todo o processo de restauração em tarefas menores e gerenciáveis, a Mars conseguiu aumentar a eficiência operacional e, ao mesmo tempo, promover uma cultura de propriedade e tomada de decisões compartilhadas (Lamont et al., 2022).

O projeto de restauração iniciou-se na província de Sulawesi do Sul no arquipélago de Spermonde, expandindo-se posteriormente para outras regiões da Indonésia, Austrália e México. Entretanto, a localidade foi escolhida primeiramente devido ao histórico de intensa pesca explosiva e mineração de corais. Estas atividades resultaram em formações de entulho de coral áridas e altamente móveis, o que diminuiu drasticamente a biodiversidade da região.

O intuito do projeto era conceber uma solução acessível, de baixa tecnologia e facilmente escaláveis a fim de reabilitar os recifes de corais afetados da região. Logo, esta abordagem visa acelerar a recuperação ecológica natural dos recifes danificados, fornecendo uma base estável para o crescimento dos corais, estabelecendo subsequentemente um habitat para várias espécies de invertebrados e peixes.

Consequentemente, o objetivo inicial do projeto era restaurar o sistema, com a expectativa de que, ao longo do tempo, os processos ecológicos naturais retornariam, o aumento da diversidade e a produtividade dos recifes para a comunidade local. O programa foi meticulosamente concebido e executado em plena parceria com a comunidade local, entidades governamentais, bem como investigadores regionais e globais (Vaughan, 2021).

Numerosas abordagens de restauração foram avaliadas durante os anos iniciais do programa, culminando no desenvolvimento do MARRS. Esta metodologia adota uma perspectiva de cadeia de abastecimento, com cada elo da cadeia representando um conjunto distinto de tarefas cuja execução foi refinada para maximizar a eficiência e escalabilidade da técnica.

A Mars e o Arquipélago de Spermonde

A iniciativa de restauração do MARRS envolveu diretamente duas comunidades insulares do Arquipélago Spermonde, localidade caracterizada por um vasto ecossistema de recifes irregulares, caracterizados dentro do Triângulo de Corais. Este arquipélago abrange cerca de 120 ilhas densamente povoadas, ao qual estendem-se até 60 km da costa. Seu biosistema é lar de recifes de corais em franjas, manchas e barreiras. Entretanto, o bem-estar destes sistemas diferem-se devido à sua proximidade de assentamentos e locais mais atingidos por danos físicos (Vaughan, 2021).

As ilhas do arquipélago assentam numa plataforma carbonática rasa que se estende por cerca de 2.500 km², com uma população total de cerca de 50.000 habitantes. Embora uma visão geomorfológica abrangente do Spermonde seja fornecida por (Kench e Mann, 2017), em termos gerais, pode ser classificado em três zonas – externa, média e interna – com características distintas relacionadas à qualidade e exposição da água. Abaixo, um exemplo de estudo em Pulau Badi (Vaughan, 2021). Os esforços de manutenção no projeto de Spermonde concentram-se principalmente em duas áreas principais:

Mortalidade e Saúde dos Corais: Qualquer fragmento de coral que tenha perecido durante o processo de restauração é registado e substituído. As evidências do Spermonde indicam baixa mortalidade geral, ocorrendo provavelmente na primeira semana de instalação. Fragmentos de corais mortos ou doentes são removidos e substituídos. No caso de Spermonde, esta taxa de substituição foi inferior a 1% dos fragmentos de coral realocados (Vaughan, 2021).

Gestão de Macro-algas em Estrelas de Recife: Isto é particularmente crucial nas fases iniciais da restauração durante os primeiros meses pós-construção, até que uma população próspera de herbívoros se estabeleça dentro do recife recém-restaurado. Normalmente, esse processo leva até três meses em Spermonde e envolve técnicas diretas de remoção de algas por uma equipe de mergulhadores treinados e equipados com escovas de cerdas de náilon firmes. Em Spermonde, esta remoção de algas ocorre um, dois e três meses após a construção do recife. No entanto, em ambientes mais ricos em nutrientes, pode ser necessário aumentar a frequência de limpeza. Além disso, em situações em que existe uma superabundância de donzelas territoriais que cultivam algas, pode haver uma carga elevada de algas nas estrelas do recife, sendo necessária uma decisão entre reduzir o número de donzelas ou aumentar a frequência de limpeza (Vaughan, 2021).

Pulau Badi

Pulau Badi é o lar de aproximadamente 1.900 residentes em 460 famílias, a maioria dos quais depende fortemente da pesca para obter rendimentos. Segundo relatórios locais, a encosta externa e a planície do recife foram submetidas a bombardeios há cerca de três décadas. Como se não bastasse, em conjunto com práticas de pesca destrutivas, a criação de canal para barcos e a extração de corais para o desenvolvimento local. Por consequência, a destruição de quase todo o habitat ocorreu, ecossistema que protege a ilha de futuras erosão (Williams et al., 2019).

Atualmente, a erosão constitui uma grande preocupação para a ilha diretamente com as visíveis consequências na escassez de recursos pesqueiros provenientes dos recifes adjacentes à ilha. O bombardeio de peixes em Pulau Badi cessou há muitos anos, e uma área relativamente pequena foi designada como Daerah Perlindungan Laut (DPL), ou seja, uma zona proibida devido ao Projeto de Reabilitação e Gestão de Recifes de Coral («COREMAP», 2023).

