



INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
Fluminense

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL

BIOINCRUSTAÇÃO POR CORAL-SOL EM PLATAFORMAS DE PETRÓLEO:
DESAFIOS PARA O DESCOMISSIONAMENTO

NELSON DE OLIVEIRA MARQUES

MACAÉ-RJ

2024

NELSON DE OLIVEIRA MARQUES

BIOINCRUSTAÇÃO POR CORAL-SOL EM PLATAFORMAS DE PETRÓLEO:
DESAFIOS PARA O DESCOMISSIONAMENTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Desenvolvimento, Sustentabilidade e Inovação.

Orientadora: Dra. Angélica da Cunha dos Santos

MACAÉ-RJ

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

M357b

Marques, Nelson de Oliveira 1963-.

Bioincrustação por coral-sol em plataformas de petróleo: desafios para o descomissionamento / Nelson de Oliveira Marques — Macaé, RJ, 2024.
x, 80 f.: il. color.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Angélica da Cunha dos Santos, 1979-.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Macaé, RJ, 2024.

Inclui referências.

Área de concentração: Sustentabilidade Regional.

Linha de Pesquisa: Desenvolvimento, Sustentabilidade e Inovação.

1. Biodiversidade marinha - Brasil. 2. Ecologia marinha - Brasil. 3. Estruturas marítimas - Descomissionamento. 4. Impacto ambiental. 5. Organismos marinhos I. Santos, Angélica da Cunha dos, 1979-, orient. II. Título.

CDD 577.7 (23.ed.)

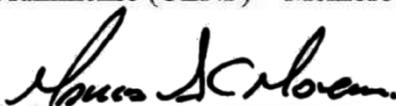
Dissertação intitulada **BIOINCRUSTAÇÃO POR CORAL-SOL EM PLATAFORMAS DE PETRÓLEO: DESAFIOS PARA O DESCOMISSIONAMENTO**, elaborada por **Nelson de Oliveira Marques** e apresentada, publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense - IFFluminense, na área concentração Desenvolvimento, Sustentabilidade e Inovação.

Aprovada em: 30/04/2024

Banca Examinadora:



Alessandra Agna Araújo dos Santos, Doutora em Engenharia de Materiais / Universidade Federal do Rio Grande do Norte e Technische Universität Wien (Áustria), Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) – Membro Externo



Marcos Antônio Cruz Moreira, Doutor em Engenharia Elétrica / Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação em Pesquisa de Engenharia (COPPE/UFRJ), Instituto Federal Fluminense

Documento assinado digitalmente



VICENTE DE PAULO SANTOS DE OLIVEIRA

Data: 13/07/2024 18:25:42-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Vicente de Paulo Santos de Oliveira, Doutor em Engenharia Agrícola / Universidade Federal de Viçosa (UFV), Instituto Federal Fluminense (IFFluminense)

Documento assinado digitalmente



ANGELICA DA CUNHA DOS SANTOS

Data: 01/07/2024 10:50:19-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Angélica da Cunha dos Santos, Doutora em Engenharia e Ciências dos Materiais / Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), Instituto Federal Fluminense (IFFluminense) – Orientadora

“Então clamamos ao Senhor Deus de nossos pais, e o Senhor ouviu a nossa voz, e atentou para nossa miséria, e para o nosso trabalho, e para nossa opressão; E o Senhor nos tirou do Egito com mão forte, e com braço estendido, e com grande espanto, e com sinais, e com milagres; E nos trouxe a este lugar, e nos deu esta terra, terra que mana leite e mel.”

(Deuteronômio 26:7)

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Deus, por me conduzir e dar forças nos momentos em que minha esperança chegava à beira do abismo. Nos momentos em que meus pés já não pisavam o solo, o Senhor me amparava e me conduzia em seu colo, fazendo com que eu transpusesse mais um obstáculo.

À Malva, minha adorável e amada esposa, que soube ser paciente em meus momentos de crise, quando pensava em desistir de tudo. Seu equilíbrio, força de vontade e proatividade me ensinaram muito ao longo desses 33 anos de matrimônio, fazendo-me crer que, mesmo nos mais complexos mistérios da natureza, existem soluções singelas vindas de um coração amigo e verdadeiro.

Aos meus filhos Daniel (primogênito), Lucas e Sofia, a quem o Senhor me presenteou nesta terra de lutas. Formaram o combustível, o fertilizante que necessita todo solo para ser forte e sadio. Sempre renovaram minhas forças quando me ausentava para trabalhar.

Aos professores desta conceituada instituição de ensino, que me conduziram na trilha do conhecimento, da visão holística, da pesquisa com responsabilidade social, da luta constante pelos ideais, e pelo direito à cidadania. Pelo esforço em mostrar-me que o conhecimento pode ser construído a cada dia e que através da disciplina e do planejamento contínuo um mais um é sempre mais que dois, como dizia o autor de uma canção.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

Figura 1 – <i>Tubastraea tagusensis</i>	10
Figura 2 – <i>Tubastraea coccinea</i>	10
Figura 3 – Presença de colônias de Coral-sol no casco da semissubmersível P-07.....	11
Figura 4 – Presença de colônias de Coral-sol em linhas de ancoragem na P-07.....	12
Figura 5 – Presença de colônias de Coral-sol em <i>risers</i> na P-07.....	13
Figura 6 – Ilustração Camadas de Pós e Pré-sal.....	26
Figura 7 - Fluxograma da busca realizada nas bases de dados.....	30

ARTIGO 2

Figura 1 – Bacias Sedimentares Brasileiras.....	47
Figura 2 - Rodolitos do Coral-sol.....	51
Figura 3 - Projeções Financeiras de P-07.....	52
Figura 4 – Presença de colônias de Coral-sol em linhas de ancoragem na P-07.....	52
Figura 5 - Características da SS P-07.....	53
Figura 6 - Presença de colônias de coral-sol no casco da SS P-07.....	55
Figura 7 - Presença de colônias de Coral-sol em <i>risers</i> interligados à P-07.....	56
Figura 8 - Fluxograma da busca realizada nas bases de dados.....	64

LISTA DE QUADROS

ARTIGO 2

Quadro 1: Condição do descomissionamento, sob regulamentações brasileira e internacional....	61
Quadro 2: Principais marcos do projeto de descomissionamento da plataforma P-07.....	67
Quadro 3: Quantitativo dos resíduos gerados na etapa de limpeza da P-07.....	68

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Tabela 1: Identificação dos critérios para a classificação quali-quantitativa de risco das embarcações de apoio que operam, e que venham a operar, para as atividades da TEdB nos polos de Pampo e Enchova, Bacia de Campos.....	19
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANM – Árvore de Natal Molhada

ANP – Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

BOE – Barril de Óleo Equivalente

BTS – Baía de Todos os Santos

CIRM – Comissão Interministerial para os Recursos do Mar

CDB – Convenção sobre Diversidade Biológica

FPSO – *Floating Production Storage Offloading*

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IFFluminense – Instituto Federal Fluminense

IMO – *International Maritime Organization*

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME – Ministério das Minas e Energia

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

SEI – Sistema Eletrônico de Informações do IBAMA

TEdB – Trident Energy do Brasil

TC – Termo de Cooperação

ONU – Organização das Nações Unidas

UC – Unidade de Conservação

UEP – Unidade Estacionária de Produção

BIOINCRUSTAÇÃO POR CORAL-SOL EM PLATAFORMAS DE PETRÓLEO: DESAFIOS PARA O DESCOMISSIONAMENTO

RESUMO

A produção de óleo e gás na Bacia de Campos, RJ, trouxe progressos para os municípios da região. Entretanto, o intenso tráfego marítimo favoreceu o intercâmbio continental entre organismos marinhos. Água de lastro dos navios, as plataformas de petróleo rebocadas do exterior e o casco submerso destas embarcações de longo curso permitiram a introdução de espécies exóticas invasoras em ecossistemas marinhos brasileiros. As atividades de manutenção, as vistorias regulares e o monitoramento ambiental, como exigências da marinha, do Ibama e da ANP identificaram a presença da espécie Coral-Sol (*Tubastraea spp.*), oriunda dos oceanos Índico e Pacífico, em algumas unidades marítimas na Bacia de Campos. Nesse contexto este trabalho se desenvolveu em dois artigos científicos: o primeiro teve como objetivo esclarecer de que forma se deu o aparecimento do Coral-sol em ecossistemas marinhos brasileiros, dando ênfase à importância das plataformas de petróleo como potenciais vetores de introdução desses organismos invasores, analisando sua ocorrência, controle e monitoramento e de que maneira é realizada a prevenção e remoção dessa macroincrustação. O segundo artigo abordou o descomissionamento da Petrobrás VII (P-07), uma semissubmersível da Bacia de Campos, e teve como objetivo analisar todos os agravantes da presença do Coral-sol em boa parte de seu casco e em seus sistemas submarinos. Como metodologia, realizou-se uma pesquisa exploratória em artigos acadêmicos das plataformas “*Scopus*” e “*Google Scholar*” e em documentos solicitados ao IBAMA, através do SEI – Sistema Eletrônico de Informações do órgão, que abordam setores econômicos e ambientais associados à indústria *offshore* entre 2010 e 2023. Os resultados obtidos demonstram que, atualmente, a referida espécie está amplamente distribuída pela costa brasileira, em ambientes naturais e artificiais, como píeres, boias e plataformas de petróleo, sendo estes os principais vetores de sua introdução. Os impactos da bioinvasão estão contribuindo para perda da produtividade pesqueira, desequilíbrios na fauna bentônica e modificação dos ciclos de carbono e cálcio. Constatou-se também que desde a etapa de projeto de uma plataforma de petróleo é necessária a adoção de medidas para evitar a infestação por espécies exóticas invasoras, como o Coral-Sol, tendo em vista que as normas vigentes não contemplam este aspecto ambiental.

Palavras-chave: Espécies exóticas invasoras; Desativação de unidades marítimas; Impactos ambientais.

BIOFOUNCING BY CORAL-SOL ON OIL PLATFORMS: CHALLENGES FOR DECOMMISSIONING

SUMMARY

Oil and gas production in the Campos Basin, RJ, has brought progress to the region's municipalities. However, intense maritime traffic favored continental exchange between marine organisms. Ballast water from ships, oil platforms towed from abroad and the submerged hull of these long-haul vessels allowed the introduction of invasive exotic species into Brazilian marine ecosystems. Maintenance activities, regular inspections and environmental monitoring, as required by the navy, Ibama and ANP, identified the presence of the species Coral-Sol (*Tubastraea* spp.), originating from the Indian and Pacific oceans, in some maritime units in the Basin of Campos. In this context, this work was developed into two scientific articles: the first aimed to clarify how the Sun Coral appeared in Brazilian marine ecosystems, emphasizing the importance of oil platforms as potential vectors for the introduction of these invasive organisms, analyzing its occurrence, control and monitoring and how this macrofouling is prevented and removed. The second article addressed the decommissioning of Petrobrás VII (P-07), a semisubmersible in the Campos Basin, and aimed to analyze all the aggravating factors of the presence of Coral-sol in a large part of its hull and in its submarine systems. As a methodology, exploratory research was carried out on academic articles from the “Scopus” and “Google Scholar” platforms and on documents requested from IBAMA, through the agency's SEI – Electronic Information System, which address economic and environmental sectors associated with the offshore industry. between 2010 and 2023. The results obtained demonstrate that, currently, this species is widely distributed along the Brazilian coast, in natural and artificial environments, such as piers, buoys and oil platforms, these being the main vectors of its introduction. The impacts of bioinvasion are contributing to the loss of fishing productivity, imbalances in benthic fauna and changes in the carbon and calcium cycles. It was also found that from the design stage of an oil platform it is necessary to adopt measures to avoid infestation by invasive exotic species, such as the Sol Coral, given that current regulations do not include this environmental aspect.

Key words: Invasive alien species; Deactivation of maritime units; Environmental impacts.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	VI
LISTA DE QUADROS.....	VI
LISTA DE TABELAS.....	VI
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	VII
RESUMO.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	01
ARTIGO CIENTÍFICO 1.....	04
1. INTRODUÇÃO.....	06
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	09
2.1. Bioincrustação por Coral-sol.....	09
2.2. Regulamentação/Aspectos Legais.....	16
2.3. Plataformas de petróleo: principais vetores de introdução do Coral-sol.....	17
2.4. Descomissionamento: Abandono de plataformas de petróleo.....	22
2.5. Produção <i>offshore</i> - Bacia de Campos.....	25
3. MATERIAL E MÉTODO.....	29
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31
5. REFERÊNCIAS.....	37
ARTIGO CIENTÍFICO 2.....	42
1. INTRODUÇÃO.....	44
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	46
2.1. Contextualização.....	46
2.2. Regulação da biodiversidade.....	49
2.3. Coral-sol e seus impactos na biodiversidade.....	50
2.4. Impactos identificados pelas vistorias ambientais.....	54
2.5. Normativas sobre o descomissionamento.....	57
3. MATERIAL E MÉTODO.....	63
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	65
4.1. Sobre a identificação da espécie em plataformas.....	65
4.2. Sobre o projeto de descomissionamento da plataforma P-07.....	67
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	74
6. REFERÊNCIAS.....	76

APRESENTAÇÃO

Os ecossistemas devem permanecer em equilíbrio (homeostase), porém, essa estabilidade pode ser rompida pelas atividades humanas que interferem diretamente no referido ambiente. Nesse contexto, as atividades *offshore*, entre outras ações antrópicas, devem ser conduzidas através de um gerenciamento participativo, no qual a Sociedade, a União e o Poder Público somem esforços para distribuir às presentes e futuras gerações os benefícios dos recursos fósseis marinhos, através de um enfoque ou de uma abordagem holística.

Na atividade de exploração e produção de petróleo e gás natural em plataformas marítimas, pode ocorrer um fenômeno denominado bioincrustação por Coral-sol (*Tubastraea* spp.), quando essas espécies de coral se fixam nas estruturas submersas, como pilares e tubulações, causando problemas de manutenção e impactos ambientais. A ação humana propiciou um aumento substancial de um fenômeno natural que é a bioinvasão ou invasão biológica, transformando um desenvolvimento ecológico natural em um impacto ambiental globalizado. A ocorrência da bioincrustação por Coral-sol pode ser observada em regiões costeiras tropicais e subtropicais, e o controle e o monitoramento dessa bioincrustação são importantes para evitar danos às estruturas das plataformas e reduzir seu impacto ambiental.

Deve-se ressaltar que nem todas espécies exóticas podem ser consideradas invasoras. Segundo o Ministério do Meio Ambiente para ser considerada uma espécie nociva ou invasora, o organismo deve desenvolver, pelo menos, uma das seguintes ações: 1) deslocar espécies nativas via competição por espaço, luz ou alimento; 2) ser predadora de espécies nativas e reduzir sua densidade ou biomassa; 3) parasitar ou causar doença em espécies localmente importantes; 4) produzir toxinas que se acumulem na cadeia alimentar; 5) envenenar outros organismos, ou causar risco direto à saúde humana. (LATINI; RESENDE; POMBO; CORADIN, 2016, p. 12).

Diversas tecnologias têm sido utilizadas para combater esta espécie exótica, e alguns métodos de controle incluem o uso de escovas mecânicas, jatos de água de alta pressão e agentes químicos para remover as colônias de coral fixadas nas estruturas. A remoção física manual também pode ser realizada, especialmente em estágios iniciais de infestação. Além disso, medidas de prevenção têm sido adotadas para evitar a colonização do Coral-sol, envolvendo o uso de revestimentos que impedem a fixação e o crescimento do coral, bem como a aplicação de práticas de limpeza regular e inspeções periódicas para detectar e tratar infestações.

Nessa perspectiva, entende-se que o monitoramento contínuo é fundamental para avaliar a eficácia das medidas de controle e prevenção adotadas em todas as etapas de um empreendimento

offshore, atentando-se para os projetos de descomissionamento, que é uma das fases finais do licenciamento e que podem variar em escala, complexidade e cronograma, dependendo das características específicas de cada campo de petróleo ou gás.

O processo de descomissionamento de instalações *offshore*, como plataformas de petróleo e gás, pode gerar impactos ambientais significativos. Esses impactos podem ocorrer em diferentes etapas do processo de abandono e requerem atenção adequada para minimizá-los. A seguir, serão discutidos alguns dos impactos comuns e possíveis soluções para mitigá-los.

A abordagem do referido tema pode ser justificada pela importância dos impactos que ocorrem durante a remoção de estruturas (descomissionamento): destruição de habitats marinhos, já que a remoção de estruturas submersas pode resultar na destruição de habitats marinhos, como recifes artificiais formados pelas próprias estruturas e bancos de rodólitos e corais; impactos relacionados aos resíduos e detritos, pois pode ocorrer o descarte inadequado de materiais e resíduos sólidos, líquidos e materiais tóxicos (estes precisam ser tratados e descartados corretamente); impactos na qualidade da água e sedimentos, uma vez que a remoção de estruturas e equipamentos *offshore* pode resultar na liberação de substâncias químicas, óleos e metais pesados na água e nos sedimentos, afetando a qualidade desses ambientes; impactos na fauna marinha, mediante barulho, vibrações e atividades de remoção de estruturas, que podem causar perturbações e danos a espécies marinhas, incluindo peixes, mamíferos marinhos e tartarugas.

Um dos principais entraves à remoção de estruturas *offshore* ao final de sua vida útil é a bioincrustação por Coral-sol que pode ocasionar destruição de habitats marinhos e impactos na fauna marinha, caso não haja um planejamento adequado para lidar com a macroincrustação. No intuito de minimizar o impacto de uma de suas principais espécies exóticas invasoras foi elaborado o Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento das espécies de Coral-sol, a cargo do Ministério do Meio Ambiente (MMA), com o propósito de avaliar a bioinvasão e os impactos negativos das espécies exóticas invasoras, além de registrar sua distribuição, biologia e ecologia (CIRM, 2020). Adicionalmente, o planejamento, a execução e a gestão das atividades relacionadas aos recursos do mar devem respeitar as normas previstas no Decreto nº 10.544, de 16 de novembro de 2020, que aprova o X Plano Setorial para os Recursos do Mar (BRASIL, 2020).

Para disciplinar o descomissionamento na cessão de contratos, cita-se a recente Resolução ANP nº 817/2020, publicada em abril de 2020, que regulamenta o Texto Técnico sobre Descomissionamento de Instalações de exploração e de produção de petróleo e gás natural no Brasil (BRASIL, 2020b).

A partir das considerações apresentadas, neste estudo, tem-se como objetivo geral analisar os principais aspectos ambientais oriundos do descomissionamento de plataformas de produção de óleo

e gás na Bacia de Campos, dando destaque à ocorrência da bioincrustação por Coral-sol e os respectivos desafios do processo de encerramento e desativação dessas plataformas. Para tanto, apresentam-se dois artigos: no primeiro, descreve-se a bioincrustação do Coral-sol em plataformas de petróleo, verificando sua ocorrência, controle e monitoramento, bem como as tecnologias de controle, remoção e prevenção dessa macroincrustação; no segundo artigo, realiza-se um estudo de caso, especificamente na Plataforma Petrobrás 7 (P-07), através de uma análise exploratória de artigos científicos, avaliando projetos de descomissionamento nacionais e internacionais.

Em ambas as abordagens, são avaliados os impactos que envolvem as etapas do abandono, propondo possibilidades e soluções para os impactos ambientais do descomissionamento. Ao longo da pesquisa, audiências públicas envolvendo empreendimentos da indústria *offshore* foram acompanhadas para conhecimento do pleito de pescadores, comunidades costeiras e outras organizações sociais, no tocante ao convívio com as externalidades da indústria do petróleo.

Dessa forma, são importantes os dados atualizados dos novos empreendimentos e a aplicação de novas tecnologias, a partir da descrição das publicações de cunho técnico e jurídico que abordam o assunto descomissionamento/abandono de unidades marítimas.

ARTIGO CIENTÍFICO 1
BIOINCRUSTAÇÃO POR CORAL-SOL EM PLATAFORMAS DE PETRÓLEO -
OCORRÊNCIA, CONTROLE E MONITORAMENTO

*CORAL-SUN BIOFLOATING ON OFFSHORE OIL PLATFORMS - OCCURRENCE, CONTROL,
AND MONITORING*

Nelson de Oliveira Marques – IFFluminense/PPEA

Angélica da Cunha dos Santos – IFFluminense/PPEA

RESUMO

A sociedade valoriza as empresas que demonstram com políticas e com ações a sua preocupação com a comunidade e seu entorno. Empresas potencialmente poluidoras precisam demonstrar que os impactos, normalmente adversos, de suas atividades estão sendo avaliados e mitigados de forma eficaz. Espécies exóticas invasoras podem causar prejuízos ao oceano, à economia e à saúde, além de provocar sérios impactos sociais e culturais, sendo classificadas como um agente modificador negativo, que ameaça a biodiversidade e/ou processos ecossistêmicos naturais. Este artigo tem como objetivo descrever a bioincrustação por Coral-sol em plataformas de petróleo em campos *offshore* na Bacia de Campos, analisando sua ocorrência, controle e monitoramento, além de apresentar as tecnologias de controle, remoção e prevenção dessa macroincrustação, com base em recentes conhecimentos científicos. O estudo busca apresentar novas diretrizes e alternativas para o encerramento da atividade offshore para que as empresas do setor sedimentem a variável ambiental em seus planejamentos. Como metodologia, realizou-se uma pesquisa exploratória em artigos acadêmicos das plataformas “*Scopus*” e “*Google Scholar*” e em documentos solicitados ao IBAMA, através do SEI – Sistema Eletrônico de Informações do órgão, que abordam setores econômicos e ambientais associados à indústria offshore entre 2010 e 2023. Os resultados obtidos demonstram que, atualmente, a referida espécie está amplamente distribuída pela costa brasileira, em ambientes naturais e artificiais, como píeres, boias e plataformas de petróleo, sendo estes os principais vetores de sua introdução. Como agravante a bioincrustação por Coral-sol (*Tubastraea* spp.) tem trazido dificuldades à uma das etapas essenciais do licenciamento, que é o descomissionamento, onde ocorre a desativação da unidade, ao final de sua vida útil, projetada para atividade durante um período limitado em torno de 20 a 30 anos.

Palavras-chave: Espécies exóticas; Biodiversidade; Descomissionamento; Impactos ambientais.

CORAL-SUN BIOFLOATING ON OFFSHORE OIL PLATFORMS - OCCURRENCE, CONTROL, AND MONITORING

ABSTRACT

Society values companies that demonstrate, through policies and actions, their concern for the community and its surroundings. Potentially polluting companies need to demonstrate that the impacts, normally adverse, of their activities are being assessed and mitigated effectively. Invasive exotic species can cause damage to the ocean, economy and health, in addition to causing serious social and cultural impacts, being classified as a negative modifying agent, which threatens biodiversity and/or natural ecosystem processes. This article aims to describe biofouling by Coral-sol on oil platforms in offshore fields in the Campos Basin, analyzing its occurrence, control and monitoring, in addition to presenting technologies for controlling, removing and preventing this macrofouling, based on recent scientific knowledge. The study seeks to present new guidelines and alternatives for ending offshore activity so that companies in the sector can consolidate the environmental variable in their planning. As a methodology, exploratory research was carried out on academic articles from the “Scopus” and “Google Scholar” platforms and on documents requested from IBAMA, through the agency's SEI – Electronic Information System, which address economic and environmental sectors associated with the offshore industry. between 2010 and 2023. The results obtained demonstrate that, currently, this species is widely distributed along the Brazilian coast, in natural and artificial environments, such as piers, buoys and oil platforms, these being the main vectors of its introduction. As an aggravating factor, biofouling by Coral-sol (*Tubastraea* spp.) has brought difficulties to one of the essential stages of licensing, which is decommissioning, where the unit is deactivated at the end of its useful life, designed for activity for a limited period. around 20 to 30 years.

Keywords: *Exotic species; Biodiversity; Decommissioning; Environmental impacts.*

1. INTRODUÇÃO

Os oceanos ocupam mais de 70% da superfície da Terra, e contribuem com diversos benefícios sociais, econômicos e ambientais. Nas últimas décadas, houve um aumento significativo das demandas por recursos marinhos e do uso do mar em geral. Segundo a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2016), a indústria oceânica representa a 7ª maior economia mundial, gerando um valor global de 1,5 trilhão de dólares, com estimativa de três trilhões de dólares para o ano de 2030. Devido a essa movimentação, os oceanos recebem descargas provenientes do continente, além de diversos tipos de resíduos sólidos e efluentes provenientes de estruturas marinhas e de atividades realizadas no mar (por exemplo, navios, plataformas de petróleo e atividade pesqueira) (DOALOS, 2016).

O Ministério do Meio Ambiente (MMA), elencou o Coral-sol (*Tubastraea* spp.), juntamente com o javali (*Sus scrofa*) e o mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*), espécies exóticas invasoras prioritárias para a elaboração e implementação de Planos Nacionais de Prevenção, Controle e Monitoramento de Espécies Exóticas. A meta foi estabelecida pelo Governo Federal no seu Plano Plurianual (PPA 2016-2019) com o intuito de “Controlar três espécies exóticas invasoras, mitigando o impacto sobre a biodiversidade brasileira.

Nesse contexto, observa-se que as espécies exóticas invasoras podem ser introduzidas e causar prejuízos ao ambiente natural, à economia e à saúde, além de provocar sérios impactos sociais e culturais. No caso do coral-sol ocorre um processo de invasão biológica, também conhecido como bioinvasão que ocasiona distúrbios no meio abiótico, gera competição, hibridação, deslocamento de espécies nativas, entre outros, sendo considerado um agente modificador negativo pois a espécie possui várias características biológicas que potencializam seu sucesso como bioinvasoras, ameaçando a biodiversidade e, ou, processos e serviços ecossistêmicos naturais: podem se reproduzir através de larvas de forma sexuada ou assexuada; ocorrência de *polyp bail-out*, que é o destacamento do pólipos da colônia, com abandono de esqueleto antigo e fixação no substrato e síntese de novo esqueleto; tolerância à altas temperaturas e à dessecação, suportando exposição ao ar; generalistas em termo de substratos podendo ser encontradas em estacas de docas, boias, tetos de cavernas, parte inferior de grandes rochas, naufrágios, diques flutuantes, recifes artificiais, plataforma de petróleo, granito e até cimento. (CIRM, 2020).

