



Coral-Sol

Tubastraea spp.

PLANO NACIONAL DE PREVENÇÃO,
CONTROLE E MONITORAMENTO NO BRASIL

Coral-Sol

Tubastraea spp.

**Plano Nacional de Prevenção,
Controle e Monitoramento no Brasil**

Ministério do Meio Ambiente

Ricardo Salles

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

Eduardo Fortunato Bim

Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas

João Pessoa Riograndense Moreira Júnior

Coordenação-Geral de Gestão da Biodiversidade, Florestas e Recuperação Ambiental

Rodrigo Dutra da Silva

Coordenação de Gestão, Destinação e Manejo da Biodiversidade

Raquel Monti Sabaini

EQUIPE TÉCNICA

Adriana Carvalhal (Rebio Arvoredo/ICMBio)

Adriana Gomes (Esec Tamoios/ICMBio)

Carlos Henrique Targino (SBio/MMA)

Ivan Teixeira (DBFlo/Ibama)

Izabela Mascarenhas Matosinhos de Sousa (Diqua/Ibama)

Fabício Escarlante Tavares (Dibio/ICMBio)

Fernando Augusto Galheigo (CGMAC/Ibama)

Francisco Joéliton dos Santos Bezerra (DBFlo/Ibama)

Juliana Baretta (DBFlo/Ibama)

Kellen Leite (NGI Alcatrazes/ICMBio)

Maria Claudia Rayol Sola (Consultora MMA)

Marília Marques Guimarães Marini (SBio/MMA)

Raquel Monti Sabaini (DBFlo/Ibama)

Tainah Corrêa Seabra Guimarães (Dibio/ICMBio)

Tatiani Elisa Chapla (SBio/MMA)

Vitor Sousa Domingues (Diqua/Ibama)



Ministério do Meio Ambiente
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

Coral-Sol

Tubastraea spp.

Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento no Brasil

Brasília
2020

Produção Editorial

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
Centro Nacional de Monitoramento e Informações Ambientais
Coordenação de Gestão da Informação Ambiental
Telefone: (61) 3316-1205

SCEN - Trecho 2 - Bloco C
Edifício sede do Ibama
CEP 70.818-900
Telefone: (61) 3316-1212
<http://www.ibama.gov.br>
E-mail: cogia.sede@ibama.gov.br

Ficha catalográfica

Ana Lúcia Campos Alves

Edição e Revisão

Enrique Calaf
Maria José Teixeira
Vitória Rodrigues

Capa e Diagramação

Eduardo Soares

Foto da Capa

(Modificada)

Alexander Vasenin

[CC BY-SA (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)]

Catalogação na Fonte

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

159p Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
Plano nacional de prevenção, controle e monitoramento do coral-sol (*Tubastraea spp.*)
no Brasil [recurso eletrônico] / Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas.
– Brasília, DF: IBAMA, 2020.
113 p. : il. ; color.

Modo de acesso: World Wide Web
ISBN 978-65-5799-001-8 (on-line)

1. Recifes de coral. 2. Espécie exótica. 3. Impacto ambiental. 4. Bioinvasão. 5. Diagnóstico
– planejamento. I. Título.

CDU 2. ed. 593.6

APRESENTAÇÃO

Em decorrência do aumento da dispersão do coral-sol na costa brasileira e da preocupação sobre os impactos ambientais atuais e potenciais associados a esse processo de invasão, 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. A meta foi estabelecida pelo Governo Federal, no Plano Plurianual (PPA 2016-2019), com o intuito de controlar três espécies exóticas invasoras, mitigando o impacto sobre a biodiversidade brasileira.

Duas espécies de coral-sol são encontradas hoje no País: *Tubastraea coccinea* e *Tubastraea tagusensis*. O gênero foi registrado inicialmente na década de 1980 em plataforma de petróleo na Bacia de Campos, Rio de Janeiro, mas sem estudos e registros sistemáticos de sua distribuição. O primeiro registro em substrato estável natural, num costão rochoso, foi reconhecido em 1998, em Arraial do Cabo/RJ. Essas duas espécies são consideradas os primeiros corais escleractíneos a invadirem o Atlântico Oeste e são encontradas em ambientes naturais e estruturas artificiais.

Para tratar do coral-sol, o MMA instituiu o Grupo de Trabalho Coral-sol (Portaria MMA nº 94 de 6/4/2016) para fornecer assessoramento técnico e coordenar a elaboração do Plano de Controle e Monitoramento da Bioinvasão do Coral-sol (*Tubastraea* spp.).

Este documento tem como objetivo apresentar um diagnóstico sobre a invasão do coral-sol no Brasil, com base no pré-diagnóstico elaborado pelo MMA e nos subsídios fornecidos pelo GT da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM). É um panorama geral sobre distribuição, biologia e ecologia do coral-sol; impactos à invasão de *Tubastraea* spp.; aspectos sobre o controle e erradicação; principais experiências nacionais e internacionais; legislação; e iniciativas existentes sobre o assunto no Brasil e no mundo.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| PARTE I – DIAGNÓSTICO..... | 8 |
| Introdução | 9 |
| 1. Características biológicas e ecológicas do coral-sol..... | 12 |
| 1.1 Relações ecológicas do coral-sol como espécie invasora | 17 |
| 2. Origem e distribuição geográfica do coral-sol no Brasil..... | 18 |
| 2.1 Vias e vetores de dispersão | 23 |
| 3. Impactos da bioinvasão do coral-sol no Brasil e no mundo..... | 25 |
| 4. Prevenção, controle e monitoramento do coral-sol | 27 |
| 5. Exemplos de iniciativas sobre o coral-sol no Brasil e no mundo | 38 |
| 5.1 Poder Público | 38 |
| 5.2 Iniciativa Privada | 42 |
| 5.3 Terceiro Setor | 47 |
| 5.4 Iniciativas Internacionais | 49 |
| 5.5 Estudos de Caso | 50 |
| 5.5.1 Remoção do coral-sol do casco da unidade de produção do tipo FPSO (<i>Floating Production Storage Offloading Unit</i>) Petrobras 66 (P-66) (Processo 02022.002141/2011-03) | 50 |
| 5.5.2 Plataformas fixas de produção da Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas | 54 |
| 5.5.3 Bioincrustação por coral-sol em monoboias alienadas pela Petrobras..... | 56 |
| 5.5.4 Restrição de utilização do Porto de Maceió e navegação em águas alagoanas..... | 57 |
| Referências | 59 |
| Glossário | 72 |

| | |
|---|-----------|
| PARTE II – PLANEJAMENTO | 74 |
| 1. Elaboração do Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Coral-sol (<i>Tubastraea</i> spp.) no Brasil | 75 |
| 1.1 Grupo de Trabalho Coral-sol | 75 |
| 1.2 Seminário de nivelamento sobre o Coral-sol | 76 |
| 1.3 Grupo de Trabalho da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar | 76 |
| 1.4 Contratação de segunda consultoria | 77 |
| 1.5 Consulta Pública | 77 |
| 1.6 Oficina de Elaboração do Plano Coral-sol | 78 |
| 1.6.1 Resultados da oficina | 78 |
| 1.6.2 Consolidação e implementação | 81 |
| 1.7 Matriz de planejamento | 82 |

PARTE I

DIAGNÓSTICO

Introdução

Espécies exóticas invasoras podem causar prejuízos não só ao ambiente natural, mas à economia e à saúde, podendo provocar impactos sociais e culturais. A bioinvasão pode ser conceituada como o processo de ocupação de ambiente natural por espécie exótica, provocando impactos ambientais negativos como alteração no meio abiótico, competição, hibridação, deslocamento de espécies nativas (CARLTON, 1996; WILLIAMSON, 1996; RICHARDSON et al., 2000; COLAUTTI; MACISAAC, 2004).

O processo de invasão biológica pode ser dividido em quatro fases: chegada, estabelecimento, propagação e impacto (ANDERSEN et al., 2004). A fase de chegada consiste na introdução (evento único ou múltiplo) da espécie exótica em um novo ambiente (em um ponto ou em vários pontos). Quando a espécie é capaz de se reproduzir e estabelecer uma população que não corre mais risco de extinção local, a fase de estabelecimento é alcançada. Na fase de propagação, a espécie exótica se dispersa da sua área de estabelecimento inicial e ganha novos habitats disponíveis. A partir do momento que a espécie exótica estabelecida persiste e é capaz de competir na sua nova área geográfica é caracterizada a fase de impacto (ANDERSEN et al., 2004). Essas espécies, por suas vantagens competitivas e favorecidas pela ausência de inimigos naturais, podem ameaçar a permanência das espécies nativas, notadamente em ambientes frágeis e/ou degradados.

De acordo com a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), espécie exótica é toda espécie que se encontra fora de sua área de distribuição natural. Espécie exótica invasora, por sua vez, é definida como a espécie exótica cuja introdução e dispersão ameaça a biodiversidade, incluindo ecossistemas, habitats, comunidades e populações. A CDB estabelece ainda no art. 8º que cada parte contratante deve, na medida do possível e conforme o caso, impedir a introdução, controlar ou erradicar espécies exóticas que ameacem os ecossistemas, habitats ou espécies. Com efeito, a CDB estimula e recomenda que cada país estabeleça legislação própria para evitar a introdução e controlar e erradicar espécies exóticas.

O anexo da Resolução da Comissão Nacional de Biodiversidade (Conabio) nº 7/2018, que aprova a Estratégia Nacional para Espécies Exóticas Invasoras, define Espécie Exótica como espécie, subespécie ou táxon de hierarquia inferior ocorrendo fora de sua área de distribuição natural passada ou presente; inclui qualquer parte, como gametas, sementes, ovos ou propágulos que possam sobreviver e subsequentemente reproduzir-se (CDB, Decisão VI-23). O Objetivo da Estratégia Nacional para Espécies Exóticas Invasoras é: “Orientar a implementação de medidas para evitar a introdução e a dispersão e reduzir significativamente o impacto de espécies exóticas invasoras sobre a biodiversidade brasileira e serviços ecossistêmicos, controlar ou erradicar espécies exóticas invasoras”.

Destaca-se que a Estratégia Nacional apresenta em suas linhas de ação: Definir prioridades para estabelecimento de cooperação em nível nacional e estabelecer parcerias visando a implementação de medidas de prevenção, controle e mitigação de impactos à diversidade biológica. Se a introdução da espécie invasora já ocorreu, a detecção precoce e a resposta rápida são decisivas para impedir seu estabelecimento. A resposta mais adequada é erradicar os organismos tão logo seja possível. Caso a erradicação não seja possível ou não se disponham de recursos para essa erradicação, deveriam ser implementadas medidas de contenção e medidas de controle de longo prazo”. Destaca-se que entre os instrumentos para a implementação da Estratégia Nacional estão (i) Planos de prevenção, erradicação, controle e monitoramento de espécies exóticas invasoras, (ii) Sistemas de Detecção Precoce e Resposta Rápida, (iii) Análise de Risco e (iv) Base de dados.

A Resolução Conabio nº 6/2013 que dispõe sobre as Metas Nacionais de Biodiversidade 2011-2020 – internalizando as Metas Globais de Biodiversidade de Aichi, definidas pela Convenção de Diversidade Biológica – inclui uma meta específica para o tema de espécies exóticas invasoras, a saber, a Meta 9: até 2020, a Estratégia Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras deve estar totalmente implementada, com participação e comprometimento dos estados e com a formulação de uma política nacional, garantindo o diagnóstico continuado e atualizado das espécies e a efetividade dos planos de ação de prevenção, contenção e controle.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), adotados pela Organização das Nações Unidas (ONU), têm como finalidade fundamentar ações até 2030 em áreas de importância crucial para a humanidade e para o planeta. O ODS 14 trata da conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável. Além disso, a Meta 15.8 estabelece que até 2020 sejam implementadas medidas para evitar a introdução e reduzir significativamente o impacto de espécies exóticas invasoras em ecossistemas terrestres e aquáticos, e controlar ou erradicar as espécies prioritárias.

O Decreto nº 4.339/2002 que trata da Política Nacional da Biodiversidade estabelece, em um de seus objetivos específicos, que devem ser inventariadas e mapeadas as espécies exóticas invasoras e as espécies-problema, bem como os ecossistemas nos quais foram introduzidas, para nortear os estudos dos impactos gerados e as ações de controle. Também estimula a realização de pesquisas para subsidiar a prevenção, erradicação e controle de espécies exóticas invasoras e espécies-problema que ameacem a biodiversidade, atividades da agricultura, pecuária, silvicultura e aquicultura, e a saúde humana.

O Governo Federal estabelece no seu Plano Plurianual (PPA 2016-2019) a meta de controlar três espécies exóticas invasoras, mitigando o impacto sobre a biodiversidade brasileira. A implementação da meta deve contemplar o desenvolvimento e a implementação de planos de controle para prevenção, detecção precoce, erradicação e monitoramento de

espécies exóticas invasoras. Nesse sentido, o MMA, em conjunto com suas instituições vinculadas (Ibama e ICMBio), está trabalhando no desenvolvimento de planos nacionais de prevenção, controle e monitoramento de espécies exóticas invasoras. Para a primeira etapa, o coral-sol (*Tubastraea* spp.), o mexilhão-dourado (*Limnoperna fortunei*) e o javali (*Sus scrofa*) foram definidos como espécies prioritárias. O Plano Javali foi elaborado em 2016 e publicado pela Portaria Interministerial nº 232, de 23 de junho de 2017.

1. Características biológicas e ecológicas do coral-sol

Tubastraea coccinea e *T. tagusensis* são corais pertencentes à ordem Scleractinia Bourne, 1900, e à família Dendrophylliidae Gray, 1847 (DALY et al., 2003). São considerados corais pétreos ou escleractínios (produtores de esqueleto calcário), ahermatípicos (não construtores de recifes) e azooxantelados (não dependentes de algas simbiotes para nutrição) (CAIRNS, 2000).

Em águas brasileiras, as duas espécies (Figura 1) são facilmente distinguidas pela coloração do cenossarco (tecido que une os pólipos) vermelho-alaranjado em *T. coccinea* e amarelado em *T. tagusensis* (DA SILVA, A. G. et al, 2011). Os coralitos (esqueleto de cada pólipos constituído 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) do que em *T. coccinea* (média dos coralitos de 3,2 mm) (DE PAULA; CREED, 2004). Ainda segundo esses autores, *T. coccinea* apresenta coralo (esqueleto do coral) com formato cerioide ou plocoide, enquanto *T. tagusensis* possui formato plocoide ou faceloide. *Tubastraea coccinea* possui uma grande base que se fixa ao substrato, enquanto em *T. tagusensis* verifica-se que a base é mais estreita que o coralo (DE PAULA; CREED, 2004).

Em *T. Coccinea*, o número de septos, partição longitudinal do coralito radialmente disposta, é 48: S1-2 > S3 > S4, já em *T. tagusensis* é 48: S1-2 > S3 > S4 (Figura 1). Na primeira espécie, os septos S3-4 são fundidos, enquanto na segunda todos os septos são independentes e, às vezes, S4 ausente (DE PAULA; CREED, 2004). Onde coexistem, podem ser encontradas colônias fusionadas das duas espécies.

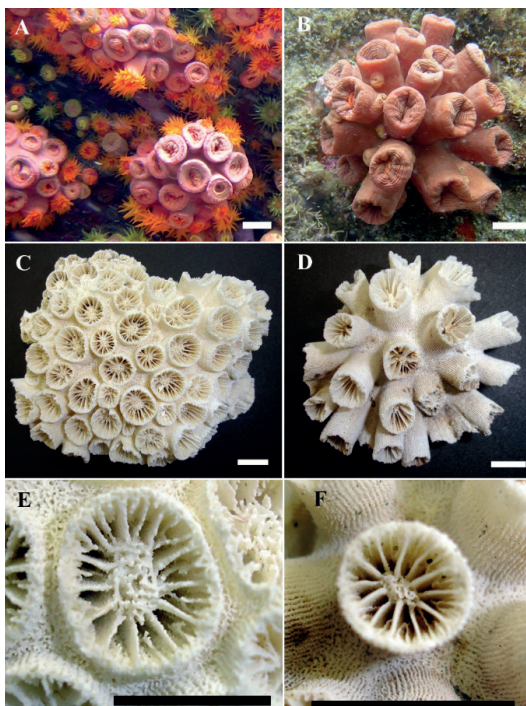


Figura 1: A e B – Colônias *in situ* (*Tubastraea coccinea* e *T. tagusensis*, respectivamente); C e D – esqueleto (*T. coccinea* e *T. tagusensis*, respectivamente); E e F – detalhe do cálice e arranjo dos septos (*T. coccinea* e *T. tagusensis*, respectivamente); Barra = 1cm). Fonte: Creed et al., 2008.

Essas espécies têm determinadas características biológicas que potencializam seu sucesso como bioinvasoras. Entre outros fatores, destacam-se as diversas estratégias reprodutivas e de sobrevivência típicas de espécies oportunistas. Sabe-se que as duas espécies de coral-sol são hermafroditas simultâneas e incubadoras. Sendo assim, podem se reproduzir através de larvas, de forma assexuada ou sexuada (AYRE; RESING, 1986; DE PAULA, 2007; GLYNN et al., 2008; DE PAULA et al., 2014). Também possuem alta produção de larvas, ao longo do seu ciclo de vida (possivelmente com grande proporção de larvas assexuadas), e idade reprodutiva precoce, em torno de 2 meses e 20 dias, para as larvas assexuadas (DE PAULA, 2007), além de alta taxa de crescimento (GLYNN et al., 2008; DE PAULA et al., 2014).

Ainda quanto aos aspectos reprodutivos, estudos realizados em Ilha Grande (RJ) mostram que *Tubastraea coccinea* apresenta duas estações reprodutivas durante o ano (setembro a novembro e fevereiro a abril), já para *T. tagusensis* ocorre de abril a maio (DE PAULA et al., 2014). Em Arraial do Cabo (RJ), foi observado o primeiro pico reprodutivo de *T. Coccinea*, de abril a maio, e um segundo de setembro a novembro (MIZRAHI, 2008). Foi observado, no Pacífico, que colônias de *T. coccinea* podem liberar de 80 a 300 larvas.cm⁻².ano⁻¹ com 1,6

a 2,5 cm de diâmetro. Vale ressaltar que uma colônia de apenas dois pólipos pode apresentar óvulos ou plânulas (GLYNN et al., 2008).

Quanto à viabilidade das larvas, segundo Glynn et al. (2008), as espécies se mostraram viáveis por até 18 dias em aquário, com habilidade de se assentar rapidamente em até 3 dias após a liberação. O assentamento se dá próximo às colônias parentais (DE PAULA; CREED, 2005; DE PAULA et al., 2014). Esses estudos sugerem uma fase planctônica curta, com rápido assentamento, portanto, tendem a justificar a distribuição agregada das colônias, e uma forte relação entre a densidade de recrutas e adultos, em pequenas escalas espaciais usualmente encontradas (DE PAULA; CREED, 2005; BARTHOLO, 2005; CREED; DE PAULA, 2007; MIRANDA, 2014). Esse padrão pode ser reforçado pelo mecanismo observado por Paz-Garcia et al. (2007), no qual as larvas podem descer da colônia de origem para o substrato próximo através de filamentos de muco. Em estudo experimental, Mizrahi (2008) observou, em aquário, que a plânula desses corais é altamente flutuante, com natação ativa através de movimentos ciliares, e as larvas de *T. tagusensis* se mostraram viáveis até 20 dias, um pouco acima da encontrada para *T. coccinea* (14 dias) por De Paula (2007). Apesar dos estudos citados, há informação de uma plânula do gênero *Tubastraea* permanecer viável por até 100 dias (RICHMOND, comunicação pessoal em FENNER, 2001).

Em laboratório, larvas de *T. coccinea* foram capazes de metamorfosear e formar agregados de até oito pólipos na coluna d'água (MIZRAHI et al., 2014). Foi verificado que a maioria desses pólipos agregados permaneceram vivos seis meses após a metamorfose, indicando que tal característica pode ser um elemento-chave no aumento do potencial dispersivo, conectividade populacional e conquista de novos habitats desse coral invasor (MIZRAHI et al., 2014a). No entanto, colônias pelágicas ainda não foram observadas em ambiente natural e não foi observado assentamento no estudo de Mizrahi et al. (2014a). Estudos recentes demonstram diferentes mecanismos de propagação dessas espécies invasoras, que podem explicar a expansão na costa brasileira. Foi observada a ocorrência de *polyp bail-out* (CAPEL et al., 2014), que se trata do destacamento do pólipo da colônia, com abandono de esqueleto antigo e subsequente fixação no substrato, e síntese de novo esqueleto em *T. coccinea*. Além disso, *T. coccinea* e *T. tagusensis* também possuem alta capacidade de se regenerar, a partir de fragmentos de esqueleto contendo tecido (LUZ et al., 2016).