Posteriormente à restauração, cerca de 80% da crista e da superfície do recife consistia em escombros de corais móveis, com apenas 5–10% de cobertura de corais vivos e uma população de peixes gravemente esgotada. A restauração começou em 2013 perto do cais principal da ilha e progrediu continuamente ao longo do lado sudeste do local, tendo inicialmente 2 hectares de recifes em Pulau Badi foram restaurados. No entanto, os esforços de restauração foram conduzidos em segmentos distintos, demarcados tanto no espaço como no tempo (Williams et al., 2019). Após o sucesso visível do projeto Pulau Badi, várias outras comunidades insulares manifestaram interesse na restauração dos recifes.

Após receber diversos pedidos de restauração em comunidades insulares, após um intenso estudo o Arquipélago de Bontosua foi escolhido. Com uma população de apenas 1.090 indivíduos em 270 famílias, emergiu como o local mais adequado para a fase de restauração que se seguiu devido à necessidade expressa pela comunidade e seu desejo de restauração. Enquanto a restauração de Pulau Badi se centrou exclusivamente na reabilitação de habitats críticos, a restauração de Pulau Bontosua foi concebida como uma investigação científica em grande escala, conduzida em colaboração com a comunidade local e com o apoio dos líderes comunitários. Além disso, recebeu contribuições de vários consultores científicos nacionais e internacionais (Vaughan, 2021).

O objetivo central da iniciativa de restauração de Pulau Bontosua era reavivar as comunidades de corais, sendo o objetivo secundário executar a restauração de uma forma padronizada, guiada por princípios científicos. Esta abordagem teve como objetivo avaliar a eficácia ecológica da técnica MARRS e avaliar o impacto da restauração de corais numa comunidade insular. O estudo incluiu locais com comunidades robustas de recifes de coral e negativos (locais considerados adequados para restauração, mas deixados intocados) (Vaughan, 2021).

A restauração ativa ocorreu em blocos experimentais, demarcados no fundo do mar, cada um medindo 50 × 20 metros. Cada bloco foi iniciado e concluído num período

definido de três meses, permitindo avaliar a influência do tempo na resposta ecológica, que poderia ser comparado aos controles. Além do estabelecimento de áreas significativas de viveiros de corais, nove destes blocos foram construídos desde o início do projeto em 2017, com novas construções planejadas de acordo com acordos originais com os representantes da comunidade local (Vaughan, 2021).

A resposta ecológica da restauração de Pulau Bontosua foi monitorada sistematicamente usando procedimentos operacionais padronizados e uma equipe de pesquisadores da Universidade Hasanuddin (UNHAS) e da Universidade de Rhode Island (URI), ao qual concebeu e executou um programa de ciências sociais visando na avaliação do impacto do programa de restauração nos meios de subsistência da comunidade e na eficácia de um programa de extensão comunitária (Vaughan, 2021). Salisi's Besar O Sheba Hope Grows da MARRS, é um projeto em Salisi's Besar, na Indonésia, com objetivo de restaurar recifes de corais através do desenvolvimento de soluções adequadas para cada ecossistema transformou as soluções desenvolvidas pela empresa, através da nova iniciativa intitulada "Reef Stars". São estruturas hexagonais produzidas por comunidades locais utilizando materiais coletados de forma sustentável e de origem local. As infraestruturas são revestidas com resina e areia de coral afim de estimular a colonização de corais e outras formas de vida marinha através da anexação em cada Reef Star («Mars Assisted Reef Restoration System», 2023). O grande empreendimento conhecido como Big Build, um componente da iniciativa SHEBA Hope Grows (anteriormente SHEBA Hope Reef), envolve mais de 500 indivíduos ativamente envolvidos na restauração de recifes de coral, com o objetivo de reabilitar mais de 185.000 metros quadrados até 2029. O projeto conhecido como Mars Assisted Reef Restoration System (MARRS), é extramente abrangente devido à colaboração com comunidades locais para estabelecer programas sustentáveis e monitorização de recifes rejuvenescidos com a finalidade de garantir um impacto positivo em todo ecossistema. Além do trabalho com as comunidades locais, tem parceria co ONGs, governo e meios privados («Mars Assisted Reef Restoration System», 2023). Segundo dados fornecidos, durante a iniciativa foram restaurados 79.000 metros quadrados de recife, 90.000 corais plantados, 60.000 Reef Stars instaladas e 30 localidades de Reef Stars instaladas em 7 países. Além disso, um aumento de 12x na cobertura de corais, um aumento de três vezes na população de peixes e biomassa de peixes 2 vezes maior. Os esforços da SHEBA na revitalização dos recifes de coral, exemplificados pelo estabelecimento do Hope Reef na Indonésia em 2021, demonstraram resultados promissores, manifestando-se em aumentos notáveis no crescimento dos corais (de 2% a 70%), na população de peixes (260%) e diversidade de espécies de peixes (64%).