Arelação do coral-sol com as outras espécies não é considerada simbiótica e sim oportunista, pois não dependem de algas simbiontes para nutrição, além disso produzem substâncias com propriedades anti-incrustantes e antipredação, liberando também substâncias alelopáticas¹ capazes de causar necrose em outras espécies (De PAULA, 2007; LAGES et al., 2012). Os pesquisadores relatam que

os filamentos mesentéricos do coral-sol podem causar necrose no tecido da outra espécie, em particular no coral-cérebro. Por ser uma espécie dominante pode ocasionar impactos potenciais e efetivos tais como: modificação das comunidades bentônicas de costões rochosos; redução da disponibilidade de recursos para outras espécies (alimentam-se do zooplâncton); diminuição da produtividade primária; alteração da cadeia trófica, parasitismo; mudança no ciclo biogeoquímico, em especial no ciclo do carbono, que forma o esqueleto dos corais; impacto no turismo devido à homogeneização do ambiente.

No presente estudo, descreve-se a espécie invasora coral-sol (*Tubastraea* spp.), introduzida acidentalmente no Brasil durante as décadas de 1980 e 1990, em plataformas e outras estruturas associadas à exploração de petróleo (CASTRO; PIRES, 2001). A participação de navios, com corais incrustados em seus cascos e a movimentação de água de lastro das embarcações também são admitidas como vetores de introdução do coral-sol. Já foram descritos pontos de ocorrência antropogênicos, como portos onde se realiza o fundeio e manutenção de plataformas de óleo e gás. Atualmente, a espécie tem sido registrada em costas do Sudeste, Sul e Nordeste, especificamente em costões rochosos naturais e estruturas artificiais, muitas vezes associada a plataformas de petróleo (CREED *et al.*, 2016).

Mediante as diversas ações voltadas à conservação e à exploração dos recursos marinhos, considera-se pertinente verificar a gestão e sistematização dos recursos naturais e energéticos das águas marítimas jurisdicionais brasileiras, conferindo, assim, um olhar mais acurado para os recursos presentes no âmbito marinho.

Atualmente ocorre o processo de encerramento da produção de várias plataformas da Bacia de Campos, devido à baixa produtividade dos poços e os altos custos operacionais e de manutenção. Após a análise de várias alternativas pelas operadoras e sem justificativas atrativas para o aporte de investimentos, opta-se pelo descomissionamento como solução de menor impacto econômico. À luz dos princípios da prevenção e precaução, cogita-se a falta de conhecimento técnico sobre o descomissionamento, uma vez que a atividade é relativamente inédita no Brasil. Por esse fato, dúvidas permeiam o mercado, sendo notada a falta de infraestrutura dos estaleiros brasileiros para o atendimento dessa demanda, que se mostra inconstante e relativamente embrionária.

Este artigo tem como objetivo geral contextualizar a ocorrência, os danos ambientais, o controle e o monitoramento da espécie invasora coral-sol (*Tubastraea* spp.) em instalações *offshore* na Bacia de Campos e discutir como esta espécie afeta uma etapa relevante do licenciamento, que é o descomissionamento/abandono da instalação marítima. Especificamente, visa-se analisar as tecnologias de controle, remoção e prevenção dessa macroincrustação, com base nos recentes conhecimentos científicos, disponibilizados em bancos de dados eletrônicos, entre o período de 2010

a 2022.

A questão-problema que norteia este estudo é: O que está sendo feito para combater a bioincrustação nas plataformas de petróleo na Bacia de Campos e de que forma isto afeta negativamente o descomissionamento das unidades antigas?

Como percurso metodológico, realizou-se uma pesquisa bibliográfica em artigos acadêmicos e em documentos de referência solicitados ao IBAMA, através do SEI – Sistema Eletrônico de Informações do órgão que abordam setores econômicos e ambientais associados aos oceanos, no intuito de analisar a bioincrustação por Coral-sol em plataformas de petróleo, identificando, portanto, os impactos ambientais causados nessa atividade produtiva. Assim, trata-se de uma pesquisa documental e bibliográfica, pois envolve a análise de legislações e documentos, normas e estudos, além da identificação de artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais (VERGARA, 2016).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Bioincrustação por Coral-sol

De acordo com o IBAMA (2023), o Coral-sol é um tipo de coral que cresce em águas rasas em recifes de coral e costões rochosos tropicais, nativo dos oceanos Pacífico e Índico; agora também é encontrado em águas tropicais do Atlântico. Duas espécies de Coral-sol são encontradas no litoral brasileiro, uma vermelho alaranjada e outra amarela. O Coral-sol foi introduzido acidentalmente no Brasil nas décadas de 1980 e 1990, possivelmente por meio de navios. Agora é encontrado em várias regiões costeiras do Brasil, incluindo Rio de Janeiro, Bahia, São Paulo, Espírito Santo, Santa Catarina e Ceará. Também foi registrado em algumas Unidades de Conservação.

A referida espécie gera impactos negativos na biodiversidade nativa, ao modificar as comunidades bentônicas, reduzir a abundância de macroalgas e capacidade de deslocar espécies nativas. Além disso, o Coral-sol pode facilitar a invasão de outras espécies exóticas. Os impactos ainda estão sendo estudados, mas é importante tomar medidas para mitigar seus efeitos (IBAMA, 2023).

O Ministério do Meio Ambiente desenvolveu um plano nacional para prevenir, controlar e monitorar o coral-sol no Brasil, devido à preocupação com sua dispersão e impactos ambientais. O plano visa entender melhor o coral-sol e implementar ações para minimizar seus efeitos na biodiversidade nativa.

Oigman-Pszscol *et al.* (2017) confirmam que a espécie Coral-sol é nativa dos oceanos Pacífico e Índico (pertence ao gênero *Tubastraea*), e seu amplo crescimento ocorre em águas rasas, recifes de coral e costões rochosos tropicais. Por se tratar de uma espécie cosmopolita, sua distribuição pode ser identificada em águas tropicais do Atlântico, Pacífico e Índico.

Trata-se de espécies consideradas “corais pétreos ou escleractínios (produtores de esqueleto calcário), ahermatípicos (não construtores de recifes) e azooxantelados (não dependentes de algas simbioses para nutrição)” (MMA, 2018, p. 10).

As duas espécies - *T. coccinea* e *T. tagusensis* – encontradas no Brasil, podem ser facilmente distinguidas pela observância da coloração do cenossarco (tecido que une os pólipos), sendo vermelho alaranjada em *T. coccinea* e amarelada em *T. tagusensis* (Figuras 1 e 2). Os coralitos, que são o esqueleto de cada pólipos composto por um tubo com placas verticais que irradiam do centro, são mais espaçados e mais projetados em *T. tagusensis*, (média dos coralitos de 18,5 mm), em comparação à *T. coccinea* (média dos coralitos de 3,2 mm). É válido ressaltar que, em caso de coexistência, podem ser encontradas colônias fusionadas das duas espécies (DE PAULA; CREED, 2004).

Figura 1 - *Tubastraea tagusensis*



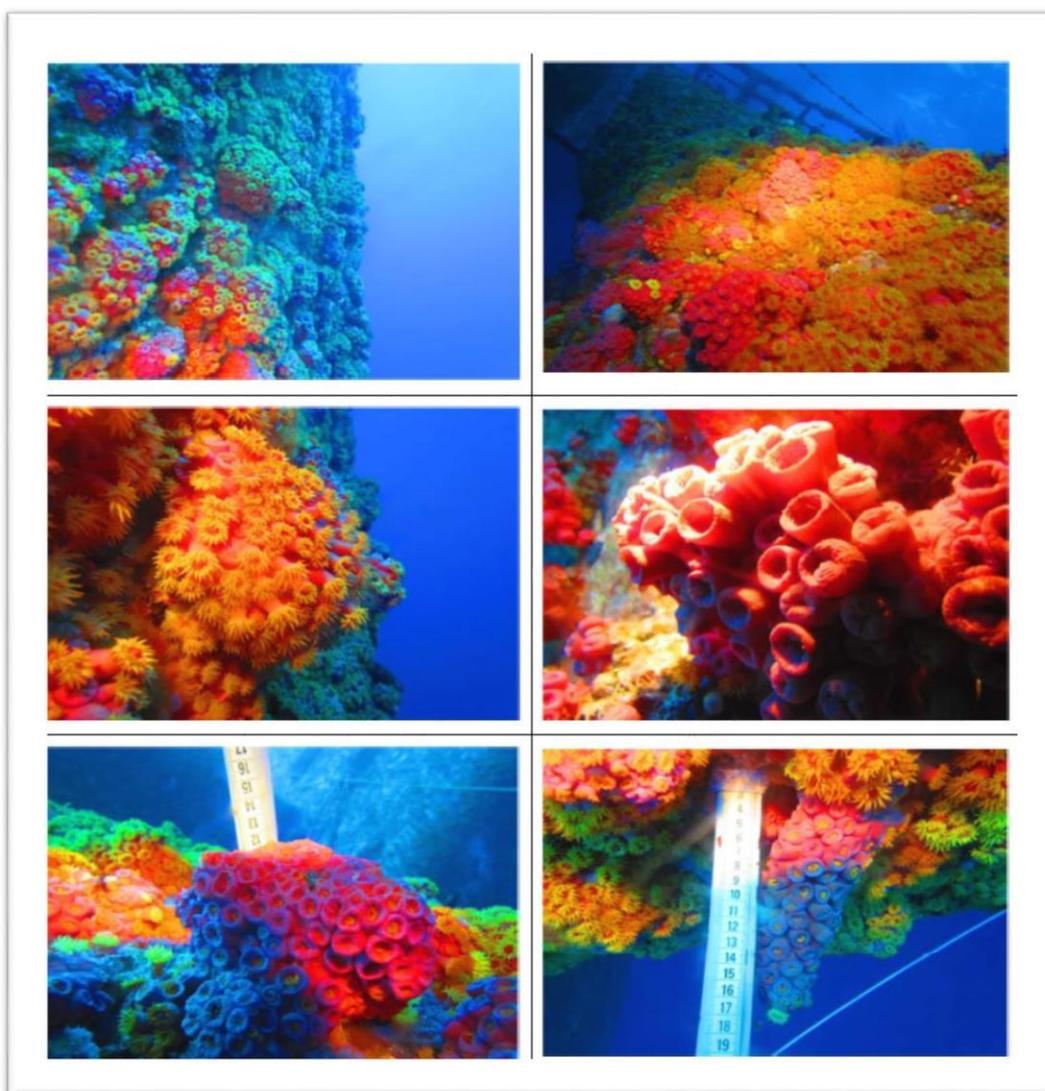
Fonte: ICMBio (2023)

Figura 2 – *Tubastraea coccinea*



Fonte: ICMBio (2023)

Figura 3 - Presença de colônias de Coral-sol no casco da semissubmersível P-07



Fonte: PETROBRAS (2019).

Comprovando a característica generalista para substrato do coral-sol em estruturas de uma plataforma de petróleo, podemos evidenciar a incrustação da espécie no casco, que é de aço carbono (Figura 3) e nos elos de corrente das linhas de ancoragem (aço) da P-07 (Figura 4). Os *risers*, que são tubos com uma superposição de camadas plásticas e metálicas, também foram objeto de fixação da espécie (Figura 5).

No caso da semissubmersível P-07, onde foram tiradas estas fotos, são realizadas inspeções e controles das incrustações nas estruturas e entradas de caixa de mar, nas campanhas de mergulho, sendo item do manual de operação da embarcação. Estes monitoramentos devem ter periodicidade trimestral e a presença de bioincrustações significativas exigem um relatório mais detalhado para conhecimento da base e da classificadora.

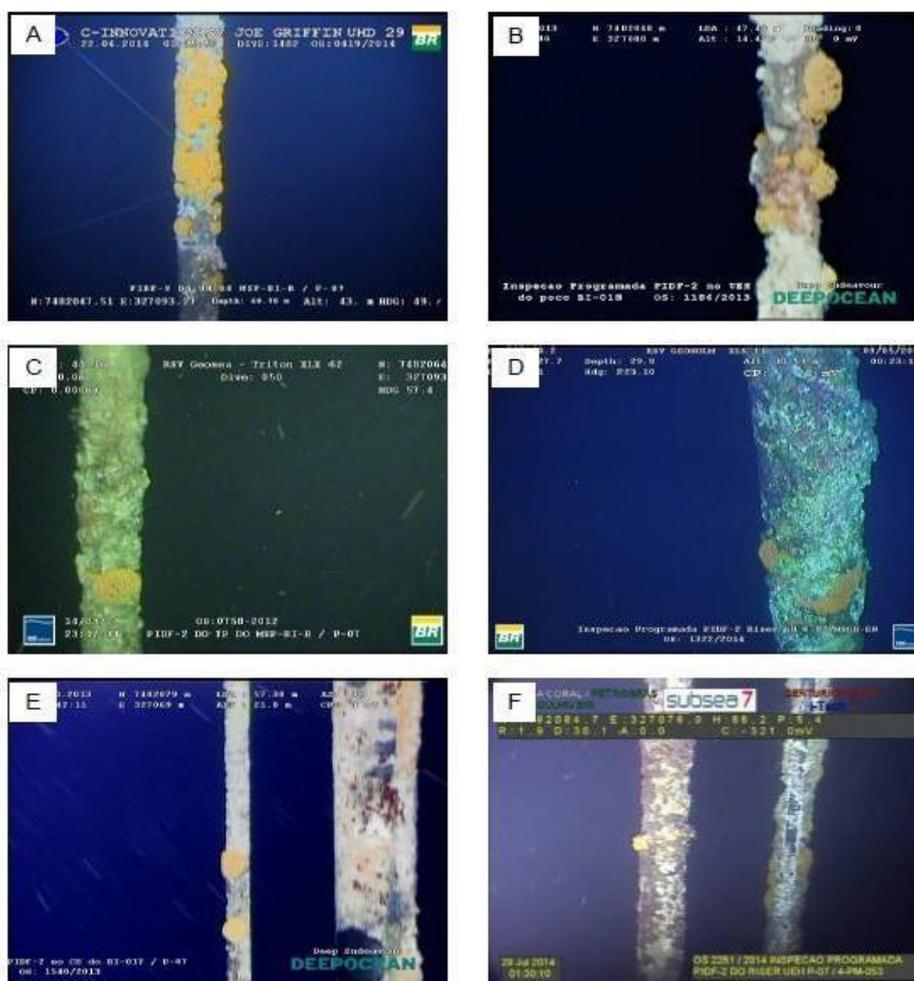
Figura 4 – Presença de colônias de Coral-sol em linhas de ancoragem na P-07



Fonte: PETROBRAS (2019).

Os mecanismos naturais de expansão da espécie invasora têm sido documentados em uma escala diversificada, havendo registros de Coral-sol em substratos com inclinações distintas (cavernas e embaixo de rochas) e em grandes profundidades (até 110 m), como também em áreas com alta luminosidade, zonas sub-maré em profundidades rasas, inclusive expostos ao ar na maré baixa (CIRM, 2020). Por se tratar de uma espécie mais cosmopolita alguns modelos de dispersão apontam que a *T. coccinea* tende a se expandir desde o limite norte até o limite sul do litoral brasileiro, além da possível ocorrência em algumas ilhas oceânicas e no banco dos Abrolhos (RIUL *et al.*, 2013).

Figura 5 - Presença de colônias de Coral-sol em risers na P-07



Fonte: PETROBRAS (2019).

Fatores que podem limitar a ocorrência de outros organismos como luz, pH, salinidade e oxigênio dissolvido são pouco limitantes para o coral-sol, em especial a *T. coccinea*, que é altamente resistente ao estresse ambiental, sendo uma das poucas espécies sobreviventes ao El Niño em Galápagos (CARLOS JUNIOR *et al.*, 2015).

Para se entender melhor a bioinvasão desse gênero, analisam-se estudos genéticos e populacionais presentes em plataformas de petróleo, monoboias e costões rochosos ao longo da costa do Brasil. Capel *et al.* (2016) constataram que a *T. tagusensis* apresentou populações com baixa diversidade genética, o que pode ter sido causado por um único foco de introdução e reprodução assexuada posterior. Já a *T. coccinea* apresenta maior diversidade genética, o que justifica os distintos focos de introdução. Para os autores, a *T. tagusensis* possui distribuição restrita, enquanto a *T. coccinea* é considerada cosmopolita (CAPEL *et al.*, 2016).

Ambas as espécies produzem substâncias com propriedades anti-incrustantes e antipredação,

além de conterem substâncias alelopáticas que causam necrose em outras espécies de corais, o que contribui significativamente para seu sucesso competitivo (CIRM, 2020). E por apresentarem vantagens competitivas e favorecidas pela ausência de inimigos naturais, essas espécies ameaçam a permanência das espécies nativas, especialmente em ambientes frágeis e, ou, degradados (MMA, 2018).

Conforme mencionado, a introdução acidental do Coral-sol no Brasil ocorreu nas décadas de 1980 e 1990, tendo como vetor de introdução os cascos dos navios e como vias de dispersão o comércio marítimo e as plataformas de petróleo na Bacia de Campos, Rio de Janeiro.

Há dois acessos associados à navegação para disseminação da espécie: os cascos dos navios e a água de lastro. De acordo com a Convenção Sobre Diversidade Biológica (CDB), cada país deve estabelecer uma legislação própria para evitar a introdução e controlar e erradicar essas espécies exóticas bioinvasoras. Na mesma linha, são traçados os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), implementados pela Organização das Nações Unidas (ONU), a fim de fundamentar ações (até o ano de 2030) em áreas de importância crucial para a humanidade e para o planeta. No Objetivo 14, tem-se que a “conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável” (MMA, 2018, p. 8). Nesse sentido, medidas são instituídas para se evitar a introdução e reduzir significativamente o impacto de espécies exóticas invasoras em ecossistemas terrestres e aquáticos.

Segundo levantamento realizado pelo MMA, existem registros de ocorrência do Coral-sol na zona costeira dos seguintes estados brasileiros:

- 1) Rio de Janeiro – Baía de Ilha Grande, Baía de Sepetiba, Arraial do Cabo, Cabo Frio, Armação dos Búzios e Arquipélago das Cagarras;
- 2) Bahia – Baía de Todos-os-Santos;
- 3) São Paulo – Ilhabela, Arquipélago de Alcatrazes e Laje de Santos;
- 4) Espírito Santo – Vitória e Guarapari;
- 5) Santa Catarina – Ilha do Arvoredo; e
- 6) Ceará – Acaraú – nessa localidade o registro se refere à ocorrência de Coral-sol em naufrágio, a cerca de 40 km da costa (CIRM, 2020).

Gomes *et al.* (2016) também informam sobre o registro do Coral-sol nas seguintes Unidades de Conservação (UC):

- 1) Rio de Janeiro – Estação Ecológica de Tamoios, Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Aventureiro, Área de Proteção Ambiental de Tamoios, Parque Estadual da Ilha Grande, Monumento Natural das Ilhas Cagarras, Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo, Área de Proteção Ambiental de Cairuçu e Reserva Ecológica Estadual da Juatinga;

- 2) São Paulo – Estação Ecológica dos Tupinambás, Área de Proteção Ambiental de Cananéia -Iguape e Peruíbe, Parque Estadual Marinho da Laje de Santos, Parque Estadual de Ilha Bela e Área de Proteção Ambiental do Litoral Norte de São Paulo;
- 3) Bahia – Área de Proteção Ambiental Baía de Todos-os-Santos, Área de Proteção Ambiental Recife das Pinaúnas e Reserva Extrativista Baía de Iguape;
- 4) Santa Catarina – Reserva Biológica Marinha do Arvoredo.
- 5) Paraná – Área de Proteção Ambiental de Guaraqueçaba; e Parque Nacional Marinho das Ilhas dos Currais (GOMES *et al.*, 2016).

Segundo Creed *et al.* (2016), há registros nacionais das duas espécies de coral-sol citadas anteriormente em pelo menos 20 municípios e em 28 potenciais vetores de introdução/dispersão, ao longo de cerca de 3.000 km de região costeira.

Além desses, a espécie invasora foi registrada no Estado de Sergipe, em plataformas de petróleo nos campos de Camorim e Dourado (GOMES *et al.*, 2016). Dessa forma, observa-se que o Coral-sol está amplamente distribuído pela costa brasileira, em ambientes naturais e artificiais, como píeres, boias e plataformas de petróleo, apresentando diferentes estágios de invasão e de adaptação.

Em relação aos impactos causados pelo Coral-sol, a bioinvasão desse organismo tem sido responsável pela alteração das comunidades bentônicas em costões rochosos do Rio de Janeiro, e em recifes de coral na Bahia, sendo reduzida a abundância das macroalgas. Adicionalmente, notam-se a diminuição das interações competitivas e conseqüentemente a redução da abundância das espécies competidoras. Ao dominar as áreas invadidas, especialmente as paredes do recife (zona vertical), a cobertura de corais nativos *Mussismilia hispida* e *Madracis decactis* foi significativamente menor, o que aumenta a preocupação quanto aos impactos do Coral-sol sobre a biodiversidade nativa (MIRANDA *et al.*, 2016).

Assim, confirma-se que a espécie é descrita como competidora agressiva, devido ao uso de tentáculos que causam danos ao tecido de corais vizinhos ou impedem o crescimento de ascídias. Nesse sentido, sugere-se o estudo dos fatores que determinam o sucesso competitivo do Coral-sol, com a finalidade de subsidiar a definição de ações de mitigação de seus impactos sobre a biodiversidade nativa (CIRM, 2020).

Creed *et al.* (2016) relatam que a invasão do Coral-sol pode prejudicar os âmbitos social e econômico, tais como a perda de produtividade em atividades de pesca, de aquicultura e de turismo. Outros impactos causados são associados às conseqüências de uma bioinvasão mais pronunciada em comunidades/ecossistemas com menos espécies nativas, devido à estatística existente entre diversidade funcional e riqueza específica.

Silva *et al.* (2014) advertem que as perspectivas dos impactos causados pelo Coral-sol estimam

a expansão de 2 km/ano na área de distribuição em substrato natural. Nesse cenário, sistemas recifais se tornam extremamente vulneráveis, destacando-se a relevância de novas pesquisas que busquem controlar essa propagação, considerando as significativas perdas de espécies nativas no Atlântico Ocidental.

Para se tentar controlar a disseminação do Coral-sol pela costa brasileira, “o monitoramento constante de fundos estáveis nas imediações das ocorrências comprovadas do Coral-sol é também uma ferramenta importante para se tentar detectar prematuramente a sua expansão” (CIRM, 2020, p. 15).

Ainda, para contribuir para o melhor conhecimento dos mecanismos de disseminação desse coral, é fundamental que os planos de monitoramento e manejo se mantenham como ações regulares e ininterruptas (OIGMAN-PSZCZOL *et al.*, 2017).

Ressalva-se que as

medidas de prevenção e controle da bioinvasão no ambiente marinho é uma questão complexa pelo fato da maioria dos vetores de introdução de espécies aquáticas estarem associados a atividades de grande importância econômica. Portanto, qualquer medida de gestão deve prever avaliações de custo-benefício envolvendo a valoração dos benefícios destas atividades e dos passivos que estas determinam. Além disso, qualquer medida deve considerar praticidade e probabilidade de êxito, e a duração destas ações de resposta (CIRM, 2020, p. 15).

O Brasil possui obrigações relacionadas ao controle e erradicação de espécies exóticas que ameaçam os ecossistemas e habitats nativos, o que reforça a necessidade de ações atinentes ao monitoramento e controle do Coral-sol, sendo que tais metas devem estar voltadas à retomada do ambiente e de sua funcionalidade e resiliência, e não meramente à eliminação das invasoras.

2.2. Regulamentação/Aspectos Legais

No Brasil, falta regulamentação específica para o controle ou erradicação da bioincrustação por Coral-sol. A questão da água de lastro é tratada pela “*International Maritime Organization*” (IMO) que possui uma Convenção Internacional bastante atual (8/9/2017) da qual o Brasil é signatário. Sobre a bioincrustação a IMO publicou documento normativo. Atualmente, o combate a essa bioincrustação é tratado principalmente por meio de ações de controle e monitoramento realizadas por instituições e órgãos ambientais. Essas ações visam mitigar os impactos negativos da espécie invasora em ecossistemas marinhos, como recifes de coral nativos.

Embora não haja uma regulamentação específica no momento, ações de controle e manejo do coral-sol podem ser orientadas por recomendações e diretrizes emitidas por instituições e especialistas no assunto. É importante acompanhar as orientações e protocolos fornecidos por órgãos ambientais,

como o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e as Secretarias Estaduais de Meio Ambiente.

Quanto ao Plano de controle e monitoramento da bioinvasão do Coral-sol, conta-se com a participação de especialistas, representantes de órgãos públicos e setor produtivo, para contemplar aspectos da biologia e ecologia da espécie, analisando sua distribuição geográfica, seus impactos e outros aspectos relacionados à prevenção e ao controle. Desse modo, foi criado o Grupo de Trabalho no âmbito da Subcomissão para o Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM), ambos pertencentes à estrutura da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), com o propósito de fornecer:

(i) as contribuições científicas sobre aspectos de monitoramento e manejo de Coral-sol; (ii) os aspectos técnicos, operacionais e logísticos dos setores que atuam no ambiente marinho envolvidos com o tema “Coral-sol”, dentre os quais se destacam os setores petróleo e gás, de construção naval offshore, portuário, de transporte e mineração; (iii) as tecnologias de controle, remoção e prevenção de macroincrustação existentes e em desenvolvimento, com base nos melhores conhecimentos científicos, ambientalmente adequadas e exequíveis; e (iv) as melhores práticas e regulamentações relacionadas à bioinvasão marinha no contexto internacional (MMA, 2018, p. 4).

Dessa forma, considera-se que o monitoramento constante, a periodicidade do manejo e a capacitação de profissionais sejam cruciais para o controle desses organismos. Contudo, esse processo não atinge eficácia na remoção de colônias em locais inacessíveis, como fendas nas rochas, o que por sua vez requer o aperfeiçoamento das técnicas existentes, bem como o desenvolvimento de novos métodos, considerando os diversos biomas e ecossistemas afetados no país e suas especificidades (MMA, 2018).

Assim, caso haja lacunas na lei, deve-se adotar as melhores práticas da indústria do petróleo, a partir do comprometimento da preservação do meio ambiente e da proteção do equilíbrio do ecossistema. Nesse sentido, mediante a constatação de eventuais danos ambientais, a concessionária será responsabilizada integralmente por todos os prejuízos ao meio ambiente, desde o momento do abandono (MARTINS, 2015).