Quanto à taxa de crescimento, na Baía da Ilha Grande (RJ) *T. coccinea* apresentou taxas de crescimento linear médio de 1,01 cm.ano⁻¹ e taxa de incremento médio no número de pólipos de 8 pólipos.ano⁻¹. O coral-sol *T. tagusensis* apresentou taxas de crescimento linear de 0,92 cm.ano⁻¹ e de incremento de pólipos de 6,72 pólipos.ano⁻¹ (DE PAULA, 2007). Em aquários, *T. coccinea* alcançou diâmetros de até 5 cm em um ano (FENNER; BANKS, 2004) e no Caribe também foi reportado um rápido crescimento de *T. coccinea*, média de 3,02 cm² ano⁻¹ (VERMEIJ, 2005).

Quanto às tolerâncias ambientais, segundo De Paula e Creed (2005), no Brasil esses corais têm grande tolerância ecológica ao resistir a altas temperaturas e à dessecação, ficando muitas vezes expostos ao ar. Vale citar que, no Pacífico Leste, após intensas anomalias térmicas provocadas pelo fenômeno El Niño entre 1982 e 1983, Glynn e Weerdt (1991) verificaram mortalidade em massa de *T. tagusensis* (100% de mortalidade). Entretanto, Batista et al. (2017) verificaram que o limite inferior de temperatura para *T. coccinea* é de 12,5 °C, mostrando que alterações fisiológicas nesses organismos podem ocorrer de acordo com a alteração dos parâmetros físico-químicos estudados.

Esses organismos são capazes de recrutar em diferentes tipos de materiais, o que evidencia que essas espécies são generalistas em termos de substrato (CREED; DE PAULA, 2007). *Tubastraea coccinea* foi encontrada em maior abundância em substratos artificiais do que em naturais (MANGELLI; CREED, 2012), incluindo estacas de docas, boias, tetos de cavernas e parte inferior de grandes rochas (CAIRNS, 2000), naufrágios, diques flutuantes, recifes artificiais (FENNER; BANKS, 2004) e em plataformas de petróleo (SAMMARCO et al., 2004; COSTA et al., 2014). Estudos já demonstraram que a abundância de propágulos de *T. tagusensis* foi maior que a de *T. Coccinea*, em diferentes substratos como granito e cimento (CREED; DE PAULA, 2007).

Dessa forma, *T. tagusensis* pode ser capaz de expandir-se de forma mais eficaz em costões rochosos. Além disso, as duas espécies são capazes de crescer em diferentes inclinações de substrato natural (PAULA; CREED, 2005), apesar da preferência ser de substratos verticais ou negativos. Por exemplo, *Tubastraea* spp. foi encontrada em maior abundância em substratos naturais verticais do que em substratos naturais horizontais (DE PAULA; CREED, 2005; VERMEIJ, 2006; MANGELLI; CREED, 2012; MIZRAHI, 2014b; MIRANDA et al., 2016a). Em estudo experimental, verificou-se maior assentamento de *T. coccinea* na superfície inferior dos substratos disponibilizados, demonstrando a preferência inicial de assentamento em substratos negativos (MIZRAHI, 2014b).

Na Ilha Grande (RJ), os corais *Tubastraea* spp. são mais abundantes em ambientes rasos, sendo encontrados eventualmente expostos ao ar, mostrando, portanto, ser bem tolerantes a períodos curtos de dessecação (PAULA; CREED, 2005). Altas densidades foram encontradas em águas rasas na Baía da Ilha Grande: 1.132 colônias.m⁻² (PAULA; CREED, 2005) e entre 1,0 m e 2,0 m de profundidade observou-se densidade média de 53 colônias.m⁻² para *T. tagusensis* e 25 colônias.m⁻² para *T. coccinea* (CREED; DE PAULA, 2007).

Em outras regiões, *T. coccinea* foi observada em Arraial do Cabo (RJ), ocorrendo a 12 m de profundidade (MIZRAHI, 2008), e em Ilhabela (SP) a 16 m (MIZRAHI, 2014b). Já *T. tagusensis* foi registrada a 15 m de profundidade em Ilhabela (MANTELATTO et al., 2011) e em Salvador (BA) a 22 m (SAMPAIO et al., 2012). Em uma plataforma de petróleo no Brasil, o coral-sol foi registrado em 40% do substrato entre 15 e 30 m (COSTA et al., 2014), ressaltando que tal recobrimento ocorreu após a instalação da estrutura (plataforma fixa tipo jaqueta) na água. Nas plataformas do Golfo do México (América do Norte), *T. coccinea*

apresentou um pico de abundância entre 12 e 21 m de profundidade (SAMMARCO et al., 2004). Já em recifes artificiais na Flórida (EUA), *T. coccinea* foi observada em diferentes profundidades de 1 a 37 m (FENNER; BANKS, 2004). Portanto, há grande variação de profundidade de ocorrência de ambas as espécies.

Em estudos recentes de modelagem de distribuição e de nicho ecológico de *T. coccinea*, observou-se que a costa brasileira apresenta alta adequabilidade ambiental à ocorrência desse invasor (RIUL et al., 2013; CARLOS-JÚNIOR et al., 2015) (Figura 2). Segundo Carlos-Júnior et al. (2015), a distribuição da espécie foi positivamente relacionada à concentração de calcita e negativamente à eutrofização. Fatores que geralmente limitam a ocorrência de outros organismos no ambiente marinho não apresentaram efeito sobre *T. coccinea*, como a radiação fotossinteticamente ativa máxima, o pH, a salinidade e o oxigênio dissolvido.

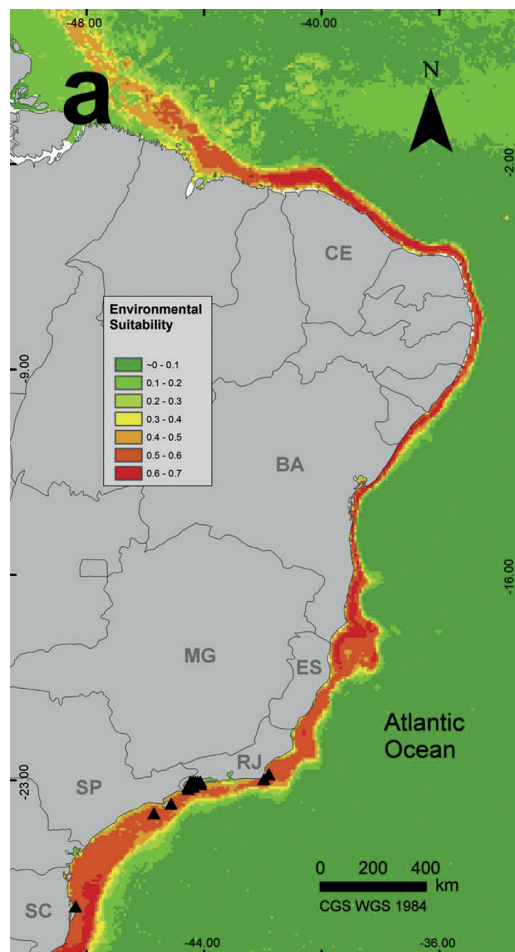


Figura 2: Mapa de distribuição potencial do coral invasor *Tubastraea coccinea* ao longo da costa brasileira, com base em modelo de nicho ecológico de Carlos-Júnior et al. (2015).

1.1 Relações ecológicas do coral-sol como espécie invasora

As espécies *T. coccinea* e *T. tagusensis* possuem estratégias de defesa química, assim como outros corais, pela produção de substâncias com propriedades anti-incrustantes e antipredação (LAGES et al., 2010; MAIA et al., 2014) e liberação de substâncias alelopáticas capazes de causar necrose em outras espécies (DE PAULA, 2007; LAGES et al., 2012). Além disso, assim como os outros corais escleractíneos, essas espécies produzem filamentos mesentéricos (Figura 3) e, potencialmente, tentáculos *sweepers* como táticas para a competição interespecífica (SANTOS et al., 2013). Apesar de compartilhar mecanismos similares de defesa química, o coral-sol apresentou vantagens competitivas diante de importantes espécies de corais brasileiros (ex.: construtores de recifes), tais como *Mussismilia hispida* e *Siderastrea stellata* (CREED, 2006; MIRANDA et al., 2016a). Menor abundância de espécies nativas de corais como *Madracis decactis* (LYMAN, 1859) e *M. hispida* foram observadas em áreas recifais invadidas por *T. tagusensis* (MIRANDA et al., 2016a). O coral-sol também foi relatado competindo por espaço com espécies de interesse econômico como o mexilhão *Perna perna* (MANTELATTO; CREED, 2014).

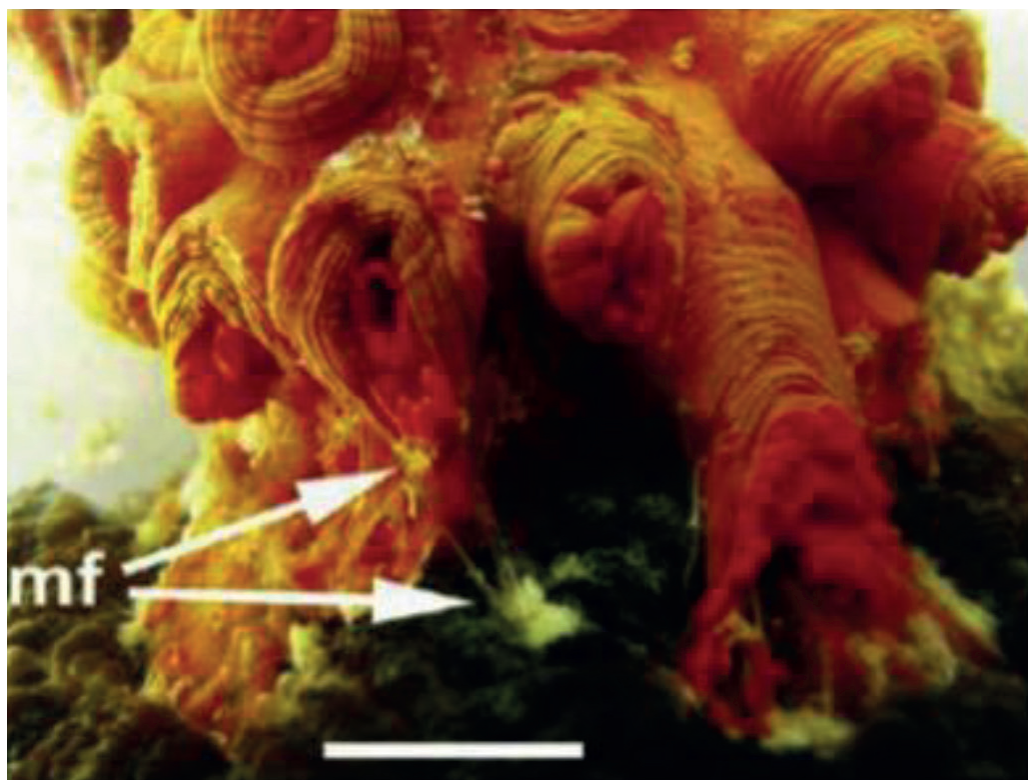


Figura 3: Produção de filamentos mesentéricos (MF) por *Tubastraea coccinea* contra o coral endêmico *Mussismilia hispida*, registrado em experimento na Baía da Ilha Grande (RJ), Brasil (Fonte: Santos et al., 2013).

Além disso, Guimarães (2016) registrou a presença de micromoluscos (com grande prevalência de juvenis) em colônias de coral-sol (*T. tagusensis*) na Baía de Todos-os-Santos, em colônias provenientes de duas estações: naufrágio Cavo Artemidi (13°03'31"S, 38°31'55"W) e Recife de Cascos (13°7'10"S, 38°38'50"W). Já Mizrahi et al. (2016) verificaram a interferência de peixes popularmente conhecidos como "sargentinhos" e "donzelas" em colônias de *T. Tagusensis*, na Ilha de Búzios (SP). Os autores sugerem que para a desova, esses peixes desalojam colônias de coral-sol, abrindo uma "clareira" que, após o nascimento dos peixes, pode ser colonizada por outros organismos bentônicos. Ademais, Castello-Branco et al. (2014) verificaram experimentalmente que, quanto maior a densidade de coral-sol, maior a riqueza de espécies de esponjas que se desenvolvem nas unidades experimentais, sendo as mais abundantes as espécies *Mycale microsigmatosa*, *Lotrochota arenosa* e *Mycale americana*, e as mais frequentes *Calcarea* sp., *Dysidea etheria* e *Mycale microsigmatosa*, ocasionando alterações na composição da comunidade recifal.

A esponja *Desmapsamma anchorata* (CARTER, 1882) foi relatada como competidora capaz de danificar ou provocar a morte de indivíduos de *Tubastraea* spp., podendo crescer sobre e recobrir o coral invasor (DE PAULA, 2007; MEURER et al., 2010; SILVA, 2014). Moreira e Creed (2012), em estudo experimental sobre predação, não registraram predadores generalistas para os corais invasores e atribuíram o sucesso de invasão desses corais, no Atlântico Sul, em parte, à ausência de predação ou predação reduzida de *Tubastraea* spp., quando comparado às regiões de origem. Até o momento, o que se tem é o registro de Sampaio et al. (2012), do poliqueta *Hermodice carunculata* (PALLAS, 1766), popularmente conhecido como verme-de-fogo, alimentando-se de um pólipos de *T. tagusensis* no naufrágio Cavo Artemidi, localizado na entrada da Baía de Todos-os-Santos (BA). Essa espécie é conhecida como coralívora facultativa. Em estudo recente sobre a alimentação desse poliqueta, verifica-se preferência alimentar deste por peixes e detritos, em vez de corais, especialmente os corais saudáveis (WOLF et al., 2014), em função do variado mecanismo de defesa existente para o grupo.

2. Origem e distribuição geográfica do coral-sol no Brasil

O coral ahermatípico do gênero *Tubastraea* Lesson, 1829, conhecido popularmente como coral-sol (*sun coral*) ou coral-tubo (*cup coral*), é originário de águas rasas dos oceanos Pacífico e Índico (CAIRNS, 2000). Esse gênero apresenta sete espécies: *T. coccinea* (LESSON, 1829), *T. cabo-verdiana* Ocaña e Brito (OCAÑA et al., 2015); *T. diafana* Dana, 1846; *T. faulkneri* Wells, 1982; *T. floreana* Wells, 1982; *T. micranthus* Ehrenberg, 1834, e *T. tagusensis* Wells, 1982. Destas, duas são consideradas invasoras, *T. coccinea*, no Mar do Caribe, Golfo do México, Atlântico Oeste (VAUGHAN; WELLS 1943; FENNER 1999, 2001; FENNER; BANKS, 2004; DE PAULA e CREED, 2004; MANTELATTO et al., 2011; SAMPAIO et al., 2012) e *T. tagusensis*, no Atlântico Sudoeste (DE PAULA; CREED, 2004; MANTELATTO et al., 2011; SAMPAIO et al., 2012).

A bioinvasão do coral-sol teve início no Caribe, no fim da década de 1930 e início de 1940, sendo registrado inicialmente em Porto Rico, em 1943 e, posteriormente, em Curaçao (VAUGHAN; WELLS, 1943; BOSCHMA, 1953).

Além disso, a espécie *T. micranthus* foi recentemente encontrada colonizando plataformas de óleo e gás no norte do Golfo do México, alcançando profundidades de 183 m (SAMMARCO et al., 2010). Em menos de uma década, essa espécie vem rapidamente se dispersando na região, por sua capacidade competitiva e, em determinadas situações, até superior à *T. coccinea* (SAMMARCO et al., 2010), tornando-se uma espécie exótica no Oceano Atlântico Oeste, com alto potencial de invasão. Não há registro de ocorrência de *T. micranthus* na costa brasileira, mas ações de prevenção são necessárias para evitar que seja mais uma espécie de coral-sol introduzida no País.

A espécie *T. coccinea* foi primeiramente descrita por Bora Bora (1829), no Arquipélago de Fiji, na Polinésia Francesa (FENNER; BANKS, 2004), e possui distribuição natural no Indo-Pacífico. Por sua vez, *T. tagusensis* é endêmica do Arquipélago de Galápagos e das Ilhas Cocos, Equador, tendo sido também reportada naturalmente nas Ilhas Nicobar, na Índia, e no Palau (CARPENTER et al., 1997).

A espécie *T. coccinea* chegou na região, provavelmente, em cascos de navios (CAIRNS, 1994) e, posteriormente, dispersou-se rapidamente nas Antilhas Holandesas, no Caribe (CAIRNS, 2000), e na direção norte, para o Golfo do México e Flórida (FENNER; BANKS, 2004). No Golfo do México, *T. coccinea* foi documentada em plataformas de petróleo e gás, alcançando profundidades de 50 m, tendo sido reportada em 2002, pela primeira vez, em ambiente natural ao norte do Golfo do México, no Santuário Marinho *Flower Garden Bank* e, posteriormente, na Flórida (FENNER, 2001; FENNER; BANKS, 2004; SAMMARCO et al., 2004; SAMMARCO et al., 2010).

Estudos sobre registros do coral-sol já foram descritos no Golfo do México (SAMMARCO et al., 2004) e em regiões de Belize, México, Colômbia, Venezuela e Jamaica (WELLS, 1973, FENNER, 1999, FENNER; BANKS 2004; SAMMARCO et al., 2004, PRECHT et al., 2014), Austrália (CAIRNS, 1994, 2004) e Nova Zelândia (BROOK, 1999). Ademais, *T. coccinea* foi registrada na base de dados *Global Invasive Species Database*, para todos os continentes, com exceção da Antártica (GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE, 2015).

A introdução acidental do coral-sol no Brasil aconteceu nas décadas de 1980 e 1990. Duas espécies são encontradas hoje no País: *Tubastraea coccinea* e *Tubastraea tagusensis*. O gênero foi registrado inicialmente na década de 1980, em plataforma de petróleo na Bacia de Campos, Rio de Janeiro (CASTRO; PIRES, 2001), mas sem estudos ou registros sistemáticos de sua distribuição. O primeiro registro em substrato estável natural, num costão rochoso, foi reconhecido em 1998, em Arraial do Cabo (FERREIRA, 2003), e também por pes-

quisadores do Museu Nacional do Rio de Janeiro (CASTRO; PIRES, 2001). Assim, o processo de introdução registrado decorreu num intervalo de tempo de cerca de 20 anos, não sendo possível precisar quando exatamente. De Paula e Creed (2004) identificaram que o processo de invasão do coral-sol no Atlântico Sul se tratava de duas espécies, inicialmente (em 2000) localizada em alguns costões rochosos da Ilha Grande e se expandindo rapidamente ao redor da ilha (CREED et al., 2008), considerada área prioritária para conservação e de alta importância para a biodiversidade marinha (CREED et al., 2007). Essas duas espécies são os primeiros corais escleractíneos a invadirem o Atlântico Oeste e são encontrados em ambientes naturais e estruturas artificiais de sete estados brasileiros. Atualmente, há registro de ambas as espécies nas costas sudeste e sul, em costões rochosos naturais e estruturas artificiais, além de alguns registros na costa nordeste, associados a plataformas de petróleo (FERREIRA et al., 2009; CREED et al., 2016).

Vale ressaltar que das 58 espécies marinhas exóticas listadas no informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil, publicado em 2009, nove espécies foram consideradas invasoras (LOPES et al., 2009), incluindo as duas espécies de coral-sol *T. coccinea* e *T. tagusensis*.