CAPÍTULO 5

Conclusão

Em suma, a restauração dos recifes de coral na Indonésia constitui um testemunho convincente da integração harmoniosa da conservação ecológica e do desenvolvimento econômico, perfeitamente alinhado com os princípios e objetivos da Economia Azul. Através de esforços meticulosos de restauração e da implementação estratégica de Áreas Marinhas Protegidas Polivalentes (MARS), a Indonésia tem protegido seu ecossistema, além de catalisar o surgimento de uma EA próspera. Logo, este estudo de caso ilustra como a sustentabilidade dos ecossistemas marinhos não é antiética ao crescimento econômico, mas sim uma simbiótica ligação. A adoção de uma governação multinível, conceito angular no paradigma da Economia Azul, facilita a abordagem colaborativa à gestão de recursos aos quais vários intervenientes, desde comunidades locais a organismos governamentais, trabalham em conjunto para traçar um rumo sustentável. Este modelo inclusivo capacita aqueles que estão mais próximos dos recursos marinhos, garantindo que os seus meios de subsistência e bem-estar sejam componentes integrais da narrativa de conservação.

Ao abordar a nossa questão inicial “Como é que a restauração dos recifes de coral na Indonésia se alinha com os princípios e objetivos da economia azul, e que papel desempenha a MARS neste contexto?”, é evidente que os esforços de restauração dos recifes de coral na Indonésia servem como eixo na concretização dos princípios fundamentais da economia azul. Ao reabilitar estes ecossistemas críticos, não só preservamos a biodiversidade e a integridade ecológica, mas também promovemos o crescimento econômico e a sustentabilidade que sustentam o quadro da Economia azul.

A relação simbiótica entre a restauração de corais e a Economia Azul é ainda insertada pela aplicação da teoria da governação multi-nível, devido a sua atuação como catalisador para a tomada de decisões colaborativas e inclusivas, reunindo diversas partes interessadas com interesses divergentes. Através desta abordagem, testemunhamos uma convergência de esforços que transcende as fronteiras tradicionais, garantindo que os recursos marinhos são geridos de forma eficiente e equitativa. A governação multinível é particularmente relevante por ser um sistema em que a tomada de decisões e a implementação de políticas são distribuídas por vários níveis de governo e intervenientes não governamentais, cada um com as suas próprias esferas de influência e responsabilidades. No caso da restauração dos recifes de coral na Indonésia ao qual desempenha um papel fundamental na orquestração de uma abordagem coordenada e eficaz.

A nível nacional, o governo indonésio estabelece políticas e regulamentos abrangentes relacionados com a conservação ambiental, o desenvolvimento sustentável e a gestão dos

recursos marinhos, através de políticas que fornecem o quadro amplo dentro do qual operam as iniciativas de restauração dos recifes de coral.

Passando para os níveis regional e local, vemos o envolvimento dos governos provinciais e municipais, bem como das comunidades locais e organizações não governamentais. Estas entidades têm frequentemente um impacto mais direto e imediato na gestão das zonas costeiras e dos recursos marinhos, tornando-as atores-chave na implementação de projetos de restauração de recifes de coral.

Além disso, a governação multinível abrange atores e acordos internacionais, logo, como a Indonésia é nação arquipelágica, está sujeita a convenções e acordos internacionais relacionados com a conservação marinha e o desenvolvimento sustentável. A colaboração com organizações internacionais, instituições de investigação e governos estrangeiros pode fornecer conhecimentos valiosos, financiamento e apoio técnico aos esforços de restauração dos recifes de coral. No contexto da tese, este quadro de governação multinível sublinha a necessidade de uma abordagem coordenada, inclusiva e adaptativa para a restauração dos recifes de coral. Reconhece que o sucesso de tais iniciativas depende da colaboração e comunicação eficazes entre os intervenientes a vários níveis, cada um contribuindo com a sua experiência, recursos e conhecimentos locais.

Ao abraçar os princípios da governação a vários níveis, o projeto de restauração dos recifes de coral na Indonésia exemplifica o potencial para diversas partes interessadas trabalharem em conjunto para um objetivo comum. Esta abordagem garante que os esforços de restauração não são apenas ecologicamente corretos, mas também social e economicamente sustentáveis, alinhando-se com os objetivos mais amplos do quadro da Economia Azul. No Estudo de Caso, testemunhamos o potencial transformador da restauração dos recifes de coral na catalisação do crescimento econômico, no aumento da produtividade da pesca e no reforço do ecoturismo. Estes resultados tangíveis não só validam a viabilidade do paradigma da EA, mas também sublinham a sua necessidade face aos crescentes desafios ambientais. Em suma, a restauração dos recifes de coral na Indonésia constitui um farol de esperança, ilustrando que a conservação ambiental e o avanço econômico não são esforços mutuamente exclusivos. Em vez disso, constituem a base de uma Economia Azul sustentável e próspera, onde o bem-estar dos ecossistemas marinhos e das comunidades costeiras está intrinsecamente ligado. À medida que avançamos, é imperativo que continuemos a defender iniciativas que defendam os princípios da economia azul, guiados pelo espírito colaborativo encapsulado no quadro MARS. Através destes esforços concertados, embarcamos numa jornada colectiva rumo a uma economia azul próspera, resiliente e equilibrada que deixe um legado de abundância para as gerações futuras.