2.3. Plataformas de petróleo: principais vetores de introdução do Coral-sol

As plataformas e outras estruturas associadas à exploração de petróleo consistem nos principais vetores de introdução do Coral-sol (CREED *et al.*, 2016). Capel *et al.* (2016) também estudaram a genética e a distribuição de *T. coccinea* e *T. tagusensis* presentes em plataformas de petróleo, monoboias e costões rochosos ao longo da costa do país. De igual modo, Friedlander *et al.* (2014)

destacaram a importância de plataformas de petróleo como potenciais vetores e “*stepping stones*”, por servirem como substrato para a expansão geográfica do Coral-sol, enquanto espécie dominante nessas estruturas.

Isso posto, acredita-se que a atenção com os principais vetores constitui uma importante estratégia para controle da disseminação do Coral-sol pela costa brasileira, pois em todas as regiões afetadas pela bioinvasão do Coral-sol têm sido observados os impactos potenciais negativos para as comunidades nativas marinhas, bem como para a destinação econômica dessas plataformas.

Em seu estudo, Ho *et al.* (2016) identificaram o risco de danos às estruturas da Usina Nuclear de Taiwan, em detrimento de um paredão dominado pelo Coral-sol. Crooks (2012) afirma que os maiores impactos potenciais estão associados ao prejuízo das espécies nativas, devido à interferência de seus habitats, que por sua vez causa a predação, o deslocamento de espécies nativas, a alteração na cadeia trófica, a ciclagem de nutrientes, o parasitismo, a competição e o aumento da capacidade de sobrevivência de novas espécies invasoras.

Nesse sentido, a adoção de técnicas de manejo deve considerar diversos fatores, tais como: identificação de espécies, estágio de colonização, local da incrustação (incluindo se a estrutura é natural ou artificial), sensibilidade ambiental da região, eficácia do processo de limpeza, riscos envolvidos com a falta de manejo, os riscos do próprio manejo, riscos à vida humana (considerando os interesses público e coletivo), questões técnico-operacionais, disponibilidade de recursos, novas tecnologias, custos e viabilidade de implementação, entre outros aspectos (MMA, 2018).

De acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, é fundamental prevenir, reduzir e controlar a introdução intencional ou acidental de espécies invasoras, que possam provocar mudanças prejudiciais. Na mesma perspectiva, a Convenção Internacional sobre Controle de Sistemas Anti-incrustantes Danosos em Navios institui normas para diminuir ou eliminar os efeitos nocivos ao meio ambiente marinho e à saúde humana, causados por sistemas anti-incrustantes, buscando tecnologias que impeçam a bioincrustação, mas que não agridam os ecossistemas (BRASIL, 2020).

O IBAMA, exercendo sua função como órgão executor da política ambiental, vem exigindo das operadoras como condicionante para renovação das licenças de operação das unidades *offshore*, o Projeto de Prevenção e Controle de Espécies Exóticas (PPCEX), que tem com primeira etapa para prevenção da ocorrência de espécies exóticas invasoras uma avaliação de risco das embarcações de apoio que prestam serviços às unidades. Estas avaliações de risco, que tem como foco o Coral-sol, categorizam o risco das embarcações antes que elas iniciem suas operações. São analisados os históricos de navegação, fundeio e atracação de estruturas, embarcações e instalações; reparos e manutenções nos sistemas anti-incrustantes em substratos artificiais e histórico das atividades de

limpeza do casco. Estes critérios visam a classificação de risco de ocorrência de Coral-sol nas obras-vivas da embarcação, que pode ser baixo, moderado ou considerável, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Identificação dos critérios para a classificação quali-quantitativa de risco das embarcações de apoio que operam, e que venham a operar, para as atividades da TEdB nos polos de Pampo e Enchova, Bacia de Campos

ID	Critérios de risco	Tempo entre as inspeções (meses)	Risco de Ocorrência de <i>Tabasraea spp.</i>	Valor	Valor	Valor	Peso	Parâmetros de Influência
					Min	Máx		
1	Última docagem e/ou inspeção realizada	<6	Baixo	1	1	3	2	Presença/Ausência de organismos exóticos e possibilidade de visualização
		>6 e <2	Moderado	2				
		>12	Considerável	3				
2	Resultado da última inspeção	Ausência de Exóticos	Moderado	2	2	3	2,5	Presença/Ausência de organismos exóticos
		Presença de Exóticos	Considerável	3				
3	Docagem em dique seco com limpeza e aplicação de anti-incrustante	<12	Baixo	1	1	3	2	Presença/Ausência de organismos e tempo de reassentamento
		>12	Considerável	3				
4	Trânsito/Fundeio em ambientes de água doce (maior que 3 dias)	<6	Baixo	1	1	3	2	Presença/Ausência de coral-sol
		>6 e <2	Moderado	2				
		>12	Considerável	3				
5	Histórico de local, data e duração de fundeio em locais com ocorrência de coral-sol	Antes da última docagem e aplicação de anti-incrustante	Baixo	1	1	3	2	Presença/Ausência de organismos exóticos
		Após docagem em dique seco com limpeza e aplicação de anti-incrustante	Moderado	2				
		Antes da última docagem em dique seco com limpeza e aplicação de anti-incrustante	Baixo	1				
		Após a última limpeza na água	Considerável	3				
		Antes da última limpeza na água	Moderado	2				
		<6 meses antes da última inspeção	Considerável	3				

Fonte: Trident Energy. (Projeto de Prevenção e Controle de Espécies Exóticas) (2022).

As opções de controle de bioincrustação em embarcações abrangem tratamentos para a redução ou remoção da biomassa e apresentam níveis variados de sucesso, podendo haver o uso combinado de tratamentos distintos, em alguns casos. Conforme IPIECA/OGP (2010), para a remoção dos

organismos incrustantes em plataformas e outras estruturas relacionadas à exploração do petróleo, recomendam-se: o jateamento com água nas áreas contaminadas; a raspagem dos organismos; a morte por dessecação dos vetores, ou a sua imersão em dique com salinidade oposta à necessidade desses organismos (morte por choque osmótico); e o envelopamento das estruturas (morte por anoxia e inanição). Desse modo, é possível realizar a descontaminação dos vetores de introdução, enquanto técnicas executadas na fase de prevenção de (re) introduções.

Capel *et al.* (2016) informam que o controle físico ou mecânico é realizado por meio da manipulação física do invasor, com ou sem o auxílio de maquinaria, sendo admitidas a remoção manual, a dessecação, a sucção, a lavagem por pressão hidráulica, a inanição, a asfixia e a radiação ultravioleta. Quanto às ferramentas químicas e físicas, citam-se os tratamentos de calor e o controle químico.

Segundo as diretrizes da Organização Marítima Internacional, é preciso considerar experiências nacionais e internacionais de prevenção, erradicação/controle e monitoramento de espécies bioinvasoras em ambiente marinho, no intuito de assegurar a eficácia das estratégias propostas para o ordenamento das atividades dos setores produtivos. Para cumprir tais propósitos, deve-se observar: a urgência na tomada de decisão; as limitações e particularidades logísticas e operacionais; a segurança operacional e ambiental; a salvaguarda da vida humana; a viabilidade técnico-econômica; e a avaliação periódica dos resultados (IPIECA/OGP, 2010).

Além disso, para não prejudicar uma empresa ou setor produtivo específico, como é o caso das plataformas de petróleo, deve-se considerar as limitações e os recursos disponíveis para a remoção da bioincrustação, visando as estratégias de controle e prevenção custo-efetivas, fundamentadas no melhor conhecimento científico e tecnológico, considerando o estágio em que se encontra a invasão em cada região, incluindo as seguintes ações:

- a. Prevenção em áreas não invadidas;
- b. Ações imediatas em áreas de invasão recente;
- c. Ações sistemáticas em áreas de invasão consolidada; e
- d. Monitoramento sistemático da dispersão de colônias e da eficácia das ações de prevenção e controle (MMA, 2018, p. 41).

Nesse sentido, compreende-se que é fundamental fomentar a pesquisa e o desenvolvimento, analisando as diferentes visões científicas sobre a biologia/fisiologia das espécies, possíveis interações ecológicas; vetores de dispersão naturais (correntes e *stepping stones*) ou antrópicos (bioincrustação, água de lastro, etc.); histórico e distribuição geográfica no país, além de tecnologias e ferramentas de prevenção, controle e eliminação custo-efetivas em substratos naturais e artificiais (CIRM, 2020).

No que diz respeito às iniciativas privadas que têm sido registradas na atenção à ocorrência,

controle e monitoramento do Coral-sol em plataformas de petróleo, a Petrobras se destaca na tomada de decisões atinentes a essa temática, juntamente a outros setores (de pesca, de recreação e de transporte marítimo), com o apoio do Ministério de Minas e Energia (MME) e da Organização Marítima Internacional (IMO).

No âmbito da bioinvasão, em consonância às estratégias definidas pela Coordenação Interministerial para Assuntos da IMO (CCA-IMO), a Petrobras participou da elaboração das diretrizes de aplicação voluntária sobre controle e gerenciamento de risco de bioincrustação marinha.

Para o alcance dos resultados esperados pelo MME, a referida empresa atua diretamente na condução de pesquisas para o aumento do conhecimento da bioincrustação e seus aspectos técnico-científicos, tendo sido firmado um Termo de Cooperação (TC) científica-tecnológica, desde 2013, para a condução de pesquisas específicas sobre bioincrustação. Desse modo, objetivou-se monitorar a evolução da ocorrência do Coral-sol ao longo do tempo, ampliando conhecimentos sobre os aspectos biológicos, ecológicos e fauna associada a esses organismos (MMA, 2018).

Como principais linhas de pesquisa, destacam-se:

- Mapeamento e monitoramento da dispersão do Coral-sol;
- Ciclo de vida e biologia reprodutiva do Coral-sol;
- Caracterização da fauna associada ao Coral-sol;
- Avaliação da influência de Coral-sol sobre espécies nativas de corais;
- Controle da bioincrustação em substratos artificiais (cascos) por tratamento acústico;
- Mapeamento da presença e a densidade de larvas de Coral-sol na BTS; e
- Experimentos in situ dos efeitos da remoção manual de colônias sobre a dispersão do Coral-sol (MMA, 2018, p. 48-49).

Em plataformas de petróleo e em outras estruturas ligadas à exploração de petróleo e de gás, executam-se ações de remoção de Coral-sol, incluindo a possibilidade de mudança de rota e a extensão de permanência na locação, conforme a inspeção dessas unidades. Para tanto, contam-se com inspeções e restrições que se estendem a toda cadeia de infraestrutura do setor de óleo e gás e mineração, incluindo instalações portuárias, estaleiros e terminais. Contudo, é comum ocorrer o impedimento da realização dessas atividades, em razão de determinação judicial, ao atendimento a condicionantes (licença ambiental), ou aos riscos jurídicos envolvidos (MIZRAHI, 2014).

Para Oigman-Pszscol *et al.* (2017) condicionantes devem ser anexadas ao licenciamento das operações e deslocamento das embarcações para plataformas, navios e baías de navegação, pois, mesmo com o controle, sempre haverá risco de propagação da espécie invasora.

A título de exemplificação, cita-se a tentativa de remoção de Coral-sol do casco da unidade de produção do tipo FPSO (*Floating Production Storage Offloading Unit*) PETROBRAS 66 (P-66). Após inspeção estrutural no casco da unidade, quando foi constatada a bioincrustação por Coral-sol, o

IBAMA determinou uma condicionante na emissão da Licença de Instalação (LI 1139/2016) da unidade, estabelecendo que: “o deslocamento da FPSO P-66 até o local pretendido para instalação só poderá ocorrer após expressa manifestação do IBAMA, especialmente no que se refere a incrustação por Coral-sol”. Em função desse posicionamento do IBAMA, a Petrobras apresentou uma proposta alternativa de manejo, que contemplou a execução de uma remoção manual da incrustação de Coral-sol.

Como premissas básicas desse procedimento de limpeza, tem-se o seguinte resumo do procedimento:

- i) Escopo: Foram removidas as colônias de Coral-sol incrustadas na superfície do casco e nas áreas-nicho² da FPSO P-66, de forma manual, com uso de raspadeiras de tamanhos diversos, em todas as superfícies do casco, incluindo as áreas-nicho. Em seguida, foi feita a contenção das colônias no interior de sacos confeccionados com malha de coleta dos plásticos (abertura de até 0,5 mm).
- ii) Procedimento: No processo de remoção, a raspadeira foi posicionada na base da colônia, para que ocorresse o desprendimento do substrato, colocando os organismos removidos no interior de saco de coleta, a fim de evitar que o material coletado e fragmentos caíssem no fundo marinho, e que as larvas fossem liberadas para a coluna d'água. Após essa etapa, os sacos foram armazenados em caixas plásticas e direcionadas à embarcação de apoio, e em seguida ao estaleiro, para acondicionamento e destinação final dos resíduos, conforme as normas ABNT e em observância aos requisitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10).
- iii) Duração: as atividades de remoção do Coral-sol foram concluídas em 22 dias, sendo oportuno salientar que a proposta metodológica foi desenvolvida para a aplicação do caso específico para as condições apresentadas na FPSO P-66 (MMA, 2018).

No próximo tópico deste estudo, abordam-se os aspectos ambientais do descomissionamento/abandono de plataformas de petróleo, pois essas unidades marítimas atingem sua fase final de produção após determinado prazo, processo denominado como abandono ou descomissionamento, uma das etapas previstas na licença de operação da embarcação.

2.4. Descomissionamento: Abandono de plataformas de petróleo

No Brasil, em unidades estacionárias de produção *offshore*, responsáveis pela maior parte da produção de petróleo e gás nacional, surge o descomissionamento desses sistemas submarinos após certo tempo de operação. “O procedimento de descomissionamento de plataformas de petróleo concretiza o desenvolvimento sustentável à luz dos princípios da equidade intergeracional, acesso

equitativo aos recursos naturais, prevenção e função socioambiental da propriedade” (ANP, 2021, p. 9).

Atualmente, tal processo constitui um desafio, por demandar tecnologia e investimentos para garantir a minimização de impactos ambientais negativos, oriundos da finalização das referidas atividades.

Para o descomissionamento dessas estruturas, tornam-se necessários regulamentação, tecnologias e planejamento financeiro, no intuito de efetuar o encerramento das atividades, incluindo a limpeza e a remoção de estruturas para a devida recuperação ambiental do local (MARTINS, 2015).

Conforme a ANP (2021), em janeiro de 2021, 33% das unidades de produção *offshore* existentes estava em operação há mais de 25 anos e 20% das unidades de produção tinham entre 15 e 25 anos. Atualmente, há 122 unidades estacionárias de produção (UEP) *offshore* em funcionamento no país, sendo que suas estruturas são projetadas para se adaptarem em um campo destinado à produção de petróleo ou gás por, no mínimo, 20 a 30 anos (ANP, 2021). Esse prazo se relaciona às condições técnicas, ao esgotamento do recurso ou à inviabilidade econômica das atividades. Assim, surge a consequente desativação da sua infraestrutura (MARTINS, 2015).

Segundo Ruivo (2011), existem cinco opções de descomissionamento para as estruturas marítimas: (a) remoção completa com disposição em terra; (b) remoção completa com disposição no fundo do oceano; (c) remoção parcial; (d) tombamento no local; (e) deixar a estrutura no local para utilização alternativa. Cada opção culmina em diferentes impactos, a depender da região, das variáveis ambientais de biodiversidade local, e das condições econômicas, sociais e políticas.

Durante o período de exploração, Teixeira e Machado (2012) ressaltam que as estruturas que ficam submersas se tornam parte integrante do ecossistema submarino, sendo consequentemente um atrativo para o abrigo das mais variadas espécies (interação entre peixes, algas, corais e moluscos). Dessa forma, como as estruturas são compostas por barras de aço verticais, horizontais e oblíquas, em pouco tempo, é possível notar uma vida marinha associada.

Silva e Mainer (2008) esclarecem que o termo “abandono” pode sugerir o descarte irresponsável de materiais, apesar de ser comumente utilizado em normas nacionais e internacionais. Para evitar esse entendimento pejorativo, após vários congressos e debates internacionais sobre a temática, conclui-se que a melhor referência seria a palavra “descomissionamento” para significar a desativação consciente dessas estruturas.

Voltando ao monitoramento ambiental da localização da estrutura, enquanto ativa no processo produtivo, sua remoção depende da configuração e tipo da estrutura, peso, tamanho, proximidade da costa, integração ao solo marinho, condições climáticas, despesas, além de aspectos relacionados às operações e tecnologias disponíveis. A partir desses fatores, a solução de descomissionamento varia

entre a opção de remoção completa e a de permanência contínua no local. Também há a opção de seccionar a instalação, em uma ou mais partes, conforme o tamanho e a capacidade da embarcação de reboque (RUIVO, 2011). Martins (2015, p. 25) ressalva que: “qualquer processo que envolva a remoção e consequente transporte de estruturas requer atenção para que seja minimizada a interferência em outra atividade econômica, tais como pesca e navegação”.

Em termos sustentáveis, Bastos (2017) assinala que muitos materiais oriundos de plataformas desativadas podem ser reaproveitados e reutilizados para a formação de recifes artificiais, através de novas instalações fora das áreas de produção de petróleo, formando zonas de pesca produtivas. Essa estratégia é adotada em diversos países, a partir da limpeza e adaptação das estruturas descartadas, seguindo as finalidades de habitats.

Santos (2011) sugere a criação de áreas de recifes artificiais, em prol do ecossistema marítimo, objetivando: a proteção da costa e o controle da erosão da praia (quebra-mar); o aumento geral da produtividade do meio ambiente; o aumento da área de desova e da proteção dos habitats dos organismos juvenis, beneficiando a diversidade de espécies e o volume da pesca; a criação de um parque experimental científico; e a viabilidade de mergulho ecológico (scuba), pesca submarina e turismo.

Reforça-se que a permanência da estrutura no local é admitida somente em caso de uso alternativo, incluindo a transformação da plataforma em centros de pesquisa, locais para o ecoturismo, cultivo marinho, base para fontes alternativas de energia (eólica), local de pesca esportiva, etc. (MARTINS, 2015).

Quanto aos possíveis impactos ambientais, Teixeira e Machado (2012) garantem que esse prejuízo estaria associado ao abandono da produção, que é realizada através da cimentação/tamponamento do poço produtor; e à manutenção da estrutura da plataforma no lugar da produção (durante os processos de remoção, afundamento ou reciclagem).

Em caso de remoção parcial ou total de plataformas fixas, o uso de explosivos para o rompimento das estruturas pode causar uma onda de choque, ocasionando a liberação de energia sonora debaixo d'água, produzindo assim a morte de espécies marinhas (TEIXEIRA, 2013).

Nos processos de descomissionamento, também pode haver a liberação de diferentes tipos de resíduos, potencialmente perigosos, tais como metais pesados e materiais radioativos. Como essas instalações foram construídas em décadas anteriores, pode haver substâncias e materiais perigosos que tiveram uso proibido no decorrer dos anos, como é o caso do amianto (TEIXEIRA, 2013).

Outros impactos diretos se relacionam à atividade pesqueira, por haver a restrição de acesso temporário a determinados pesqueiros, em decorrência das rotinas de operação e desmobilização das áreas ocupadas pelas plataformas. Segundo Martins (2015), esses impactos podem apresentar maior

ou menor magnitude, de acordo com a localização do empreendimento (águas rasas ou profundas) e das frotas pesqueiras sediadas na área de descomissionamento.

A partir dessas considerações, a melhor forma de reduzir ou eliminar os problemas ambientais é garantir um controle rígido sobre os parâmetros de qualidade ambiental, em respeito às legislações e acordos nacionais e internacionais, durante toda a estadia das estruturas.

Considerando o total de plataformas fixas no país, somente três unidades possuem subestrutura de concreto, representando um desafio de remoção devido ao seu tamanho e peso. De acordo com Amorim (2010), sua remoção deve contar com um processo de lastro para reflutuação, a fim de possibilitar a sua desconexão da estrutura com o solo. Em seguida, procede-se ao reboque e redistribuição em terra.

Existe o potencial de até 43% das unidades que se enquadram no caso de remoção total, contudo, apesar das vantagens advindas dessa alternativa (por exemplo, retorno às condições naturais do local), o processo apresenta alto custo (RUIVO, 2011).

A remoção representa um desafio tecnológico, político, estratégico e econômico, pois os custos aumentam de acordo com a profundidade, sem contar que a carência de experiências, legislação e normas vigentes para o meio ambiente e a segurança humana (SANTOS, 2011).

Martins (2015, p. 38) conclui que

o Brasil apresenta a maior parte de suas plataformas de produção offshore fixas, cuja desmobilização é complexa nos aspectos operacionais, ambientais e de custos. Uma possível alternativa para uma parte dessas estruturas é sua utilização para a formação de recifes artificiais. Entretanto, o descomissionamento de seus sistemas submarinos representa um desafio devido à grande profundidade, sendo necessários tecnologia e investimentos para que estas operações sejam realizadas de modo a garantir a minimização de impactos ambientais negativos.

Nesse esteio, o descomissionamento configura uma questão estratégica, visto que será fator crítico de sucesso na tomada de decisões da empresa petrolífera, fomentando a criação de vantagens competitivas e a possibilidade de novas oportunidades de investimentos no atual cenário brasileiro.

2.5. Produção *offshore* - Bacia de Campos

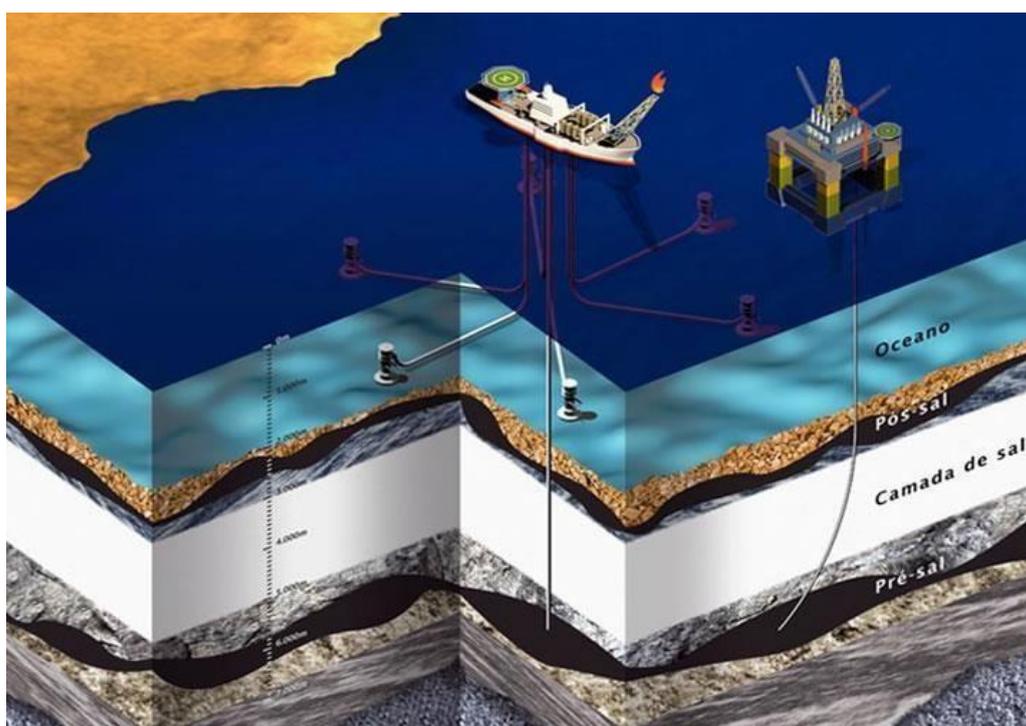
A Bacia de Campos está localizada na Margem Leste brasileira, região Sudeste do país, distribuída ao longo do litoral que banha o Norte do Estado do Rio de Janeiro e o Sul do Estado do Espírito Santo; assim, contempla uma área aproximada de 100.000 km², com cota batimétrica de 3.500 m (DISARÓ, 2013).

Possui 25 unidades em produção e plataformas caracterizadas pelas mais modernas tecnologias

offshore, representando uma síntese de inovação em águas profundas e ultraprofundas. Com mais de 50 anos de existência¹, vem se renovando paulatinamente, por meio de novos projetos e novas frentes de produção. Com destaque na indústria mundial de petróleo e gás, a Bacia de Campos responde por cerca de 30% de toda a produção nacional², constituindo um celeiro de inovações, ao desenvolver soluções inéditas e conhecimento suficiente para figurar no seletivo grupo dos maiores produtores de petróleo e gás *offshore* (PORTELLA, 2017).

Segundo Bastos e Bastos (2017, p. 3), as camadas Pré-Sal (Figura 06) são responsáveis por produzir cerca de “300.000 boe/dia na Bacia de Campos. Essa produção provém dos campos de Jubarte, Baleia Azul, Baleia Franca, Marlim Leste, Caratinga, Barracuda, Marlim, Voador, Albacora Leste, Linguado, Badejo, Pampo e Trilha”. Portanto, a Bacia de Campos se destaca pelo próspero potencial relacionado à seção Pré-Sal.

Figura 06 – Ilustração Camadas de Pós e Pré-sal



Fonte: Conexão aluno (Governo do Rio de Janeiro) (2010).

Stenhagen (2020) informa que muitos campos atingiram a sua fase de “maturidade”, e o fator de recuperação nacional ainda é baixo (aproximadamente 20%), em comparação à média mundial, que

¹ Segundo Portella (2017), a exploração de petróleo na Bacia de Campos teve início no final da década de 1950.

² Atualmente, a Bacia de Campos conta com 31 campos, correspondendo a 22% da produção nacional. (dados de maio de 2023) (ANP – Boletim da Produção de Petróleo e Gás natural).

varia entre 30% e 45%. Contudo, a autora salienta que há a possibilidade de realização de investimentos que otimizem a eficiência e a capacidade produtiva das instalações, incluindo o seu desenvolvimento complementar, a partir de métodos de recuperação produtiva.

O fator de recuperação, no contexto das plataformas de petróleo, refere-se à proporção de petróleo recuperado em relação ao volume total de petróleo presente em um reservatório. É uma métrica que indica a eficiência da produção de petróleo de um campo petrolífero.

O fator de recuperação é calculado dividindo-se o volume de petróleo recuperado pelo volume total de petróleo no reservatório. Por exemplo, se um reservatório contém 1 milhão de barris de petróleo e apenas 200.000 barris foram recuperados, o fator de recuperação seria de 20% (200.000 dividido por 1.000.000 multiplicado por 100). Assim, uma baixa taxa de recuperação indica que uma quantidade significativa de petróleo ainda permanece no reservatório após a produção inicial. Isso pode ocorrer devido a diversos fatores, como a complexidade geológica do reservatório, a tecnologia disponível para extração, a eficiência dos métodos de produção utilizados, entre outros.