O coral-sol é observado amplamente distribuído na zona costeira brasileira, ocorrendo tanto em ambientes naturais como em costões rochosos e recifes de coral, bem como em ambientes artificiais como píeres, boias e plataformas de petróleo (CREED et al., 2016). Essas ocorrências não se dão na mesma magnitude, havendo locais em diferentes estágios de invasão e adaptação (CREED et al., 2016). Atualmente, há registros de invasão do coral-sol na zona costeira dos seguintes estados brasileiros (Figura 4):

- I. Rio de Janeiro – Baía da Ilha Grande, Baía de Sepetiba, Arraial do Cabo, Cabo Frio, Armação de Búzios: *T. coccinea* e *T. tagusensis*; (DE PAULA; CREED, 2004; FERREIRA, 2003; FERREIRA et al., 2004; MIZRAHI, 2008; MANTELATTO, 2012; SILVA et al., 2011; 2014; GOMES et al., 2015) e Arquipélago das Cagarras (*T. tagusensis*);
- II. Bahia – Baía de Todos-os-Santos (BTS): *T. coccinea* e *T. tagusensis*; (SAMPAIO et al., 2012; MIRANDA et al., 2016a, b);
- III. São Paulo – Ilhabela, Arquipélago de Alcatrazes, *T. coccinea* e *T. tagusensis*; Laje de Santos, *T. coccinea* (MANTELATTO et al., 2011; CAPEL et al., 2014; MIZRAHI et al., 2014);

- IV. Santa Catarina – Ilha do Arvoredo: *T. coccinea* (CAPEL, 2012; MANTELATTO, 2012);
- V. Espírito Santo (Vitória) – *T. tagusensis* (COSTA et al., 2014); Guarapari, *T. coccinea*.
- VI. Ceará – Acaraú – *T. tagusensis*; nessa localidade o registro se refere à ocorrência de coral-sol em naufrágio, a cerca de 40 km da costa.
- VII. Sergipe – *T. coccinea* e *T. Tagusensis*, associados a plataformas de petróleo.

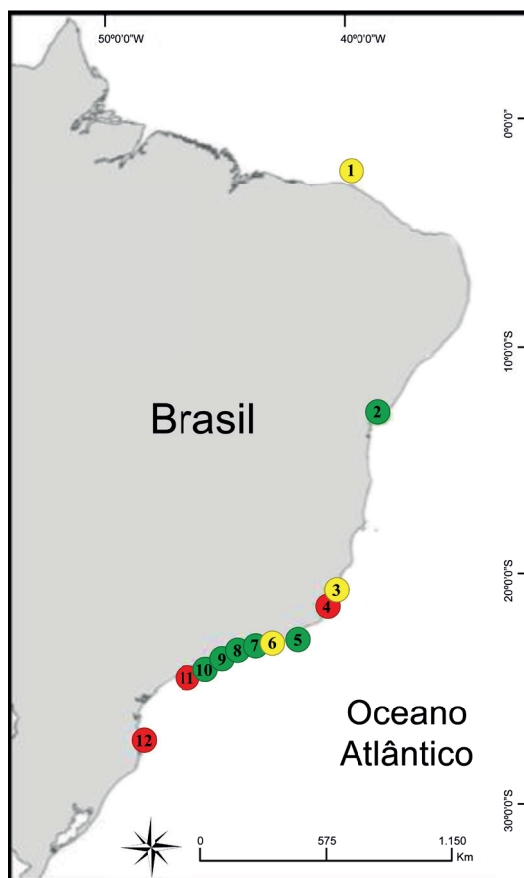


Figura 4: Mapa da ocorrência do coral-sol nos diferentes estados brasileiros. Círculos vermelhos: *Tubastraea coccinea*; Círculos amarelos: *T. tagusensis*; Círculos verdes: *T. coccinea* e *T. tagusensis*. 1 - Acaraú (CE); 2 - BTS (BA); 3 - Vitória (ES); 4 - Guarapari (ES); 5 - Região dos Lagos (RJ); 6 - Cagarras (RJ); 7 - Baía de Sepetiba (RJ); 8 - Baía da Ilha Grande (RJ); 9 - Ilhabela (SP); 10 - Alcatrazes (SP); 11 - Laje de Santos (SP); 12 - Arvoredo (SC).

É importante salientar que *T. coccinea* e *T. tagusensis* foram registradas no estado de Sergipe, onde estariam associadas a plataformas de petróleo nos campos de Camorim, Caioba, Dourado e Guaricema, com dominância não superior a 13% da superfície incrustada (GOMES; FONSECA; LEITE, 2016).

Dessa forma, o coral-sol encontra-se distribuído no Brasil e em expansão na zona costeira brasileira (FERREIRA, 2003; MANTELATTO et al., 2011; SAMPAIO et al., 2012; MIRANDA et al., 2016b), e em diversas unidades de conservação de cinco estados no Brasil:

1. Rio de Janeiro (Estação Ecológica de Tamoios; Área de Proteção Ambiental Tamoios; Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Aventureiro; Parque Estadual da Ilha Grande; Monumento Natural das Ilhas Cagarras; Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo; Área de Proteção Ambiental Caiçu; Reserva Ecológica da Juatinga).
2. São Paulo (Estação Ecológica de Tupinambás, Parque Estadual Marinho da Laje de Santos, Parque Estadual de Ilhabela, 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, Reserva Extrativista Marinha da Baía do 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).

Creed et al. (2016) compilaram registros no Brasil de *T. coccinea* e *T. tagusensis* em pelo menos 20 municípios e em 28 potenciais vetores de introdução/dispersão, ao longo de aproximadamente 3.000 km de região costeira.

Nota-se que existe intensa documentação sobre o coral-sol em ambientes onde essas espécies são consideradas invasoras e poucos estudos sobre *T. coccinea* e *T. tagusensis* em seus ambientes de origem. Vale destacar que existem mais estudos publicados sobre o coral-sol no Brasil (33) do que em suas áreas de origem (23) ou em outras regiões invadidas (17) (CREED et al., 2016).

2.1 Vias e vetores de dispersão

No ambiente marinho, as principais vias de introdução de espécies exóticas são navegação, pesca, aquicultura, aquariorfilia e canais. Atividades ou estruturas que atuam como vetores de introdução são navios, plataformas, diques secos, boias de navegação e flutuantes, aviões anfíbios e hidroaviões, movimento em canais, descarte de aquários públicos, detritos flutuantes, equipamentos de recreação e transplante de cultivo de produtos como ostra, vieiras (CARLTON, 2001; LOPES et al., 2009). Além disso, regiões fortemente colonizadas podem atuar como regiões doadoras ou fontes de propágulos para novas regiões, intensificando a bioinvasão. Os estágios planctônicos de dispersão de muitas espécies invasoras marinhas são microscópicos e podem se dispersar rapidamente, em grande número, a grandes distâncias, por correntes de maré e costeiras.

Alguns autores apontam as plataformas e outras estruturas associadas à exploração de petróleo como principais vetores de introdução do coral-sol (FERREIRA et al., 2009; CREED et al., 2016). Contudo, a participação de navios como vetores trazendo essas espécies de corais incrustadas em seus cascos foi admitida pelos pioneiros desse estudo no Brasil (CASTRO; PIRES, 2001; DE PAULA; CREED, 2004; FERREIRA, 2003), além de ser ainda discutida a possibilidade de sua introdução pela água de lastro de navios.

De 2000 a 2010, Sammarco et al. (2004, 2007a, 2007b, 2008, 2012a) estudaram a distribuição e a abundância de corais escleractíneos por mergulho e por veículo operado remotamente (ROV) em 81 plataformas de óleo e gás, em águas rasas e profundas no Golfo do México. Além da espécie *T. coccinea* também foi descrita a presença de *T. micranthus*, que não possui registro de ocorrência no Brasil. Em outro estudo conduzido por Sammarco et al. (2015), essas duas espécies mostraram sucesso na competição por espaço em 13 plataformas de óleo e gás no norte do Golfo do México, sendo que *T. micranthus* mostrou uma frequência variada de presença entre as plataformas, diferentemente de *T. coccinea*, que mostrou pouca variabilidade entre as populações (SAMMARCO et al., 2015). A diferença de frequência da população entre *T. coccinea* e *T. micranthus* pode ser explicada pela diferença de profundidade em que as espécies foram encontradas. *T. micranthus* foi encontrado em profundidades de 138 m e *T. coccinea* foi limitado a profundidades de aproximadamente 78 m (SAMMARCO et al., 2013).

Creed et al. (2016) publicaram um artigo de revisão sobre a bioinvasão do gênero *Tubastraea* pelo mundo, onde são destacados os aspectos históricos da bioinvasão e os principais vetores de introdução. De acordo com os autores, os vetores de introdução das espécies têm se diferenciado durante os anos. No entanto, para entender melhor a bioinvasão desse gênero, são necessários estudos genéticos da população. Sugere-se comparar geneticamente as populações de *Tubastraea*, do Nordeste, com as do Sudeste do Atlântico,

verificando se essas populações estão relacionadas e se têm a mesma origem de introdução (CREED et al., 2016).

Capel et al. (2016) também realizaram estudos genéticos e populacionais de *T. coccinea* e *T. tagusensis* presentes em plataformas de petróleo, monoboias e costões rochosos ao longo da costa brasileira. Os resultados indicam que *T. tagusensis* apresentou populações com baixa diversidade genética, o que poderia ter sido ocasionado por um único foco de introdução e posterior reprodução assexuada. Já as populações de *T. coccinea* se apresentaram mais diversas geneticamente, o que pode significar diferentes focos de introdução, além do fato que *T. tagusensis* possui distribuição restrita enquanto *T. coccinea* é mais cosmopolita (CAPEL et al., 2016).

O estudo de diversidade genética e estrutura populacional revelou que as populações invasoras de *Tubastraea* spp., na costa brasileira, apresentam alto número de clones, originados provavelmente pela formação de larvas assexuadas (CAPEL et al., 2016b). Nesse estudo, verificou-se ainda maior diversidade genética de *Tubastraea* spp. nos indivíduos provenientes das plataformas de petróleo e monoboias, quando comparados com os indivíduos que invadiram o substrato natural no Brasil (costões rochosos na Bahia, Rio de Janeiro e São Paulo). Isso é esperado em estudos de bioinvasão, nos quais populações invasoras possuem diversidade genética bem menor que a original, devido à deriva genética (HOLLAND, 2000).

Para *T. Tagusensis*, a falta de estruturação populacional entre os locais invadidos na costa brasileira e os vetores pode ser explicada por um padrão de introdução único proveniente de uma mesma população natural. Já para *T. coccinea*, o padrão de cinco populações distintas encontradas todas em um mesmo vetor, enquanto localidades costeiras invadidas possuíam apenas uma pequena representatividade genética de algumas dessas populações, sugere a presença de múltiplas introduções (CAPEL et al., 2016b). Esse resultado encontrado por Capel et al. (2016b) reflete, também, as distribuições originais das duas espécies, nas quais *T. tagusensis* possui distribuição mais restrita e *T. coccinea* distribuição geográfica mais ampla, no Oceano Pacífico, indicando que esses vetores desempenham importante papel na propagação e expansão das duas espécies de coral-sol na costa brasileira.

Sammarco et al. (2004) e Friedlander et al. (2014) destacaram a importância de plataformas de petróleo como potenciais vetores e *stepping stones* servindo como substrato para a expansão geográfica de *Tubastraea* spp. Esses autores encontraram nas plataformas do Golfo de México e na costa leste da África, respectivamente, o coral-sol como espécie dominante nessas estruturas.

Estudos genéticos incluindo populações de origem dessas espécies de *Tubastraea* podem esclarecer melhor as relações entre as diferentes populações de coral-sol encontradas no Caribe, Golfo do México, África e Brasil, e os possíveis caminhos e rotas existentes.

A atenção com os principais vetores pode ser importante medida para tentar controlar a disseminação do coral-sol pela costa brasileira. Observa-se que sua ocorrência ainda se encontra de modo agrupado, em alguns núcleos que provavelmente relacionam-se com o ponto de introdução, a partir de vetores antropogênicos. A aparente relação com portos onde ocorre o fundeio ou a manutenção de plataformas da indústria de petróleo e gás é um indício disso. Ainda não existem dados que comprovem a dispersão por meio de transporte de plânulas para regiões distantes das concentrações atualmente reconhecidas.

Apesar de não existir ocorrência de plânulas de coral-sol no compartimento de água de lastro, não foram realizados estudos específicos para essa finalidade, portanto, o monitoramento desse compartimento pode ser uma medida adicional na prevenção de novas invasões, tendo em vista a informação sobre a possibilidade de sobrevivência das larvas de *Tubastraea* spp. por aproximadamente 100 dias (RICHMOND, comunicação pessoal em FENNER, 2001).

3. Impactos da bioinvasão do coral-sol no Brasil e no mundo

Tanto no Brasil quanto em outras regiões afetadas pela bioinvasão do coral-sol, estudos vêm observando os impactos potenciais e efetivos da sua introdução nas populações e comunidades nativas marinhas (CREED, 2006; DE PAULA, 2007; LAGES et al., 2011; MANTELATTO et al., 2011; HENNESSEY; SAMMARCO, 2014; PRETCH et al., 2014; MIRANDA et al., 2016a), incluindo a modificação das comunidades bentônicas de costões rochosos, na região de Ilha Grande (RJ), e em recifes de coral na Bahia, reduzindo a abundância das macroalgas (LAGES et al., 2011; MIRANDA et al., 2016).

Fora da costa brasileira, *T. coccinea* mostrou-se competitivamente superior a três espécies de antozoários nativos no Golfo do México (HENNESSEY; SAMMARCO, 2014). Ainda nessa região, a espécie invasora também foi observada competindo por espaço e causando necrose no coral *Diploria strigosa* (Dana, 1846) (PRECHT et al., 2014), além de competir com espécies de esponjas (SAMMARCO et al., 2015). Recentemente, foi identificado adjacente às turbinas de uma usina nuclear em Taiwan um paredão dominado pelo coral-sol *T. coccinea* (HO et al., 2016), demonstrando o potencial de bioincrustação dessa espécie.

O coral-sol representa ameaça ao funcionamento do ecossistema a partir do momento que vem se estabelecendo e expandindo para novas áreas no Brasil. Essas espécies são engenheiras (ROSA, 2015), ou seja, podem alterar o habitat, modificando a disponibilidade de recursos para outras espécies. A competição com os organismos fotossintetizantes pode levar à diminuição da produtividade primária (BERTNESS et al., 2001). Os maiores impactos potenciais das espécies exóticas sobre as espécies nativas são, além da alteração de habitats, a predação, o deslocamento de espécies nativas, a alteração na cadeia trófica, a cicla-

gem de nutrientes, o parasitismo, a competição e o aumento da capacidade de sobrevivência de novas espécies invasoras (CROOKS, 2002). Entretanto, Mooney e Cleland (2001) salientam que poucos casos de extinção estão associados com interações competitivas, podendo indicar que a extinção por competição seria um processo mais lento do que por predação.

A alimentação de corais azooxantelados é baseada em zooplâncton (BIRKELAND, 1977), sendo assim, a presença em alta abundância desses corais pode levar ao aumento da captura de zooplâncton, podendo reduzir o suprimento desses organismos para as espécies nativas suspensívoras. Outros potenciais efeitos levantados são a mudança nos ciclos biogeoquímicos locais, como os de carbono e cálcio, já que o esqueleto dos corais é composto de carbonato de cálcio (VERON, 1995), e o impacto no turismo, pois a biodiversidade marinha é utilizada como atrativo para tal atividade, e a homogeneização do ambiente, por uma única espécie, pode levar à perda do valor ambiental das áreas afetadas pela bioinvasão (SCHUHMANN et al., 2013).

Pelo monitoramento realizado de 11 anos, na Baía da Ilha Grande (RJ), Silva et al. (2014) registraram que *Tubastraea* spp. expandiu sua distribuição e abundância na região. O índice de abundância relativa, aplicado para mapear os locais e a frequência de ocorrência dos corais invasores, mostrou uma transição de raro (quando uma a cinco colônias são contadas no intervalo de um minuto) para dominante (quando as populações de *Tubastraea* spp. são muito aparentes e, frequentemente, ocupando áreas maiores que 1 m²) em toda a região da Baía da Ilha Grande. A partir desse estudo de larga escala e longa duração, foi calculada uma taxa de expansão de 2,1 km.ano⁻¹ para essas espécies invasoras.

Miranda et al. (2016b) também observaram a expansão do coral-sol na Baía de Todos-os-Santos, especialmente no estuário do Paraguaçu, e alertam para a preocupação de mudança nas comunidades coralíneas nativas nos recifes de coral da região. Nesse trabalho, foi estudada uma área de cerca de 800 m² com uma população agregada de coral-sol (*Tubastraea tagusensis*). O estudo apontou diferenças na estrutura da assembleia de corais nativos em áreas invadidas e não invadidas pelo coral-sol. O coral-sol domina as áreas invadidas, em especial nas paredes do recife (zona vertical). Ainda nas paredes do recife, a cobertura dos corais nativos *Mussismilia hispida* e *Madracis decactis* foi significativamente menor nas áreas invadidas do que nas áreas não invadidas. Vale destacar que a espécie *Mussismilia hispida* é endêmica aos corais brasileiros, o que aumenta a preocupação quanto aos impactos do coral-sol sobre a biodiversidade nativa. Deve-se observar, contudo, que não foi demonstrada mudança significativa na cobertura da área, do topo dos recifes, por corais nativos. O estudo aponta também a mortalidade de tecidos dos corais nativos *Siderastrea stellata*, *Mussismilia hispida* e *Madracis decactis* em contato com o invasor. *Montastraea cavernosa*, por sua vez, não foi afetada e, pelo contrário, demonstrou habilidade em atacar o coral invasor (MIRANDA et al., 2016).

O coral-sol pode também facilitar a invasão de outras espécies exóticas, como descrito por Rosa (2015), que afirma que colônias de *T. coccinea* e *T. tagusensis* serviram de substrato consolidado para duas espécies de bivalves exóticos invasores: *Myoforceps aristatus* e *Isognomon bicolor*.

4. Prevenção, controle e monitoramento do coral-sol

A gestão dos riscos de biossegurança associados à bioincrustação é desafiadora. A decisão sobre possível adoção de técnicas de manejo deve ser realizada considerando diversos fatores como espécies presentes, estágio de colonização, localização da incrustação, se a estrutura é natural ou artificial, sensibilidade ambiental da região, eficácia do método de limpeza, riscos envolvidos com a ausência de manejo, os riscos do próprio manejo, riscos à salvaguarda da vida humana, interesse público e coletivo, aspectos técnico/operacionais, disponibilidade de recursos, novas tecnologias, custos e viabilidade de implementação, entre outros. É desejável que as medidas adotadas a respeito do manejo, gerenciamento e controle da bioincrustação considerem uma avaliação sobre os riscos associados à permanência da incrustação e os riscos inerentes às diversas técnicas de manejo e limpeza de superfícies disponíveis.

A União Internacional para a Conservação da Natureza (2000) recomenda a rápida mobilização de recursos e especialistas na primeira detecção de espécie exótica invasora, para maximizar as chances de sucesso e reduzir custos operacionais e ambientais. Portanto, a prevenção deve ser realizada antes que o invasor ultrapasse os limites de determinado território. Dessa forma, a prevenção é aplicada dentro do território nacional, quando é possível conter a população de uma espécie exótica invasora, impedindo que atinja novas áreas, e vai além da jurisdição nacional, dependendo de legislação e acordos internacionais (OLENIN et al., 2011). As medidas de precaução são de extrema importância no contexto de invasões biológicas, já que as ações a serem tomadas têm maior efetividade e menor custo antes que o problema seja constatado (CONABIO, 2009).

A avaliação de risco é uma importante ferramenta que tem sido empregada no que se refere à tomada de decisões e manejo de espécies invasoras. Trata-se de um conjunto de métodos e técnicas que são empregados para prever a probabilidade e consequências de acontecimentos indesejáveis, por meio de medidas quantitativas ou qualitativas, de forma rigorosa e sistemática, de modo a prover uma preciosa ajuda na tomada de decisões (HEWITT; CAMPBELL, 2007). Através da avaliação de risco é possível, por exemplo, determinar quais espécies são de fato preocupantes, as áreas de entrada de alto risco, para ajudar o monitoramento, e os esforços de resposta rápida, os vetores de introdução de maior preocupação (HEWITT; CAMPBELL, 2007). A avaliação de risco também auxilia na tomada de decisões referente à forma mais adequada de alocação de recursos no combate à bioinvasão (ANDERSEN et al., 2004).

A Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar ressalta a importância da proteção dos mares e oceanos contra a poluição e dá ênfase ao seu art. 196, que afirma que todos os países devem tomar as medidas necessárias para prevenir, reduzir e controlar a poluição do meio marinho ou a introdução intencional ou acidental de espécies estranhas ou novas que nele possam provocar mudanças importantes e prejudiciais. Tal regra estabelece que cada país deve adotar legislação própria com as finalidades referidas, mas não estipula normas de controle e prevenção propriamente ditas.