5.1. Objetivos

O objetivo principal estabelecido no início da realização desta dissertação era a compreensão de que modo a Economia Azul é capaz de contribuir positivamente para a restauração dos ecossistemas marinhos, tendo como base o Estudo de Caso sobre a restauração de recifes na Indonésia, tendo enfoque o principal stakeholder da área, “Mars Sustainable

Solutions”. Após a análise efetuada aos dados recolhidos em livros, artigos acadêmicos e literatura cinza, constata-se que embora seja uma área em fase de estabelecimento, é extremamente promissora e tem o potencial de revolucionar o combate à destruição em massa que os recifes de corais tem vivenciando nas últimas décadas. A Economia Azul, com a sua ênfase em atividades econômicas responsáveis e inclusivas, oferece um caminho para aproveitar o imenso potencial dos recursos marinhos. Através de suas estratégias, fornece um modelo para um desenvolvimento econômico equilibrado que respeita o ambiente natural. O caso da Mars na Indonésia ilustra vividamente como um esforço concertado no sentido de uma abordagem centrada na EA pode produzir benefícios tangíveis tanto para os meios de subsistência locais como para a economia em geral. A restauração de corais surge como um componente central dentro deste paradigma., como visto, a degradação dos recifes de coral não só põe em risco a biodiversidade, mas também ameaça as bases econômicas das comunidades costeiras. Através de técnicas inovadoras, como viveiros de corais, recifes artificiais e programas de envolvimento comunitário, os esforços de restauração têm apresentado sinais promissores de recuperação. O projeto Mars na Indonésia serve como prova da eficácia destes esforços através de um notável renascimento de ecossistemas de corais outrora esgotados. Além disso, o estudo de caso de Mars sublinha a importância do planeamento holístico e da abordagem multilateral entre setores, fomentando a indispensabilidade do envolvimento das comunidades locais neste processo para o sucesso das iniciativas, Destaca-se a importância de envolver as partes interessadas a todos os níveis, desde a formulação de políticas à implementação no terreno, a fim de alcançar um impacto duradouro. À medida que avançamos, é imperativo que continuemos a defender os princípios de sustentabilidade, inovação e inclusão no quadro da Economia Azul. O caso de Mars na Indonésia proporciona um farol de esperança, demonstrando que, com esforços concertados, podemos não só restaurar a vitalidade dos nossos oceanos, mas também criar comunidades prósperas e resilientes que estejam em harmonia com o seu ambiente natural. Em conclusão, a jornada rumo a uma Economia Azul sustentável, interligada com a Restauração de Corais, não é apenas um imperativo moral, mas também uma oportunidade econômica que contém a promessa de um futuro mais brilhante e mais equilibrado para as regiões costeiras de todo o mundo. Ao aprender e replicar sucessos como o projeto Mars na Indonésia, podemos preparar o caminho para um mundo próspero e centrado no azul.

5.2. Limitações e Trabalhos Futuros

Na elaboração do presente trabalho, existiram limitações em alguns aspectos decorridos e na recolha de dados. Apesar de ser uma área promissora que vem amadurecendo no decorrer dos anos, é perceptível que existem abordagens que tratam a EA como a economia oceânica comumente aplicada anteriormente. Apesar de aplicar os conceitos do desenvolvimento sustentável em áreas da economia oceânica, é perceptível que diversas organizações e empresas, usufruem deste novo quesito para aplicar a concepção de “green washing”. Logo, acredito ser necessário uma maior fiscalização destes organismos

que usam o nome apenas em vão. Além disso, os países devem ter uma atuação mais abrangente em relação à Economia Azul e a preservação dos ecossistemas marinhos, devido ao crescente impacto nos recifes de corais ao redor do mundo, resultado de ações não sustentáveis. É necessário entender que as consequências da exploração desenfreada dos recursos marinhos tem consequências que crescem a cada dia mais. Nas barreiras identificadas na recolha de dados e na tentativa de comunicação com empresas da área, destaca-se a dificuldade de monitoração em projetos de restauração de recifes de corais, além da disponibilidade de dados de fácil acesso na internet. Ademais, a dificuldade de contatar organizações que atuam na restauração de recifes e Economia Azul, ao qual ressalto a imprescindibilidade da democratização do contato com a comunidade científica e geral a fim de popularizar estes procedimentos. Logo, a evolução do projeto da Mars na Indonésia e outros, é perceptível mas existem dificuldades para a obtenção da informação, junto das empresas responsáveis, sobre os mecanismos e dados atualizados, principalmente devido à política de baixo custo e restrição de dados à sociedade em geral. Em suma, apesar das limitações encontradas, foi possível identificar recomendações sobre a Economia como mecanismo de preservação de ecossistemas marinhos, no que respeita à preservação combinada com uma economia do mar próspera. Apesar de existir lacunas que são necessárias para desenvolver, é necessário o seguimento dos estudos sobre o impacto ambiental, maior acompanhamento das organizações internacionais e Estados sobre a área e a apresentação de relatórios anuais sobre os custos e benefícios não apenas da EA na conservação de ecossistemas marinhos mas em termos gerais.