No caso mencionado na Bacia de Campos, observa-se um fator de recuperação de aproximadamente 20%, que é considerado baixo em comparação à média mundial, que varia entre 30% e 45%. Isso pode indicar a necessidade de melhorias nos métodos de produção e recuperação de petróleo utilizados na região, visando aumentar a eficiência e otimizar a extração dos recursos petrolíferos presentes nos reservatórios.

Contudo, existe a possibilidade de serem realizados investimentos que melhorem a eficiência e a capacidade produtiva dessas instalações, através da implementação de métodos e ações para sua recuperação produtiva.

Em seu Plano Estratégico de 2020-2024, a Petrobras foca o seu crescimento econômico em ativos de óleo e gás, em águas profundas e ultraprofundas, com a finalidade de melhorar seu portfólio e aumentar a alocação de capital da companhia. Desse modo, promove-se o melhor aproveitamento dos recursos de petróleo e gás, além de serem ampliados os investimentos para o setor petrolífero nacional, através da otimização do segmento de exploração e produção de petróleo e gás natural. Sob tal perspectiva, o descomissionamento só ocorre mediante o declínio da produção, que por sua vez impacta a viabilidade econômica ou quando as instalações cumprem a sua vida útil (STEENHAGEN, 2020).

Quanto ao descomissionamento de suas instalações marítimas, destaca-se a complexidade desse processo, pois as plataformas estão situadas entre 100 e 1.5000 m de profundidade, fazendo com que a remoção dessas instalações se torne mais difícil, por envolver altos custos e desafios tecnológicos, além de culminar em impactos negativos relacionados à segurança das atividades e ao meio ambiente (DELGADO, 2019).

Conforme instituído na Resolução ANP nº 749, de 21 de setembro de 2018, um campo de produção de petróleo ou gás natural pode ser considerado maduro quando suas instalações estiverem em produção efetiva há mais de 25 anos, ou quando sua produção acumulada é igual ou superior a 70% do volume de produção previsto, considerando as reservas provadas (BRASIL, 2018). Steenhagen(2020, p. 16) complementa que, em linhas gerais, “um campo maduro é aquele cuja produção está em declínio e/ou suas instalações estão perto do término da sua vida útil”. A partir desse conceito, a mesma autora pondera que “um percentual significativo de campos maduros se encontra na Bacia de Campos, que até o ano de 2017, era a maior bacia produtora no Brasil” (p. 17).

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, a Bacia de Campos possui 46,1% das unidades com menos de 15 anos; 20,6% com idade entre 15 e 25 anos; e 33,3% com mais de 25 anos. Além desses dados, deve-se considerar que seus sistemas de produção são acentuadamente mais complexos, por estarem instalados em águas profundas e ultraprofundas (BRASIL, 2019).

Nesse cenário, a ANP estima que “entre 2020 e 2024, os investimentos necessários para o desenvolvimento das atividades de descomissionamento atinjam cerca de R\$ 26 bilhões, envolvendo atividades de arrasamento e abandono de poços, recuperação de áreas, retirada de equipamentos, entre outras” (STEENHAGEN, 2020, p. 30).

Ainda assim, é válido ressaltar que os campos maduros já possuem infraestrutura instalada, com seus reservatórios formados, e isso diminui o custo e o tempo para que sejam acessados seus volumes restantes de óleo e de gás (BRASIL, 2018). Nesse sentido, urge a necessidade de políticas de incentivo, no intuito de subsidiar investimentos no aumento de sua taxa de recuperação e estender suas vidas úteis, assegurando assim a manutenção de empregos e a arrecadação de *royalties*.

Com relação ao descomissionamento, Ruivo (2011) postula que o encaminhamento das regras estabelecidas pela sua regulamentação pode interferir diretamente na atratividade de capital nesse mercado. Dessa maneira, o amadurecimento dos campos produtores de petróleo fomenta o debate a respeito das melhores práticas para remoção e destinação das diversas estruturas utilizadas nas atividades de exploração e de produção, avaliando questões relacionadas a custos, segurança, saúde e meio ambiente.

Existem poucos projetos de descomissionamento aprovados pela ANP, o que reforça a inexperience brasileira na realização desse processo, principalmente em instalações de exploração e produção de petróleo e gás, que oferecem incertezas relacionadas: à capacidade da cadeia de prestação de serviços; à gestão/destinação de resíduos; aos impactos em áreas ambientalmente preservadas; à coexistência de espécies bioinvasoras no sistema de produção (a exemplo do Coral-sol); à infraestrutura portuária e logística; e aos reais custos provenientes das atividades de

descomissionamento (ALMEIDA *et al.*, 2017).

3. MATERIAL E MÉTODO

Foram pesquisados artigos acadêmicos e documentos de referência disponibilizados em bancos de dados eletrônicos de sites governamentais como SEI – Sistema Eletrônico de Informações do IBAMA, no período de 2013 a 2023.

A busca por materiais bibliográficos foi feita em diferentes bases de dados eletrônicos, tais como Google Scholar e Scopus, que oferecem ampla cobertura de periódicos científicos, conferências e relatórios técnicos. Nessas bases foram utilizadas as palavras-chave “Bioincrustação”, “Plataformas de Petróleo” e “Bacia de Campos” em relação ao tema em questão, e a combinação adequada dessas palavras-chave e o uso de operadores booleanos, como AND e OR, permitiram refinar a pesquisa e obter resultados mais relevantes.

Segundo Lakatos e Marconi (2010), a pesquisa bibliográfica faz parte do processo de documentação indireta, podendo ser usadas fontes primárias – documento de primeira mão – ou fontes secundárias – levantamento bibliográfico já publicado. Desse modo, para a elaboração do referencial teórico, foram investigados os trabalhos publicados em determinado período (2013 a 2023), facilitando, assim, a organização do assunto.

A análise dos estudos pré-selecionados advém da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave de todas as publicações encontradas, sendo possível verificar aqueles que se enquadravam na seleção dos critérios supracitados.

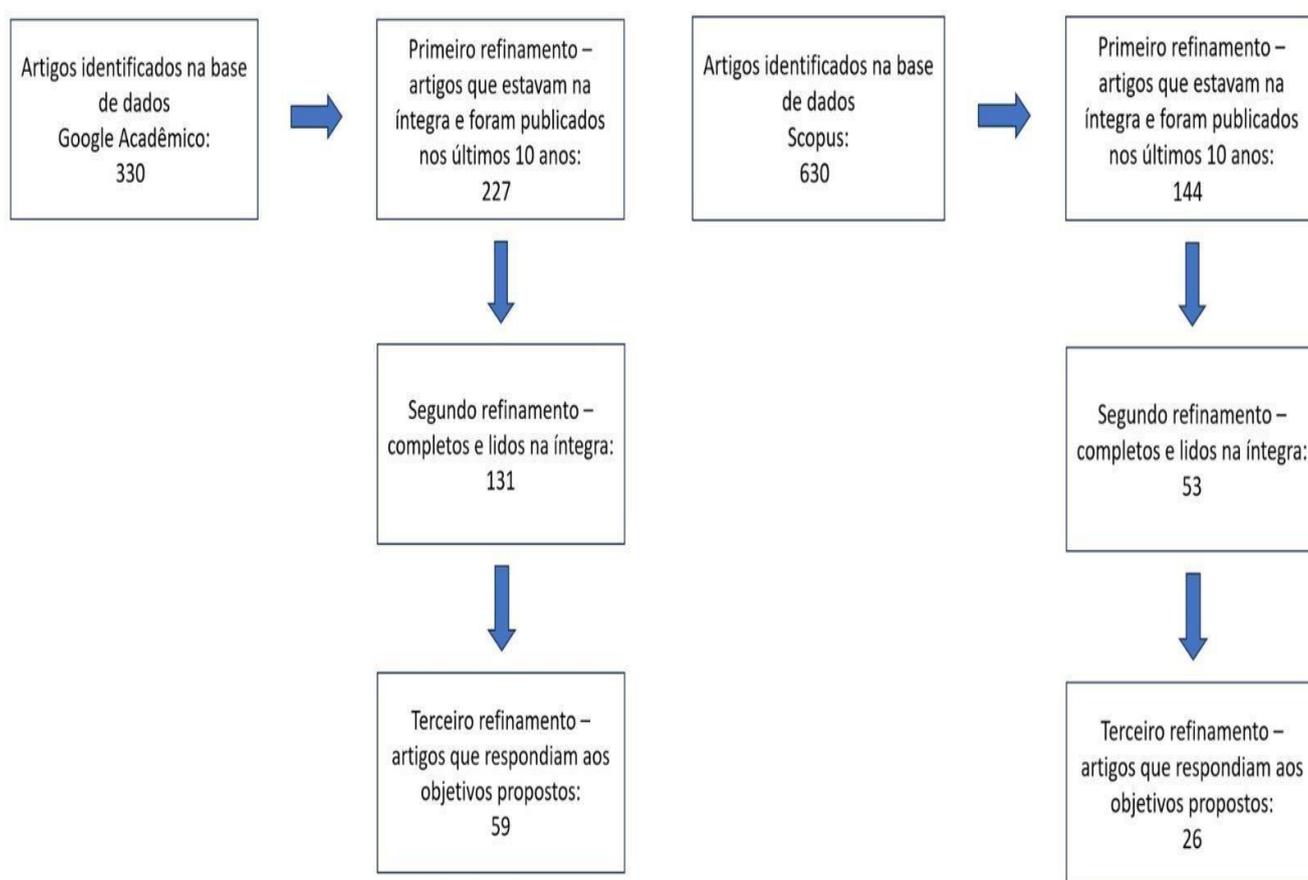
Como critérios de inclusão, foram escolhidos os estudos que estavam disponibilizados na íntegra (PDF), em Português e Inglês, e que continham pelo menos uma das palavras-chave pré-definidas (espécies exóticas invasoras; desativação de unidades marítimas; impactos ambientais). Como critérios de exclusão, não foram utilizados artigos que não respondiam aos objetivos propostos.

Inicialmente, a pesquisa foi feita sem refinamento específico, adotando-se o mecanismo de “força bruta”³ elucidado por Costa (2010). Entretanto, devido ao grande número e diversidade de periódicos encontrados, optou-se pelo refinamento, com a finalidade de selecionar conteúdos de maior aderência e relevância ao tema proposto.

³ Buscam-se diretamente os artigos por meio de palavras-chave, por título, por autor, ou por algum elemento similar, sem que haja tratamento adicional para a filtragem dos resultados obtidos. A utilização desse método apresenta maior possibilidade de se trabalhar com um referencial inicial que não contemple o estado da arte sobre o tema, o que por sua vez pode culminar em baixas eficácia e eficiência do trabalho final (COSTA, 2010).

O primeiro refinamento considerou a facilidade de acesso dos artigos, buscando-se nas bases de pesquisa somente aqueles disponibilizados gratuitamente e na íntegra, delimitando-se o recorte temporal, sendo selecionados os artigos mais recentes, publicados nos últimos dez anos. No segundo refinamento, foram lidos os resumos de todos os artigos, e, como ainda poderia refinar mais a busca, utilizou-se de adequações temáticas para seleção do material mais pertinente, como, por exemplo, a existência de duas palavras-chave no título. Como resultado, obteve-se 46 artigos que embasaram a elaboração dos dois artigos científicos apresentados na presente dissertação.

Figura 7 - Fluxograma da busca realizada nas bases de dados



Fonte: Elaborada pelo autor (2024)

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da realização de um estudo aprofundado sobre a bioincrustação por Coral-sol e a atividade de descomissionamento no Brasil, foram apresentadas perspectivas, oportunidades e desafios, no intuito de esclarecer à sociedade sobre as possibilidades que se descortinam nessa temática.

Como todo trabalho resultante da contribuição de vários autores, a presente coletânea apresenta imperfeições, sobreposições de conteúdo, e até mesmo contrassensos. Contudo, pretendeu-se fornecer uma visão geral sobre os processos de bioincrustação e de descomissionamento, por serem temas atuais e de grande relevância social, econômica e ambiental, visando sensibilizar os tomadores de decisão sobre a importância do conhecimento consolidado e organizado sobre técnicas e legislação sobre o assunto no país.

Nesse sentido, esta pesquisa contribuiu não só para o desenvolvimento do setor petrolífero, assim como para o aprimoramento da Administração Pública e de suas ferramentas de estímulo à economia e à sustentabilidade do meio ambiente.

Para refletir sobre aspectos do controle e erradicação do Coral-sol, analisou-se a bioincrustação da espécie em plataformas de petróleo, verificando, nesse âmbito, os possíveis impactos ambientais oriundos dessa atividade produtiva.

Inicialmente, foram descritos a biologia da espécie e os respectivos impactos causados pela bioinvasão, que tem sido responsável pela alteração das comunidades bentônicas em áreas costeiras. Observa-se que o Coral-sol produz substâncias com propriedades anti-incrustantes e antipredação, contendo substâncias alelopáticas que causam necrose em outras espécies de corais. Isso contribui significativamente para o seu sucesso competitivo, devido à ausência de inimigos naturais.

Isso posto, atesta-se que essas espécies ameaçam a permanência das espécies nativas, especialmente em ambientes frágeis e, ou, degradados, como é o caso de plataformas descomissionadas. Nesse contexto, sob o propósito de identificar os caminhos necessários para a transição de atividades econômicas baseadas nos oceanos, foram vislumbrados aspectos relacionados à eficiência econômica e à sustentabilidade ambiental, destacando as oportunidades e desafios da cadeia. Assim, constata-se que as opções de controle de bioincrustação em embarcações abrangem tratamentos para a redução ou remoção da biomassa e apresentam níveis variados de sucesso, podendo haver o uso combinado de tratamentos distintos, em alguns casos.

Em termos sustentáveis, foi observado que muitos materiais provenientes das plataformas desativadas podem ser reaproveitados e reutilizados, a partir da limpeza e adaptação das estruturas descartadas, em prol do ecossistema marítimo, objetivando: a proteção e o controle da costa; a

produtividade do meio ambiente (incluindo o aumento da diversidade de espécies e o volume da pesca); a criação de um parque experimental científico; a viabilidade de mergulho ecológico; a pesca submarina e o turismo. Contudo, a remoção das plataformas representa um desafio tecnológico, político, estratégico e econômico, pois os custos são altos e faltam experiências e normas vigentes para a segurança no processo em termos ambientais.

Ao se analisar o que está sendo feito nas plataformas de petróleo na Bacia de Campos, foi observado que muitas estruturas atingiram a sua fase de “maturidade”, e o fator de recuperação é considerado baixo (aproximadamente 20%), em comparação à média mundial, que varia entre 30% e 45%. No projeto de um reservatório, já se estima o fator de recuperação, pois espera-se que os poços cumpram seus objetivos e produzam todo óleo e gás esperado.

Tratando-se do processo de limpeza, remoção e prevenção da bioincrustação, inicialmente, evidencia-se a importância do monitoramento constante de fundos estáveis nas imediações das ocorrências comprovadas do Coral-sol, enquanto principal estratégia de detecção precoce, para evitar a sua expansão. Além disso, para o melhor conhecimento dos mecanismos de disseminação da bioinvasoras, devem ser implementados planos de monitoramento e de manejo, sendo estas ações regulares e ininterruptas.

Quanto à adoção de técnicas de manejo, consideram-se diversos fatores, tais como: identificação de espécies, estágio de colonização, local da incrustação (incluindo se a estrutura é natural ou artificial), sensibilidade ambiental da região, eficácia do processo de limpeza, riscos envolvidos com a falta de manejo, riscos do próprio manejo, riscos à vida humana (considerando os interesses público e coletivo), questões técnico-operacionais, e disponibilidade de recursos.

Quando se trata da adoção de técnicas de manejo, é fundamental considerar uma série de fatores para garantir a eficácia do processo e minimizar os riscos associados. Alguns desses fatores incluem a identificação das espécies presentes na incrustação, o estágio de colonização em que se encontram, o local específico da incrustação (se a estrutura é natural ou artificial), a sensibilidade ambiental da região em questão, bem como os riscos envolvidos tanto na falta quanto na implementação do manejo.

Os riscos relacionados ao manejo das incrustações podem ser diversos e devem ser cuidadosamente avaliados. Entre eles, destacam-se os riscos ambientais, como a possibilidade de danos à biodiversidade local e aos ecossistemas marinhos. Além disso, é preciso considerar os riscos técnicos e operacionais, relacionados à eficácia das técnicas de limpeza e remoção das incrustações, bem como à possibilidade de danos às estruturas ou equipamentos durante o processo.

Também é importante levar em conta os riscos à vida humana, considerando tanto os interesses públicos quanto os coletivos. Isso significa avaliar os possíveis impactos na segurança das

equipes envolvidas no manejo das incrustações, bem como os potenciais riscos para as comunidades locais e para as atividades socioeconômicas da região.

A eficácia do processo de limpeza das incrustações é outro aspecto relevante a ser considerado. Isso envolve a escolha adequada das técnicas e dos produtos utilizados, levando em conta a composição das incrustações, a efetividade dos métodos de remoção e a minimização de danos ambientais.

Além disso, a disponibilidade de recursos também desempenha um papel crucial na adoção das técnicas de manejo. Recursos financeiros, tecnológicos, humanos e logísticos são necessários para realizar um processo eficiente de limpeza e gerenciamento das incrustações.

Nessa perspectiva, merecem reflexão a desativação e a destinação segura de plataformas descomissionadas no Brasil. Mais uma vez, reforça-se a necessidade de uma normatização coordenada em rede, que especifique essa complexa operação, mediante a constatação da baixa experiência brasileira e ampla possibilidade de projetos internacionais. Portanto, o trabalho de descomissionamento de plataformas no Brasil deve ser direcionado de forma cuidadosa e coordenada, levando em consideração diversos aspectos para garantir a desativação segura e a destinação adequada dessas estruturas. Algumas sugestões podem ser consideradas nesse processo:

Normatização e regulamentação: É essencial estabelecer normas e regulamentações específicas que orientem o descomissionamento de plataformas de petróleo. Essas normas devem abordar desde os procedimentos técnicos envolvidos até as diretrizes para a gestão ambiental e a segurança dos trabalhadores. A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e outros órgãos competentes podem desempenhar um papel importante nesse sentido.

Estudos de impacto ambiental: Antes do descomissionamento, devem ser realizados estudos de impacto ambiental para avaliar os possíveis efeitos da desativação e da destinação das plataformas. Esses estudos devem considerar os aspectos relacionados à biodiversidade, ecossistemas marinhos, pesca, turismo e outros setores socioeconômicos afetados. Os resultados desses estudos devem direcionar as decisões e os planos de descomissionamento.

Planejamento integrado: O descomissionamento das plataformas deve ser planejado de forma integrada, envolvendo diversos atores, como empresas de petróleo, agências reguladoras, órgãos ambientais e comunidades locais. Esse planejamento deve considerar a participação pública, o diálogo entre os envolvidos e a busca por soluções que minimizem os impactos negativos e maximizem os benefícios socioeconômicos.

Tecnologias e práticas adequadas: É importante utilizar tecnologias e práticas adequadas para o descomissionamento, considerando as características específicas de cada plataforma e o contexto local. Isso pode envolver o uso de técnicas de remoção e desmontagem, gerenciamento de resíduos,

reciclagem e disposição adequada dos materiais. A experiência internacional e as melhores práticas existentes devem ser consideradas nesse processo.

Monitoramento e fiscalização: O trabalho de descomissionamento deve ser acompanhado de perto por meio de um monitoramento efetivo e de fiscalização rigorosa. Isso garantirá que as etapas sejam realizadas conforme o planejado, minimizando riscos e assegurando a conformidade com as normas estabelecidas. O monitoramento deve abranger aspectos ambientais, sociais e de segurança.

Gestão de custos e responsabilidades: A gestão adequada dos custos e das responsabilidades associadas ao descomissionamento também é fundamental. Deve-se garantir que as empresas responsáveis pelo descomissionamento tenham recursos financeiros e capacidade técnica para realizar as atividades de forma adequada. Além disso, é importante definir claramente as obrigações e as responsabilidades das partes envolvidas, inclusive em relação à remediação de possíveis impactos ambientais.

A fim de impedir os impactos ambientais negativos, considera-se que o descomissionamento configura uma questão estratégica na tomada de decisões da empresa petrolífera, ao possibilitar vantagens competitivas e novas oportunidades no atual cenário brasileiro.

Ainda, vale-se de um exemplo internacional – denominado *Guidance Notes*, documento elaborado pelo DECC7 no Reino Unido, que foi elaborado pelo Departamento de Energia e Mudanças Climáticas (DECC), a fim de fornecer orientações e diretrizes para reguladores, operadores e outras partes envolvidas no processo de descomissionamento de instalações *offshore*.

As *Guidance Notes* do DECC são consideradas um elemento norteador para os reguladores, proporcionando um quadro normativo claro e consistente para a atividade de descomissionamento. Essas diretrizes têm como base as melhores práticas e lições aprendidas, bem como as regulamentações existentes no Reino Unido. Elas abordam diversos aspectos relacionados ao descomissionamento, desde a avaliação inicial até a aprovação final dos planos de descomissionamento. Nesse sentido, o documento fornece informações detalhadas sobre os requisitos técnicos, ambientais e de segurança que devem ser considerados durante o processo de descomissionamento. Ele abrange aspectos como a avaliação de riscos, o planejamento e a execução das atividades de desativação e remoção, a gestão de resíduos, a reabilitação ambiental, entre outros. Esse enfoque tem como objetivo garantir que as atividades sejam realizadas de forma segura, eficiente e ambientalmente adequada, minimizando os impactos negativos.

É importante ressaltar que as *Guidance Notes* do DECC no Reino Unido são apenas um exemplo internacional, e cada país pode adotar abordagens e diretrizes específicas de acordo com suas necessidades e realidades. No entanto, a experiência do Reino Unido pode servir como referência valiosa para outros países que buscam desenvolver ou aprimorar suas regulamentações e práticas de

descomissionamento, proporcionando um modelo a ser seguido e adaptado às suas circunstâncias locais. Portanto, considera-se que esse tipo de material acelera o processo de averiguação e explana as atribuições de todos os envolvidos, facilitando, portanto, a gestão do tema pelas operadoras, além de reduzir a insegurança jurídica e econômica do referido processo.

No atual cenário brasileiro, especificamente para o caso da Bacia de Campos, a significativa experiência britânica serve como base para a avaliação crítica da regulamentação nacional, em se tratando das atividades de descomissionamento. Sabe-se que a indústria brasileira possui pouca experiência com projetos de grande complexidade, além do agravante de inexistir previsão legal específica. Na prática, os operadores entregam o Programa de Descomissionamento (modelo ANP) ao IBAMA e à Marinha do Brasil, o que propicia decisões distintas, em prazos também variados.

Como visto no decorrer do artigo, 43% das unidades que se enquadram no caso de remoção total, entretanto, esse processo tem alto custo, constituindo um desafio tecnológico, político, estratégico e econômico, pois esses custos aumentam conforme a profundidade, sem olvidar da carência de experiências, da falta de legislação e normas vigentes para o meio ambiente e a segurança humana.

Uma possível alternativa é direcionar as estruturas descomissionadas para o uso de recifes artificiais, embora essa opção também demande tecnologia e investimentos dispendiosos. A utilização de estruturas descomissionadas como recifes artificiais é uma alternativa que tem sido considerada para minimizar os custos e os impactos ambientais associados ao descomissionamento de plataformas de petróleo. Essa prática envolve a adaptação das estruturas, de forma segura e planejada, para criar ambientes recifais que possam abrigar e promover a vida marinha. A seguir, descrevem-se algumas das principais medidas que podem ser adotadas nesse processo:

Avaliação e seleção de estruturas adequadas: é preciso identificar as estruturas descomissionadas que são mais adequadas para serem adaptadas como recifes artificiais, a partir de critérios como a localização, a qualidade e a integridade da estrutura, sua capacidade de abrigar e sustentar a vida marinha, entre outros aspectos.

Planejamento e projeto: é necessário elaborar um plano detalhado para adaptar a estrutura descomissionada como recife artificial. Esse plano deve levar em conta aspectos como a segurança estrutural, a integração ao ambiente marinho, a diversidade biológica a ser promovida e os potenciais impactos ambientais.

Limpeza e preparação da estrutura: antes da adaptação como recife artificial, a estrutura descomissionada deve passar por um processo de limpeza e remoção de resíduos perigosos ou contaminantes. Isso garante a segurança ambiental e a saúde dos ecossistemas marinhos.

Adequação da estrutura: a estrutura descomissionada pode ser modificada para criar habitats

específicos que atraiam diferentes espécies marinhas. Isso pode envolver a adição de estruturas artificiais complementares, como estruturas de coral artificial, rochas submersas ou outros elementos que promovam a biodiversidade e a complexidade do recife.

Monitoramento e gestão: após a adaptação da estrutura como recife artificial, é fundamental estabelecer um programa de monitoramento contínuo para avaliar a eficácia e o impacto do projeto. Isso envolve monitorar a colonização e o desenvolvimento de espécies marinhas, bem como a interação com o ambiente circundante. Também é necessário implementar medidas de gestão adequadas para garantir a manutenção e a integridade do recife artificial.

É importante ressaltar que a adoção dessa alternativa de recifes artificiais para o descomissionamento de plataformas de petróleo requer um planejamento cuidadoso, a consideração dos impactos ambientais e a consulta a especialistas e partes interessadas. Além disso, os investimentos financeiros necessários para adaptar as estruturas descomissionadas como recifes artificiais devem ser considerados, pois podem ser significativos. Reforça-se que essa abordagem oferece vantagens potenciais, como a promoção da biodiversidade marinha, a criação de habitats para espécies ameaçadas ou em declínio e a possibilidade de benefícios socioeconômicos, como o turismo e a pesca recreativa.

Como recomendação de estudos futuros, sugere-se a análise empírica da articulação entre os órgãos brasileiros competentes: IBAMA, ICMBio, ANP e Marinha, com a finalidade de evidenciar o papel e a fiscalização desses órgãos supervisores, em busca de se propor soluções e perspectivas capazes de levar o país a um caminho meritório na condução do descomissionamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E.; LOSEKANN, L.; VITTO, W. A. **Atratividade do *upstream* brasileiro para além do Pré-sal**. Rio de Janeiro: Cooperação e Pesquisa IBP-UFRJ, 2017. 2º Ciclo de Debates sobre Petróleo e Economia de 2017.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. **Descomissionamento Offshore no Brasil. Oportunidades, desafios e soluções**. Ano 8, n. 11, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/livros-e-revistas/arquivos/cadernodedescomissionamento.pdf>. Acessado em: 11/10/2022.