A Convenção Internacional sobre Controle e Gestão da Água de Lastro e Sedimentos de Navios estabelece mecanismos para prevenir, minimizar e, se possível, eliminar a transferência de organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos pelo controle e gestão da água de lastro e dos sedimentos dos navios mercantes. Da mesma forma, a Convenção Internacional sobre Controle de Sistemas Anti-incrustantes Danosos em Navios estabelece normas para reduzir ou eliminar os efeitos nocivos ao meio ambiente marinho e à saúde humana causados por sistemas anti-incrustantes.

A Lei nº 7.661/88, que inclui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), prevê o zoneamento de usos e atividades na zona costeira, observando normas, critérios e padrões relativos ao controle e à manutenção da qualidade do meio ambiente, com prioridade à conservação e proteção. Já a Lei nº 9.537/1997 (LESTA), que dispõe sobre a segurança do tráfego aquaviário em águas sob jurisdição nacional, estabelece no art. 3º que cabe à Autoridade Marítima promover a implementação e a execução dessa lei, com o propósito de assegurar a salvaguarda da vida humana e a segurança da navegação, no mar aberto e hidrovias interiores, e a prevenção da poluição ambiental por parte de embarcações, plataformas ou suas instalações de apoio, para prevenir a entrada de espécies exóticas invasoras.

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (2015), 95% dos 16,2 bilhões de barris de reservas nacionais provadas de petróleo localizam-se no mar (campos *offshore*). Essa realidade deve permanecer em patamares elevados por conta das recentes descobertas no Pré-sal, que abrangem boa parte da margem continental das regiões Sudeste e Sul do País. Sendo assim, há expectativa de crescimento na produção de óleo e gás nacional até 2030, superior aos atuais 2,5 milhões de barris por dia.

Da mesma maneira, o transporte marítimo apresentou crescimento de 130% nos últimos 30 anos e, atualmente, representa 80% do comércio global. Esses altos fluxos de embarcações entre os portos aumentam consideravelmente os riscos de introdução de espécies exóticas invasoras como o coral-sol.

O sistema marítimo brasileiro é concentrado nos portos do Sul e do Sudeste, sendo responsáveis por grande parte das importações e exportações nacionais (longo curso). Assim, pode-se dizer que há concentração dos fluxos internacionais de cargas nessas duas macrorregiões (granéis sólidos e líquidos e artigos industriais).

A Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Antaq) atua incentivando as boas práticas ambientais no setor portuário e de transportes aquaviários, por meio das avaliações periódicas do Índice de Desempenho Ambiental (IDA), incluindo, por exemplo, o item “monitoramento de espécies exóticas”. O IDA já é aplicado para os portos públicos desde 2012 e está sendo adaptado e expandido para os terminais privados. Segundo dados de 2016, do IDA, apenas 30% dos portos públicos (9, de um total de 30) realizam monitoramento regular de espécies exóticas e a maioria no sul do Brasil.

É importante destacar que as normas e regulamentos refletem acordos internacionais dos quais o Brasil é signatário, em especial no âmbito da Organização Marítima Internacional (IMO). Assim, quaisquer regras unilaterais costumam ser alvo de críticas pela comunidade internacional, podendo causar sérias consequências para o desempenho comercial brasileiro, já que mais de 90% desse comércio é realizado por esse modal. No caso específico das bioinvasões, ressalta-se que em 2011 a IMO publicou as diretrizes para o controle e a gestão da bioincrustação dos navios, para minimizar a transferência de espécies aquáticas invasivas (Resolução MEPC.207(62)). Esse documento tem caráter recomendatório e ainda não foi definido, pois as recomendações serão incluídas em alguma convenção internacional, já que a temática da bioinvasão por bioincrustação marinha impacta o setor naval. A Tabela 1 lista os portos que fazem monitoramento regular e o controle de espécies exóticas invasoras.

Tabela 1. Respostas dos portos públicos ao item Levantamento/monitoramento de espécies aquáticas exóticas/invasoras na área do porto, do Índice de Desempenho Ambiental da Antaq (dados de 2016).

| Porto Público | Levantamento | Monitoramento Regular | Controle |
|----------------|--------------|-----------------------|----------|
| Angra dos Reis | * | Não | Não |
| Aratu | * | Não | Não |
| Belém | * | Não | Não |
| Cabedelo | Sim | Não | Sim |
| Forno | Sim | Sim | Sim |
| Fortaleza | Sim | Não | Não |
| Ilhéus | Sim | Não | Não |
| Imbituba | Sim | Sim | Não |
| Itaguaí | * | Não | Não |
| Itajaí | Sim | Sim | Sim |
| Itaqui | Sim | Não | Não |

(Continuação)

| Porto Público | Levantamento | Monitoramento Regular | Controle |
|----------------------|---------------------|------------------------------|--------------------|
| Maceió | Não | Não | Sim |
| Natal | Sim | Não | Não |
| Niterói | * | Não | Não |
| Paranaguá | Sim | Sim | Sim |
| Pecém | Sim | * | * |
| Porto Alegre | Sim | Não | Não |
| Porto Velho | * | Não | Não |
| Recife | * | Não | Não |
| Rio de Janeiro | * | Não | Não |
| Rio Grande | Sim | Sim | Sim |
| Salvador | Sim | Não | Não |
| Santana-Macapá | Sim | Não | Não |
| Santarém | * | Não | Não |
| Santos | Sim | Não | Não |
| São Francisco do Sul | Sim | Sim | Sim |
| São Sebastião | Sim | Sim | Sim |
| Suape | Sim | Sim | Sim |
| Vila do Conde | * | Não | Não |
| Vitória | * | Não | Não |
| | | | (Conclusão) |

* não disponível.

A escolha de métodos de controle e erradicação se inicia pelo diagnóstico da extensão e condição da área invadida, as espécies nativas ou endêmicas, bem como as condições ecológicas presentes, pois ajudam a definir as prioridades para a ação e as metas de manejo. Tais metas devem estar voltadas à restauração do ambiente e de sua funcionalidade e resiliência, não simplesmente na retirada das espécies invasoras.

O controle de espécies invasoras ao redor do mundo é realizado por três principais métodos: controle químico, físico e biológico. No controle químico são utilizadas substâncias como biocidas (THRESHER; KURIS, 2004), tais como cloro, sulfato de cobre e ácido acético (BAX et al., 2001; LECLAIR et al., 2009). A legislação internacional (IUCN, 2000) aponta que substâncias químicas empregadas no controle de espécies invasoras devem ser as mais específicas possíveis, não persistentes e não cumulativas na cadeia alimentar. Essas técnicas devem ser cuidadosamente avaliadas e passar previamente por rigoroso rastreamento e subsequente monitoramento, além de uma supervisão internacional ter sido recomendada por causa dos potenciais impactos regionais e globais (BAX et al., 2003).

A Norma da Autoridade Marítima nº 20/2005 (Normam 20) estabelece requisitos referentes à prevenção da poluição por parte das embarcações em Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), no que tange ao Gerenciamento da Água de Lastro. O sistema inicial tem como base fundamental a troca de água de lastro, de acordo com a Resolução A.868(20) da Organização Marítima Internacional, e a Convenção Internacional sobre Controle e Gestão da Água de Lastro e Sedimentos de Navios. Por sua vez, a Norma da Autoridade Marítima nº 23/2005 (Normam 23) estabelece procedimentos referentes ao controle do uso de sistemas anti-incrustantes danosos ao meio ambiente marinho ou à saúde humana, de caráter mandatório, para as embarcações brasileiras cujas obras vivas necessitem ser pintadas com sistemas anti-incrustantes, e para as embarcações estrangeiras que docarem no Brasil para pintura das obras vivas ou que forem afretadas em regime de Atestado de Inscrição Temporária (AIT).

As opções de controle de bioincrustação em embarcações envolvem tratamentos para a redução ou remoção da biomassa e têm níveis variados de sucesso, podendo haver o uso combinado de diferentes tratamentos em alguns casos. Segundo a *International Association of Oil & Gas Producers Alien invasive species and the oil and gas industry - Guidance for prevention and management* (IPIECA/OGP, 2010), os principais mecanismos recomendados para a remoção dos organismos incrustantes em plataformas e outras estruturas relacionadas à exploração do petróleo são: o jateamento com água nas superfícies contaminadas; a raspagem dos organismos; a exposição dos vetores ao ar (morte por dessecação) ou imersão em dique com salinidade contrária à necessária dos organismos (morte por choque osmótico); envelopamento das estruturas (morte por anoxia e inanição). Os métodos supracitados visam à remoção de organismos incrustantes nos vetores de introdução e são empregados no estágio de prevenção de novas introduções ou reintroduções.

O controle físico ou mecânico é feito pela manipulação física do invasor, com ou sem auxílio de maquinaria, por exemplo, remoção manual, dessecação, sucção, lavagem por pressão hidráulica, inanição, asfixia, emprego de calor ou radiação ultravioleta (PLEUS, 2008; MUÑOZ; MCDONALD, 2004). Hewitt et al. (2009) apontam que ferramentas químicas e físicas estão sendo desenvolvidas para o controle de bioinvasores marinhos, em uma variedade

de contextos ao redor do mundo, assim como uma série de remoções físicas por mergulhadores, tratamentos de calor e controle químico. Com relação aos fragmentos, destaca-se o estudo de Capel et al. (2015), que verificou que pequenos fragmentos de tecido do coral-sol (em média, com tamanho mínimo de 2 mm) gerados no processo de remoção manual das colônias podem se regenerar em novas colônias, salientando que isso deve ser considerado em estratégias de manejo e controle dessa espécie. Já com relação às larvas, de acordo com Coutinho et al. (2013), "...a retirada manual de uma espécie pode provocar estresse suficiente para que as colônias liberem estruturas reprodutivas. No caso do coral-sol, é conhecido que suas características reprodutivas – de alta fecundidade e rápido assentamento – são atributos que contribuem para seu potencial de colonização e dispersão (GLYNN et al., 2008).

Na teoria, o controle biológico é realizado pela introdução de inimigos naturais (predadores, parasitas, parasitoides, por exemplo) da espécie invasora na área invadida ou o emprego de doenças, com o objetivo de conter sua população (BAX et al., 2001). Uma das maiores controvérsias no uso de controles biológicos no ambiente marinho é o fato de que, muitas vezes, é introduzida outra espécie exótica com potencial de causar danos a espécies que não são consideradas alvo. Essas técnicas tiveram certo sucesso em ambientes terrestres e até podem ter potencial uso no controle de espécies invasoras marinhas, porém poucos agentes biológicos, de fato, foram identificados (LAFFERTY; KURIS, 1996). A Tabela 2 apresenta o sumário das tecnologias disponibilizadas e utilizadas na remoção de bioincrustação em estruturas artificiais, dentro e fora d'água, suas aplicabilidades, limitações e riscos.

A realização de amostragens no ambiente marinho é de grande importância para a detecção precoce de espécies invasoras, incluindo amostragens locais e específicas (por exemplo, em portos) e áreas de interesse particular para a conservação (DE POORTER et al., 2009). São ainda passos fundamentais: o registro da linha de base da biota marinha; o monitoramento para acompanhar as mudanças e detectar novas invasões; a implantação de um sistema de alerta, para novas introduções, e rápida resposta (DE POORTER et al., 2009).

Tabela 2. Sumário das tecnologias de remoção da bioincrustação em estruturas artificiais.

| Método de limpeza | Fora d'água | Na água | Aplicabilidade | Alvo | Limitações/Riscos |
|--|-------------|---------|--|--|---|
| Remoção Manual | | | | | |
| Remoção Manual | X | X | Embarcações de recreio e comerciais leves e pontos específicos de estruturas submarinas. | Manchas isoladas de bioincrustação. | Não eficaz em remover bioincrustação em áreas de difícil acesso. Fases iniciais de organismos incrustantes podem não ser removidas do casco, sobrevivendo e atingindo estágios adultos, a partir do retorno da embarcação para a água logo após a limpeza. Pode resultar na liberação de revestimentos anti-incrustação dos cascos. Risco de que alguns organismos (ou seus propágulos) retirados do casco ainda sejam viáveis, reforçando a importância da captura e contenção eficaz dos resíduos. |
| Remoção manual com escovas, espátulas etc. | X | X | Embarcações de recreio e comerciais leves e pontos específicos de estruturas submarinas. | Manchas isoladas de bioincrustação. | Idem anterior. |
| Dessecação | X | | Pequenas embarcações sem restrições de tempo em portos. | Toda superfície do casco, caixas de mar e estruturas externas. | Embarcações maiores demandam muito tempo em dique seco, os quais têm grande demanda e alto custo. Os navios-cegonha (HLV – Heavy Lift Vessels) em número limitado ao redor do mundo, com demanda internacional elevada para sua utilização. Somente é viável economicamente para viagens longas. |
| Remoção Mecânica | | | | | |
| Escovas rotativas (equipamentos portáteis) | | X | Embarcações pequenas específicas submarinas comerciais e/ou pontos de estruturas. | Porções contínuas do casco ou de áreas específicas em estruturas submarinas. | A maioria dessas ferramentas não inclui sistemas de captação e de filtração de resíduos. Não adequadas para o tratamento de áreas-nicho ou estruturalmente complexas. |
| Escovas rotativas ("brush cart" operado por mergulhador) | | X | Navios mercantes. | Porções contínuas do casco. | Não adequadas para o tratamento de áreas-nicho ou estruturalmente complexas. A maioria dessas ferramentas não inclui sistemas de captação e de filtração de resíduos. Não removem toda a bioincrustação nem capturam todo o material removido, por consequência, a utilização desses sistemas resultará na perda de alguns organismos, potencialmente viáveis, para o ambiente. Método de limpeza muito abrasivo, podendo causar danos à pintura do casco. Os resíduos de pintura removidos podem liberar componentes biocidas no ambiente. |

(Continua)

(Continuação)

| Método de limpeza | Fora d'água | Na água | Aplicabilidade | Alvo | Limitações/Riscos |
|--|--------------------|----------------|--|--|--|
| Escovas rotativas | | X | Navios mercantes. | Porções contínuas do casco. | Idem anterior. |
| Operação remota – ROVs e robôs | | | | | |
| Escovas rotativas (sem contato) | | X | Navios mercantes. | Porções contínuas do casco. | Não adequadas para o tratamento de áreas-nicho ou estruturalmente complexas. A maioria dessas ferramentas não inclui sistemas de captação e de filtração de resíduos. Não removem toda a bioincrustação nem capturam todo o material removido, por consequência, a utilização desses sistemas resultará na perda de alguns organismos, potencialmente viáveis, para o ambiente. |
| Hidrojateamento (equipamentos manuais) | X | X | Embarcações de recreio e comerciais leves e pontos específicos de estruturas submarinas. | Porções contínuas do casco ou de áreas específicas em estruturas submarinas. | Não eficaz para a remoção de incrustação em tubos de captação de água do mar e grades, caixas de mar. Possibilidade de sobrevivência de fases microscópicas da bioincrustação. A utilização do hidrojateamento subaquático não deve ser considerada para remoção de espécies invasoras, a menos que todas as partículas viáveis possam ser recolhidas, incluindo os organismos intactos, propágulos e organismos unicelulares. |
| Hidrojateamento (por "carts" e ROVs) | | X | Navios mercantes. | Porções contínuas do casco. | Equipamentos disponíveis com capacidade para remover bioincrustação em estágios iniciais de desenvolvimento (algas e organismos de corpo mole). Sistemas inadequados para a limpeza de superfícies complexas. |
| Cavitação (auto-propulsão, "cart" operado por mergulhador, pistolas portáteis) | | X | Navios mercantes. | Porções contínuas do casco. | Jatos cavitacionais podem não matar a incrustação após sua remoção da superfície do casco, o que pode levar a riscos de liberação de propágulos ou fragmentos de organismos capazes de regeneração. Metodologia não seletiva, retirando todos os outros organismos incrustados, além do organismo-alvo. Não há contenção de resíduos, o que aumenta o risco de biossegurança com a dispersão de fragmentos. |
| Sistemas de aspiração a vácuo | | X | Embarcações comerciais leves. | Manchas isoladas de bioincrustação. | Método considerado muito trabalhoso e ineficaz para ser utilizado em ações de biossegurança de rotina. Técnica muito morosa devido a problemas de entupimento de bomba e sistema de filtração. Sistema não é eficaz na remoção de organismos fortemente fixados, tais como cracas, poliquetas tubícolas e bivalves cimentantes. |

(Continua)

(Continuação)

| Método de limpeza | Fora d'água | Na água | Aplicabilidade | Alvo | Limitações/Riscos |
|--------------------------------------|--------------------|----------------|---|--|--|
| Tratamentos de superfície | | | | | |
| Água quente, calor, vapor | | X | Teoricamente sem restrições, embora o equipamento disponível comercialmente seja restrito a navios maiores. | Remoção de microincrustação e algas no casco do navio. | Remove somente o biofilme e a incrustação de algas em cascos de embarcações. O objetivo é preventivo, removendo as fases iniciais da bioincrustação (biofilme e bioincrustação de algas) e impedindo o desenvolvimento de comunidades bioincrustantes complexas. Não mata nem remove bioincrustação complexa, tais como as que contêm cracas, poliquetas tubícolas e bivalves maduros. |
| Ultrassom | | X | Embarcações em geral. | Prevenção de crescimento de incrustação no casco do navio. | Técnicas comercialmente disponíveis não foram avaliadas quanto a sua capacidade de remover incrustação e não são atualmente comercializadas para este fim. |
| Tecnologias de encapsulamento | | | | | |
| Encapsulamento | | X | Teoricamente sem restrições de tamanho (existem protótipos para embarcações de até 18 metros). | Toda superfície do casco, incluindo áreas-nicho. | Mais eficaz contra recrutas ou pequenos indivíduos. Cuidados devem ser tomados para garantir que o envoltório não rasgue em contato com estruturas afiadas na embarcação ou cais. Ação de ondas e correntes pode danificar os invólucros e plástico, reduzindo a eficácia e, potencialmente, criar risco para o ambiente. |
| Docas flutuantes | | X | Embarcações menores que 20 metros de comprimento. | Toda superfície do casco, incluindo áreas-nicho. | Limitado a embarcações de pequeno porte. |
| Encapsulamento com agentes tóxicos | | X | Teoricamente sem restrições de tamanho (existem protótipos para embarcações de até 18 metros). | Toda superfície do casco, incluindo áreas-nicho. | Limitado a embarcações de pequeno porte. Dificuldades em alcançar e manter a concentração a adequado agente tóxico, quando há vazamentos no envoltório, a embarcação possui forma não convencional, ou quando há folga entre o envoltório e o casco da embarcação. |
| (Conclusão) | | | | | |

Com relação à prevenção e ao controle, o Grupo de Trabalho Coral-sol, criado na Subcomissão para o Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM), da Comissão Intermistrial para os Recursos do Mar (CIRM), recomenda em sua publicação:

1. Observar os objetivos do Plano de Ação Nacional para Conservação de Ambientes Coralíneos, as diretrizes da Estratégia Nacional para Espécies Exóticas Invasoras da Conabio, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Snuc), as diretrizes da Organização Marítima Internacional (IMO), a Convenção sobre Biodiversidade Biológica (CDB) e a Comissão Oceanográfica Intergovernamental (COI/Unesco).
2. Considerar experiências internacionais de prevenção, manejo (tentativas de erradicação/controle) e monitoramento de invasões biológicas por bioincrustação em ambiente marinho.
3. Garantir a exequibilidade e a eficácia das estratégias e ações propostas, quando da implementação das medidas que possam gerar mudanças no ordenamento das atividades dos setores produtivos no ambiente marinho, contemplando:
 - a. prazos factíveis para a adaptação do setor, observada a urgência na tomada de decisão;
 - b. as limitações e peculiaridades logísticas e operacionais;
 - c. a segurança operacional;
 - d. a segurança ambiental;
 - e. a salvaguarda da vida humana;
 - f. a viabilidade técnico-econômica;
 - g. o custo-efetividade; e
 - h. a reavaliação e análise crítica periódica de resultados.
4. Assegurar o estabelecimento de medidas equitativas que não prejudiquem uma empresa ou setor produtivo específico, respeitando a isonomia entre os administrados.