Bibliografia

- A., A. (2023). *Economia azul: o papel da segurança marítima no desenvolvimento económico dos oceanos 2022*. https://idi.mne.gov.pt/images/Revista_NE/PDF/n%C2%BA22_Oceanos/RnegociosEstrangeiros_13_Economia_azul_o_pape.pdf
- Arthur, P. (2000). Globalization and Environment: between apocalypse—blindness and ecological modernization. *Environment and Global Modernity*, edited by G. Spaargaren APJ M01 and EH. Buttel]. London: Sage Studies in International Sociology, 121–150.
- Bachtiar, I., & Prayogo, W. (2010). CORAL RECRUITMENT ON REEF BALL TM MODULES AT THE BENETE BAY, SUMBAWA ISLAND, INDONESIA. *Journal of Coastal Development*, 13(2), 119–125.
- Baker, M. L. (2011). Toward an African maritime economy: Empowering the African Union to revolutionize the African maritime sector. *Naval War College Review*, 64(2), 39–62.
- Bank, W. (1992). *Governance and development*.
- Barnes, D. (1980). Larval settlement: A major adaptive transition in the life history of reef-building corals. *Marine Biology*, 59, 151–159.
- Bennett, N. J., Blythe, J., White, C. S., & Campero, C. (2021). Blue growth and blue justice: Ten risks and solutions for the ocean economy. *Marine Policy*, 125, 104387.
- Boström-Einarsson, L., Babcock, R. C., Bayraktarov, E., Ceccarelli, D., Cook, N., Ferse, S. C., Hancock, B., Harrison, P., Hein, M., Shaver, E., et al. (2020). Coral restoration—A systematic review of current methods, successes, failures and future directions. *PloS one*, 15(1), e0226631.
- Bueger, C. (2015). What is maritime security? *Marine Policy*, 53, 159–164.
- Burke, L., Reytar, K., Spalding, M., & Perry, A. (2012). Reefs at risk revisited in the Coral Triangle.
- Catlin Seaview Survey*. (2023). <https://www.theoceanagency.org/projects/catlin-seaview-survey>
- Catton Jr, W. R., & Dunlap, R. E. (1978). Environmental sociology: A new paradigm. *The american sociologist*, 41–49.
- CCI. (2023). <https://sdgs.un.org/partnerships/caribbean-challenge-initiative-cci>
- Ceccarelli, D. M., McLeod, I. M., Boström-Einarsson, L., Bryan, S. E., Chartrand, K. M., Emslie, M. J., Gibbs, M. T., Gonzalez Rivero, M., Hein, M. Y., Heyward, A., et al. (2020). Substrate stabilisation and small structures in coral restoration: State

- of knowledge, and considerations for management and implementation. *PLoS one*, 15(10), e0240846.
- Cisneros-Montemayor, A. M., Moreno-Báez, M., Reygondeau, G., Cheung, W. W., Crossman, K. M., González-Espinosa, P. C., Lam, V. W., Oyinlola, M. A., Singh, G. G., Swartz, W., et al. (2021). Enabling conditions for an equitable and sustainable blue economy. *Nature*, 591(7850), 396–401.
- Clausen, C., & Roth, A. (1975). Effect of Temperature and Temperature Adaptation on Calcification Rate in the Hermatypic Coral *Pocillopora damicornis*. *Marine Biology*, 33, 93–100. <https://doi.org/10.1007/BF00390713>
- Coelho, P. N. (2020). A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do mar de 1982. *IPRI Revista Relações Internacionais*, 66, 11–35.
- Confraria, J. (2011). Economia e política do mar. *Cadernos de Economia*, 24(95), 14–16.
- Coral Reef NOAA. (2020). <https://coralreef.noaa.gov/>
- COREMAP. (2023). <https://documents1.worldbank.org/curated/en/734281474649760209/pdf/000020051-20140613045551.pdf>
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2016). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage publications.
- CTI-CFF. (2023). <https://www.coraltriangleinitiative.org/about>
- Darwin, C. (1842). *The Structure and Distribution of Coral Reefs: Being the First Part of the Geology of the Voyage of the Beagle, Under the Command of Capt. Fitzroy, R.N. During the Years 1832 to 1836*. Smith, Elder.
- de Jesus Pereira, S. (s.d.). A economia do mar na triangulação Portugal-Brasil-África: o Mar Lusófono enquanto espaço de afirmação estratégica.
- de Souza Minayo, M. C., Deslandes, S. F., & Gomes, R. (2011). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Editora Vozes Limitada.
- Dicken, P. (1992). Global shift: The internationalization of economic activity. (*No Title*).
- Dight, I. J., & Scherl, L. (1997). The International Coral Reef Initiative (ICRI): Global priorities for the conservation and management of coral reefs and the need for partnerships. *Coral Reefs*, 16, S139–S147.
- Djohani, R. (1995). The combat of dynamite and cyanide fishing in Indonesia. *The Nature Conservancy, Jakarta, Indonesia*.
- Droxler, A., & Jorry, S. (2020). The Origin of Modern Atolls: Challenging Darwin’s Deeply Ingrained Theory. *Annual review of marine science*, 13. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-122414-034137>
- Dunlap, R. E. (1994). The nature and causes of environmental problems: A socio-ecological perspective. *Environmental and Development: A Sociological Understanding for the Better Human Conditions*, Seoul, 45–84.
- Dustan, P. (1977). Vergent patterns of coral growth in the Cane Bay St. Croix, USVI: A comparative study. *Bulletin of Marine Science*, 27, 838–844.