BASTOS, B.; BASTOS, I. P. **Bacia de Campos**. Sumário Geológico e Setores em Oferta. Superintendência de Definição de Blocos – SDB. 14ª Rodada Brasil, 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010** – Política Nacional de Resíduos Sólidos.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP nº 749, de 21 de setembro de 2018**. Regulamenta o procedimento para concessão da redução de royalties como incentivo à produção incremental em campos maduros. Rio de Janeiro: ANP, 2018.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis. **Resolução ANP nº 817, de 24 de abril de 2020**. Dispõe sobre o descomissionamento de instalações de exploração e produção de petróleo e gás natural, a inclusão de área terrestre sob contrato em processo de licitação, a alienação e a reversão de bens, o cumprimento de obrigações remanescentes, a devolução de áreas e dá outras providências. Diário Oficial: República Federativa do Brasil: seção 1, Brasília, DF, p. 37, 27 abr. 2020.

BRASIL. Agência Nacional do Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis. **Tabela 2.8**: produção de petróleo, por corrente, segundo bacia sedimentar e unidades da Federação – 2019. In: Agência Nacional do Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis (Brasil). Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis, 2019.

BRASIL. **Decreto nº 10.544, de 16 de novembro de 2020**. Aprova o X Plano Setorial para os Recursos do Mar. 2020.

BRASIL. **Resolução CONABIO (Comissão Nacional da Biodiversidade)**. Câmara Técnica Permanente sobre Espécies Exóticas Invasoras (CTPEEI). Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras, 2009.

BRASIL. **Resolução nº 817, de 24 de abril de 2020.** Dispõe sobre o descomissionamento de instalações de exploração e de produção de petróleo e gás natural, a inclusão de área terrestre sob contrato em processo de licitação, a alienação e a reversão de bens, o cumprimento de obrigações remanescentes, a devolução de área e dá outras providências. 2020b.

CAPEL, K. C. C.; MIGOTTO, A. E.; ZILBERBERG, C.; KITAHARA, M. V. **Hitchhiking in the sea: evidence of vectors transporting the invasive coral species *Tubastraea coccinea* and *T. tagusensis* in the southwestern Atlantic Ocean.** In: 13th International Coral Reef Symposium, 2016.

CARLOS-JUNIOR, L. A.; BARBOSA, N. P. U.; MOULTON, T. P.; CREED, J. C. **Ecological niche model used to examine the distribution of an invasive, non-indigenous coral.** Marine Environmental Research 103, 2015. p. 115-124.

CIRM - Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. **Grupo de trabalho “Coral Sol”.** Relatório final. Subcomissão para o Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM). Andrei Polejack - Coordenador do Grupo de Trabalho Coral-Sol. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC, 2020.

COSTA, H. G. Modelo para *webibliomining*: proposta e caso de aplicação. **Rev. FAE**, Curitiba, v. 13, n. 1, p. 115-126, jan./jun. 2010.

COSTA, H. K. M.; MUSSARA, R. M.; MACHADO, I. M.; NUNES, R. C.; MASCARENHAS, K. L.; PAES, R. F.; ARAUJO, I. L.; CUPERTINO, S. A. **Aspectos jurídicos do CCS offshore na região do Pré-sal.** Rio Oil and Gas, 2020.

CREED, J. C.; FENNER, D.; SAMMARCO, P.; CAIRNS, S.; CAPEL, K.; JUNQUEIRA, A.O.R.; CRUZ, I.; MIRANDA, R.J.; CARLOS-JUNIOR, L.; MANTELATTO, M.C.; OIGMAN-PSZCZOL, S. **The invasion of the azooxanthellate coral *Tubastrea* (Scleractinia: Dendrophylliidea) throughout the world: history, pathways and vectors.** Biol Invasions, 2016.

CROOKS, J. A. **Characterizing ecosystem-level consequences of biological invasions: the role of ecosystem engineers.** Oikos 97, 2012. p. 153-166.

DE PAULA, A. F.; CREED, J. C. Two species of the coral *Tubastraea* (Cnidaria, Scleractinia) in Brazil: A case of accidental introduction. **Bulletin of Marine Science**, v. 74, n. 1, 2004. p. 175–183.

DELGADO, F. **A regulação do descomissionamento de sistemas de produção de petróleo offshore no Brasil: panorama atual e perspectivas para o futuro.** Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas,

2019.

DISARÓ, S. T. **Caracterização da plataforma continental da Bacia de Campos (Brasil, SE) fundamentada em foraminíferos bentônicos recentes.** Biblioteca Instituto de Geociências – UFRGS. Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2013.

DOALOS - Division of Ocean Affairs and the Law of the Sea/United Nations. **The First Global Integrated Marine Assessment: World Ocean Assessment I.** 2016.

FRIEDLANDER, A. M., BALLESTEROS, E., FAY, M., SALA, E. **Marine Communities on Oil Platforms in Gabon, West Africa: High Biodiversity Oases in a Low Biodiversity Environment.** PLoS ONE 9, 2014.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** Atlas, 2010.

GOMES, D. S. D. **Malacofauna associada ao coral bioinvasor Tubastraea tagusensis Wells (Scleractinia: Dendrophyllidae), na Baía de Todos-os-Santos, BA.** Dissertação – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Biologia. Departamento de Zoologia. Programa de Pós -Graduação em Diversidade Animal, 2016.

HO, M. J., HSU, C. M., CHEN, C. A. **Wall of orange cup coral, Tubastraea coccinea, at the inlet breakwaters of a nuclear power plant, southern Taiwan.** Marine Biodiversity, 2016. p. 1-2.

IBAMA. **Sobre o Coral-sol.** Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/biodiversidade/especies-exoticas-invasoras/sobre-o-coral-sol>. Acesso em maio de 2023.

IPIECA/OGP. **Alien invasive species and the oil and gas industry: Guidance for prevention and management.** IPIECA - The global oil and gas industry association for environmental and social issues and OGP International Association of Oil & Gas Producer Report Number 436, London, 2010.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica.** Atlas, 2019.

LATINI, A. O.; RESENDE, D. C.; POMBO, V. B.; CORADIN, L. (Org.). **Espécies exóticas invasoras de águas continentais no Brasil.** Brasília: MMA, 2016. 791 p. (Série Biodiversidade, 39).

MARTINS, C. F. **O descomissionamento de estruturas de produção offshore no Brasil.** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória - ES, 2015. 43 f.

MIRANDA, R. J.; CRUZ, I. C.; BARROS, F. **Effects of the alien coral *Tubastrea tagusensis* on native coral assemblages in a southwestern Atlantic coral reef.** *Marine Biology*, 163(3), 2016. p. 1-12.

MIZRAHI, D. **Influência de processos pré e pós-assentamento no padrão de ocorrência do Coral-sol, *Tubastraea coccinea*, no litoral norte do Estado de São Paulo.** Tese apresentada à Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto - USP. Área de concentração: Biologia Comparada, 2014. 159 p.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. **Diagnóstico sobre a invasão do Coral-sol (*Tubastraea spp.*) no Brasil.** Renováveis – Ibama. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, jan., 2018.

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **The Ocean Economy in 2030.** OECD Publishing. Paris. 2016. 251 p.

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Rethinking Innovation for a Sustainable Ocean Economy.** OECD Publishing. Paris. 2019. 186 p.

OIGMAN-PSZCZOL, S.; CREED, J.; FLEURY, B.; MANTELATTO, M. C.; CAPEL, K. C. C.; MEIRELES, C.; CABRAL, D.; MASI, B.; JUNQUEIRA, A. **O controle do Coral-sol no Brasil não é uma causa perdida.** *Ciência e Cultura*, v. 69, p.56-59, 2017.

PETROBRAS. **Projeto de Descomissionamento de Instalações P-07.** Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo do Campo de Bicudo. Bacia de Campos. Fevereiro / 2019 – Revisão 01.

PORTELLA, A. Y. **Bacia de Campos.** Sumário Geológico e Setores em Oferta. Rodada 15 Brasil. Superintendência de Definição de Blocos – SDB. ANP, 2017.

RAUSCH, D.; GUPTA, A.; RAYFUSE, R. **Assessing the Legal Framework for Offshore Oil and Gas Decommissioning in the UK:** Inconsistencies, Gaps, and the Role of International Law, 2019.

RUIVO, F. M. **Descomissionamento de sistemas de produção offshore.** Dissertação de mestrado, Ciências e Engenharia de Petróleo - UNICAMP: Campinas, 2011.

RIUL, P.; TARGINO, C. H.; JUNIOR, L. A.; CREED, J. C.; HORTA, P. A.; COSTA, G. C. **Invasive potential of the coral *Tubastraea coccinea* in the southwest Atlantic.** *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 480, 2013. p. 73-81.

SANTOS, L. F. D. **Descomissionamento de sistemas offshore técnicas, potenciais problemas e riscos relacionados ao final da vida produtiva.** Relatório de Projeto Final em Engenharia Naval - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica: Rio de Janeiro, 2011.

SILVA, A. G.; DE PAULA, A. F.; FLEURY, B. G.; CREED, J. C. **Eleven years of range expansion of two invasive corals (*Tubastraea coccinea* and *T. tagusensis*) through the southwest Atlantic (Brazil).** Estuarine, Coastal and Shelf Science, n. 141, 2014. p. 9-16.

SILVA, R. S. L.; MAINIER, F. B. **Descomissionamento de sistemas de produção offshore de petróleo.** In: IX Congresso Nacional de Excelência em Gestão - Rio de Janeiro. Resumos, 2008.

STEENHAGEN, M. M. **A regulação do descomissionamento de instalações marítimas de produção de petróleo e gás e sua relação com a viabilidade dos campos maduros no Brasil.** Rio de Janeiro: ESG, 2020. 68 f.

TEIXEIRA, B. M. **Aprimoramento da política pública ambiental da cadeia produtiva de óleo e gás offshore no Brasil: o descomissionamento das tecnologias de exploração.** Tese de doutorado, Pós-graduação em Meio Ambiente - UERJ: Rio de Janeiro, 2013.

TEIXEIRA, B. M.; MACHADO, C. J. S. **Marco regulatório brasileiro do processo de descomissionamento ambiental da indústria do petróleo.** Revista de Informação Legislativa - Brasília, a. 49, n. 196, 2012. p. 183-203.

TRIDENT ENERGY. **Projeto de Prevenção e Controle de Espécies Exóticas (PPCEX).** Relatório Anual. 2022.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** São Paulo: Atlas, 2016.

ARTIGO CIENTÍFICO 2

ASPECTOS AMBIENTAIS NO DESCOMISSIONAMENTO DE PLATAFORMAS DE PRODUÇÃO DE ÓLEO E GÁS NA BACIA DE CAMPOS: ESTUDO DE CASO DA PLATAFORMA P-07

ENVIRONMENTAL ASPECTS IN THE DECOMMISSIONING OF OIL AND GAS PRODUCTION PLATFORMS IN THE CAMPOS BASIN: A CASE STUDY OF PLATFORM P-07

Nelson de Oliveira Marques – IFFluminense/PPEA

Angélica da Cunha dos Santos – IFFluminense/PPEA

RESUMO

Após o encerramento das operações de exploração e produção das plataformas marítimas, é fundamental mitigar os impactos, normalmente adversos, de suas atividades. De acordo com as boas práticas regulatórias nacionais e internacionais ao final da concessão de exploração de petróleo e gás, o concessionário deve efetuar a remoção dos equipamentos e bens que não sejam objeto de reversão, sob a obrigatoriedade de reparar ou indenizar os danos decorrentes de suas atividades, além de efetuar ações para a recuperação ambiental, conforme determinação dos órgãos competentes. No caso da plataforma P-07, localizada na Bacia de Campos, operada pela Petrobras, foi identificada a ocorrência de bioincrustação por Coral-sol (*Tubastraea spp.*), espécie exótica invasora, considerada prejudicial para o ecossistema nativo. A mesma espécie tem sido registrada em costas do Sudeste, Sul e Nordeste, especificamente em costões rochosos naturais e estruturas artificiais, muitas vezes associada a plataformas de petróleo. Neste artigo, tem-se como objetivo analisar os impactos ambientais causados pelo descomissionamento da Plataforma P-07, com o intuito de descrever os procedimentos previstos da base legal, as ações e as boas práticas nacionais utilizadas pelas operadoras no processo de descomissionamento. Como percurso metodológico realizou-se uma pesquisa exploratória em artigos acadêmicos das plataformas “Scopus” e “Google Scholar” e em documentos solicitados ao IBAMA, através do SEI – Sistema Eletrônico de Informações do órgão, que abordam setores econômicos e ambientais associados à indústria *offshore* entre 2010 e 2023. Dessa forma, foram observadas as tecnologias de controle, remoção e prevenção de macroincrustação existentes e em desenvolvimento para este problema que pode afetar todas as operadoras *offshore*. Existem limitações nas tecnologias para remoção da bioincrustação e necessidade de capacitação nacional, buscando implementar estratégias de controle e prevenção, custo-efetivas, com base no melhor conhecimento científico disponível. Por fim, conclui-se que os aspectos ambientais no descomissionamento dessas estruturas de produção necessitam ser reavaliados e redimensionados através de uma efetiva análise de risco ambiental, sendo necessário melhor regulamentação, bem como implementação de tecnologias e adequado planejamento financeiro.

Palavras-chave: Aspectos ambientais; Descomissionamento; Plataforma P-07.

***ENVIRONMENTAL ASPECTS IN THE DECOMMISSIONING OF OIL AND GAS
PRODUCTION PLATFORMS IN THE CAMPOS BASIN: A CASE STUDY OF PLATFORM P07***

Nelson de Oliveira Marques – IFFluminense/PPEA

Angélica da Cunha dos Santos – IFFluminense/PPEA

SUMMARY

After the closure of exploration and production operations on the platforms maritime sectors, it is essential to mitigate the impacts, normally adverse, of their activities. In accordance with good national and international regulatory practices, at the end of the oil and gas exploration concession, the concessionaire must remove equipment and assets that are not subject to reversal, under the obligation to repair or compensate for damages resulting from their activities, in addition to carrying out actions for environmental recovery, as determined by the competent bodies. In the case of the P-07 platform, located in the Campos Basin, operated by Petrobras, the occurrence of biofouling by Sol Coral (*Tubastraea* spp.), an invasive exotic species, considered harmful to the native ecosystem, was identified. The same species has been recorded on coasts in the Southeast, South and Northeast, specifically on natural rocky shores and artificial structures, often associated with oil platforms. This article aims to analyze the environmental impacts caused by the decommissioning of Platform P-07, with the aim of describing the procedures provided for in the legal basis, actions and good national practices used by operators in the decommissioning process. As a methodological approach, exploratory research was carried out on academic articles from the “Scopus” and “Google Scholar” platforms and on documents requested from IBAMA, through the agency's SEI – Electronic Information System, which address economic and environmental sectors associated with the offshore industry. between 2010 and 2023. In this way, existing and developing macrofouling control, removal and prevention technologies were observed for this problem that can affect all offshore operators. There are limitations in technologies for removing biofouling and the need for national training, seeking to implement cost-effective control and prevention strategies, based on the best scientific knowledge available. Finally, it is concluded that the environmental aspects in the decommissioning of these production structures need to be reassessed and resized through an effective environmental risk analysis, requiring better regulation, as well as the implementation of technologies and adequate financial planning.

Key words: Environmental aspects; Decommissioning; Platform P-07.

1. INTRODUÇÃO

As plataformas marítimas alcançam seu estágio final de produção quando os seus processos deixam de ser comerciais, o que pode ser denominado como abandono ou descomissionamento. Essa fase está prevista no licenciamento e deve ser mais bem compreendida para que não haja entraves entre o empreendedor e os órgãos ambientais, no tocante ao destino final da unidade marítima e de suas instalações de produção.

As fases principais que compõem a vida útil de uma plataforma de produção de óleo e gás são: o projeto, a construção, a instalação, a operação e a desativação da unidade. Quando as operações de exploração e produção são encerradas, os riscos ambientais existentes devem ser reavaliados, pois os ecossistemas sofreram interferência e o empreendedor é obrigado, por lei, a mitigar os impactos, normalmente adversos, de suas atividades (ALMEIDA *et al.*, 2017; SÁNCHEZ, 2008).

Apartir de um estudo preliminar em normativos infralegais, boas práticas regulatórias, práticas internacionais e estudos de caso, torna-se fundamental avaliar as alternativas de descomissionamento em um contexto de múltiplas variáveis, já que essa ação é dividida em três grandes grupos de atividades: a) plataforma, b) equipamentos submarinos e c) poços (BRASIL, 2021).

Como principal problematização, observa-se que algumas plataformas da Bacia de Campos apresentam mais de 70 anos de construção e muitas passam de 25 anos de operação, logo possuem tecnologias obsoletas, manutenções permanentes, altos custos operacionais e são ineficientes quando comparadas às mais recentes ou às novas unidades flutuantes como os FPSO (*Floating Production Storage and Offloading*) – unidade flutuante de produção, armazenamento e transferência, mais utilizados nos novos empreendimentos. Atualmente, existem 150 plataformas em águas brasileiras e pelo menos 80 delas já estão em fase de início de processo de descomissionamento, sendo que muitas não chegam até o final do prazo de concessão.

É válido lembrar que o término da atividade petrolífera está previsto no § 2º, art. 28, da lei nº 9.478/97, que institui que, em qualquer caso de extinção da concessão, o concessionário deve efetuar a remoção dos equipamentos e bens que não sejam objeto de reversão, sob a obrigatoriedade de reparar ou indenizar os danos decorrentes de suas atividades, efetuando ações para a recuperação ambiental, conforme determinação dos órgãos competentes (BRASIL, 1997).

No caso da plataforma P-07, na Bacia de Campos, operada pela Petrobras, já foi identificada a ocorrência de bioincrustação por Coral-sol (*Tubastraea spp.*), espécie exótica invasora, considerada prejudicial para o ecossistema nativo. A região de obras vivas da plataforma, que compreende a parte submersa da unidade e os sistemas submarinos, compostos por equipamentos, linhas flexíveis e dutos

rígidos que interligam os poços às plataformas e escoam a produção, estão seriamente comprometidas com a presença da referida espécie.

O fundo marinho no entorno da plataforma, onde está localizado o sistema de coleta (linhas submarinas que interligam os poços à plataforma), é constituído, predominantemente, por algas calcárias do tipo granulado, rodolitos e sedimento. Assim, a regulação conduzida pelo Ibama visa, especialmente, a redução do impacto ambiental sobre as comunidades bentônicas, especialmente as biogênicas, como bancos de rodolitos e corais (IBAMA, 2020; SÁNCHEZ, 2008). A espécie tem sido registrada em costas do Sudeste, Sul e Nordeste, especificamente em costões rochosos naturais e estruturas artificiais, muitas vezes associada a plataformas de petróleo (CREED *et al.*, 2016).

Diante das diversas ações voltadas à conservação e à exploração dos recursos marinhos, torna-se pertinente analisar os aspectos ambientais, principalmente a sistematização dos recursos naturais e energéticos das águas marítimas jurisdicionais brasileiras, com a finalidade de conferir uma atenção mais acurada para os recursos presentes no âmbito marinho.

Neste artigo, são analisados os impactos ambientais causados pelo descomissionamento de plataformas de produção de óleo e gás na Bacia de Campos (Plataforma P-07), com o intuito de favorecer a implementação de metodologias sistematizadas para o levantamento e o enfrentamento dessas externalidades. Especificamente, busca-se descrever a base legal, os procedimentos adotados e as boas práticas nacionais e internacionais utilizadas pelas operadoras no processo de descomissionamento; discutir a sistemática da gestão ambiental em uma plataforma de petróleo; e identificar quais são os riscos potenciais para o ecossistema marinho no processo de descomissionamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Contextualização

Sobre as atividades desenvolvidas na plataforma continental, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) representa o órgão que administra o licenciamento, exigindo do empreendedor a publicidade e a realização de audiências públicas. Segundo Machado *et al.* (2013), o Ibama deve monitorar o impacto das atividades *offshore* de perfuração e produção de petróleo e gás, avaliando cada processo, como, por exemplo, a perfuração de poços, o descarte de fluidos e o posicionamento de estruturas submarinas de produção e de escoamento.

De acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CNUDM), em vigor desde 1994 e ratificada por 148 países, incluindo o Brasil, no Mar Territorial, todos os bens econômicos existentes no seio da massa líquida, sobre o leito do mar e no subsolo marinho, constituem propriedade exclusiva do país ribeirinho. E, para solucionar, compreender e realizar atividades concernentes às questões relativas ao direito do mar, promove-se a manutenção da paz, da justiça e do progresso de todos (CORRÊA, 2012).

Assim sendo, ao longo da faixa litorânea de 200 milhas náuticas de largura, chamada de Zona Econômica Exclusiva (ZEE), esses bens podem ser explorados com a mesma exclusividade. Além disso, é possível estender a propriedade econômica do Estado, conforme a aplicação de critérios específicos (podendo chegar até a 350 milhas náuticas) (SERAFIM, 2005). Como exemplo, cita-se a Plataforma Continental (PC), que possui um prolongamento natural da massa terrestre de um Estado costeiro, ultrapassando essa distância.

Conhecida como “A Constituição do Mar”, a CNUDM regulamenta todos os aspectos do universo marítimo, incluindo a delimitação das fronteiras, as normativas ambientais, a investigação científica, o comércio e a resolução dos conflitos internacionais que envolvem as questões marinhas. Trata-se, portanto, de um instrumento fundamental para a sustentabilidade dos espaços oceânicos.

De acordo com a Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ, 2021), no ano de 2021, o setor portuário nacional movimentou 1.214 bilhão de toneladas de carga, com um crescimento de 5,09% em relação ao ano anterior, sendo 58,2% referente a granéis sólidos, 25,9% a granéis líquidos e gasosos, 11% a carga containerizada e 4,9% a carga geral. Na figura 1, a seguir, ilustram-se as Bacias Sedimentares Brasileiras.

Figura 1 - Bacias Sedimentares Brasileiras



Fonte: GISMAPS (2023). Disponível em: <https://gismaps.com.br/downloads/sedimentary-basins/>.

Voltando ao estudo prévio de impacto ambiental, o Poder Público deve exigir, na forma da lei, a inspeção de qualquer atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, conforme instituído pela Constituição Federal (BRASIL, 1988).

Milaré e Milaré (2017) discutem o aludido dispositivo, confirmando a existência de atividades impactantes sujeitas ao EIA/RIMA, órgãos destinados àquelas atividades ou obras potencialmente causadoras de significativa degradação do meio ambiente. Contudo, ressalva-se que o EIA/RIMA nem sempre poderá ser exigido nas obras ou atividades que não forem de significativa impactação e que o conceito de obra ou atividade pode ser compreendido de forma ampla. Assim, a exigência de estudo está diretamente associada ao efeito e à impactação causada, e não propriamente à natureza do empreendimento (obra, atividade, construção, etc.), como elucidado na Carta Magna.

Segundo Luczynski (2002), a exploração marinha apresenta um diferencial em relação à continental: antes de atingir o sedimento que vai ser perfurado, será necessário vencer a profundidade

(lâmina d'água), que pode variar segundo a localização da bacia sedimentar, em dezenas, centenas ou milhares de metros, sendo conhecidas como águas rasas, profundas ou ultraprofundas, que normalmente ultrapassam os 1.000 m. Quando a exploração ocorre próxima à linha da costa, é denominada *onshore* e em mar aberto *offshore*.

Reconhecer que existe uma indissociável relação econômica do bem ambiental com o lucro que pode gerar pode ajudar a sobrevivência do meio ambiente marinho. Ao longo dos anos, a indústria do petróleo está aprendendo a reconhecer e conviver com as externalidades de seus empreendimentos, decorrentes de seus impactos ambientais (SÁNCHEZ, 2008).

A Lei nº 9.478, conhecida como a Lei do Petróleo, também cita em seu art. 1º, I, que trata dos princípios e objetivos da Política Energética Nacional, “a obrigação de proteger o meio ambiente e promover a conservação de energia” (BRASIL, 1997). A partir desse novo modelo, essa obrigação se estende a todas as operadoras da área de E&P de petróleo e gás natural, tendo em vista a abertura da exploração de novos blocos, condicionada à licitação pública.

Isso posto, reforça-se que as plataformas petrolíferas, objeto deste estudo, em especial às de perfuração e produção, precisam atender aos requisitos técnicos estabelecidos pela Lei nº 9.478, em seu artigo 53, § 1º, imputado à Agência Nacional do Petróleo (ANP), “o estabelecimento dos requisitos técnicos, econômicos e jurídicos a serem atendidos pelos proponentes e as exigências de projeto quanto à proteção ambiental e à segurança industrial e das populações” (BRASIL, 1997).

Especificamente quanto às externalidades ambientais provenientes da indústria *offshore*, deve ser dada maior atenção à perda da biodiversidade marinha, aos danos da atividade pesqueira, à perda dos recursos fósseis retirados da plataforma continental, bem como outros danos causados à saúde humana decorrentes de emissões atmosféricas de hidrocarbonetos e materiais particulados. Costa (2022) acrescenta a limitação das atividades recreativas e das condições estéticas do meio ambiente, além de haver a introdução de espécies exóticas por plataformas trazidas do exterior.

Entre os exemplos relevantes dos impactos ao ambiente causados pela navegação estão os gerados pela água de lastro e incrustações nos cascos dos navios, principalmente devido à possibilidade de bioinvasão de espécies exóticas e/ou patogênicas por estes meios (...). O processo de manobras de lastro pode comprometer a sustentabilidade e a biodiversidade dos ecossistemas caso, no procedimento de deslastre, estejam presentes organismos que consigam se estabelecer no novo ambiente (COSTA, 2022, p. 12).

Nesse sentido, salienta-se que a adoção e a implementação de medidas que controlam as atividades prejudiciais ao ambiente e à saúde humana são cruciais no que tange as avaliações de identificação do potencial de risco, estas que se mostram relevantes para o desenvolvimento de medidas eficientes.

2.2. Regulação da biodiversidade

Em relação à proteção da biodiversidade, deve-se dar atenção especial aos mamíferos aquáticos, aos pássaros marinhos e costeiros, e toda a ictiofauna de pesca comercial que esteja exposta à exploração excessiva. Nesse contexto, a regulação do órgão ambiental visa, especialmente, a redução dos potenciais impactos ambientais sobre as comunidades bentônicas, que são aquelas que vivem no assoalho marinho, se alimentando de depósitos do sedimento de fundo e bastante sensíveis às alterações no ecossistema (LODY, 2016).