5. Considerar as limitações de tecnologias para a remoção da bioincrustação e a necessidade de capacitação nacional.
6. Definir áreas, ao longo da costa brasileira, para atividades de manutenção de embarcações/instalações/equipamentos incrustados por coral-sol.
7. Buscar estratégias de controle diferenciadas para substratos naturais, em comparação a estruturas e substratos artificiais, considerando os objetivos diferentes para cada caso.
8. Buscar estratégias de controle e prevenção custo-efetivas, baseadas no melhor conhecimento científico disponível, e diferenciadas, considerando o estágio em que se encontra a invasão em cada região, privilegiando ações de:
 - 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.
9. Promover integração regional das diferentes iniciativas de pesquisa, monitoramento, prevenção e controle do coral-sol.
10. Fomentar a pesquisa e o desenvolvimento, considerando as diferentes visões científicas, focando nas lacunas de conhecimento sobre o coral-sol, destacando:
 - a. biologia das espécies, em especial genótipos e fenótipos; fisiologia; mecanismos de dispersão natural ou por estresse; reprodução e crescimento; adaptação competitiva; predação; entre outros;
 - b. interações ecológicas;
 - c. genética das populações;

- d. vetores de dispersão naturais (correntes e *stepping stones*) ou antrópicos (bioincrustação, água de lastro etc.);
- e. distribuição geográfica no País, em substratos naturais e artificiais;
- f. histórico de dispersão geográfica e registro das espécies;
- g. tecnologias e ferramentas de prevenção, controle e eliminação custo-efetiva em substratos naturais e artificiais;
- h. possíveis impactos ambientais, sociais e econômicos; e
- i. unificação das bases de dados de ocorrência, controle e monitoramento.

5. Exemplos de iniciativas sobre o coral-sol no Brasil e no mundo

A seguir, seguem as ações de prevenção, controle e/ou monitoramento do coral-sol que vêm sendo desenvolvidas por diferentes setores da sociedade no Brasil e no mundo.

5.1 Poder Público

Em 2009, o MMA publicou o *Informe Nacional sobre as Espécies Exóticas Invasoras Marinhas no Brasil*. O livro é dividido em dois conjuntos de dados: o primeiro apresenta informações das espécies propriamente ditas e o segundo, a estrutura existente no País para o manejo dessas espécies.

Das principais iniciativas do Ibama, destacam-se: realização do Curso de Introdução à Análise da Bioinvasão Marinha por Bioincrustação para Analistas Ambientais do Ibama, realizado em Brasília em maio de 2014; elaboração de recomendações/orientações para a Diretoria de Licenciamento Ambiental (Dilic) relacionadas a monitoramento e controle de espécies exóticas invasoras, no âmbito do Licenciamento Ambiental Federal (LAF), visando à adoção de providências diante do tema abordado; realização de procedimentos e ações já adotados pelas diversas áreas da Dilic, com relação a essa temática, com a finalidade de sugerir diretrizes para o estabelecimento de padrões e parâmetros de verificação e prevenção no

âmbito do LAF, reportando à Dilic para as providências institucionais cabíveis; apresentação de propostas para a Dilic, sobre a prevenção e o controle de espécies exóticas invasoras no LAF, que poderiam ser seguidas por todas as tipologias; estabelecimento de diretrizes para a renovação da Licença de Operação da atividade Perfuração Marítima na Área Geográfica da Bacia de Campos, no Espírito Santo, e requerimento de um plano para o Diagnóstico de Incrustação de Espécies Invasoras – Coral-sol, nas unidades marítimas de perfuração sob responsabilidade da empresa operadora; aprovação do Plano de Ação para o Gerenciamento de Bioincrustação nas atividades de E&P da Petrobras, na Bacia de Santos, com as condicionantes requeridas pelo ICMBio, para a aprovação de Testes de Longa Duração (TLDs) nos prospectos exploratórios de Tiro e Sidon, Bloco BM-S-40, Bacia de Santos; solicitação do Estudo de Bioinvasão do Coral-sol – Bacias de Sergipe e de Alagoas, no licenciamento ambiental das atividades do projeto Ampliação do Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural nos Campos de Camorim, Dourado e Guaricema, Bacia de Sergipe/Alagoas.

O Ibama realizou, ainda, a Oficina de Trabalho para Discussão de Medidas Mitigadoras e de Controle da Bioinvasão provocada por bioincrustação, em abril de 2012, cujo objetivo foi nivelar informações sobre o tema, atividades de E&P e de transporte, biologia das espécies e projetos de mitigação e controle; realização de discussões técnicas e encaminhamentos sobre o coral-sol e outras espécies invasoras, na Dilic; formulação de diretrizes e medidas de mitigação para o impacto do coral-sol e de outras espécies invasoras no licenciamento; autorização para o manejo do coral-sol. Até o presente momento concedeu a autorização para o BRBio (Oscip) e para a Pró-Mar (ONG), com projetos aprovados e licenças emitidas.

Atualmente, está sendo realizada remoção manual, mapeamento e monitoramento extensivo dos corais invasores *T. coccinea* e *T. tagusensis* em três unidades de conservação do ICMBio: Estação Ecológica de Tamoios, Baía da Ilha Grande (RJ); Estação Ecológica Tupinambás, localizada entre os municípios de São Sebastião e Ubatuba (SP); e Reserva Biológica do Arvoredo, localizada entre os municípios de Florianópolis e Bombinhas (SC), conforme detalhado a seguir. O Projeto Coral-sol (PCS) capacitou gestores ambientais em unidades do Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina, dando suporte técnico-científico na área de manejo e monitoramento do coral-sol. As técnicas de controle e monitoramento utilizadas inicialmente foram as desenvolvidas pelo PCS. Posteriormente, em função da situação e da experiência de cada caso, a metodologia foi adaptada.

Reserva Biológica do Arvoredo (SC)

Em 2010, foi estabelecida a necessidade de elaborar um plano de ação para a prevenção da bioinvasão do coral-sol na Reserva Biológica do Arvoredo (SC), em atendimento às condições propostas pela unidade de conservação, para a aprovação de atividades de perfuração marítima na área geográfica da Bacia de Santos, bem como testes de longa duração

(TLDs) nos prospectos exploratórios de Tiro e Sidon, e posterior desenvolvimento da produção nos campos de Baúna e Piracaba, Bloco BM-S-40, também na Bacia de Santos. A exigência desse plano foi um dos motivos para a realização da Oficina de Trabalho para Discussão de Medidas Mitigadoras e de Controle da Bioinvasão Provocada por Bioincrustação, organizada em conjunto pelo Ibama e a Petrobras. O plano, apesar de ainda não estar aprovado e consolidado integralmente, resultou na realização do Projeto MAARÉ (Monitoramento Ambiental da Reserva do Arvoredo e Entorno), na capacitação da equipe da UC, como “atendimento de emergência”, e na adoção de medidas, por parte da Petrobras, restringindo a circulação de embarcações, a serviço da empresa, em área definida no entorno da Rebio Arvoredo.

Desde 2012, a Rebio Arvoredo vem realizando, regularmente, o monitoramento e o manejo do coral-sol, em parceria com a UFSC. Entre 2012 e 2014, com aporte de recursos do Fundo Costa Atlântica, e parceria entre Instituto Ekko Brasil, ICMBio e Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), foi desenvolvido o projeto Bioinvasores Marinhos: Monitoramento e Controle da Bioinvasão pelo Coral-sol *Tubastraea* sp. (Cnidaria: Scleractinia), na Reserva Biológica Arvoredo e região do entorno. Esse projeto tem por objetivo intensificar as buscas por espécies invasoras marinhas, como o coral-sol, no litoral catarinense; monitorá-los e retirá-los dos locais onde são encontrados, a fim de evitar que a espécie amplie sua distribuição no estado; realizar treinamento para operadoras de mergulho, para que mais cientistas, pesquisadores e estudantes estejam aptos a localizar espécies invasoras. O projeto Bioinvasores Marinhos também realizou o monitoramento da comunidade bentônica em áreas portuárias. Ações de educação ambiental e comunicação social também foram realizadas.

Estação Ecológica de Tamoios (RJ)

A Esec foi qualificada pelo Projeto Coral-sol e em 2009 iniciou o monitoramento extensivo para mapear a distribuição e a abundância do coral-sol na região. Em 2013, a Esec Tamoios, juntamente com o Projeto Coral-sol, organizou a Primeira Operação Eclipse, com o objetivo de capacitar diversos atores na metodologia de remoção do coral-sol e retirar o maior número possível de exemplares das duas espécies de coral-sol em uma ilha na UC. Essa atividade contou com a participação de diversos atores, entre órgãos ambientais, operadoras de mergulho de Angra dos Reis, voluntários e imprensa. A Esec e o Projeto Coral-sol organizaram a Primeira Oficina de Manejo do Coral-sol nas unidades de conservação marinhas brasileiras. Com o apoio do Ministério Público Federal, a Estação Ecológica de Tamoios promoveu o Projeto Eclipse, em novembro de 2015, mobilizando mais de 32 pessoas, e contou com a participação de diversas instituições. Os parceiros atuais são UAAF/ICMBio e MPF de Angra dos Reis. O financiamento é oriundo de ação judicial. Adicionalmente, ações de pesquisa, educação ambiental e comunicação social vêm sendo realizadas pela Estação Ecológica de Tamoios (RJ).

Estação Ecológica Tupinambás (SP)

Nesta estação desenvolvem-se o mapeamento completo da UC e do entorno, ações sistemáticas de manejo e metodologias de controle, ações de monitoramento, educação ambiental e comunicação social. Há inserção de medidas de prevenção do coral-sol no Plano de Manejo da Estação Ecológica Tupinambás (SP). Os parceiros atuais são Unifesp e Cebimar e o financiamento é proveniente de compensação ambiental.

A Marinha tem a Divisão de Biotecnologia Marinha, do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), como instituição de pesquisa, que tem por objetivo pesquisar, desenvolver, inovar e prestar serviços tecnológicos na área de Ciências do Mar. Esse Instituto visa contribuir para a ampliação do conhecimento e a eficaz utilização do meio ambiente marinho, bem como do desenvolvimento socioeconômico do País.

As propostas de atuação do IEAPM, diante da problemática da bioinvasão do coral-sol, objetivam:

- estabelecer coleção de referência e banco de dados sobre o coral-sol e outras espécies invasoras;
- estabelecer programa de monitoramento das espécies invasoras em locais-chave;
- desenvolver tecnologia de limpeza do coral-sol em vetores (plataformas e navios);
- desenvolver linhas de pesquisa na área do controle físico, químico e biológico do coral-sol;
- aprofundar estudos genéticos sobre o coral-sol;
- avaliar, em diferentes pontos da costa brasileira, possíveis efeitos do coral-sol na biodiversidade; e
- participar da IMO e da Convenção de Diversidade Biológica, para dar subsídios para a Marinha do Brasil estabelecer uma Norma.

Encontra-se também em andamento, no IEAPM, a manutenção do Banco de Dados de Espécies Incrustantes da Costa Brasileira; o monitoramento extensivo das populações de coral-sol em Arraial do Cabo (RJ); a coleção científica de espécies incrustantes, além das

pesquisas com coral-sol. O IEAPM tem contribuído com a produção do conhecimento científico (resumos científicos, apresentação em congressos e artigos de divulgação científica) e divulgação na mídia.

Vale ressaltar que algumas linhas de pesquisa apresentadas anteriormente estão sendo desenvolvidas dentro do Projeto Gestão e Controle de Bioinvasão por Bioincrustação (Gebio), desenvolvido por Termo de Cooperação Técnica entre a Petrobras e o Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (Marinha do Brasil). O projeto foi iniciado em dezembro de 2013 e concluído em dezembro de 2017. Suas principais atividades são: banco de dados e coleção científica de espécies incrustantes da costa brasileira, monitoramento e controle de espécies invasoras e análise de risco à bioinvasão.

5.2 Iniciativa Privada

PETROBRAS

Ciente dos riscos associados às atividades de petróleo e gás como possível vetor de introdução de espécies exóticas, juntamente com outros setores, tais como o pesqueiro, de recreação e de transporte marítimo, a Petrobras vem atuando em três vertentes:

I – Apoio ao Ministério de Minas e Energia (MME) nas discussões da Organização Marítima Internacional (IMO)

A Petrobras, como convidada do Ministério de Minas e Energia (MME), vem apoiando, desde 1996, a atuação do Brasil nas discussões da Organização Marítima Internacional (*International Maritime Association* (IMO)) sobre bioinvasão, em alinhamento com as estratégias definidas pela Coordenação Interministerial para Assuntos da IMO (CCA-IMO), mais especificamente nas convenções de água de lastro e de sistemas anti-incrustantes e, mais recentemente, na elaboração das diretrizes de aplicação voluntária sobre o controle e o gerenciamento de risco de bioincrustação marinha. Especialistas de diversas áreas da companhia vêm fornecendo embasamentos técnicos para a elaboração dos posicionamentos do País, visando o aprimoramento dos instrumentos reguladores internacionais.

O tema bioinvasão por bioincrustação, especificamente, vem sendo debatido no Subcomitê de Granéis Líquidos e Gases (*Sub-Committee on Bulk Liquids and Gases* (BLG)) da IMO, desde 2007, quando foi criado um Grupo de Correspondência sobre Bioincrustação (*Biofouling Correspondence Group*). A participação da Petrobras vem sendo considerada relevante para o alcance dos resultados esperados pelo MME.

II – Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) do Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes)

Diante das expressivas lacunas de conhecimento sobre bioinvasão marinha, a Petrobras vem fomentando a condução de pesquisas para o aumento do conhecimento da bioincrustação e seus aspectos técnico-científicos.

Assim, o Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes) desenvolve um Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), que contempla os seguintes projetos:

1) Gestão e Controle de Bioinvasão por Bioincrustação (Gebio)

Foi firmado um Termo de Cooperação (TC) científico-tecnológico, em 2013, para a condução de pesquisas específicas sobre alguns aspectos da bioincrustação, entre o Centro de Pesquisas da Petrobras (Cenpes) e a Divisão de Biotecnologia Marinha do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM), da Marinha do Brasil, que apresenta reconhecida experiência nacional e internacional em suas pesquisas sobre bioincrustação.

Os objetivos dessa cooperação, intitulada Projeto para Gestão e Controle de Informações sobre Bioincrustação (Gebio) são:

- Estabelecer Banco de Dados das Espécies Incrustantes da Costa Brasileira;
- Estabelecer coleção científica de espécies incrustantes;
- Monitorar espécies invasoras na região de Arraial do Cabo;
- Desenvolver metodologia de análise de risco à bioinvasão;
- Avaliar relatórios e documentos na área de bioincrustação; e
- Disseminar conhecimento e capacitação.

2) Avaliação da ocorrência de coral-sol na Baía de Guanabara e adjacências

Este projeto, realizado em 2016, teve por objetivo avaliar substratos consolidados da Baía de Guanabara, quanto à presença ou ausência de coral-sol. Não foi identificada a pre-

sença de colônias e pólipos de *Tubastraea* spp. nos locais vistoriados na Baía de Guanabara e adjacências.

3) Projeto Avaliação e Pesquisa do Coral-sol na Baía de Todos-os-Santos (BTS) – Termo de Cooperação com a Universidade Federal da Bahia (em contratação)

Decorrente de decisão judicial pela movimentação da plataforma P-27, com incrustações de coral-sol da Bacia de Campos para a BTS, o objetivo do projeto é implementar um conjunto de subprojetos para avaliar a distribuição atual de *Tubastraea* spp. (coral-sol) na BTS, monitorar a evolução da sua ocorrência ao longo do tempo, ampliar e disseminar o conhecimento sobre os aspectos biológicos, ecológicos e fauna associada a esses organismos.

Principais linhas de pesquisa:

- 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; e
- Termo de Cooperação com o Instituto Oceanográfico da USP- IO-USP (2016-2020).

Principais linhas de pesquisa:

- Sistemas para monitoramento do coral-sol e dispersão de larvas por meio de identificação por imagem;
- Controle da bioincrustação em substratos artificiais (cascos) por tratamento acústico;
- Mapeamento da presença e da 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.

4) Projetos de responsabilidade social com a Organização Pró-mar (em contratação)

- Inclusão social de pescadores de comunidades para apoiar atividades de pesquisa do Programa Coral-sol BTS e o ecoturismo;
- Educação ambiental e mobilização social;

III – Práticas operacionais

De forma geral, as medidas de gerenciamento de risco de bioinvasão marinha por bioincrustação adotadas pela frota da Petrobras são as exigidas pela Marinha do Brasil, sendo elas:

1) Limpeza do casco:

Todos os navios, inclusive os afretados, são docados a cada 5 anos, se tiverem até 10 anos de vida, e a cada 2,5 anos se tiverem mais de 10 anos de vida, de acordo com a regulamentação vigente. Em qualquer docagem, as obras vivas (parte submersa do casco) desses navios são lavadas, raspadas e limpas de incrustação.

2) Aplicação de sistemas anti-incrustantes:

Após a limpeza, são aplicados os sistemas de revestimento anti-incrustante, que consistem na combinação de todos os componentes de revestimento, tratamento de superfície (incluindo tinta-base, selantes, anticorrosivos e revestimentos anti-incrustação), ou outros tratamentos de superfície, utilizados num navio para controlar ou prevenir a fixação de organismos aquáticos. Conforme determinado pela Norma da Autoridade Marítima (Normam) 23 e pela convenção *Antifouling Systems Convention 2001* (AFS/CONF/26), reconhecida pelo Governo brasileiro, as obras vivas recebem duas demãos de tinta anticorrosiva epóxi e uma demão de tinta anti-incrustante livre de estanho. As tintas anti-incrustantes são utilizadas apenas depois de passar por processo de amostragem, inspeção e emissão de certificado.

A Petrobras também desenvolveu especificação técnica para a prevenção da bioincrustação nas novas unidades marítimas de produção. Foram estabelecidos critérios e orientações para a realização da atividade, levando em consideração a aplicação de revestimento com tintas anti-incrustantes de autopolimento, livres de estanho, bem como uso de revestimento *foul release*, revestimento polimérico à base de silicone ou fluoropolímero, sem adição

de biocida, em locais específicos do casco das unidades. A especificação técnica estabelece também os critérios para as inspeções, conforme o sistema anti-incrustante aplicado.

3) Utilização do Sistema de Prevenção de Crescimento de Vida Marinha (*Marine Growth Prevention System (MGPS)*):

Este sistema é utilizado para a prevenção de bioincrustação acumulada nas caixas de mar e redes dos sistemas de água salgada, que incluem uso de anodos, sistemas de injeção e eletrólise. Os sistemas atualmente instalados nos navios da Transpetro para o controle de bioincrustação são:

- ICAF, no qual uma corrente contínua é injetada em dois anodos (um de Cu e outro de Al), geralmente instalados em caixas de mar ou ralos; e
- Clorinador, no qual é estabelecida, por meio da injeção de corrente contínua, uma diferença de potencial entre um anodo e um catodo em forma cilíndrica, por onde a água salgada passa, sofrendo uma eletrólise e gerando hipoclorito, que será reinjetado nas caixas de mar.

4) Alinhamento com as recomendações do Comitê de Proteção ao Meio Ambiente (MEPC/IMO), que são as Diretrizes para o Controle e Gestão de Bioincrustação de Navios para Minimizar a Introdução de Espécies Exóticas Invasoras da Organização Marítima Internacional:

Esse sistema atende às recomendações da Organização Marítima Internacional (*International Maritime Organization (IMO)*) - Resolução MEPC.207(62), datada de 15/7/11, intitulada Diretrizes para o Controle e Gerenciamento de Bioincrustação de Navios para Minimizar a Transferência de Espécies Aquáticas Invasoras, de 2011. Essas recomendações são adotadas para o gerenciamento da bioincrustação nos cascos dos navios, incluindo o *Livro de Registro de Bioincrustação*, no qual são registradas todas as operações de manutenção realizadas para a retirada da incrustação nas diversas regiões do casco do navio, informação sobre pintura anti-incrustante, proteção catódica, limpeza de casco e, principalmente, das regiões do leme, caixas de mar, descargas, locais de apoio de picadeiro, soldas, *bow thruster*, ecossonda etc.

5) Recomendações para novas unidades construídas fora do Brasil:

Exigência de que os cascos novos de plataformas oriundas do exterior sejam avaliados quanto ao risco de incrustação por coral-sol, o que tem levado à realização de inspeções e limpeza desses cascos nas regiões de origem.

5.3 Terceiro Setor

Projeto Coral-sol

O Projeto Coral-sol (PCS), do Instituto Brasileiro de Biodiversidade, foi a primeira iniciativa brasileira de combate aos corais invasores. O PCS foi criado em 2006 no laboratório de Ecologia Marinha Bêntica da UERJ.