- Eco-Innovation in Industry – Enabling Green Growth, Paris, OECD.* (2009). https://read.oecd-ilibrary.org/environment/eco-innovation-in-industry_9789264077225-en#page1
- Eikeset, A. M., Mazzarella, A. B., Davíðsdóttir, B., Klinger, D. H., Levin, S. A., Rovenskaya, E., & Stenseth, N. C. (2018). What is blue growth? The semantics of “Sustainable Development” of marine environments. *Marine Policy*, *87*, 177–179.
- EUR-Lex - 128102 - EN - EUR-Lex.* (2023). <https://eur-lex.europa.eu/PT/legal-content/summary/convention-on-biological-diversity.html>
- Europeia, C. (2023). https://portugal.representation.ec.europa.eu/news/biodiversidade-dos-oceanos-acordo-mundial-sobre-protecao-e-utilizacao-sustentavel-dos-recursos-e-da-2023-03-06_pt
- Fabricius, K. E., Hoegh-Guldberg, O., Johnson, J. E., McCook, L., & Lough, J. (2007). Vulnerability of coral reefs of the Great Barrier Reef to climate change.
- Fairoz, M. (2022). Coral Reefs and Blue Economy. Em *Blue Economy: An Ocean Science Perspective* (pp. 21–53). Springer.
- Fisher, R., O’Leary, R. A., Low-Choy, S., Mengersen, K., Knowlton, N., Brainard, R. E., & Caley, M. J. (2015). Species richness on coral reefs and the pursuit of convergent global estimates. *Current Biology*, *25*(4), 500–505.
- Fizzy Transition.* (2021). <https://fizzytransition.com/>
- Fmars.* (2023). <https://www.frontiersin.org/ARTICLES/10.3389/fmars.2020.00586/full>
- Fox, H. E., Harris, J. L., Darling, E. S., Ahmadi, G. N., Estradivari & Razak, T. B. (2019). Rebuilding coral reefs: success (and failure) 16 dates after low-cost, low-tech restoration. *Restoration ecology*, *27*(4), 862–869.
- Furtado, C. (1992). Brasil: a construção interrompida. (*No Title*).
- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research policy*, *33*(6-7), 897–920.
- Ginga, D. (2020). importância da governação integrada do oceano para uma Economia azul em Angola: The importance of integrated ocean governance for a blue economy in Angola. *Perspectivas-Journal of Political Science*, *23*, 22–35.
- Ginga, D. F. C., et al. (2014). Angola e a Complementaridade do Mar: O mar enquanto fator geoestratégico de segurança, defesa e de afirmação.
- Global Coral Reef Monitoring Network.* (2020). <https://gcrmn.net/>
- Glynn, P. (1993). Glynn, P. W. Coral bleaching: ecological perspective. *Coral Reefs* *12*, 1–17. *Coral Reefs*, *12*, 1–17. <https://doi.org/10.1007/BF00303779>
- Gonçalves, D. B. (2005). Desenvolvimento sustentável: o desafio da presente geração. *Revista espaço acadêmico*, *5*(51), 1–7.
- Group, W. B. (2017). *The Potential of the Blue Economy: Increasing Long-term Benefits of the Sustainable Use of Marine Resources for Small Island Developing States*

- and Coastal Least Developed Countries. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/15434Blue_EconomyJun1.pdf
- Guba, E. G., & Lincoln, Y. S. (1981). *Effective evaluation: Improving the usefulness of evaluation results through responsive and naturalistic approaches*. Jossey-Bass.
- H., C. (2000). Collected essays on the economics of coral reefs. *CORDIO Kalmar University, Sweden*.
- Hughes, T. P. (1984). Population Dynamics Based on Individual Size Rather than Age: A General Model with a Reef Coral Example. *The American Naturalist*, 123(00030147, 15375323), 778–795.
- Huxley, A. (2015). Australian Blue Paper No 1: The BLUE ECONOMY10 Years-100 Innovations100 MILLION JOBS. Retrieved from Victoria: www.moss.org.au.
- Innova, E., & Inno, P. (2008). The concept of clusters and cluster policies and their role for competitiveness and innovation: main statistical results and lessons learned. *Europe paper*, 9.
- Johnson, I. (s.d.). NGOs—Key Players in Fighting Global Environmental Challenges-1 Greetings from Club of Rome-Celebrating Launch of Club’s Japan Chapter. *Japan Spotlight*, 30(1), 6.
- Junior, E. B. L., de Oliveira, G. S., dos Santos, A. C. O., & Schnekenberg, G. F. (2021). Análise documental como percurso metodológico na pesquisa qualitativa. *Cadernos da FUCAMP*, 20(44).
- Kench, P. S., & Mann, T. (2017). Reef island evolution and dynamics: insights from the Indian and Pacific Oceans and perspectives for the Spermonde Archipelago. *Frontiers in Marine Science*, 4, 145.
- Knowlton, N. (2001). The future of coral reefs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(10), 5419–5425. <https://doi.org/10.1073/pnas.091092998>
- Krugman, P. (2009). Increasing returns in a comparative advantage world.
- 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., et al. (2018). Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science*, 359(6374), 460–462.
- Lamont, T. A., Razak, T. B., Djohani, R., Janetski, N., Rapi, S., Mars, F., & Smith, D. J. (2022). Multi-dimensional approaches to scaling up coral reef restoration. *Marine Policy*, 143, 105199.
- Mars Assisted Reef Restoration System*. (2023). <https://www.buildingcoral.com/>
- Martin, L. P. (2012). *Governança oceânica: bases estratégicas para o desenvolvimento do "Mar dos Açores"* [tese de doutoramento, Universidade dos Açores (Portugal)].
- Martin, N., Bernat, T., Dinasquet, J., Stofko, A., Damon, A., Deheyn, D. D., Azam, F., Smith, J. E., Davey, M. P., Smith, A. G., et al. (2021). Synthetic algal-bacteria consortia for space-efficient microalgal growth in a simple hydrogel system. *Journal of Applied Phycology*, 33, 2805–2815.

- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens III, W. W. (1972). The limits to growth-club of rome.
- Mela, A., Belloni, M. C., Davico, L., & Santos, I. T. (2001). *A sociologia do ambiente*.
- Miloslavich, e. a., Patricia. (2022). Developing Capacity for Ocean Science and Technology. https://doi.org/10.1007/978-981-19-5065-0_15
- Mulazzani, L., Trevisi, R., Manrique, R., & Malorgio, G. (2016). Blue growth and the relationship between ecosystem services and human activities: the Salento artisanal fisheries case study. *Ocean & Coastal Management*, *134*, 120–128.
- Munasik, M., Sabdono, A., N Assyfa, A., Permata Wijayanti, D., Sugiyanto, S., Irwani, I., & Priyadi, R. (2020). Coral transplantation on a multilevel substrate of Artificial Patch Reefs: effect of fixing methods on the growth rate of two Acropora species.
- NASCIMENTO, F. P. d., & Sousa, F. (2016). Classificação da Pesquisa. Natureza, método ou abordagem metodológica, objetivos e procedimentos. *Metodologia da Pesquisa Científica: teoria e prática—como elaborar TCC. Brasília: Thesaurus*.
- Newton, J., Feely, R., Jewett, E., Williamson, P., & Mathis, J. (2015). Global ocean acidification observing network: requirements and governance plan.
- Newton, K., Côté, I., Pilling, G., Jennings, S., & Dulvy, N. (2007). Current and Future Sustainability of Island Coral Reef Fisheries. *Current biology : CB*, *17*, 655–8. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2007.02.054>
- Novak, B. J., Phelan, R., & Weber, M. (2021). US conservation translocations: Over a century of intended consequences. *Conservation Science and Practice*, *3*(4), e394.
- Obura, e. a., David. (2019). Coral Reef Monitoring, Reef Assessment Technologies, and Ecosystem-Based Management. *Frontiers in Marine Science*, *6*, 580. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00580>
- ODS-1. (2023). <https://ods.pt/objectivos/13-combater-as-alteracoes-climatericas/>
- ODS-2. (2023). <https://eur-lex.europa.eu/PT/legal-content/summary/convention-on-biological-diversity.html>
- Okubo, N., Taniguchi, H., & Motokawa, T. (2005). Successful methods for transplanting fragments of Acropora formosa and Acropora hyacinthus. *Coral Reefs*, *24*, 333–342.
- Onda Azul. (2018). <https://ondaazul.com.br/mundo-do-mergulho/computador-ajuda-voce-a-mergulhar-em-projeto-de-recifes-artificiais-na-australia/>
- Osborne, T., Brock, S., Chazdon, R., Chomba, S., Garen, E., Gutierrez, V., Lave, R., Lefevre, M., & Sundberg, J. (2021). The political ecology playbook for ecosystem restoration: Principles for effective, equitable, and transformative landscapes. *Global Environmental Change*, *70*, 102320.
- Oyelaran-Oyeyinka, B., & McCormick, D. (2007). *Industrial clusters and innovation systems in Africa*.
- PAULI, G. (2014). A Economia azul: 10 anos, 100 inovações, 100 milhões de empregos. *Curitiba: IESDE Brasil*.