Quanto ao aspecto social, devem ser consideradas as possibilidades de mudanças nas características do desenvolvimento da região, que tendem a ser mais aceleradas em função da atratividade exercida pela indústria *offshore*, o que causa alterações nas ofertas de emprego e na geração de renda. Assim, as comunidades locais e tradicionais devem ser identificadas, sobretudo aquelas vinculadas à pesca e ao turismo (MONIÉ; VIDAL, 2006).

“As questões ambientais passaram a ser uma preocupação cada vez maior das organizações, sendo deslocadas de uma função de proteção para se tornarem uma função administrativa” (SHIGUNOV NETO *et al.*, 2009, p. 11). Nessa perspectiva, deve ser implementado um modelo ideal de gestão, que priorize o desenvolvimento sustentável, oferecendo benefícios para as pessoas, para o planeta, incluindo a manutenção da importante função ecossistêmica dos mares, a nível regional e global.

Entende-se que a gestão ambiental empresarial abrange

um conjunto de políticas, programas e práticas administrativas e operacionais que levam em conta a proteção do meio ambiente por meio da eliminação ou minimização de impactos e danos ambientais decorrentes do planejamento, implantação, operação, ampliação, realocação ou desativação de empreendimentos ou atividades, incluindo-se aí todas as fases do ciclo de vida de um produto (SHIGUNOV NETO *et al.*, 2009, p. 15).

Seguindo essa linha, Amaral (2005) propõe duas abordagens para questão de sustentabilidade nas empresas: primeiramente, é necessário investir em projetos e processos que consumam menos recursos materiais e energéticos, que poluam menos e que utilizem tecnologias limpas. Concomitantemente, conta-se com a relação transparente entre autoridades governamentais, ONGs, associações de classes e comunidades, para que seus impactos ambientais e socioeconômicos sejam conhecidos e compensados positivamente em suas comunidades de entorno.

Um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) corresponde a um conjunto interrelacionado de políticas, práticas e procedimentos organizacionais, técnicos e administrativos de uma empresa

que objetiva obter melhor desempenho ambiental, bem como controle e redução de seus impactos ambientais. [...] a implementação de um Sistema de Gestão Ambiental constitui a estratégia para que o empresário, em um processo de melhoria contínua, identifique oportunidades de melhorias que reduzam os impactos das atividades da empresa sobre o meio ambiente, melhorando, simultaneamente, sua situação no mercado e suas possibilidades de sucesso (D'AVIGNON, 2011, p. 7).

Entende-se, portanto, a necessidade de um balanceamento entre o crescimento social, o desenvolvimento econômico e o uso dos recursos naturais, exigindo um adequado planejamento territorial que considere os limites da sustentabilidade (DIAS, 2009).

Cabral e Souza (2002, p. 55) atestam que o planejamento ambiental deve levar em conta os seguintes aspectos:

- A região é um conjunto interativo dos fatores socioculturais e naturais.
- Adoção do enfoque holístico, no qual o ser humano integra o sistema ambiental.
- Reconhecimento do uso múltiplo do território e reutilização como forma lógica de maximizar o aproveitamento dos recursos naturais.
- A sociedade deve participar, intrinsecamente, do processo.

Nesse diapasão, destaca-se a recente Resolução nº 817/2020 da ANP, que dispõe sobre o descomissionamento de instalações de produção de petróleo e gás natural, buscando, através de seu Regulamento Técnico, estabelecer requisitos e diretrizes que possam mitigar os riscos à vida humana, ao meio ambiente e aos demais usuários.

2.3. Coral-sol e seus impactos na biodiversidade

De acordo com o Ibama (2020), a interação entre os sistemas submarinos e os bancos de algas nas etapas do descomissionamento podem causar sérios impactos, tais como:

- Supressão de luz (soterramento);
- Alteração na circulação de água e sedimentação;
- Supressão de habitat;
- Redução de biodiversidade;
- Eliminação de sítios de reprodução/alimentação;
- Impacto cumulativo de centenas de perfurações;
- **Disseminação de espécies exóticas invasoras** (Figura 2);
- Contaminação por óleo proveniente de vazamento de dutos.

Figura 2 - Rodolitos do Coral-sol



Fonte: Ecologia da educação. Disponível em: <https://sites.google.com/site/ecologianaeducacao/especies-exoticas-e-invasoras>.

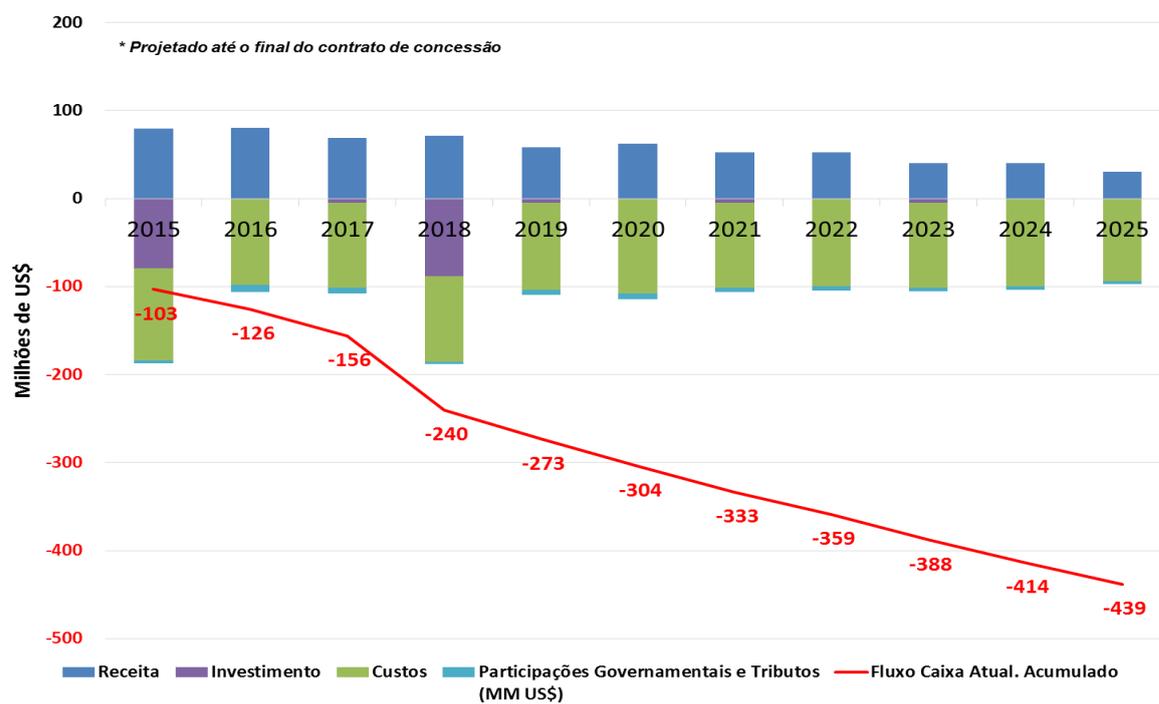
Nos rodolitos, convive uma variedade de espécies de suma importância no ecossistema marinho, sendo responsáveis pelo(a): fornecimento de microhabitats e refúgio; substrato para fixação de algas foliosas; atração sobre organismos herbívoros; base estrutural e cimentação de recifes; absorção de carbono, com participação relevante no ciclo; estoque significativo de carbono do planeta (BRASIL, 2018).

No descomissionamento, algumas dessas estruturas serão removidas e outras abandonadas *in situ* no sedimento marinho, em especial aquelas com pesos acima de 50 ton. (MORTE, 2019).

Quanto ao caso específico do descomissionamento da plataforma Petrobras VII (P-07), observa-se que a baixa produtividade dos poços e os altos custos operacionais tornaram a manutenção da produção do Campo de Bicudo⁴ através da plataforma P-07 economicamente inviável (Figura 3), sendo assim, a alternativa que traria menor impacto econômico seria o descomissionamento da unidade, como informa Madi (2018).

⁴ O Campo de Bicudo está situado na porção sul da Bacia de Campos, cerca de 120 km da costa do Estado do Rio de Janeiro, em lâmina d'água variando de 120 a 210 m, e ocupa uma área de aproximadamente 45 km².

Figura 3 - Projeções Financeiras de P-07



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 4 - Plataforma Petrobras VII (P-07)



Fonte: Petrobras (2022). Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/bacias/bacia-de-campos.htm>.

Destaca-se que a parada de produção da P-07 ocorreu 09 de janeiro de 2016, conforme autorizado a partir do recebimento do ofício ANP 01790/2015/SDP, de 21 de dezembro de 2015.

A plataforma semissubmersível P-07 (Figura 4), cujas características foram apresentadas abaixo (Figura 5), foi impedida de deslocar-se em águas jurisdicionais brasileiras em função da presença de Coral-sol (*Tubastraea* spp.) em suas estruturas submersas. Os mergulhos realizados entre 2012 e 2014 para vistoria dos *risers* e 2013 para vistoria do casco constataram, com base em inspeções e vídeos de ROV a bioincrustação em 10 dos 20 *risers* e também nas linhas de ancoragem, nas oito amarras de topo, especialmente na profundidade de 70 m (BRASIL, 2021).

A unidade permaneceu ancorada na atual localidade, aguardando as operações definidas por suas novas proprietárias. As operações de desancoragem da unidade serão realizadas pela Petrobras. Durante a operação de desancoragem, os rebocadores da nova proprietária da unidade já deverão estar na locação, para assumir o reboque e guarnição da unidade. Após a finalização das operações de desancoragem, a nova proprietária terá o compromisso de transportar a plataforma, obrigatoriamente, para fora do território nacional, dando-lhes destinação ambientalmente correta, nos termos da legislação aplicável.

Figura 5 - Características da SS P-07

P-07	
Tipo	SS(Semissubmersível)
Localização	110 km da Costa
Lâmina d'água	210 m
Capacidade de Processamento	56 mil bbl/d
Capacidade de Compressão	0.9 Milhões Nm ³ /d
Início de Produção	06/1988

Fonte: Petrobras (2022). Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/bacias/bacia-de-campos.htm>.

Em plataformas de petróleo, é comum a realização de vistorias programadas por parte da Diretoria de Portos e Costas, Autoridade Marítima do Brasil. Essas vistorias navais são perícias técnicas que visam a verificação do cumprimento, por parte da embarcação vistoriada, dos requisitos pertinentes de segurança de navegação, salvaguarda da vida humana no mar e prevenção da poluição hídrica, preconizados nas Normas da Autoridade Marítima (NORMAN) (NICOLOSI *et al.*, 2018).

2.4. Impactos identificados pelas vistorias ambientais

As indústrias petrolíferas têm adotado como critério para auditoria ambiental a norma ABNT NBR ISO 14001, que é aplicável a qualquer tipo de organização e visa orientar a implementação de sistemas de gestão ambiental. Esta norma tem como objetivos principais, a melhoria contínua do sistema de gestão ambiental, a redução e prevenção da poluição e o atendimento aos requisitos legais aplicáveis.

Segundo Santos (2011), a ISO é uma organização não governamental cuja missão é promover o desenvolvimento da normalização mundial, com o propósito de facilitar o comércio internacional de bens e serviços, bem como desenvolver a cooperação de atividades científicas, tecnológicas e econômicas.

Desse modo, as auditorias ambientais constituem um instrumento de trabalho para os gestores das empresas e subsídio (se divulgado) ao melhor conhecimento do estágio em que se encontra a empresa em relação a questões ambientais para órgãos ambientais, trabalhadores, acionistas, fornecedores, clientes, comunidade local, usuário dos recursos naturais e outros interessados (D'AVIGNON *et al.*, 2011).

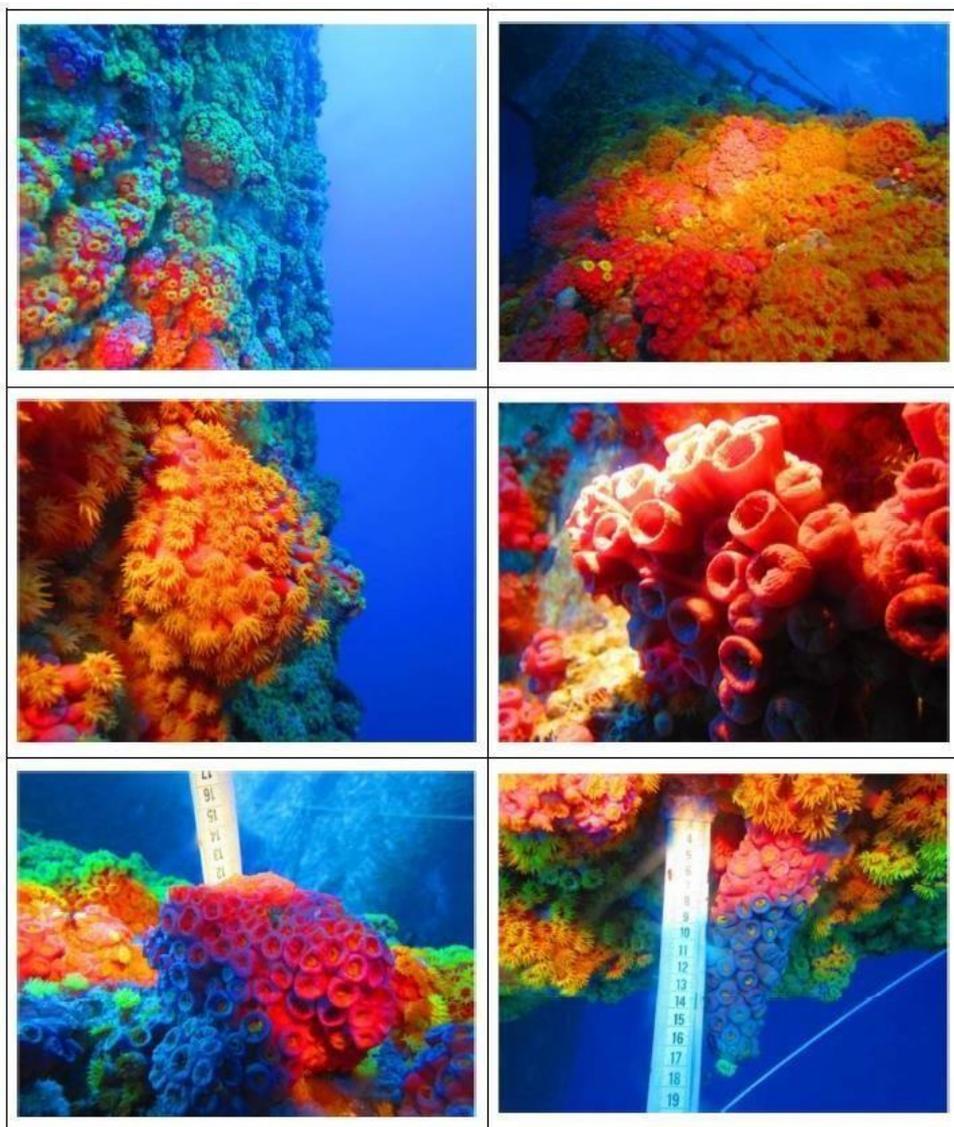
Quanto à P-07, a unidade possui um total de 19 poços produtores, sendo 18 do campo de Bicudo e 1 do campo de Pampo, sendo que nenhum se encontra atualmente em produção. Desse total, dois poços foram abandonados definitivamente, sete foram abandonados temporariamente e estão aguardando abandono definitivo e 10 estão fechados temporariamente nas válvulas da ANM (dentre estes, o poço do campo de Pampo). Além desses, um poço do campo de Enchova Oeste, o 4-RJS-331D, também produziu para P-07, mas se encontra atualmente abandonado temporariamente e sem qualquer vínculo à plataforma, destacando-se que também será abandonado definitivamente. Dos 10 poços fechados, apenas sete estão ainda conectados às linhas de coleta, sendo que as demais linhas já se encontram lavadas e desconectadas (BRASIL, 2021).

Também fazem parte do sistema dois *Manifold* Submarinos de Produção (MSP-BI-A e MSP-BI-B) e um *Manifold* Submarino de *Gás Lift* (MSGL-BI-1). A unidade não possui poço injetor ou poço com Bomba Centrífuga Submarina Submersa (BCSS). O último poço a ser interligado à P-07 foi o 4-

PM-53-RJS, em agosto de 2011 (BRASIL, 2021).

O conjunto de dutos que incluem a linha de produção ou injeção, a linha de anular (para poços de produção de óleo) e a linha de serviço (umbilical eletro hidráulico) compõem o que se denomina *bundle* do poço. Cada linha é composta por trecho *riser* e trecho *flowline*. O trecho denominado *riser* é o trecho dinâmico que está compreendido entre o ponto de conexão da linha na UEP e o fundo do mar. O trecho denominado *flowline* é o trecho estático que está assentado sobre o fundo do mar.

Figura 6 - Presença de colônias de coral-sol no casco da SS P-07

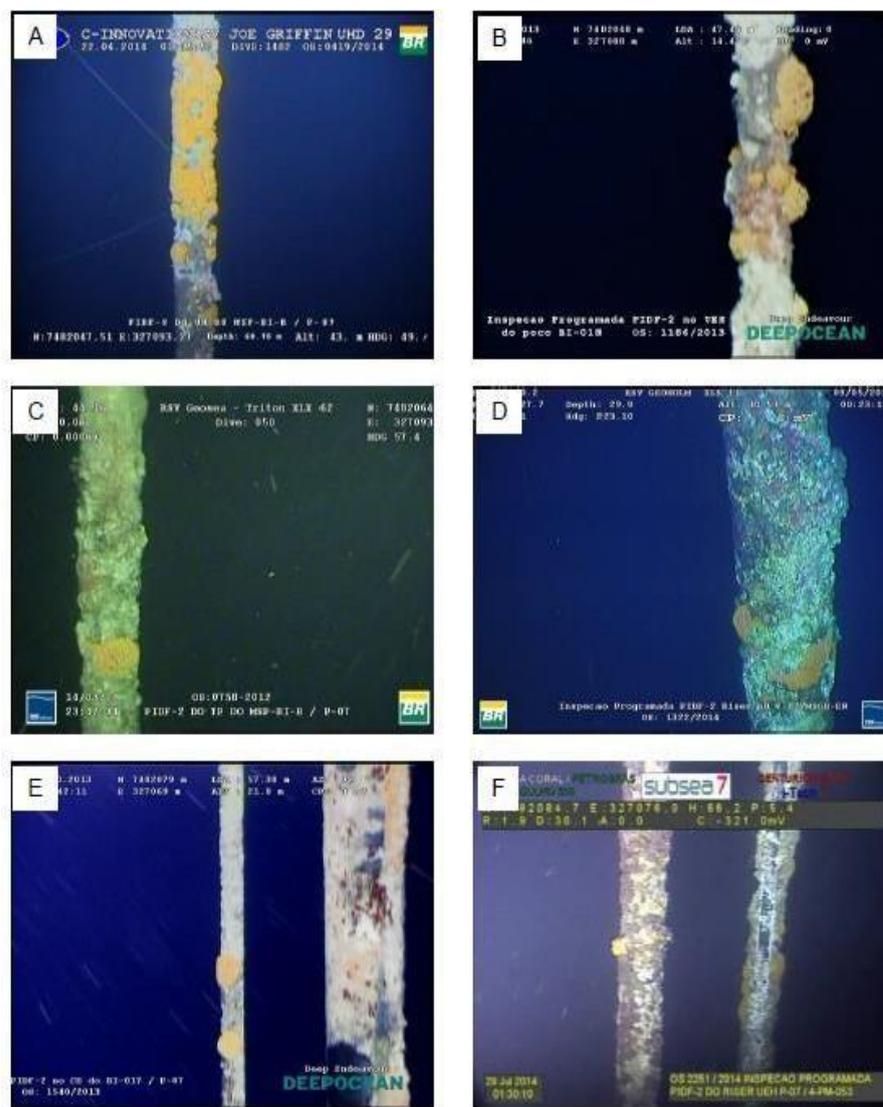


Fonte: Petrobras (2022). Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/bacias/bacia-de-campos.htm>.

Os mecanismos naturais de expansão da espécie invasora têm sido documentados em uma escala diversificada, havendo registros de Coral-sol (Figuras 6 e 7) em substratos com inclinações distintas (cavernas e embaixo de rochas) e em grandes profundidades (até 78 m), como também em

áreas com alta luminosidade, zonas sub-maré empofundidades rasas, inclusive expostos ao ar na maré baixa (CIRM, 2020).

Figura 7 - Presença de colônias de Coral-sol em *risers* interligados à P-07



Fonte: Petrobras (2022). Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/bacias/bacia-de-campos.htm>.

Conforme exibido nas Figuras 6 e 7, percebem-se claramente um dos potenciais impactos do descomissionamento da P-07. O deslocamento desta semissubmersível em águas jurisdicionais brasileiras, a exemplo da macroinfestação por Coral-sol, tornaria a unidade um vetor de disseminação desta espécie. Por essa e outras razões, a discussão acerca do descomissionamento e os impactos ambientais associados ao abandono de plataformas petrolíferas ganharam destaque no cenário internacional.

2.5. Normativas sobre o descomissionamento

No Brasil, a regulamentação para o descomissionamento de plataformas de petróleo é estabelecida principalmente pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) e pela Marinha do Brasil. As normas da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) podem fornecer diretrizes e referências complementares, mas não são o principal instrumento regulatório nesse caso.

Abaixo, são apresentados os principais pontos relacionados aos aspectos legais para o descomissionamento de plataformas de petróleo:

Legislação Ambiental: A Resolução CONAMA 398/2008 estabelece diretrizes e critérios para o descomissionamento de instalações de exploração e produção de petróleo e gás natural em águas jurisdicionais brasileiras. Essa resolução define requisitos ambientais que devem ser seguidos durante o processo de descomissionamento, incluindo a avaliação dos impactos ambientais e a adoção de medidas de mitigação e monitoramento.

Licenciamento Ambiental: O descomissionamento de plataformas de petróleo está sujeito ao processo de licenciamento ambiental, regulamentado pela Lei Federal nº 9.605/1998 e pela Resolução CONAMA 237/1997. É necessário obter as autorizações e licenças ambientais pertinentes antes de iniciar o descomissionamento, considerando os aspectos ambientais e socioeconômicos envolvidos.

Segurança e Saúde Ocupacional: A legislação trabalhista e previdenciária estabelece diretrizes para a segurança e saúde ocupacional durante o descomissionamento das plataformas. Normas regulamentadoras, como a NR-30 (Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário), devem ser seguidas para garantir a proteção dos trabalhadores envolvidos nessa atividade.

Responsabilidade Civil e Penal: A responsabilidade civil e penal pelo descomissionamento adequado das plataformas de petróleo recai sobre as empresas operadoras. É importante seguir os padrões técnicos e as boas práticas aceitas pela indústria, a fim de evitar possíveis danos ambientais e garantir a segurança das pessoas envolvidas. O não cumprimento das normas e obrigações legais pode resultar em sanções administrativas, multas e outras medidas punitivas.

Contratos e Concessões: No Brasil, as atividades de exploração e produção de petróleo são regulamentadas por contratos e concessões entre as empresas e o Estado. Esses contratos estabelecem as obrigações das empresas em relação ao descomissionamento das plataformas, incluindo prazos, responsabilidades e formas de financiamento.

É importante destacar que o descomissionamento de plataformas de petróleo deve ser realizado de acordo com as melhores práticas internacionais e considerando a sustentabilidade ambiental. As empresas devem apresentar planos de descomissionamento detalhados, que incluam estudos técnicos,

avaliação de riscos, planos de abandono e monitoramento pós-descomissionamento.

AANP é responsável por regular e fiscalizar as atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural no país. Ela emitiu resoluções específicas que abordam o descomissionamento de plataformas, como a Resolução ANP nº 33/2018 e a Resolução ANP nº 53/2020.

Já a Marinha do Brasil, por meio da Diretoria de Portos e Costas (DPC), é responsável pela segurança da navegação e pela regulamentação das atividades marítimas. Ela emite normas e instruções que estabelecem requisitos para o descomissionamento de plataformas e outras estruturas offshore, como a Normam-27 (Normas da Autoridade Marítima para a Marinha Mercante) e a Normam-28 (Normas da Autoridade Marítima para Instalações de Perfuração e Produção de Petróleo e Gás).

Ainda sobre as penalidades concernentes, Costa *et al.* (2020) postulam que a maior parte dos regulamentos de descomissionamento, sobretudo os do Reino Unido, Noruega e Estados Unidos, instituem multas e obstáculos para o acesso ao financiamento, como forma de punição às empresas que não seguem os procedimentos seguros relacionados ao abandono ou aqueles que causam impactos negativos nos locais explorados.

Para a garantia do desenvolvimento sustentável, considerando que é alta a possibilidade de riscos ambientais durante o descomissionamento, Martins (2015) recomenda que o Brasil deve se apropriar de algumas determinações internacionais, tais como: Convenção de Genebra sobre Plataformas Continentais, 1958; Convenção de Londres, 1972; Convenção das Nações Unidas sobre Direito do Mar (UNCLOS), 1982; *UK Petroleum Act 1998 (Part IV - Abandonment of Offshore Installations)*; Convenção para a Proteção do Ambiente Marinho no Atlântico Norte (OSPAR), 1992 e Decisão 1998; *International Maritime Organization (IMO)*; e *International Oil & Gas Producers Association (OGP)*, sendo estes os principais dispositivos internacionais que tratam a remoção e a desativação de plataformas, estruturas e dutos.

Quanto à legislação cabível ao descomissionamento, Steenhagen (2020) informa que a Resolução ANP nº 817/2020 e a Resolução ANP nº 46/2016 determinam os principais requisitos e os padrões mínimos de segurança operacional, com foco na preservação do meio ambiente. Na mesma linha, tem-se a Resolução nº 41/2015, que orienta as atividades de descomissionamento de dutos e sistemas submarinos, embora não especifique de forma elucidativa os métodos a serem realizados em tal processo.