O PCS tem por missão conservar a biodiversidade marinha brasileira através do controle do coral-sol, minimizando seus impactos ambientais e socioeconômicos, promovendo a recuperação dos ecossistemas marinhos e o desenvolvimento sustentável das regiões afetadas. Desde sua criação, o Projeto Coral-sol vem apoiando pesquisas científicas, alertando a sociedade sobre a temática da bioinvasão e envolvendo as comunidades locais para o combate ao coral-sol, capacitando e auxiliando órgãos ambientais competentes para a necessidade de prevenção e manejo dos corais invasores *T. coccinea* e *T. tagusensis*.

O Projeto Coral-sol tem fomentado, por meio de conhecimentos técnicos, palestras, oficinas, treinamentos, cursos de qualificação para pesquisadores (UFBA e Cebimar/USP), gestores ambientais, sociedade civil organizada, estudantes universitários, professores da rede pública de ensino, profissionais de turismo e catadores de coral-sol, mobilização da sociedade (Operação Eclipse com a Esec de Tamoios, *Clean up Day*), elaboração de informes e subsídios de políticas públicas visando a prevenção e o manejo do coral-sol em território nacional.

O Projeto Coral-sol, por meio de sua força-tarefa, qualificou as UCs, a Esec de Tamoios, o Parque Estadual da Ilha Grande (PEIG), Tupinambás, a Rebio Marinha do Arvoredo e a ONG Pró-Mar para o controle e monitoramento do coral-sol.

O PCS possui uma rede de pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica (Rede Coral-sol) com 35 pesquisadores de 14 instituições de pesquisa no Brasil, que desenvolve pesquisas básicas e aplicadas visando a prevenção e o manejo do coral-sol na costa brasileira. Dos temas das pesquisas desenvolvidas estão: desenvolvimento de substâncias com propriedades anti-incrustantes; desenvolvimento de análise de risco da bioinvasão do coral-sol em unidades de conservação marinhas do estado do Rio de Janeiro; reaproveitamento do coral-sol; metodologias de monitoramento do manejo do coral-sol; biologia e ecologia do coral-sol; novas metodologias de controle do coral-sol, incluindo métodos físicos e

químicos. Além disso, em parceria com instituições de ensino e pesquisa, são desenvolvidas orientações de monografias, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Essas pesquisas têm resultado em diversos tipos de publicações científicas e de apresentações em eventos científicos.

O controle do coral-sol é feito pela coleta manual realizada por catadores que passam por formação técnica e educação ambiental, sendo, assim, qualificados para a atividade. A remoção é feita por mergulho em apneia (*snorkelling*) e/ou mergulho autônomo, de forma não impactante e segura, com procedimentos de remoção, limpeza e tratamento do esqueleto do coral-sol. A remoção segue o Protocolo do Projeto Coral-sol e o disposto nas autorizações de manejo de coral-sol concedidas pelo Ibama.

O PCS mantém um Canal Nacional de Registros, no qual integrantes da sociedade podem entrar em contato com integrantes do Projeto e informar novos registros de ocorrência de *T. coccinea* e *T. tagusensis* no território nacional (CREED; OIGMAN- PSZCZOL, 2011), e um Banco Nacional de Registros e Manejo do Coral-sol onde são inseridas as ocorrências do coral-sol e, periodicamente, atualizadas as informações referentes ao manejo e monitoramento do coral-sol na costa brasileira.

O PCS possui um Programa de Monitoramento que é dividido em duas modalidades: monitoramento extensivo e monitoramento intensivo. O extensivo visa monitorar a distribuição geográfica de *Tubastraea* spp. em larga escala, ao longo da costa dos estados do Rio de Janeiro e São Paulo. Ao todo são monitorados 326 pontos. Já o monitoramento intensivo tem por objetivo detectar mudanças em populações dos corais invasores, identificar interações com elementos da comunidade nativa e quantificar a estrutura da comunidade e sua dinâmica, ao longo de tempo, em função da presença do invasor.

Nas áreas de educação ambiental e comunicação social, o PCS realizou educação ambiental comunitária na Ilha Grande (RJ); implantou trilha interpretativa e um centro de visitantes (2010-2012); produziu manual do catador de coral-sol, gibis de história em quadrinhos para o público infantil e juvenil e documentários sobre a bioinvasão do coral-sol. Além disso, divulga a temática da bioinvasão do coral-sol na mídia e possui sítio e rede social (*Facebook*) para divulgação da temática da bioinvasão marinha e conservação da biodiversidade marinha. O Projeto Coral-sol possui financiamento da Faperj.

Projeto Coral-sol BTS (Baía de Todos-os-Santos)

O Projeto Coral-sol BTS, criado em 2012, é uma iniciativa da Organização Socioambientalista Pró-mar e tem por finalidade identificar, monitorar e conter a proliferação do coral-sol invasor (*Tubastraea tagusensis* e *T. coccinea*) nas águas da Baía de Todos-os-Santos (BA).

O Projeto Coral-sol BTS, apoiado pelo Estaleiro Enseada do Paraguaçu, com acompanhamento do ICMBio e Ibama, realizava o monitoramento extensivo e a remoção manual com contenção das populações de coral-sol na Baía de Todos-os-Santos.

Desde 2012, a Pró-mar também realiza inspeção em plataformas, cais e terminais com recursos próprios e com acompanhamento do ICMBio e Ibama. Além disso, a ONG efetuou dois diagnósticos sobre a distribuição do coral-sol na BTS, com apoio da Petrobras.

A partir de 2013, juntamente com a UFBA e o IOUSP, passou a integrar o Programa de Avaliação e Pesquisa do Coral-sol na Baía de Todos-os-Santos (BTS) – Programa Coral-sol BTS, no qual desenvolve projetos de responsabilidade social envolvendo a inclusão social de pescadores de comunidades, para apoio às atividades de pesquisa do Programa, apoiando as atividades da UFBA, IOUSP, educação ambiental e mobilização social.

Na área de educação ambiental e comunicação social, a Pró-mar realiza palestras e oficinas pedagógicas sobre o tema coral-sol para professores e comunidade, desenvolve campanhas educativas com pescadores e esclarece a temática da bioinvasão do coral-sol na mídia.

Atividades do Projeto Coral-sol BTS foram financiadas pela Petrobras por exigência judicial em decorrência do transporte da plataforma de petróleo P-27 para a Baía de Todos-os-Santos.

Projeto Corais da Baía

O Projeto Corais da Baía é uma iniciativa do Laboratório de Ecologia Bentônica do Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia e associados de outras instituições de pesquisa. Seu objetivo é produzir informação científica qualificada e gerar subsídios para a gestão de áreas de recifes de corais na Baía de Todos-os-Santos. O Projeto Corais da Baía produz conhecimento científico básico e aplicado sobre a biologia e a ecologia do coral-sol na Baía de Todos-os-Santos e divulga esse conhecimento publicando artigos científicos e resumos em eventos. Também faz a divulgação científica da temática da bioinvasão do coral-sol, por meio da rede social *Facebook*.

5.4 Iniciativas Internacionais

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)

A NOAA, dos Estados Unidos, realizou a técnica de remoção manual de colônias de *T. coccinea* nos recifes do *Flower Garden Banks National Marine Sanctuary*, no Golfo do

México (EUA) (PRECHT et al., 2014). O controle tem o objetivo de evitar que a população do coral invasor se torne fortemente estabelecida, para diminuir os impactos sobre os corais e esponjas nativas. O método de controle empregado – remoção manual – é semelhante ao aplicado no Brasil.

Além disso, são desenvolvidas pesquisas no *Flower Garden Banks National Marine Sanctuary*, que vêm resultando em artigos científicos e outras publicações. O *Flower Garden Banks National Marine Sanctuary* também mantém um sítio com informações acerca da bioinvasão do coral-sol (*T. coccinea*) e um canal de registro de ocorrência de coral-sol no santuário (<http://flowergarden.noaa.gov/education/invasivecupcoral.html>).

5.5 Estudos de Caso

A incrustação de coral-sol em plataformas de petróleo e outras estruturas e embarcações associada à exploração de petróleo e gás, portos, setores de construção naval e mineração, tem causado solicitações de remoção de coral-sol em instalações, mudança de rota e extensão de permanência na locação e inspeção de unidades. Tais restrições se estendem a toda cadeia de infraestrutura do setor de óleo, gás e mineração, que incluem instalações portuárias, estaleiros e terminais. São requeridas inspeções e remoção/eliminação de coral-sol em unidades marítimas, mas algumas instalações costeiras estão sendo impedidas de receber unidades ou equipamentos da indústria de óleo, gás e mineração, para a realização dessas atividades, seja por determinação judicial, atendimento a condicionantes de licença ambiental ou por medida voluntária, devido aos riscos jurídicos envolvidos. Nesse sentido, são apresentados estudos de caso, com o objetivo de subsidiar a definição de ações para melhorar a eficiência e a eficácia das medidas de controle de vetores de introdução e dispersão do coral-sol, associados à indústria de petróleo e gás.

5.5.1 Remoção do coral-sol do casco da unidade de produção do tipo FPSO (*Floating Production Storage Offloading Unit*) Petrobras 66 (P-66)

O casco do FPSO P-66 foi construído no Estaleiro Rio Grande (RS), de 2011 a 2014, onde recebeu tratamento de tinta anti-incrustante. Para finalizar a integração, em dezembro de 2014, a plataforma foi rebocada para o estaleiro BrasFELS, localizado em Angra dos Reis (RJ), e lá permaneceu até sua saída para locação em fevereiro de 2017. A P-66 iniciou em maio de 2017 a operação no Campo de Lula Sul, na Bacia de Santos.

No estaleiro BrasFELS, após inspeção estrutural no casco da unidade, foi identificada bioincrustação por coral-sol. Diante disso, foi realizada uma vistoria específica visando avaliar e registrar a ocorrência, distribuição e densidade do coral-sol.

Os resultados indicaram baixa densidade de colônias ao longo da estrutura do FPSO, espalhadas de forma esparsa no casco e apresentando dimensões pequenas, sendo a maioria em estágio inicial de crescimento. Tal fato foi comunicado ao Ibama, que determinou a seguinte condicionante, por ocasião da emissão da Licença de Instalação (LI nº 1.139/2016) da unidade: O deslocamento da FPSO P-66 até o local pretendido para instalação só pode ocorrer após expressa manifestação do Ibama, especialmente no que se refere à incrustação por coral-sol.

Com base nos resultados do diagnóstico da incrustação do coral-sol na P-66, foi elaborada e apresentada pela Petrobras, em reunião presencial realizada em 29/12/16, uma proposta de gerenciamento de risco relativa à bioincrustação de coral-sol na unidade, objeto do Parecer Técnico nº 005/16 CGPEG/Ibama.

Em função do posicionamento e de considerações do Ibama e das características específicas em que se encontrava a P-66, bem como em razão da urgência em dar início à produção, a Petrobras apresentou ao CGPEG/Ibama uma proposta alternativa de manejo do coral-sol do casco da P-66, que foi, após autorização, implementada.

A alternativa de manejo contemplou a execução de um procedimento de remoção manual da incrustação de coral-sol, com contenção de fragmentos e larvas, efetuado no estaleiro BrasFELS.

No procedimento de limpeza adotado, foram consideradas as seguintes premissas básicas, com o objetivo de minimizar o risco de dispersão desses organismos:

1. **Contenção de resíduos:** considerando a indicação atual do Ibama de observância da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/12) que, em seu Inciso I, do art. 47, proíbe a destinação ou disposição final de resíduos sólidos ou rejeitos pelo lançamento no mar ou em quaisquer corpos hídricos, optou-se, nesse caso, pela prevenção da liberação dos resíduos oriundos da remoção de coral-sol em ambiente marinho.
2. **Contenção das estruturas reprodutivas (larvas) e dos fragmentos das colônias:** considerando o risco de disseminação do coral-sol pelo manejo manual sem contenção, em virtude de possível liberação de larvas e fragmentos desses organismos, entendeu-se sua contenção como premissa, até que seja alcançado consenso científico indicando que essa prática é ambientalmente segura.

3. Condições de aplicabilidade da remoção manual: os resultados do diagnóstico realizado na plataforma indicam que a distribuição do coral-sol no casco foi considerada esparsa e de baixa densidade, com registros médios de cobertura de 1% nas duas seções mais rasas do casco e de 4% a 7% nas mais profundas. Além disso, as colônias de *Tubastraea* spp. encontravam-se espalhadas na estrutura do casco e foram consideradas pequenas em relação à espessura registrada, sendo a maioria em estágio inicial de crescimento.

Nesse cenário, identificou-se a possibilidade de utilizar a técnica de remoção manual, o que não seria possível com um percentual de recobrimento maior e com colônias bem desenvolvidas. O fato de serem conspícuas, não estando entremeadas com uma vasta e diversa comunidade bioincrustada, também contribui para viabilizar essa solução.

4. Inexistência de tecnologias de remoção de macroincrustação com contenção: quanto às tecnologias de eliminação/remoção de macroincrustação, a Petrobras realizou dois amplos levantamentos junto a fornecedores nacionais e internacionais, considerando vários requisitos (ex.: aplicabilidade a que tipo de embarcação; tipo de tecnologia; disponibilidade no mercado; existência de protótipo; contenção de resíduos; operação manual ou por ROV; aplicação somente em superfícies planas ou complexas, e alcance das áreas-nicho; capacidade de remoção de microincrustação ou macroincrustação; entre outros), e verificou que inexistem no Brasil e no mundo, na atualidade, fornecedores de tecnologia eficaz e ambientalmente segura (atendendo às premissas elencadas anteriormente, de contenção de fragmentos e larvas), disponível no mercado, para a remoção de macroincrustação.

Nesse sentido, e somado à existência de um grande número de áreas-nicho (8 *caissons*, 4 caixas de mar e 63 balcões de *risers*), que dificultariam ou inviabilizariam a remoção por qualquer tecnologia disponível no País, foi corroborada a opção por metodologia manual.

5. Elevado grau de colonização pelo coral-sol na Baía da Ilha Grande: outro fator considerado foi a existência de fortes indícios de que a P-66 tenha sido incrustada por esses organismos na própria Baía da Ilha Grande. Assim, eventual escape de fragmentos ou larvas, devido a alguma falha pontual no processo de remoção, não implicaria em acréscimo ao *pool* genético das populações de coral-sol presentes na região.

Desse modo, a solução proposta foi embasada nas condições específicas da P-66 (grau de incrustação, porte, complexidade e localização atual da unidade) e nos requisitos para minimizar a dispersão do coral-sol e o alijamento de resíduos durante o processo de remoção, e considerou a distribuição do coral-sol na região onde o casco se encontrava.

Resumo do procedimento:

- I. Escopo: a remoção das colônias de coral-sol incrustadas na superfície do casco e nas áreas-nicho da FPSO P-66 foi realizada manualmente, com utilização de raspadeiras de diversos tamanhos, em todas as áreas do casco, incluindo as áreas-nicho, colocando as colônias no interior de sacos confeccionados com malha utilizada para coleta de plâncton (abertura de até 0,5 mm).
- II. Procedimento: a remoção das colônias de coral-sol incrustadas na superfície do casco e nas áreas-nicho da FPSO P-66 foi realizada manualmente, com utilização de raspadeiras de diversos tamanhos, em todas as áreas do casco. A raspadeira foi posicionada sempre na base da colônia, para desprendê-la do substrato, colocando os organismos removidos no interior de saco confeccionado com malha do tipo da utilizada para coleta de plâncton, de modo a evitar que o material coletado e fragmentos caíssem no fundo marinho, assim como larvas fossem liberadas para a coluna d'água. Após fechados, os sacos foram armazenados em caixas plásticas, içadas manualmente para a embarcação de apoio. Posteriormente, as caixas plásticas foram direcionadas ao estaleiro, para acondicionamento e destinação final dos resíduos, de acordo com as normas da

ABNT e em observância aos requisitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/12). Além da coleta dos fragmentos em sacos de malha de até 0,5 mm, a operação ainda contou com cestos para coleta de possíveis fragmentos liberados durante a remoção. Os cestos foram construídos com estruturas metálicas forradas com redes de trama de 1 mm. Todavia, não se mostraram satisfatórios diante da grande dificuldade de manuseio, necessidade de adaptação para algumas áreas e inviabilidade de acesso a outras. Além disso, não foram registrados depósitos de coral-sol, tendo a metodologia de uso dos sacos de plâncton se mostrado eficiente na contenção das colônias. As atividades de remoção do coral-sol tiveram duração de 22 dias. Cabe salientar que a proposta metodológica foi desenvolvida para a aplicação do caso específico para as condições supracitadas.

5.5.2 Plataformas fixas de produção da Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas

Em outubro de 2011, foi instaurado pelo Ministério Público Federal (MPF) de Sergipe um inquérito civil com o intuito de apurar impacto ambiental decorrente da bioinvasão do coral-sol na região de Sergipe, em função do trânsito das plataformas da Petrobras na região. Em maio de 2013, o Ibama/SE realizou vistoria nas plataformas fixas (jaquetas) PCM-06 e PDO-01, tendo verificado a ocorrência de coral-sol incrustado.

Essas unidades foram instaladas no mar completamente desprovidas de qualquer tipo de bioincrustação, uma vez que foram integralmente construídas em terra e transportadas diretamente para a locação sobre balsas, conforme informações descritas no processo de licenciamento ambiental, do Projeto de Ampliação do Sistema de Produção e Escoamento de Petróleo e Gás Natural da Unidade de Operações de Exploração e Produção de Sergipe e Alagoas (Petrobras (UO-Seal)) nos campos de Camorim, Dourado e Guaricema, localizados na Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas e no Anexo B – Estudo das Técnicas Atuais de Remoção de Coral-sol, do relatório final Estudo sobre o Coral-sol na Bacia Sergipe-Alagoas, elaborado para atender à Ação Civil Pública nº 0801904-32.2015.4.05.8500. Após a instalação, ao longo do tempo, uma rica comunidade biológica foi sendo constituída nesses substratos pelo assentamento dos propágulos e larvas de organismos bentônicos, presentes naturalmente na região ou introduzidos pelas demais embarcações que operam na região, muitas delas relacionadas à indústria de petróleo, em suas atividades de apoio, ou até mesmo por sondas de perfuração, reconhecidamente utilizadas para intervenções em poços e realização de novas perfurações em áreas próximas.

Como decorrência da vistoria, foi ajuizada Ação Civil Pública pelo MPF de Sergipe (Processo nº 0801904-32.2015.4.05.8500), em 2015, requerendo à Petrobras a erradicação e o controle do coral-sol, nas duas plataformas vistoriadas, e diagnóstico complementar nas demais plataformas e estruturas em águas sergipanas. O MPF solicitou antecipação de tutela para determinar que a Petrobras apresentasse em 30 dias plano de erradicação da espécie nas duas plataformas. O Juiz, entretanto, solicitou manifestação da Petrobras, que apresentou os devidos esclarecimentos. Após ouvir a Petrobras, o Juiz ajustou o pedido de antecipação de tutela do MPF para determinar que a Petrobras apresentasse cronograma e respectivo plano de estudo a respeito da espécie e das medidas de controle.

Após recurso do MPF à instância superior e pedidos de reconsideração da Petrobras, em dezembro de 2015, o colegiado, à unanimidade, julgou improcedente o recurso do MPF e manteve a decisão do Juiz de Sergipe. Na audiência de saneamento do processo, realizada no início de 2016, foi determinada a participação do Ibama e do MPF na realização dos estudos que deveriam ser elaborados pela Petrobras, a saber: Projeto de Avaliação da Bioincrustação pelo Coral-sol nas instalações da Petrobras, no litoral sergipano, e Estudo das Técnicas Atuais de Remoção de Coral-sol.

Os estudos foram concluídos e apresentados ao Magistrado e ao MPF. A avaliação da bioincrustação nas instalações da Petrobras no litoral sergipano foi uma oportunidade para contribuir com informações inéditas sobre a composição de organismos incrustantes em plataformas de produção e em alguns recifes naturais. As atividades de filmagens submarinas em todas as plataformas, de todos os campos de produção de uma bacia sedimentar, nunca tinham sido executadas no Brasil e exigiram adequações em função das condições ambientais e de compatibilidade do mergulho com a atividade de produção.