- Perry, C., Murphy, G., Kench, P., Smithers, S., Edinger, E., Steneck, R., & Mumby, P. (2013). Caribbean-wide decline in carbonate production threatens coral reef growth. *Nature communications*, 4, 1402. <https://doi.org/10.1038/ncomms2409>
- Photo. (2023a). <https://www.noaa.gov/news-release/broken-record-atmospheric-carbon-dioxide-levels-jump-again>
- Photo. (2023b). <https://conexoplaneta.com.br/blog/343030/>
- Photo. (2023c). <https://michelechristine.wordpress.com/a-natureza/grande-barreira-de-corais/>
- Photo. (2023d). <https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Atafutrim.jpg>
- Pitta e Cunha, T. (2011). Portugal e o Mar. À Redescoberta da Geografia. *Fundação Francisco Manuel dos Santos, Lisboa*.
- Plataiu, A. F. B., Gonçalves, L. R., & Oliveira, C. C. (2021). A década da ciência oceânica como oportunidade de justiça azul no sul global. *Conjuntura Austral*, 12(59), 11–20.
- Portuguesa, R. (2021). *Estratégia Nacional do Mar 2021-2030*. <https://planapp.gov.pt/instrumento/estrategia-nacional-para-o-mar-2021-2030-enm-2021-2030/>
- Pott, C. M., & Estrela, C. C. (s.d.). Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento. *Estudos avançados*, 31, 271–283.
- Prasetyo, Y. T., Tanto, H., Mariyanto, M., Hanjaya, C., Young, M. N., Persada, S. F., Miraja, B. A., & Redi, A. A. N. P. (2021). Factors affecting customer satisfaction and loyalty in online food delivery service during the COVID-19 pandemic: Its relation with open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(1), 76.
- Pratchett, M. S., Caballes, C. F., Wilmes, J. C., Matthews, S., Mellin, C., Sweatman, H. P., Nadler, L. E., Brodie, J., Thompson, C. A., Hoey, J., et al. (2017). Thirty dates of research on crown-of-thorns starfish (1986–2016): scientific advances and emerging opportunities. *Diversity*, 9(4), 41.
- Razak, T. B., Boström-Einarsson, L., Alisa, C. A. G., Vida, R. T., & Lamont, T. A. (2022). Coral reef restoration in Indonesia: A review of policies and projects. *Marine Policy*, 137, 104940.
- Ribeiro, J. (2011). Portugal e a exploração dos oceanos. *Cadernos de Economia*, 95(24), 17–20.
- Sale, P. F. (2013). *The ecology of fishes on coral reefs*. Elsevier.
- Sanderson, P. G., & Eliot, I. (1996). Shoreline Salients, Cuspate Forelands and Tombolos on the Coast of Western Australia. *Journal of Coastal Research*, 12(07490208, 15515036), 761–773.
- Santos Silva, 2. (2022). Por uma agenda global para o oceano, 9–21.
- Schmidt, L. (1999). Sociologia do ambiente: genealogia de uma dupla emergência. *Análise Social*, 175–210.

- Schoepf, V., Stat, M., Falter, J. L., & McCulloch, M. T. (2015). Limits to the thermal tolerance of corals adapted to a highly fluctuating, naturally extreme temperature environment. *Scientific reports*, 5(1), 17639.
- Schot, J., & Steinmueller, W. E. (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research policy*, 47(9), 1554–1567.
- Scubazoo. (2023). <https://www.scubazoo.com/>
- SHEBA Hope Reef. (2023). www.shebahopegrows.com
- Sheppard, C. (2021). *Coral Reefs: A Natural History*. Princeton University Press.
- SIDS. (2023). <https://www.un.org/ohrrls/sites/www.un.org.ohrrls/files/files/SIDS-GBN/2018/sid-vollebregt-managing-director-elemental-water-makers.pdf>
- Smith-Godfrey, S. (2016). Defining the blue economy. *Maritime affairs: Journal of the national maritime foundation of India*, 12(1), 58–64.
- Spalding, M., Ravilous, C., & Green, E. (2001). *World Atlas of Coral Reefs* (Vol. 57).
- Thorogood, N., & Green, J. (2018). Qualitative methods for health research. *Qualitative methods for health research*, 1–440.
- Train, K. (2009). *Discrete Choice Methods With Simulation* (Vol. 2009). <https://doi.org/10.1017/CBO9780511805271>
- Turner, W. R., Brandon, K., Brooks, T. M., Costanza, R., Da Fonseca, G. A., & Portela, R. (2007). Global conservation of biodiversity and ecosystem services. *BioScience*, 57(10), 868–873.
- Vanderklift, M. A., Gorman, D., & Steven, A. D. (2019). Blue carbon in the Indian Ocean: a review and research agenda. *Journal of the Indian Ocean Region*, 15(2), 129–138.
- Vaughan, D. E. (2021). *Active Coral Restoration: Techniques for a Changing Planet*. J. Ross Publishing.
- Vecsei, A. (2004). A new estimate of global reefal carbonate production including the fore-reefs. *Global and Planetary Change*, 43, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2003.12.002>
- Veron, J., & Stafford-Smith, M. (2000). *Corals of the World*. Australian Institute of Marine Science.
- Vinayachandran, P., Seng, D. C., & Schmid, F. A. (2022). Climate change and coastal systems. In *Blue economy: an ocean science perspective* (pp. 341–377). Springer.
- Wilkinson, C. (2004). Status of Coral Reefs of the World. Global Coral Reef Monitoring Network and Australian. *Institute of Marine Science, Townsville*, 1.
- Williams, S. L., Sur, C., Janetski, N., Hollarsmith, J. A., Rapi, S., Barron, L., Heatwole, S. J., Yusuf, A. M., Yusuf, S., Jompa, J., et al. (2019). Large-scale coral reef rehabilitation after blast fishing in Indonesia. *Restoration ecology*, 27(2), 447–456.
- Yin, R. K. (2018). Case study research and applications design and methods.