Conforme a mesma autora, outras legislações compõem as principais referências aplicadas ao tema ambiental nas atividades de descomissionamento:

a) Resolução do CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986, que dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental, realçando a definição do art. 1º do que se

considera como impacto ambiental;

- b) Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente;
- c) Lei Complementar nº 140, de 8 de dezembro de 2011, que fixa normas para a cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção do meio ambiente, entre outras questões correlatas;
- d) Portaria MMA nº 422 de 26 de outubro de 2011, que dispõe sobre procedimentos para o licenciamento ambiental federal de atividades e empreendimentos de exploração e produção de petróleo e gás natural no ambiente marinho e em zona de transição terra-mar;
- e) Resolução nº 237 do CONAMA, de 19 de dezembro de 1997, que regulamenta aspectos do licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional de Meio Ambiente;
- f) Decreto nº 2.519, de 16 de março de 1998 e peças relacionadas, que promulgou a Convenção Internacional sobre Diversidade Biológica e estabeleceu o Plano Estratégico da Biodiversidade;
- g) Decreto nº 52.493, de 30 de setembro de 1963, que promulgou a Convenção sobre a Organização Marítima Consultiva Intergovernamental, sendo o Brasil, país com Representação Permanente junto à Organização Marítima Internacional – IMO, conforme o Decreto nº 3402/2000, representado pela Marinha do Brasil;
- h) Resolução IMO A.672(16), 19 de outubro de 1989, que trata de guias e padrões para a remoção de instalações e estruturas offshore da plataforma continental e da Zona Econômica Exclusiva (ZEE);
- i) Instrução Normativa Interministerial MD/MMA nº 2, de 7 de julho de 2016, que trata da exportação de cascos de navios para desmonte;
- j) Política Nacional de Resíduos Sólidos, tratada na Lei nº 12305/2010 e no Decreto nº 7.404/2010;
- k) Normas do Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) sobre gerenciamento de rejeitos radioativos;
- l) Lei nº 9.966, de 28 de abril de 2000, que dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências; e
- m) Decreto nº 4.136, de 20 de fevereiro de 2002, que dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às infrações às regras de prevenção, controle e fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional (STEENHAGEN, 2020, p. 42).

A partir desse arcabouço legal, a Bacia de Campos pode apresentar projetos de descomissionamento ao ANP, considerando que a empresa petrolífera é responsabilizada juridicamente

nas esferas civil, administrativa e penal na proteção ambiental.

Nesse contexto, Almeida *et al.* (2017, p. 50) refletem que

a regulação é pouco detalhada e cabe às empresas avaliarem e proporem ao IBAMA suas estratégias de descomissionamento. Estas devem sustentar suas propostas de descomissionamento através de estudos de Avaliação de Impactos Ambientais, considerando não apenas os aspectos estritamente ambientais, mas também fatores econômicos, técnicos e sociais.

Sob esse viés, torna-se necessário o estabelecimento, pelo órgão ambiental, de normas e procedimentos mais práticos do que é considerado aceitável, de modo a estreitar as lacunas em projetos apresentados pelas empresas petrolíferas, a partir de orientações capazes de satisfazer todas as especificidades e os riscos envolvidos no descomissionamento (DELGADO, 2019).

Como exemplo prático, menciona-se o sistema prescritivo do Reino Unido, cuja política de descomissionamento tem como prioridade assegurar que as atividades sejam realizadas de forma segura e ambientalmente adequada, gerando o mínimo de impactos negativos. Na proposta britânica, adota-se como filosofia uma definição de metas e de objetivos próprios, além de identificar todos os equipamentos, infraestruturas e materiais envolvidos no projeto, bem como as soluções e os custos da iniciativa (RAUSCH *et al.*, 2019).

Embora o Brasil esteja mais próximo da abordagem britânica, é necessário trabalhar no desenvolvimento de disposições legais relevantes mais robustas, em termos de gestão geral e de gestão técnica.

Ao comparar as normativas sobre o descomissionamento, destacam-se as principais condições no Quadro 1.

Quadro 1: Condição do descomissionamento, sob regulamentações brasileira e internacional

Condição	Regulamentação Brasileira		Regulamentação Internacional		
	Regulamentos ANP	Termo de Referência - IBAMA	UNCLOS	Res. A.672 (16) IMO	OSPAR
Quanto à remoção	Remoção completa ou parcial	TR só fala em retirada	O texto fala em remoção; admite a remoção parcial	Remoção Completa ou Parcial	Remoção Integral
Quanto à recuperação ambiental	Dispõe	Não dispõe	Não dispõe. Regras a cargo de cada país signatário	Não dispõe. Regras a cargo de cada país signatário	Não dispõe. Regras a cargo de cada país signatário
Quanto ao monitoramento ambiental	Não dispõe	Não dispõe	Não dispõe. Regras a cargo de cada país signatário	Não dispõe. Regras a cargo de cada país signatário	Dispõe (Anexo IV)

Fonte: Adaptado de Teixeira (2013).

Quanto à legislação vigente sobre esse processo, Teixeira e Machado (2012) alertam que a questão ambiental é abordada de forma secundária nos principais textos legais da indústria nacional do petróleo, a saber: Leis nºs 9.478/97, 12.276/10, 12.304/10 e 12.351/10. Conforme os mesmos autores, o descomissionamento possui dois institutos jurídicos aplicáveis: (I) licenciamento ambiental (II) nos contratos de concessão. Para os objetivos da presente pesquisa, enfoca-se nos aspectos ambientais, que atualmente são administrados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e pela Agência Nacional do Petróleo (ANP).

Nesse cenário, nota-se que o IBAMA/CGPEG tem exigido um Projeto de Desativação como uma das condicionantes para o licenciamento, embora não haja nenhuma legislação que formalize essa exigência no processo de licenciamento. Em geral, os pareceres técnicos são embasados nas normativas da ANP – Portaria ANP nº 25/02 e Resolução ANP nº 27/06, pois não há outra norma que regule o tema especificamente.

Paralelamente, tem-se a Lei nº 9.478/97, que propõe a regulação, a contratação e a fiscalização

das atividades econômicas da indústria petrolífera, com a finalidade de “cumprir as boas práticas de conservação e uso racional do petróleo, gás natural, seus derivados e biocombustíveis e de preservação do meio ambiente” (BRASIL, 1997).

Em seu art. 28, determina-se que,

em qualquer caso de extinção da concessão, o concessionário fará, por sua conta exclusiva, a remoção dos equipamentos e bens que não sejam objeto de reversão, ficando obrigado a reparar ou indenizar os danos decorrentes de suas atividades e praticar os atos de recuperação ambiental determinados pelos órgãos competentes (BRASIL, 1997).

Com relação ao descomissionamento, outros dois regulamentos abordam as questões técnicas, embora não contemplem especificamente a questão do controle ambiental: a Portaria ANP nº 25/02, que regulamenta o abandono de poços perfurados com vistas à exploração ou produção de petróleo e/ou gás, e a Resolução ANP nº 27/06, que institui um parecer técnico para o Programa de Desativação de Instalações.

Teixeira e Machado (2012) e Martins (2015) refletem sobre a necessidade de legislação mais abrangente e robusta, que abarque as esferas governamentais, com respectivas atribuições legais para o sistema administrativo. Os mesmos autores ainda destacam a importância do IBAMA na função de órgão fiscalizador ambiental, levando em consideração os vários danos ambientais que podem existir no processo de descomissionamento.

Apesar da crescente preocupação mundial com o descomissionamento e do crescimento observado da legislação em torno desse tema, em parte devido à pressão da opinião pública e dos movimentos ambientais, o correspondente marco regulatório, mesmo em países desenvolvidos, está longe de ser completo, homogêneo e satisfatório. Portanto, é amplo o debate sobre o desenvolvimento nacional sustentável em operações de descomissionamento de plataformas de petróleo (ANP, 2021, p. 10).

Quanto à desativação de instalações, estabelece-se que, no término da fase de produção, ou em caso de rescisão do contrato de concessão, o concessionário é obrigado a entregar um Programa de Desativação de Instalações, solicitando que as instalações de produção sejam removidas das áreas de concessão, exceto em situações em que haja especificação em contrário, devidamente consentido por autoridade marítima ou órgão ambiental com jurisdição sobre a área das instalações (ANP, 2021).

Em geral, as razões para o abandono podem conter três justificativas: econômica (como a produção antieconômica e sazonalidade), técnica (que trata da dotação e esgotabilidade das reservas de petróleo) e política (caracterizada pelas diretrizes das políticas energéticas e repercussão das medidas que tratam da questão ambiental) (LUCZYSNKI, 2002).

O Regulamento Técnico de Descomissionamento de Instalações de Exploração e Produção,

anexo 1 da Resolução 817/2020 da ANP impõe a remoção de quaisquer instalações na área sob contrato, mas permite também a remoção parcial ou permanência definitiva *in situ* em caráter de exceção, desde que atendidos os requisitos normativos e devidamente justificada (NICOLOSI *et al.*, 2018).

Duas etapas admitem a possibilidade de danos ao meio ambiente: o abandono da produção, caracterizada pelo lacramento dos poços produtores; e os impactos decorrentes da manutenção da estrutura no lugar original de produção (seja para afundamento, seja para remoção da plataforma para outro local ou mesmo a reciclagem do aço/concreto que a compõe) (LUCZYSNKI, 2002).

No caso da P-07, os novos proprietários devem seguir obrigatoriamente uma rota de navegação com deslocamento além da plataforma continental, de modo a evitar proximidade com áreas protegidas e sensíveis, como bancos de laminárias, bancos de algas calcárias (rodolitos), ambientes recifais costeiros, entre outros.

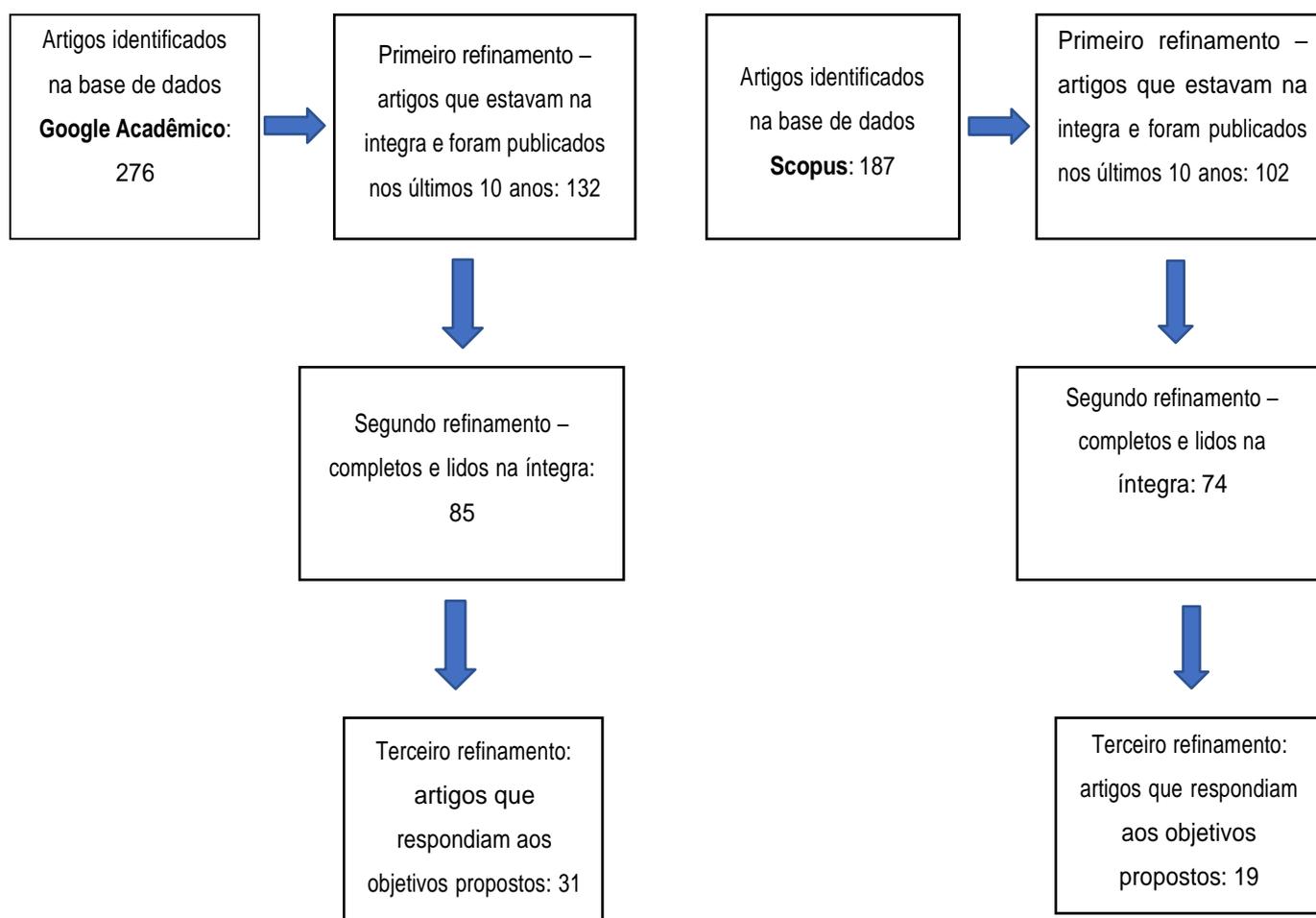
3. MATERIAL E MÉTODOS

Como percurso metodológico, propõe-se uma análise exploratória de artigos científicos, incluindo o estudo de projetos de descomissionamento nacionais e internacionais, disponibilizados em rede, utilizando o operador booleano AND, como em *Decommissioning AND Platform AND Campos Basin*. Trata-se de uma pesquisa de revisão bibliográfica de caráter exploratória, que permite a construção de conceitos acerca do tema estudado, por meio de levantamento de informações na literatura da área, à fim de esclarecer os objetivos propostos.

Para refinar a seleção de estudos, como critérios de inclusão para o recorte temporal, foram selecionados artigos teóricos, ensaios clínicos e/ou estudos de casos publicados nos últimos vinte anos (2003-2023), nas plataformas *Scopus* e *Google Scholar* descritos na língua portuguesa e inglesa, que estavam disponíveis na íntegra, contendo especificamente os termos: descomissionamento de plataformas, impactos ambientais e bioincrustação. Também, foram utilizadas legislações e publicações de cunho técnico e jurídico que abordam o assunto descomissionamento/abandono de unidades marítimas. Os critérios de exclusão foram: artigos que não abordam o assunto; que não atendem aos objetivos do trabalho; publicados fora do período pré-estabelecido; indisponíveis para acesso na íntegra; e, ou, publicados em outros idiomas, além do português e inglês. Como resultado, obteve-se 50 artigos que embasaram a elaboração dos dois artigos científicos apresentados na presente dissertação.

Quanto à avaliação dos impactos que envolvem as etapas do abandono, a compilação teórica pode contribuir para o entendimento dos impactos ambientais do abandono de plataformas, com base nos princípios da precaução e da prevenção. A participação em audiências públicas⁵, envolvendo empreendimento da indústria *offshore* também foi muito importante para o conhecimento do pleito dos pescadores e de outras organizações sociais, no tocante às externalidades da indústria *offshore*, onde a bioincrustação já era um impacto de reconhecimento público.

Figura 8 - Fluxograma da busca realizada nas bases de dados



Fonte: Elaborada pelo autor (2024)

⁵ Como técnico ambiental, o pesquisador participou de três audiências públicas sobre o licenciamento de novos sistemas de produção, tendo acesso ao EIA/RIMA de alguns empreendimentos da indústria *offshore*. Na ocasião, já se comentava sobre os impactos da bioinvasão, no período de 2010 e 2015.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Sobre a identificação da espécie em plataformas

Segundo Romanelli *et al.* (2022), o coral *T. tagusensis* foi coletado em novembro de 2021 na região de Ilhabela (Litoral Norte Paulista), nas localidades S 23°49'40.7" W 045°24'44.7" e S 23°46'26.9" W 045°21'19.0", no Centro de Biologia Marinha da Universidade de São Paulo (USP, Brasil). O material coletado foi imediatamente lavado com água do mar filtrada para remoção da epifauna, sendo posteriormente identificado.

Os mesmos autores explicam que esse coral (Ordem Scleractinia) produz um esqueleto de cálcio para proteção contra outros animais, além de toxinas que contribuem para a autodefesa, causando a predação de peixes e de outros organismos, o que constitui um risco para os organismos locais. Contudo, apesar de o Coral-sol ser um vilão para a biodiversidade marinha, há um potencial benéfico para a vida humana, em decorrência da produção de uma substância química com poder farmacológico (tratamento da doença de Chagas, doença que afeta sete milhões de pessoas e ainda não apresenta terapêutica eficaz) (ROMANELLI *et al.*, 2022).

Soares (2022) também disserta sobre a presença desse tipo de coral invasor em uma plataforma de petróleo na costa cearense, alertando sobre os riscos causados ao meio ambiente e à economia.

Caso a remoção delas não seja realizada de maneira adequada, esses corais podem se espalhar por novos ambientes, atingindo recifes situados na costa brasileira, inclusive, alcançando e comprometendo o hoje denominado Grande Sistema de Recifes do Amazonas, conjunto de recifes, descoberto em 2016, que se estende por uma área de cerca de 50 mil quilômetros quadrados (o equivalente ao estado do Rio Grande do Norte). Além disso, os impactos dessa praga biológica marinha se ampliam para as atividades de turismo e pesca (SOARES, 2022, *online*).

Sousa (2022) e Soares (2022) ressaltam que o descomissionamento pode ajudar a espalhar a espécie invasora em novos ambientes, se a plataforma for transportada na água. Para evitar essa proliferação, recomenda-se o manejo correto e a adoção de técnicas para a limpeza das plataformas.

Quanto aos impactos ambientais decorrentes do Coral-sol, Soares (2022) informa que os impactos dessa praga biológica marinha se ampliam para as atividades de turismo e pesca, ao serem modificados os tipos e a quantidade de peixes, além de reduzir a atratividade turística. Sousa (2022, *online*) completa que “o coral-sol tem se espalhado intensamente a cada ano, tanto em ambientes

artificiais, como plataformas e embarcações afundadas, como em ambientes naturais”, o que agrava a situação.

Atualmente, há a tentativa de remoção manual desses corais, contudo, segundo Soares (2022), em altas profundidades e longa distância da costa, torna-se complicado e oneroso controlar e erradicar o Coral-sol. Por essa razão, seria fundamental prevenir, e não buscar remediar/controlar a infestação, como alertado pelo referido professor e especialista.

Uma das ações de controle e prevenção exigidas pelas operadoras que fretam embarcações estrangeiras é o laudo técnico feito periodicamente. A título de exemplificação, cita-se o laudo técnico referente à avaliação da ocorrência de Coral-Sol na embarcação Normand Frontier, no qual foram utilizadas imagens ou vídeos da inspeção de classe com mergulho realizada, em agosto de 2021. Teve-se, como objetivo, apresentar a condição do casco da embarcação antes de seu traslado para as Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), especificamente quanto à possível presença de espécies exóticas invasoras. Devido ao curto período da embarcação na água, o estado de pintura ainda se encontra em boas condições, não tendo sido encontrados pólipos ou colônias de Coral-sol em nenhuma das áreas submersas do casco da referida embarcação. A inspeção contemplou todas as áreas da estrutura submersa do casco, incluindo as áreas nicho. Desse modo, foi garantida uma avaliação completa da atual situação do mesmo em relação à possibilidade de bioincrustações (TRIDENT ENERGY, 2021).

Entre as condições específicas da Licença de Operação (LO) nº 1572/2020 (7767063), determinado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, destaca-se a exigência de

implementar o Projeto de Prevenção e Controle de Espécies Exóticas (PPCEX – Trident), em conformidade com as orientações e diretrizes determinadas pelo IBAMA no âmbito do processo 02001.007885/2020-45, apresentando, em até 90 dias, proposta de revisão, na qual sejam aprofundadas as discussões e o planejamento das ações práticas para o controle e ou erradicação de espécies exóticas nas plataformas e estruturas que apresentam elevado nível de incrustação por Coral-sol (MMA, 2021, p. 3).

Também há outras obrigações relativas à Compensação Ambiental, incluindo o Plano de Avaliação e Revisão da Mitigação de Impactos Socioambientais. Mediante decisão motivada, o Ibama pode alterar as condicionantes e as medidas de controle e adequação, suspender ou cancelar a referida Licença, caso ocorra: a) Violação ou inadequação de quaisquer condicionantes ou normas legais; b) Omissão ou falsa descrição de informações relevantes, que subsidiaram a expedição da licença; c) Superveniência de graves riscos ambientais e à saúde. Vale pontuar que esse documento possui validade até junho de 2024 (MMA, 2021).

4.2. Sobre o projeto de descomissionamento da plataforma P-07

Quanto às possibilidades de destinos finais dos resíduos de bioincrustação de Coral-sol, recolhidos da P-07, o MMA e o Ibama informaram que a plataforma estava submetida às seguintes etapas: fase 1 - fechamento dos poços e parada de produção; fase 2 - limpeza dos dutos e equipamentos submarinos; fase 5 - despressurização, drenagem, limpeza de equipamentos e tubulações da planta de processamento de óleo e gás da plataforma; e fase 6 - remoção e transporte de produtos químicos.

As demais fases não foram detalhadas em relatório, pois as evoluções físicas não ocorreram. No Quadro 2, a seguir, foram descritos os principais marcos do projeto de descomissionamento da P-07.

Quadro 2: Principais marcos do projeto de descomissionamento da plataforma P-07

FASE	PLATAFORMA SEMISSUBMERSÍVEL P-07 ATIVIDADE	PRAZO PDI		PRAZO ALTERADO 1º RELATÓRIO	
		INÍCIO	TÉRMINO	INÍCIO	TÉRMINO
1	Fechamento dos poços e parada de produção	jan/16	jan/16	-	-
2	Limpeza dos dutos e equipamentos submarinos que ainda estão conectados à plataforma e teste de válvulas dos poços	ago/20	out/20	set/20	mai/21
3	Desconexão das linhas submarinas nos equipamentos nas ANMs e <i>Manifolds</i>	out/20	jan/21	mai/21	jan/26
4	<i>Pull Out</i> e destinação dos 20 <i>risers</i>	jan/21	mar/21	jun/21	ago/21
5	Despressurização, drenagem e limpeza de equipamentos e tubulações da planta de processamento de óleo e gás.	ago/20	out/20	out/20	mai/21
6	Remoção e Transporte de Produtos Químicos estocados na plataforma	out/20	jan/21	fev/21	set/21
	Processo de alienação da plataforma	nov/19	fev/21	out/19	set/21
7	Desconexão do sistema de ancoragem e destinação da plataforma	mar/21	abr/21	ago/21	set/21
8	Janela de abandono permanente dos poços e remoção das ANMs e dos <i>skids</i> de anodo	mai/22	mai/26	mai/22	mai/26
	Apresentação da análise técnica de descomissionamento dos <i>manifolds</i> , linhas flexíveis, caixas de junção e sucatas incluindo projeto e cronograma executivos das operações	dez/21	dez/21	dez/21	dez/21
9	janela de recolhimento dos <i>manifolds</i> , linhas flexíveis caixas de junção e sucatas	jan/26	dez/31	jan/26	dez/31

Fonte: PETROBRAS (2021a).

A Fase 1, referente ao fechamento dos poços e parada de produção, foi finalizada em janeiro de 2016, contemplando 100% dos poços, o que representou, de fato, a interrupção da produção da Unidade, conforme já relatado no PDI.

Na Fase 2, que diz respeito à limpeza dos dutos e equipamentos submarinos, observa-se que o

percentual da limpeza das linhas e equipamentos limpos (até o presente momento) foi de 86% para os dutos flexíveis dos sistemas de coleta, 50% para os gasodutos de exportação e 0% para o oleoduto de exportação. Os dutos flexíveis do sistema de coleta foram limpos com o uso de água do mar, por meio de aquecimento e separação eletrostática, não sendo necessário o incremento de diesel ou desengraxante para realização das limpezas. Ainda, foi informado que, no próximo relatório, serão detalhados os efluentes gerados, os TOGs obtidos para limpeza do oleoduto e a situação final da linha (PETROBRAS, 2021a).

A Fase 3 foi iniciada, mas a previsão de término é 2026, tratando-se das desconexões das linhas submarinas nas ANMs e *manifolds*, em razão da necessidade de otimizar os recursos críticos comuns a outros projetos da Companhia.

Na Fase 4 – *pull out* e destinação dos *risers*, foi previsto o fim das operações para 2021, contudo, não foram detalhadas as atividades ocorridas relacionadas a essa fase.

A Fase 5 tratou da despressurização (através do queimador a gás), drenagem, limpeza e inertização de equipamentos e tubulações da planta de processamento de óleo e gás da plataforma e sua finalização já foi sinalizada, atingindo a meta de 100% e as etapas de drenagem e limpeza, ambas registram 67% de avanço, até o momento da conclusão do relatório. Nessa fase, exibe-se o quantitativo dos resíduos gerados na etapa de limpeza da P-07.

Quadro 3: Quantitativo dos resíduos gerados na etapa de limpeza da P-07

Tipo de Resíduo	Quantitativo	Forma de acondicionamento	Data da Geração	Data do recebimento	Local Armazenamento Temporário/ Destinação Final
Borra oleosa (contaminada NORM)	552 kg	3 tambores (cor amarela – etiqueta CAT-II)	03/10/2020	03/11/2020	Parque Tubos (Macaé-RJ)
Borra oleosa (contaminada NORM)	608 kg	3 tambores (cor amarela – etiqueta CAT-II)	25/12/2020	08/01/2021	Parque Tubos (Macaé-RJ)
Óleo Lubrificante usado	2.884 litros	11 tambores (cor verde)	04/06/2021	15/06/2021	*Empresa Transforma Gerenciamento de Resíduos
Óleo Lubrificante usado	4.231 litros	16 tambores (cor verde)	06/06/2020	16/06/2020	*Empresa Transforma Gerenciamento de Resíduos

Fonte: PETROBRAS (2021a).

A Fase 06 (remoção e transporte de produto químico) foi concluída, sendo consumidos alguns produtos químicos cuja necessidade do projeto tenha ocorrido, outros produtos foram desembarcados para serem reaproveitados ou descartados e determinados produtos foram transportados juntamente com a P-07. Os produtos químicos mantidos na plataforma são empregados na manutenção da habitabilidade, estando armazenados de acordo com a compatibilidade dos materiais (PETROBRAS,

2022b).

Conforme cronograma proposto no relatório, a Fase 07, que abrange a desconexão do sistema de ancoragem e destinação da plataforma, bem como a saída da plataforma da locação foram finalizadas no dia 24 de fevereiro de 2022; a Fase 08 (Abandono Permanente dos Poços), teria detalhamento das atividades no próximo relatório, incluindo a respectiva transferência da licença de operação. Vale frisar que a Fase 08 foi transferida para TRIDENT ENERGY DO BRASIL (TEdB), através de contrato de compra e venda, além da transferência da licença de operação (PETROBRAS, 2022b).