Apesar das condições de mar e tempo na área de estudo, foram utilizadas técnicas de imageamento e inspeção, que tornaram possível obter imagens submarinas de qualidade nas 26 plataformas, 7 árvores de natal molhadas e 6 recifes naturais nos campos de Guaricema, Dourado, Caioba, Camorim, Robalo e Salgo. Além dos 28 videotransectos e de 294 videoexploratórios, foram obtidas também filmagens dos dutos adjacentes às plataformas, das partes internas e da superfície das pernas das plataformas, onde não era possível realizar vídeos em função das condições hidrodinâmicas adversas. Entre os organismos encontrados, foi possível identificar a ocorrência do coral-sol (*Tubastraea tagusensis* e *Tubastraea coccinea*), além de outros cnidários como *Agaricia*, *Carijoa*, *Macrorhynchia*, *Montastraea*, *Siderastrea*, *Zoanthidae*, *Plumularioidea* e os corais nativos como *Mussismilia hartii* e *Mussismilia hispida*. Além dos cnidários, a comunidade bioincrustante também foi representada por diversas algas, esponjas, crustáceos, equinodermas, ascídias e poliquetos da espécie *Hermodice carunculata*. Salienta-se que não foi encontrado coral-sol nos ambientes naturais vistoriados, estando esses organismos restritos a substratos artificiais, relacionados à pro-

dução de petróleo e gás, na região sul da Bacia. Também não foi identificada a presença do coral-sol nas estruturas localizadas no extremo norte de Sergipe, conforme apresentado no Projeto de Avaliação da Bioincrustação pelo Coral-sol nas Instalações da Petrobras no Litoral de Sergipe, do relatório final Estudo sobre o Coral-sol na Bacia Sergipe-Alagoas, elaborado para atender à Ação Civil Pública nº 0801904-32.2015.4.05.8500 e condicionante de licença ambiental do Processo nº 02022.002524/2006-14.

Quanto ao estudo das técnicas de remoção, foram levantadas as metodologias de remoção de incrustação existentes e avaliadas sua aplicabilidade nas estruturas submarinas de exploração e produção da Petrobras, localizadas em Sergipe, considerando aspectos ambientais, de eficácia, de segurança, operacionais e logísticos.

5.5.3 Bioincrustação por coral-sol em monoboias alienadas pela Petrobras

Em setembro de 2011, três monoboias foram alienadas pela Petrobras e, a pedido da empresa compradora, foram entregues na área externa ao Canal de São Sebastião (litoral norte de São Paulo) em março de 2012. A compradora, então, providenciou fundeio dos equipamentos (autorizações e deslocamento) no canal, próximo ao Porto de São Sebastião.

À época, a questão do coral-sol era incipiente no cenário nacional e a Petrobras, assim como outras empresas e órgãos públicos, ainda não dispunha de mecanismos e procedimentos de avaliação de bioincrustação.

A partir de uma denúncia, o Ibama/Esreg/Caraguatatuba/SP emitiu a notificação nº 652251 à Petrobras, em setembro de 2012, solicitando esclarecimentos sobre seu envolvimento com a venda de monoboia bioincrustada por coral-sol.

Em março de 2013, foi emitida notificação solicitando a apresentação de projeto técnico de desinfestação, um auto de infração e um termo de embargo suspendendo as atividades de venda e/ou transporte de equipamentos infestados por coral-sol, com foco principal na zona costeira paulista e seu mar territorial, apesar de já haver registros de coral-sol em duas ilhas (Búzios e Vitória/SP), distantes 30 km da região, pelo menos quatro anos antes da chegada dessas monoboias (MANTELLATO et al., 2011; MANTELLATO, 2012).

Ressalta-se que após a entrega das monoboias ao comprador, este deu prosseguimento à retirada da água e ao desmanche, sendo que, em janeiro de 2013, apenas uma monoboia permanecia fundeada no local.

Assim, em novembro de 2013, foi realizada operação de içamento, remoção do coral-sol e de outros organismos incrustantes, e o desmanche da monoboia, seguindo metodologia aprovada pelo Ibama, que inclui inspeção do fundo marinho, onde a monoboia esteve

fundeada, para a remoção de eventuais colônias de coral-sol desprendidas. Nessa operação, foram gerados 49 tambores de 200 litros de resíduos, que sofreram tratamento com hipoclorito e foram encaminhados para destinação final em um aterro Classe 1 (relatório das atividades para o tratamento e disposição final do resíduo sólido, oriundo da remoção do material incrustado na monoboia IMODCO IV, apresentado ao SP/Esreg/Caraguatatuba/Ibama). Essa monoboia foi alienada por R\$ 28 mil e a operação de remoção resultou em custo de R\$ 3 milhões.

5.5.4 Restrição de utilização do Porto de Maceió e navegação em águas alagoanas

Em 2016, foi ajuizada Ação Civil Pública pelo Ministério Público Federal (MPF) de Alagoas (Processo nº 0801783-15.2016.4.05.8000) em face de a Petrobras, Transpetro, Administração do Porto de Maceió, IMA/AL e Ibama, que teve como escopo principal proteger o meio ambiente marinho de forma preventiva, especificamente o litoral alagoano, da bioinvasão provocada pelo coral-sol, terem determinado a exigência de apresentação de certificado de limpeza/retirada prévia das espécies invasoras (coral-sol) de seus cascos, por parte de todas as embarcações que venham a trafegar na área e tenham qualquer relação com a exploração e/ou prospecção de petróleo, inclusive as destinadas apenas à prestação de apoio às aludidas atividades, somente sendo autorizada sua permanência no cais do Porto de Maceió, após apresentação da referida comprovação.

A eventual aprovação dessa decisão impactaria a utilização do Porto de Maceió pelo setor de petróleo e gás, podendo comprometer o escoamento da produção de Alagoas e a descarga de derivados para abastecimento do estado. Vale registrar que a Petrobras e a Transpetro são responsáveis por aproximadamente 30% do volume de atividades no Porto, com as atividades de descarga de derivados e carregamento de petróleo. Um breve exercício de busca de alternativas indica que, possivelmente, o escoamento da produção do ativo de produção de Alagoas seria interrompido por um ano, antes de ser possível estabelecer outro *modus operandi* para essa atividade.

Apesar de a administração do Porto de Maceió ter imputado tal exigência, cabe destacar que a competência para determinar inspeção em meios navais é da Marinha do Brasil. Assim, a autoridade marítima brasileira e as sociedades classificadoras, em conformidade com a Convenção Internacional para a Salvaguarda da Vida no Mar (*Safety of Life at Sea Convention* (Solas) 1974/1988), da IMO, requerem que as embarcações mercantes com arqueação bruta superior a 500 toneladas realizem ao menos duas inspeções na parte externa do fundo do casco em um período de cinco anos. No Brasil, as determinações da Solas estão refletidas na Normam 01/DPC (2005), que faz parte das Normas da Autoridade Marítima para Embarcações Empregadas na Navegação em Mar Aberto.

Em sessão de julgamento ocorrida em janeiro de 2017, o Tribunal Regional Federal da 5ª Região julgou procedente o recurso apresentado pela Petrobras e, por unanimidade, revogou em definitivo a liminar anteriormente concedida pelo Juiz de Primeiro Grau de Maceió, que determina que: a partir de 27/1/2017, embarcações de quaisquer espécies, pertencentes à Petrobras e à Transpetro ou a serviço dessas empresas, estariam impedidas de aportar no Porto de Maceió ou navegar ao longo da costa alagoana, exceto se apresentassem certificado de inspeção visual que atestasse a ausência de coral-sol em suas estruturas, sob pena de multa de R\$ 150.000,00 por embarcação que, eventualmente, não apresentasse o laudo, ou em que fosse constatada a presença de coral-sol, apesar da apresentação de laudo negativo.

Esse caso ilustra a complexidade da temática do coral-sol, a exemplo da adoção de medidas muitas vezes inviáveis e sem eficácia comprovada, que buscam prevenir/mitigar a disseminação do coral-sol no Brasil, mas sem ponderar mecanismos alternativos que concluam em maior eficácia e menor impacto econômico. Ilustra também a necessidade de clareza diante das competências dos órgãos e regulamentação existente, bem como os princípios isonômicos de sua aplicação e a necessidade de haver paridade entre os entes da Federação, evitando medidas prejudiciais ao desenvolvimento de alguma região.

PARTE II

PLANEJAMENTO

1. Elaboração do Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Coral-sol (*Tubastraea* spp.) no Brasil

A elaboração do Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Coral-sol envolveu uma série de atividades. A exemplo do Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Javali (*Sus scrofa*) no Brasil (Processo nº 02000.001963/2016-21), o Plano Coral-sol foi elaborado de acordo com o modelo e a metodologia dos Planos de Ação Nacionais para Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção (PAN), conforme a Portaria MMA nº 43, de 31 de janeiro de 2014, e a Instrução Normativa ICMBio nº 25, de 12 de abril de 2012. Os PANs vêm sendo desenvolvidos pelo Ibama, ICMBio e Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro (JBRJ) desde 2004. Foram elaborados cerca de 60 PANs, que contribuem para a definição e implementação de ações *in situ* e *ex situ* para a conservação e recuperação de espécies ameaçadas de extinção ou quase ameaçadas.

Em fevereiro de 2016, o MMA formulou um plano de trabalho para elaborar uma agenda de atividades e definir e executar ações integradas para a elaboração do Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Coral-sol. As principais etapas para a elaboração do Plano Coral-sol definidas foram a elaboração de um diagnóstico sobre a invasão do coral-sol no País, realização de consulta pública e oficina de elaboração do plano, apresentado e acordado com o Ibama e o ICMBio.

1.1 Grupo de Trabalho Coral-sol

Em abril de 2016, o MMA instituiu o Grupo de Trabalho Coral-sol, Portaria MMA nº 94, de 6 de abril de 2016, visando fornecer assessoramento técnico e coordenar a elaboração do controle e monitoramento da bioinvasão do coral-sol (*Tubastraea* spp.). Os integrantes do grupo são: Departamento de Conservação e Manejo de Espécies, da Secretaria de Biodiversidade do MMA; Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas, Diretoria de Licenciamento Ambiental do Ibama; Diretoria de Pesquisa, Avaliação e Monitoramento da Biodiversidade e Diretoria de Criação e Manejo de Unidades de Conservação do ICMBio. O GT possui as seguintes atribuições: coordenar a elaboração do Plano Coral-sol, visando mitigar os impactos negativos das espécies *Tubastraea* spp. sobre a biodiversidade marinha do Brasil; definir a estratégia e o arranjo institucional para a elaboração e implementação do Plano Coral-sol; propor e avaliar ações integradas de prevenção, controle e monitoramento das espécies invasoras de coral-sol no Brasil. O grupo foi encerrado com a elaboração do Plano Coral-sol.

Com o objetivo de apoiar o GT e elaborar o Plano Coral-sol, o MMA realizou a contratação de consultoria especializada, conforme o Edital do Termo de Referência nº 01/2016

Projeto BRA/11/001, publicado no Diário Oficial da União nº 71, de 14 de abril de 2016, seção 3, p. 145. Em julho de 2016, a consultora contratada foi a doutora Simone Oigman Pscszol, sendo responsável pela elaboração do diagnóstico inicial sobre a bioinvasão do coral-sol (*Tubastraea* spp.).

1.2 Seminário de nivelamento sobre o Coral-sol

Para que houvesse um nivelamento das informações, o Grupo de Trabalho Coral-sol organizou um seminário sobre a invasão do coral-sol, realizado em Brasília nos dias 17 e 18 de maio de 2016. Participaram diferentes setores da sociedade, incluindo especialistas da área acadêmica de bioincrustação marinha, corais, comunidade bentônica, monitoramento e análise de risco (UERJ, UFRJ, MN/UFRJ, UFBA, IEAPM), órgãos públicos (Ibama, ICMBio RJ, SC, SP; MMA), sociedade civil organizada (BRBio e Pró-mar) e empresas públicas e privadas (Petrobras, *Technodiver*, *Ranbom Environ*). As informações debatidas durante o seminário serviram como subsídio para a elaboração de um diagnóstico sobre a invasão do coral-sol no Brasil, contemplando aspectos da biologia e ecologia das espécies, distribuição geográfica, bem como os impactos e aspectos sobre a prevenção e o controle de *Tubastraea* spp.

1.3 Grupo de Trabalho da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar

Em agosto de 2016, visando ampliar o debate e incluir setores da sociedade potencialmente impactados pelo Plano Coral-sol, foi criado o Grupo de Trabalho na Subcomissão para o Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM), ambos pertencentes à estrutura da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM). Compuseram o Grupo de Trabalho da CIRM representantes do Ministério de Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC), Agência Nacional de Transportes Aquaviários (Antaq); Confederação Nacional da Indústria (CNI); Comunidade Científica; Estado-Maior da Armada (EMA/MB); Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio); Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama); Petrobras; Secretaria da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SeCIRM); além dos Ministérios de Minas e Energia (MME); Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Ministério Público Federal (MPF). O objetivo desse grupo de trabalho foi fornecer subsídios para o processo de elaboração do Plano de Controle e Monitoramento da Bioinvasão do Coral-sol, no Ministério do Meio Ambiente, levando em conta: 1) Contribuições científicas sobre aspectos de monitoramento e manejo do coral-sol; 2) Aspectos técnicos, operacionais e logísticos dos setores que atuam no ambiente marinho envolvidos com o tema coral-sol, entre os quais se destacam os setores portuário, de transporte, de construção naval *offshore*, petróleo, gás e mineração; 3) Tecnologias de controle, remoção e prevenção de macroincrustação existentes e em desenvolvimento, com base nos melhores conhecimentos científicos, ambientalmente adequados e exequíveis; e 4) Melhores práticas e regulamentações relacionadas à bioinvasão marinha no contexto internacional.

Nos dias 21 e 22 de novembro de 2016 ocorreu o Segundo Seminário, intitulado Workshop Internacional sobre a Invasão do Coral-sol, coordenado pelo MCTIC, no âmbito do GT-CIRM. Participaram representantes de diversas instituições do Governo (MD, EMA, Se-CIRM, MME, MMA, Ibama, ICMBio, Antaq), sociedade e representantes da iniciativa privada (Petrobras, CNI). O objetivo principal do Workshop Coral-sol foi reunir especialistas nacionais e estrangeiros (Austrália e Nova Zelândia) para discutir os desafios e estratégias efetivas para monitorar, controlar e mitigar as espécies invasoras de coral-sol no Brasil, com base no melhor conhecimento científico disponível.

Após um ciclo de debates de 12 reuniões ordinárias do GT-CIRM e realização do workshop internacional, foi gerado um documento contendo informações científicas e de setores da economia como subsídios para a elaboração do Plano Coral-sol. Esse documento se refere ao Relatório Final do Grupo de Trabalho da Comissão Interministerial para Recursos do Mar (GT-CIRM) e foi enviado ao MMA em outubro de 2017.

1.4 Contratação de segunda consultoria

Para dar apoio à elaboração do Plano Coral-sol, o MMA contratou em outubro de 2017 uma consultoria especializada, por meio do edital TDR nº 12/2017 - BRA/11/001 - Republicação no Diário Oficial da União nº 154, de 11 de agosto de 2017, seção 3, p. 167. O edital foi republicado pois na primeira edição o número de currículos enviados foi menor que três. O consultor contratado foi responsável pela conclusão do Diagnóstico sobre a Invasão do Coral-sol no Brasil, com o aporte das informações advindas do Relatório do GT-CIRM, além de ter elaborado o formulário estruturado para consulta pública; o relatório contendo os resultados e análises da consulta pública; a minuta do Plano atualizada; o relatório da oficina de elaboração do Plano Coral-sol; e o Sumário Executivo do Plano.

Em janeiro de 2018, foi finalizado o Diagnóstico sobre a Invasão do Coral-sol (*Tubastraea* spp.) no Brasil, com base no diagnóstico inicial elaborado pelo MMA e nos subsídios fornecidos pelo GT-CIRM. Assim, foi abordado um panorama geral sobre a distribuição, biologia e ecologia do coral-sol; impactos à invasão de *Tubastraea* spp.; aspectos sobre o controle e erradicação; principais experiências nacionais e internacionais; legislação e iniciativas existentes sobre o assunto em questão no Brasil e no mundo.

1.5 Consulta Pública

No período de 19 de janeiro a 2 de fevereiro de 2018 ficou disponível, no sítio do Ibama, a consulta pública do Diagnóstico sobre a Invasão do Coral-sol (*Tubastraea* spp.) no Brasil, que teve como objetivo apresentar e reunir contribuições da sociedade quanto ao diagnóstico sobre a invasão das espécies no País. A consulta recebeu contribuições sobre

os registros das espécies em unidades de conservação, detalhamento de ações de controle, além de comentários gerais. Participaram da consulta pública pesquisadores, representantes de empresas e servidores públicos. As contribuições foram analisadas e, quando pertinentes, incorporadas ao diagnóstico, e consolidando como documento-base do Plano Coral-sol. Foi elaborado ainda um relatório da consulta pública, apresentando as informações de entradas de dados.

1.6 Oficina de Elaboração do Plano Coral-sol

A oficina de elaboração do Plano Coral-sol foi realizada no período de 12 a 15 de março de 2018, no auditório do Ministério do Meio Ambiente, Ed. Maria Prendi Cruz, na SQN 505, em Brasília/DF. O evento foi organizado pelo Ministério do Meio Ambiente, Ibama e ICM-Bio. Participaram 70 convidados de diversos setores do Governo e da sociedade (Figura 1). Os convidados foram definidos previamente conforme os outros eventos associados ao Plano Coral-sol, ocorridos ao longo de 2017, tais como reuniões bilaterais, diagnóstico, seminário, consulta pública do diagnóstico e setores governamentais envolvidos no processo, especialmente o MMA.

A oficina seguiu a metodologia usada para a elaboração dos Planos de Ação Nacionais para Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção, instituída pela Instrução Normativa ICMBio nº 25, de 12 de abril de 2012.

1.6.1 Resultados da oficina

Durante a oficina, foi definida a visão de futuro do Plano Coral-sol, com horizonte temporal de 25 anos, e o objetivo, com horizonte temporal de 5 anos:

Visão de futuro: prevenção da introdução do coral-sol em áreas sem ocorrência, erradicação de novos focos e controle, contenção e redução das populações em áreas com invasão estabelecida, considerando aspectos socioambientais e econômicos.

Objetivo geral: prevenir a introdução do coral-sol em áreas sem ocorrência, erradicar novos focos, controlar e conter a invasão, preferencialmente, nas áreas prioritárias para a ação, definidas neste plano.

Foram definidos nove objetivos específicos para o Plano Coral-sol, relativos aos temas: comunicação; sensibilização; arcabouço legal; prevenção; erradicação; controle; monitoramento, pesquisa e capacitação:



Figura 1. Participantes da oficina para a elaboração do Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Coral-sol (*Tubastraea* spp.) no Brasil, ocorrido entre 12 e 15 de março de 2018, no auditório do Ministério do Meio Ambiente, Brasília/DF.

- **Objetivo específico 1.** Estruturação de uma rede de comunicação e sensibilização para promover e potencializar processos participativos para as ações deste plano;
- **Objetivo específico 2.** Avaliar e complementar o arcabouço legal aplicável à gestão do coral-sol, incluindo análise de risco, prevenção, erradicação, controle, monitoramento, avaliação e mitigação do impacto do coral-sol;
- **Objetivo específico 3.** Estabelecimento e implementação de medidas para prevenir a introdução e a dispersão do coral-sol em áreas não afetadas;
- **Objetivo específico 4.** Detecção precoce e resposta rápida à ocorrência do coral-sol em áreas prioritárias definidas neste plano;
- **Objetivo específico 5.** Erradicação de populações de coral-sol pequenas, isoladas ou em estágio inicial de invasão e novos focos;

- **Objetivo específico 6.** Estabelecimento e implementação de medidas de controle integradas e sistemáticas em áreas com populações de coral-sol já estabelecidas;
- **Objetivo específico 7.** Monitoramento sistemático da ocorrência, dos impactos e da eficiência do manejo do coral-sol, para subsidiar tomada de decisão de gestão, com avaliação crítica periódica;
- **Objetivo específico 8.** Desenvolvimento de pesquisa científica e de tecnologia, preferencialmente focadas em subsídios para prevenção e manejo;
- **Objetivo específico 9.** Formação de recursos humanos em pesquisa, prevenção e controle.

Durante a oficina também foi elaborada a Matriz de Planejamento do Plano Coral-sol (anexo). Nessa etapa, o plano resultou da consolidação de 60 ações distribuídas entre os nove objetivos específicos propostos, incluindo articulador e colaboradores, custo estimado, período, localização e observações (para cada ação).