De acordo com o Relatório periódico do projeto de descomissionamento de instalação, os resíduos gerados na fase de desconexão da plataforma foram oriundos de bioincrustações aderidas no sistema de ancoragem. O documento informa que

foram gerados 1.600 Kg de resíduo do tipo bioincrustação, que foram removidos no convés da embarcação envolvida no recolhimento do sistema de ancoragem. Esses resíduos foram classificados como Classe IIA e dispostos temporariamente em 8 tambores metálicos de 200 litros. O desembarque ocorreu no Porto de Macaé e foram transferidos para armazenamento temporário na base Cabiúnas através de transporte terrestre de resíduos. A empresa responsável pela destinação final foi a Vitória Ambiental Engenharia e Tecnologia S/A e o tipo de destinação final blendagem para coprocessamento (PETROBRAS, 2022b, p. 16).

Após recolhimento dos *risers* para bordo da embarcação (PLSV), houve a remoção da bioincrustação, através de um procedimento que consistiu na passagem das linhas em tencionadores. Todo o material recolhido foi armazenado em sacos plásticos, tendo o seu desembarque realizado no porto de Açú, com destinação final de blendagem para coprocessamento. De acordo com o Relatório da Petrobras, o volume total desse resíduo tipo bioincrustação foi de 4.313kg e a empresa responsável pela destinação final foi a Transforma Gerenciamento de Resíduos LTDA situada em Macaé (PETROBRAS, 2022b).

Por fim, a Fase 09 – destinação do sistema submarino, não foi iniciada. Da mesma forma que na fase anterior, a atividade foi transferida para TRIDENT ENERGY DO BRASIL (TEdB), através de contrato de compra e venda, além da transferência da licença de operação.

Assim, observa-se que cada fase prevista reflete os indicadores preconizados no PDI da Plataforma Semissubmersível P-07, sendo apresentados os registros das fases cujas atividades tenham ocorrido ou ainda ocorrerão, conforme o relatório em questão (PETROBRAS, 2021a).

Cabe pontuar que houve um prolongamento de 30% no tempo das operações, em razão da pandemia (Covid-19), que afetou diretamente as operações e o fluxo logístico (transporte *onshore* e *offshore*), bem como a disponibilização de materiais, a capacidade máxima de pessoas na embarcação,

entre outros fatores limitantes.

Em relação às condicionantes ambientais referentes às espécies exóticas ou às comunidades bentônicas, como rodolitos e corais, é importante destacar quais ações foram tomadas para resolver/prevenir esse impacto.

Eventuais alterações que envolvam atividades que interfiram com o fundo marinho deverão ser subsidiadas por análise detalhada dos impactos sobre os bancos de algas e corais, em conformidade com as orientações do Parecer Técnico nº 120/2020-COPROD/CGMAC/DILIC (PETROBRAS, 2021b, p. 11).

A Petrobras informou que as orientações seguidas advêm do Parecer Técnico nº 120/2020-COPROD/CGMAC/DILIC, com a finalidade de identificar qualquer alteração que envolva as atividades que interfiram no fundo marinho das localidades das unidades P07 e P-15.

Em análise detalhada dos impactos sobre os bancos de algas e corais na região da plataforma, sob responsabilidade da empresa Trident Energy do Brasil Ltda, estabelece-se que a empresa só pode operar os dutos que apresentarem laudo técnico válido, que ateste a sua integridade e operacionalidade para as condições de operação (PETROBRAS, 2021b).

No que diz respeito ao Projeto de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos – PMAR-BC, os relatórios apresentados devem estar em conformidade com as orientações e as diretrizes determinadas pelo Ibama, com o propósito de obter dados sistemáticos sobre a qualidade da água, do sedimento e respectivas comunidades biológicas, comparando as áreas de maior e menor concentração de atividade de E&P na Bacia de Campos.

Nesse sentido, o acompanhamento deve incluir:

- 1) O Resumo executivo sobre o andamento do PMAR-BC (Item III) informando sobre o andamento das contratações das campanhas e das análises de água e sedimento; 2) Avaliação Regional da Interferência Direta dos Sistemas Submarinos sobre Bancos de Corais de Águas Profundas – Relatório Final P-19 (Item IV); Relatório Final P-20 (Item V); Relatório Final P-33 (Item VI) e Relatório Final P-35 (Item VII); 3) Andamento das análises de vídeo das demais Unidades da Bacia de Campos para Avaliação Regional da Interferência Direta dos Sistemas Submarinos sobre Bancos de Corais de Águas Profundas - Relatórios parciais Marlim, Albacora, Barracuda e Caratinga (Item VIII); 4) Mapa dos Pontos de Contato (Item IX), com a atualização do mapa de prováveis e comprovados bancos de coral na Bacia de Campos (envio de shapefile); 5) Relatório com informações sobre Levantamentos Geofísicos (Item IX do Relatório) contendo a lista de levantamentos geofísicos que foram obtidos pela PETROBRAS e cronograma para interpretação dos dados e incorporação a base de prováveis bancos de coral; 6) Proposta de Projeto de monitoramento de bancos efetivamente impactos por instalações Petrobras contendo o desenho amostral para o monitoramento (Item X) (PETROBRAS, 2021b, p. 15).

Na realização do experimento *in situ* da produtividade primária marinha, foi feita a coleta de amostras de sedimento, água e plâncton, e esse material foi enviado para as análises correspondentes, seguindo a solicitação dos técnicos do Ibama. Contudo, a avaliação do Projeto de Monitoramento dos bancos de corais (encaminhado em dezembro de 2018) ainda está pendente. Em 2019, o relatório das atividades de campo da primeira campanha amostral do PMAR-BC foi protocolado no IBAMA, por meio da Carta nº UO-BC 1204, estando a entrega prevista em seis meses consecutivos.

Em maio de 2021, foi solicitada a postergação dos prazos de entrega dos demais relatórios previstos para 2020, como descrito a seguir:

- 1) Relatório de resultados do PMAR-BC (contendo resultados da primeira campanha de água e sedimento), previsto para ser entregue 18 meses após o término da campanha, concluída em maio de 2019 - prazo original de protocolo: Nov/2020;
- 2) Relatório de identificação dos pontos de contato, além da atualização da base de corais e mapeamento dos pontos de contato, previstos para serem entregues a cada dois anos - prazo original de protocolo: Dez/2020;
- 3) Relatório de dados sobre levantamentos geofísicos – prazo original de protocolo: Dez/2020.
- 4) Reunião de atualização do PMAR-BC, entre o Ibama e Petrobras, realizada em novembro de 2020, objetivando discutir e deliberar sobre as ações apresentadas pela Carta SMS/LCA/MPL-E&P-FC 0237/2020 de 23/10/2020 (PETROBRAS, 2021b).

Apostergação desses prazos foi confirmada pelo Ibama, que ainda aprovou o escopo do Projeto de Monitoramento de Pontos de Contato Direto, e até o final de 2021 a empresa deve ter iniciado o monitoramento nos bancos selecionados. Já o 2º Resumo executivo do Programa de Monitoramento Ambiental Regional da Bacia de Campos (PMAR-BC) foi protocolado em dezembro de 2020, conforme carta SMS/LCA/MPL-E&P-FC nº 640/2020 (PETROBRAS, 2021b).

Sobre o Projeto de Prevenção e Controle de Espécies Exóticas (PPCEX), que engloba também as atividades na Bacia de Campos, foram realizados laudos de avaliação de ocorrência de espécies exóticas (coral-sol) nas unidades PCE-1, PPM-1, P-08 e P-65 inseridas no Projeto Ártico. Assim, em maio de 2021, por meio da Carta SUB/OPSUB nº 0029/2020, a Petrobras protocolou o Relatório Anual de Gerenciamento da Bioincrustação nas Embarcações Prestadoras de Serviço (AFRETADAS - OPERAÇÕES SUBMARINAS e SERVIÇOS EPCI), em atendimento do item 4 do PPCEX - Petrobras Rev 04. Outras cartas também foram protocoladas em resposta ao Projeto de Prevenção e Controle da Disseminação de Espécies Exóticas, incluindo os resultados das inspeções das embarcações prestadoras de serviços, com análise comparativa dos resultados por tipo de embarcação (PETROBRAS, 2021b).

Na Bacia de Campos, as ações aplicáveis às unidades incluem:

a) Etapas do PPCEX direcionadas às espécies exóticas invasoras em geral:

- ações de manejo quando do recolhimento / manuseio de linhas / *risers* e amarras;
- gerenciamento da bioincrustação na frota das embarcações prestadoras de serviços;
- ações de gerenciamento da bioincrustação em sondas de perfuração;
- ações de gerenciamento da bioincrustação em UEPs, Monoboias e BSRs;

b) Etapas do PPCEX direcionadas especificamente ao Coral-sol:

- diagnóstico de coral-sol nas sondas de perfuração em operação;
- diagnóstico da ocorrência de coral-sol nas unidades e estruturas já existentes, até o Etapa 2 (item 3.5.2 do PPCEX Petrobras Rev. 04) (protocolado no dia 10/02/2021 por meio da carta SMS/LCA/MPL-E&PFC/MPL-AGP nº 0049/2021).

A partir dessas ações, a Petrobras aguarda a conclusão do projeto básico para o PPCEX, a ser elaborado pelo Ibama, para, assim, analisar a sua implementação e conduzir o aprimoramento continuado do gerenciamento de riscos para prevenção e controle de espécies exóticas invasoras incrustantes nas atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural.

Ressalta-se a complexidade de implementação de ações, em decorrência da grandiosidade das operações, que incluem medidas de responsabilidade direta e indireta (operações executadas pela Petrobras e por empresas terceirizadas). Desse modo, o PPCEX é aplicável a toda a Companhia, havendo ajustes e aprimoramentos de forma estruturada, e com a devida abrangência.

Na análise do relatório de descomissionamento da Plataforma P-07, foram apresentados esclarecimentos sobre o *Pull out* e Abandono temporários dos *risers*, informando que 95% dos *Pull out* foram previstos, e os 5% restantes são referentes ao *riser* 12B, que não foi recolhido, pois sua destinação final será avaliada junto aos trechos *flow* e enviada oportunamente pela nova operadora. No que diz respeito ao foco do presente trabalho, sobre os resíduos de bioincrustação, foi relatado que os resíduos de bioincrustação proveniente dos *risers* foram conduzidos para coprocessamento em uma empresa de fabricação de cimentos, sendo a destinação final devidamente especificada e comprovada, conforme anexo do referido documento (PETROBRAS, 2022a).

Especificamente sobre a identificação de resíduos e o respectivo impacto ambiental, a Petrobras, por meio do Sistema de Gerenciamento de Resíduos - SIGRE, gerou a Ficha de Controle de Disposição de Resíduos (FCDR) denominada Resíduos de Bioincrustação, que foram enviadas para empresa Transforma Gerenciamento de Resíduos LTDA, que elaborou outro documento chamado Manifesto de Transporte de Resíduos e Rejeitos (MTR) para empresa LafargeHolcim (Brasil) S/A,

certificada pelo INEA, que usa a tecnologia de Formulação de Blend para Coprocessamento, como destino final para os resíduos de bioincrustação (especialmente Coral-sol).

Mais recentemente, no 4º Relatório Periódico das Operações de Descomissionamento da Plataforma Semissubmersível P-07, publicado em outubro de 2022, foi descrita a evolução do projeto por fase de descomissionamento. Em comparação aos relatórios anteriores, observa-se que houve necessidade de postergação da data de conclusão da fase 3 - Desconexão das linhas submarinas nos equipamentos (ANMs e *Manifolds*) de junho de 2024 para junho de 2025, devido aos tramites de contratação do serviço de desconexão e tamponamentos das linhas submarinas nos equipamentos, e execução propriamente dita do serviço, contando, ainda, o prazo para a mobilização dos recursos.

Segundo o documento:

Este prazo adicional foi sinalizado em pesquisa de mercado realizada pela Petrobras especificamente para este serviço através de RFI (*Request For Information*) em que se constatou com as respostas das empresas a necessidade de prazos mais dilatados para conclusão do serviço (PETROBRAS, 2022c, p. 20).

As fases 08 e 09 seguem sem serem iniciadas, sendo mais uma vez frisado que estas são de responsabilidade da Trident, nova operadora e os detalhamentos das execuções das atividades serão reportadas por esta empresa.

No resumo dos indicadores propostos para acompanhamento da execução do programa de desativação da instalação P-07, não serão acompanhados os indicadores para as fases 08 e 09, já que sua execução é de responsabilidade da Trident.

Após a desancoragem, a plataforma P-07 foi entregue ao rebocador MV. Jarvis, que realizou o transporte da plataforma para o seu destino, tendo essa operação durado cerca de um mês (21/01/2022 a 27/02/2022), sendo o término do acompanhamento do reboque da unidade marcado pela saída das águas jurisdicionais brasileiras (PETROBRAS, 2022c).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise do plano de controle e monitoramento da bioinvasão do Coral-sol, visou-se fornecer subsídios teóricos para a compreensão dos aspectos técnicos, operacionais e logísticos dos setores associados à proteção do ambiente marinho, entre os quais se destacam os setores portuário, de transporte, de construção naval *offshore*, petróleo e gás e mineração.

Ao serem observadas as tecnologias de controle, remoção e prevenção de macroincrustação existentes e em desenvolvimento, e baseando-se nos melhores conhecimentos científicos, ambientalmente adequadas e exequíveis, constata-se o profundo comprometimento de todas as partes envolvidas na busca por soluções adequadas e possíveis a esse problema nacional e internacional.

Adverte-se que os desafios são grandes, mediante a dimensão dos impactos ambientais que podem estar ocorrendo em toda a costa brasileira. Contudo, atesta-se que já foi dado um passo importante na consonância de informações técnicas e o pensar coletivo, engrandecendo o atual conhecimento sobre a proteção da biodiversidade marítima, de forma integrada e holística.

Considerando os levantamentos feitos, é necessário avaliar as limitações de tecnologias para a remoção da bioincrustação e a necessidade de capacitação nacional, buscando implementar estratégias de controle e prevenção, custo-efetivas, baseadas no melhor conhecimento científico disponível e diferenciadas, de acordo com o estágio em que se encontra a invasão em cada região.

No caso específico da P-07, recomenda-se promover uma integração regional das diferentes iniciativas de pesquisa, monitoramento, prevenção e controle. Para tanto, é preciso contar com diferentes visões científicas, focando na biologia e fisiologia das espécies identificadas na área, mecanismos de dispersão, reprodução e crescimento; adaptação competitiva e interações ecológicas. Além disso, deve ser avaliado o histórico de dispersão geográfica e os registros das espécies, com a finalidade de selecionar as melhores tecnologias e ferramentas de prevenção, controle e eliminação custo-efetivas em substratos naturais e artificiais.

Como principais limitações, citam-se a adoção de medidas muitas vezes inviáveis e sem eficácia comprovada, que buscam prevenir/mitigar a disseminação do Coral-sol, mas que ainda ocorre sem equilibrar a maior eficácia e o menor impacto econômico. Também, carece-se de esclarecimentos diante das competências dos órgãos e da regulamentação existente, bem como os princípios isonômicos de sua aplicação e a necessidade de haver paridade entre os entes da Federação, a fim de evitar a adoção de medidas prejudiciais ao desenvolvimento de alguma região. Vale ressaltar que a situação pode se tornar mais grave à medida que os poços de petróleo mais antigos se esgotarem e as plataformas descomissionadas forem removidas sem tratamento prévio.

Diante da atual conjuntura, cabe destacar a importância de iniciativas socioambientais, como o

"Projeto coral-sol", fundamentados pela ciência, que cumprem um papel fundamental no esclarecimento de questões ambientais, mobilizando a sociedade no que concerne ao conhecimento e experiência adquirida, além de oferecer subsídios à formulação de políticas públicas.

Para contribuir para a conservação da biodiversidade marinha, recomenda-se o desenvolvimento de trabalhos futuros que abordem o mapeamento e o monitoramento da distribuição e da expansão geográfica do Coral-sol no litoral brasileiro. Também, importa verificar alternativas e ações propositivas para enfrentar esse crescente problema da bioinvasão, pois um dos principais impactos socioeconômicos é a queda na produção de renda e nas atividades baseadas no ambiente marinho, como pesca e turismo.

As atividades *offshore*, por serem efetiva ou potencialmente poluidoras, devem ser conduzidas segundo os princípios da Prevenção e Precaução desde as etapas iniciais do licenciamento ambiental. Os Programas de Monitoramento Ambiental devem ser individualizados, por unidade marítima, e não por campo produtor ou grupo de plataformas, pois o organismo exótico invasor pode se estabelecer em uma plataforma e não estar presente em outra no mesmo campo produtor. As vistorias de casco, uma exigência das Classificadoras, apresentam um espaço temporal muito grande, e o tráfego intenso de embarcações podem conduzir a espécie para os substratos da unidade marítima. Diante disso, é recomendado um Programa de Controle da Espécie Exótica que seja implementado no Sistema de Gestão Ambiental da Unidade, com menores prazos para as vistorias, ações preventivas e corretivas e adoção de novas tecnologias que impeçam a fixação e proliferação da espécie na embarcação.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. *et al.* **Regulação do Descomissionamento e seus Impactos para a Competitividade do Upstream no Brasil.** Ciclo de Debates sobre Petróleo e Economia, Rio de Janeiro, 2017.

AMARAL, S. P. **Sustentabilidade Ambiental, Social e Econômica nas Empresas:** como entender, medir e relatar. 2 ed. São Paulo: Tocalino, 2005.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2002. **Resolução ANP nº 25 de 06 de fevereiro de 2002.** ANP. Disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br>. Acesso em 22 mar. 2023.

ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, 2020. **Resolução ANP nº 817 de 24 de abril de 2020.** ANP. Disponível em: <http://legislacao.anp.gov.br>. Acesso em 22 mar. 2023.

ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. **Estatístico Aquaviário 2021.** Disponível em: <http://ea.antaq.gov.br/QvAJAXZfc/opendoc.htm?document=painel%5Cantag%20-%20anu%C3%A1rio%202014%20-%20v0.9.3.qvw&lang=ptBR&host=QVS%40graneleiro&anonymous=true>. Acesso em 22 mar. 2023.

BRASIL. Constituição de 1988. **Constituição da República Federativa do Brasil:** promulgada em 5 de outubro de 1988. Contém as emendas constitucionais posteriores. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. **Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981,** regulamentada pelo Decreto Federal n.º 99.274 de 6 de junho de 1990. Planalto. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm

BRASIL. **Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997.** Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1997/lei-9478-6-agosto-1997-365401-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em 22 mar. 2023.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente – MMA.** Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, 2018.

BRASIL. **Sistema Portuário Nacional.** Ministério da Infraestrutura. 2022. Disponível em: https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transporte_aquaviario/snpta/sistemaportuario-nacional. Acesso em 22 mar. 2023.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. **Descomissionamento de instalações de petróleo e gás**

natural offshore. Tribunal de Contas da União; Relator Ministro Walton Alencar Rodrigues. – Brasília: TCU, Secretaria de Fiscalização de Infraestrutura de Petróleo e Gás Natural (SeinfraPetroleo), 2021. 21 p.

CABRAL, N. R. A. J; SOUZA, M. P. **Área de Proteção Ambiental:** Planejamento e Gestão de Paisagens Protegidas. São Carlos: RiMa, 2002.

CIRM - Comissão Interministerial para os Recursos do Mar. **Grupo de trabalho “Coral Sol”.** Relatório final. Subcomissão para o Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM). Andrei Polejack - Coordenador do Grupo de Trabalho Coral-Sol. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações – MCTIC, 2020.

CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. **Geocologia:** o clima, os solos e a biota. In: ROSS, J. L. S. (Org.). Geografia do Brasil. São Paulo: EdUSP, 1995.

CORRÊA, L. F. **O Brasil nas Nações Unidas, 1946-2011.** 3ª edição revista e ampliada. Brasília: FUNAG, 2012.

COSTA, B. S. **Introdução de espécies exóticas marinhas por água de lastro no Porto do Rio de Janeiro, Brasil:** um ensaio analítico do potencial de risco. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Oceanografia, 2022. 88 f.

D'AVIGNON, A. **Manual de Auditoria Ambiental.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2011.

DIAS, R. **Gestão Ambiental:** Responsabilidade Social e Sustentabilidade. São Paulo: Atlas, 2009.

FIORILLO, C. A. P. **Curso de Direito Ambiental Brasileiro.** São Paulo: Saraiva, 2000.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar:** como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais, 8 ed. Rio de Janeiro: Record, 2004.

IBAMA. **Coral-sol.** 2020. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/phocadownload/consultapublica/2018/2018-01-diagnostico-coral-sol-consulta-publica_revisaoMMA.pdf. Acesso em 22 mar. 2023.

ICMBio. **Plano nacional de prevenção, controle e monitoramento do coral-sol (tubastraea spp.) no Brasil.** junho, 2018.

JULIANA, F. F. M. **Descomissionamento de Sistemas de Produção Offshore de Petróleo e Gás –**

Crerios Ambientais para Avaliao de Alternativas. Dissertao de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

LATINI, A. O.; RESENDE, D. C.; POMBO, V. B.; CORADIN, L. (Org.). Espcies exoticas invasoras deguas continentais no Brasil. Braslia: MMA, 2016. 791p. (Srie Biodiversidade, 39).

LODY, R. **guas de comer: Peixes, mariscos e crustceos da Bahia**. 1 ed. So Paulo: Senac, 2016.

LUCZYNSKI, E. **Os condicionantes para o abandono das plataformas offshore aps o encerramento da produao**. Tese de Doutorado em Energia. Universidade de So Paulo, So Paulo, 2002.

MACHADO, C. J. S; TEIXEIRA, B. M.; VILANI, R. M. O processo de licenciamento ambiental e a fase do descomissionamento da indstria do petrleo no Brasil. In: **IX Congresso Nacional de Excelncia em Gestao** - Rio de Janeiro, 2013.

MADI, J. F. F. **Descomissionamento de Sistemas de Produao Offshore de Petrleo e Gs** - Crerios Ambientais Para Avaliao De Alternativas. 124 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro - Escola Politcnica e Escola de Qumica, Rio de Janeiro, 2018.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente: a gesto ambiental em foco**. Doutrina. Jurisprudncia. Glossrio. 8 ed. So Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2021.

MILARÉ, E.; MILARÉ, L. T. **Estudo de impacto ambiental. Enciclopdia jurdica da PUC-SP**. Tomo: Direitos Difusos e Coletivos. Nelson Nery Jr., Georges Abboud, Andr Luiz Freire (coord. de tomo). 1 ed. So Paulo: Pontifcia Universidade Catlica de So Paulo, 2017.

MILLER, G. T. **Cincia Ambiental**. So Paulo: Cengage Learning, 2008.

MONIÉ, F.; VIDAL, S. M. do S. C. Cidades, portos e cidades portuarias na era da integrao produtiva. **Revista de Administrao Pblica**, v. 40, n. 6, p. 975-995, 2006.

MORTE, I. B. B. **Descomissionamento de Sistemas Submarinos: Aplicao da Matriz de Riscos e do Mtodo da Anlise Hierarquica na Avaliao de Segurana Operacional**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019.

NICOLOSI, E. R. *et al.* **Descomissionamento de Sistemas de Produao Offshore de Oleo e Gs: Cenrio Atual e Perspectivas Futuras**. p. 1–10, 2018.

PETROBRAS. **1º Relatório periódico das operações de descomissionamento.** Instalação — Plataforma semissubmersível P-07. Abril de 2021a.

PETROBRAS. **2º Relatório periódico do projeto de descomissionamento de instalação** — plataforma semissubmersível p-07. Abril de 2022b.

PETROBRAS. **4º Relatório Periódico das Operações de Descomissionamento da Plataforma Semissubmersível P-07.** Instalação — Plataforma semissubmersível P-07. Outubro de 2022c.

PETROBRAS. **Projeto de Descomissionamento da Plataforma Semissubmersível P-07.** Resposta ao Parecer Técnico. COPROD/CGMAC/DILIC Nº 401/22. Revisão 00 outubro/2022a.

PETROBRAS. **Relatório Anual das Atividades das Condicionantes da Licença de Operação nº 1562/2020 Bacia Marítima de Campos — Polo Enchova.** Relatório Técnico Volume I Revisão 00 abril/2021b.

ROMANELLI, M. M.; AMARAL, M.; THEVENARD, F.; SANTA CRUZ, L. M.; REGASINI, L. O.; MIGOTTO, A. E.; LAGO, J. H. G.; TEMPONE, A. G. Mitochondrial Imbalance of *Trypanosoma cruzi* Induced by the Marine Alkaloid 6-Bromo-2'-de-N-Methylaplysinopsin. *ACS Omega*, v. 7, n. 32, 2022. p. 28561-28570. DOI: 10.1021/acsomega.2c03395.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

SANTOS, L. M. M. **Avaliação Ambiental de Processos industriais.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

SERAFIM, C. F. S. **Geografia: ensino fundamental e ensino médio: o mar no espaço geográfico brasileiro.** Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação básica, 2005.

SHIGUNOV NETO, A. S.; CAMPOS, L. M. S.; SHIGUNOV, T. **Fundamentos da Gestão Ambiental.** Rio de Janeiro: Ciência Moderna Ltda, 2009.

SOARES, M. O. Agência UFC: **Coral invasor é identificado em plataforma de petróleo no Ceará.** Espécie pode comprometer vida marinha e prejudicar economia Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR/UFC), 2022.

SOUSA, S. **Estudo identifica presença de coral invasor em plataforma de petróleo no Ceará;**

espécie pode comprometer vida marinha e prejudicar economia. Agência UFC. 2022. Disponível em: <https://agencia.ufc.br/estudo-identifica-presenca-de-coral-invasor-em-plataforma-de-petroleo-no-ceara-especie-pode-comprometer-vida-marinha-e-prejudicar-economia/>. Acesso em abr. 2023.

TEIXEIRA, B. M. **Aprimoramento da política pública ambiental da cadeia produtiva de óleo e gás offshore no Brasil:** o descomissionamento das tecnologias de exploração. Tese de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

TRIDENT ENERGY. **Avaliação da ocorrência de Coral-Sol na embarcação Normand Frontier.** Laudo técnico. PECTEN – Meio Ambiente, SOLSTAD OFFSHORE, 2021.