Na oficina, também foi definido o Grupo de Assessoramento Técnico (GAT), responsável por coordenar a implementação do plano. A coordenação do Plano Coral-sol está a cargo do Ibama. A Coordenadora de Gestão, Destinação e Manejo da Biodiversidade, Raquel Monti Sabaini, foi indicada como coordenadora do Plano Coral-sol. Os seguintes membros do GAT foram indicados e aprovados pela plenária:

- Simone Oigman Pscszol (Instituto BrBio);
- Luciana Salgueiro (Biota);
- Renato Lima Sampaio (MME);
- Adriana Carvalhal (ICMBio);
- Cristina Mascarenhas (Enseada);
- Carlos Targino (MMA);
- Fernando Augusto Galheigo (Ibama);

- Zé pescador (Pró-mar);
- Alexandre Gonçalves Fachin (Petrobras);
- Kelen Leite (ICMBio);
- Igor Cruz (UFBA);
- Marcelo Soares (UFC-Labomar);
- Andrei Polejack (MCTIC);
- Nilton Eurípedes Filho (MPF).

1.6.2 Consolidação e implementação

Após a oficina de elaboração do Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Coral-sol (*Tubastraea* spp.) no Brasil, a matriz de planejamento passou por uma etapa de rodada virtual com os participantes da oficina. Posteriormente, o Plano Coral-sol foi consolidado pela consultoria e equipe técnica do MMA, Ibama e ICMBio. O Grupo de Assessoramento Técnico deve elaborar a matriz de metas e indicadores. O Plano Coral-sol deve ser implementado em 5 anos e após esse período deve ser revisado. Também estão previstas monitorias anuais para acompanhamento da implementação das ações, bem como a revisão de meio-termo (2,5 anos).

1.7 Matriz de planejamento

PLANO NACIONAL DE PREVENÇÃO, CONTROLE E MONITORAMENTO DO CORAL-SOL (*TUBASTRAEA* spp.)

VISÃO DE FUTURO

Prevenção da introdução do coral-sol em áreas sem ocorrência, erradicação de novos focos e controle, contenção e redução das populações em áreas com invasão estabelecida, considerando aspectos socioambientais e econômicos

OBJETIVO GERAL

Prevenir a introdução do coral-sol em áreas sem ocorrência, erradicar novos focos, controlar e conter a invasão preferencialmente nas áreas prioritárias para ação definidas neste plano

OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Estruturação de uma rede de comunicação e sensibilização para promover e potencializar processos participativos para as ações deste Plano.

OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Avaliar e complementar o arcabouço legal aplicável à gestão do coral-sol, incluindo análise de risco, prevenção, erradicação, controle, monitoramento, avaliação e mitigação do impacto do coral-sol.

OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Estabelecimento e implementação de medidas para prevenir a introdução e a dispersão do coral-sol em áreas não afetadas.

OBJETIVO ESPECÍFICO 4

Deteção precoce e resposta rápida à ocorrência do coral-sol em áreas prioritárias definidas neste Plano.

OBJETIVO ESPECÍFICO 5

Erradicação de populações de coral-sol pequenas, isoladas ou em estágio inicial de invasão e novos focos.

OBJETIVO ESPECÍFICO 6

Estabelecimento e implementação de medidas de controle integradas e sistemáticas em áreas com populações de coral-sol já estabelecidas.

OBJETIVO ESPECÍFICO 7

Monitoramento sistemático da ocorrência, dos impactos e da eficiência do manejo do coral-sol, para subsidiar tomada de decisão de gestão com avaliação crítica periódica.

OBJETIVO ESPECÍFICO 8

Desenvolvimento de pesquisa científica e de tecnologia, preferencialmente focadas em subsídios para prevenção e manejo.

OBJETIVO ESPECÍFICO 9

Formação de recursos humanos em pesquisa, prevenção e controle.

OBJETIVO ESPECÍFICO 1

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|---|---|---|--------------|--------------|-------------------------|----------------------|---|---|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 1.1 | Identificar e analisar atores, instituições e redes | Diagnóstico de atores, instituições e redes identificadas | Ampliação e envolvimento de novos atores, instituições e outras redes | ano 1, mês 6 | ano 2, mês 6 | Camila Meireles (BrBio) | 20.000,00 | Carlos Targino (MMA), Francisco Joeliton (Ibama), Marcela Davanso (Ibama), Zé Pescador (Pró-mar), Claudio Sampaio (UFAL - Targino), Marcelo Soares (UFC-Labomar), Ricardo Castilho (Vale), Claudia (Ibram), Simone Pszczol (BrBio), Adriana Carvalhal (ICMBio), Pedro Henrique Cipresso Pereira (Projeto Conservação Recifal - PE), Fernando Galheigo (Ibama), Sandra Ribeiro (Iema/ES), Ana Marcela Bergamasco (Petrobras) | Costa brasileira iniciando por CE, SE, BA, ES, RJ, SP, SC | Costa brasileira |
| 1.2 | Estruturar uma rede integrada de comunicação | rede estruturada | rede mobilizada | ano 1, mês 6 | contínuo | Camila Meireles (BrBio) | 100.000,00 | Marcela Davanso (Ibama), Carlos Targino (MMA), Carlos Gonzalez (Petrobras), Zé Pescador (Pró-mar), Joel Creed (UERJ), Andrea Junqueira (UFRJ - Targino), Simone Pszczol (BrBio), Claudio Sampaio (Ufal), Marcelo Soares (UFC-Labomar), Ricardo Castilho (Vale), Claudia (Ibram), Carlos Henrique (IBP - Gonzalez), Sandra Ribeiro (Iema/ES), Ana Marcela Bergamasco (Petrobras) | Costa brasileira iniciando por CE, SE, BA, ES, RJ, SP, SC | Costa brasileira |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 1

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|--|--|--|------------------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|--|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 1.3 | Desenvolver uma plataforma integrada com base de dados nacional para EEI | Base de dados indetificadas e plataforma disponibilizada | informações disponibilizadas pela plataforma | ano 2, mês 6 ano 1, mês 6 | ano 3, mês 6 | Carlos Targino (MMA) | 150.000,00 | Henrique Anatole (MMA) | Nacional | Costa brasileira |
| 1.4 | Verificar as bases de dados abertas existentes sobre o tema e identificar a mais adequada para armazenar dados de ocorrência e monitoramento | Lista de bases indicando qual seria a base mais apropriada | Base identificada | Ano 1 mês 6 | Ano 1 mês 12 | Nathalia Bastos (UFF – IEAPM) | R\$ 0,00 | Marcelo Soares (UFC), Ricardo Coutinho (IEAPM), Henrique Anatole (MMA), Marcelo Mantelatto (UERJ), Beatriz Fleury (UERJ), Bárbara Segal (UFSC), Simone Oigman (BrBio) | Nacional | |
| 1.5 | Fortalecer e aprimorar a plataforma pública escolhida e integrar às demais bases identificadas | Base de dados georreferenciados aprimorada e disponibilizada | Base de dados operante | Ano 2 mês 1 | Contínuo | Marcelo Soares (UFC) | R\$ 100.000,00 | Nathália Bastos (UFF-IE-APM), Ricardo Coutinho (IEAPM), Igor Cruz (UFBA), Joel Creed (UERJ), Ruy Kikuchi (UFBA), Rubens Lopes (USP), Simone Oigman (BrBio), Claudio Sampaio (Ufal) | Nacional | |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 1

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|---|---|--|----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|--|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 1.6 | Incluir dados sobre coral-sol no sistema de registros de detecção precoce e resposta rápida que será desenvolvida no âmbito da Estratégia Nacional de EEI | Registros de focos de coral-sol detectados e ações de resposta rápida integrados à plataforma | Novos focos de coral-sol detectados e erradicados | Ano 2 mês 1 | Ano 5 mês 12 | Tatiani Chapla (MMA) | 150.000,00 | Sandra Ribeiro (Iema ES), Jane Mauro (Petrobras), Simone Oigman (BrBio), Joel Creed (UERJ), Fernando Galheigo (Ibama), Maurício Leme (Petrobras), Adriana Carvalhal (ICMBio) | | Costa brasileira |
| 1.7 | Desenvolver ou adaptar um aplicativo/plataforma já existente e implementar uma estratégia com base em ciência cidadã para registros de ocorrência, monitoramento e divulgação didático-científica | Aplicativo desenvolvido/plataforma implementada | Estratégia implementada e ocorrências reportadas por cidadão | buscar da estratégia | buscar da estratégia | Francisco Barros (UFBA) | 50.000,00 | Carlos Targino (MMA), Simone Oigman (BRBio), Ricardo Miranda (UFBA), Edson Faria Junior (BrBio), Zé Pescador (Pró-Mar), Ana Marcela Bergamasco (Petrobras) | | Costa brasileira |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 1

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|---|---|---|--------------|----------|----------------------|----------------------|--|---------------------|--|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 1.8 | Promover ações regionais integradas de educação ambiental, pesquisa, monitoramento, prevenção e controle do coral-sol na sub-rede do litoral de São Paulo | Relatório das ações integradas realizadas na sub-rede do litoral de São Paulo | Fortalecer as estratégias regionais; Integração regional das diferentes iniciativas de educação ambiental, pesquisa, monitoramento, prevenção e controle do coral-sol | Ano 1, mês 1 | contínuo | Kelen Leite (ICMBio) | 2.000.000,00 | Marcela Davanso (Ibama), Gustavo (SMA/SP), Cristina Azevedo (SMA/SP), José Edmilson Jr. (PEMLS/SP), Priscila (Peia/SP), Marcelo Kitahara (Unifesp), Natália Ghilardi (USP), Guilherme Rocha (SMA-SP) | Áreas de ocorrência | Costa Brasileira (processo ganha escala) |
| 1.9 | Elaborar e divulgar campanha nacional de sensibilização e conscientização sobre espécies exóticas invasoras marinhas | Peças de divulgação em massa | Sensibilização e conscientização da população | ano 1, mês 6 | contínuo | Edson Faria (BrBio) | 500.000,00 | Adriana Gomes (ICMBio), Simone Pszczol (BrBio), Marília Marini (MMA), Raquel Sabaini (Ibama), Carlos Targino (MMA), Pedro Henrique Cipresso Pereira (Projeto Conservação Recifal - PE), Ana Marcela Bergamasco (Petrobras) | | Nacional |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 1

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|------|--|---|---|--------------|----------|------------------------|----------------------|--|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 1.10 | Promover ações regionais integradas de educação ambiental, pesquisa, monitoramento, prevenção e controle do coral-sol em escala nacional | Relatório das ações integradas realizadas nas sub-redes | Fortalecer as estratégias regionais; Integração regional das diferentes iniciativas de educação ambiental, pesquisa, monitoramento, prevenção e controle do coral-sol | Ano 2, mês 1 | contínuo | Simone Pszczol (BrBio) | | Adriana Carvalhal (ICMBio), Sandra Ribeiro (Iema/ES), Rede coral-sol, Ana Marcela Bergamasco (Petrobras) | | Costa Brasileira |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 2

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|---|--|--|--------------|---------------|---------------------------|----------------------|--|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 2.1 | Identificar as lacunas no arcabouço legal referente ao coral-sol | Relatório contendo o levantamento do arcabouço legal e incongruências; com propostas de encaminhamentos dessas lacunas | Aperfeiçoamento do arcabouço legal referente ao coral-sol, para sua gestão | ano 1, mês 6 | contínuo | Carlos Targino (MMA) | 150.000,00 | Francisco Joeliton (Ibama), Raquel Sabaini (Ibama), Marcela Davanso (Ibama), Carlos Gonzalez (Petrobras), Kelen Leite (ICMBio), Andrea Junqueira (UFRJ), Simone Psczol (BrBio), CMG Teresa Crisitina (EMA), Nilton Eurípedes Filho (MPF), Gilson Coelho (ABESPetro), Ricardo Castilho (Vale), Claudia (IBRAM), Carlos Henrique (IBP - Gonzalez), Lani Tardin (Estaleiro Jurong), Fernando Galheigo (Ibama) | | Nacional |
| 2.2 | Propor normativas específicas para prevenção e controle de EEI por bioincrustação | Minutas de normativas | Normativas publicadas | ano 1, mês 1 | ano 1, mês 12 | Fernando Galheigo (Ibama) | 150.000,00 | Carlos Targino (MMA), Kelen Leite (ICMBio), Marcela Davanso (Ibama), Francisco Joeliton (Ibama), Maurício Leme (Petrobras), CMG Teresa Crisitina (EMA), Alessandro Ramalho (Antac), Bruno Graffino (Ibama), Gilson Coelho (ABESPetro), Savio Martins (Vale), Joel Creed (UERJ), Fernando Galheigo (Ibama), Sandra Ribeiro (Iema/ES), Fernando Corleto (Iema) | | Nacional |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 2

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|---|--|----------------------|--------------|---------------|---------------------------|----------------------|---|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 2.3 | Acompanhar e internalizar as discussões da IMO relativas à bioincrustação e ao Programa Glofouling | Relatório anual de acompanhamento das discussões | Normativa publicada | ano 1, mês 6 | contínuo | Carlos Targino (MMA) | 100.000,00 | Jane Mauro (Petrobras), Ricardo Coutinho (IEAPM), Andrea Junquera (UFRJ), Marcos Zinezzi (DPC- Marinha), Alessandro Ramalho (Antac), Savio Martins (Vale), Lani Tardin (Estaleiro Jurong) | | Internacional |
| 2.4 | Propor normativa ou adequar legislação para controle e possíveis destinações do coral-sol | Minutas elaboradas | Normas publicadas | ano 1, mês 6 | ano 2, mês 6 | Fernando Galheigo (Ibama) | 10.000,00 | Carol Pertussati (SRHQ-MMA), Raquel Sabaini (Ibama), Joel Creed (UERJ), Fernando Oliveira (Petrobras), Marcelo Mantelatto (UERJ), Fernando Corleto (Iema), Simone Oigman (Br-Bio), Bruno Graffino (Ibama) | | Nacional |
| 2.5 | Criar grupo de trabalho para discutir e propor normativa para limpeza de casco e estruturas artificiais | Minuta de normativa | Normativa publicada | ano 1, mês 6 | ano 2, mês 12 | Kelen Leite (ICMBio) | 20.000,00 | Fernando Galheigo (Ibama), Francisco Joeliton (Ibama), Gustavo Almada (Ibama), Marcos Zinezzi (DPC), Eduardo Nicolosi (Petrobras), Alessandro Ramalho (Antac), Elisa Romano (CNI), Joel Creed (UERJ), Andrea Junqueira (UFRJ), Laila Rehim (Chevron), Carlos Henrique (IBP), Cristina (Enseada), Lani Tardin (Estaleiro Jurong), Gilson Coelho (Abespetro), Marcelo Mantelatto (UERJ), Ricardo Castilho (Vale), Fernando Corleto (Iema) | | Nacional |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 2

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|--|-----------------------|----------------------|--------------|---------------|---------------------------|----------------------|---|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 2.6 | Propor normativas e revisar arcabouço legal para controle de vetores visando a prevenção da invasão do coral-sol em áreas sem ocorrência | minutas de normativas | normativa publicada | ano 1, mês 1 | ano 1, mês 12 | Fernando Galheigo (Ibama) | 200.000,00 | Marius Belluci (ICMBio), Ricardo Castilho (Vale), Cristina (EnNSEADA), Laila Rehim (Chevron), Carlos Henrique (IBP), Alisson Nunes (Estaleiro Brasfels), Bruno Graffino (Ibama), Cristiano Parente (Petrobras), Nilton Filho (MPF), Luciana Salgueiro (Biota), Arístides Neto (ICMBio), Francisco Joeliton Bezerra (Ibama), Sandra Ribeiro (Iema/ES), Fernando Corleto (Iema) | | |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 3

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|---|---|--|----------------|-----------------|---------------------------|----------------------|--|------------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 3.1 | Elaborar mapa detalhado de áreas com invasão estabelecida, áreas sem registro de invasão e áreas sem informação | Mapas de invasão/não invasão/não avaliada | Informações disponibilizadas para consulta | Ano 1 mês 1 | Ano 1 mês 6 | Rafael Magris (ICMBio) | 20.000,00 | Simone Oigman (BRBio), Sandra Ribeiro (Iema/ES), Nilton Filho (MPF), Fernando Galheigo (Ibama), Guilherme Rocha (SMA SP), Jane Mauro (Petrobras), Jaqueline Gonçalves (Ibama), Marcelo Mantelatto (UERJ), Beatriz Fleuri (UERJ), Ricardo Miranda (UFBA), Marcelo Soares (UFC-Labomar), Joel Creed (UERJ), Zé Pescador (Pró-mar), Ricardo Coutinho (IEAPM), Bárbara Segal (UFSC), Adriana Carvalhal (ICMBio) | Costa brasileira | |
| 3.2 | Desenvolver e aplicar protocolo de análise de risco de áreas suscetíveis à invasão | Protocolo validado; Mapa de suscetibilidade | Subsídios para a tomada de decisão | Ano 1 mês 1 | Ano 5 mês 12 | Fernando Galheigo (Ibama) | 500.000,00 | Simone Oigman (BRBio), Jane Mauro (Petrobras), Carlos Targino (MMA), Nilton Eurípedes Filho (MPF), Bruno Graffino (Ibama), Aristides Neto (ICMBio Abrolhos), Andrea Junqueira (UFRJ), Ricardo Coutinho (IEAPM), Rubens Lopes (IO-USP), Carlos Teixeira (Labomar- UFC), Maurício Leme (Petrobras), Gustavo Almada (Ibama), Sérgio Bonecker (UFRJ), Bárbara Segal (UFSC), Pedro Henrique Cipresso Pereira (Projeto Conservação Recifal - PE) | Costa brasileira | |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 3

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|---|---|--|----------------|----------------|---------------------------|----------------------|---|------------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 3.3 | Identificar e mapear os vetores e vias de introdução e dispersão do coral-sol na costa brasileira | Mapa de rotas e escala de prioridade de vetores | Informações disponibilizadas para consulta | Ano 1 mês 1 | Ano 2 mês 1 | Fernando Gatheigo (Ibama) | 150.000,00 | Marcos Zinezzi (Marinha), Jane Mauro (Petrobras), Jaqueline Gonçalves (Ibama), Simone Oigman (BRBio), Joel Creed (UERJ), Rubens Lopes (IO-USP), Ricardo Coutinho (IEAPM), Sergio Bonecker (UFRJ), Elizabeth Neves (UFBA), Andrea Junqueira (UFRJ), Ricardo Miranda (UFBA), Marcelo Soares (UFC- Labomar), Ruy Kikuchi (UFBA), Igor Cruz (UFBA), Cristina Graça Seixas (MP-BA), Marcelo Mantelatto (UERJ), Gilson Coelho (ABESPetro), Jean-David Caprace (Sobena), Savio Martins (Vale), Rafael Magris (ICMBio), Bárbara Segal (UFSC), Bruno Grafino (Ibama), Carlos Teixeira (UFC-Labomar), Rafael Almeida Magris (ICMBio), Fernando Corleto (Iema) | Costa brasileira | |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 3

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|---|--|---|----------------|-----------------|------------------------|----------------------|---|------------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 3.4 | Propor e implementar medidas preventivas e de controle para os vetores e vias de dispersão do coral-sol | Relatório com proposição de medidas e ações em andamento | Medidas validadas e vetores controlados | Ano 1 mês 6 | Ano 5 mês 12 | Raquel Sabaini (Ibama) | 150.000,00 | Fernando Galheigo (Ibama), Tatiani Chapla (MMA), Nilton Filho (MPF), Jaqueline Gonçalves (Ibama), Adriana Carvalho (ICMBio), Joel Creed (UERJ), Luciana Salgueiro (Biota), Marius Belluci (ICMBio Costa dos corais), Aristides Neto (ICMBio Abrolhos), Adriano (Petrobras), Jane Mauro (Petrobras), Rubens Lopes (IO-USP), Ricardo Coutinho (IEAPM), Sergio Bonecker (UFRJ), Elizabeth Neves (UFBA), Laila Rehim (Chevron), Andrea Junqueira (UFRJ), Carlos Henrique (IBP), Alessandro Ramalho (Antaq), Gilson Coelho (ABESPetro), Maurício Leme (Petrobras), Marcos Zinezzi (Marinha), Savio Martins (Vale), Zé Pescador (Pró-mar), Lussandra Brandão (Vale), Fernando Corleto (Iema), Marcelo Mantelatto (UERJ) | Costa brasileira | |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 3

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|---|---|--------------------------------|----------------|-----------------|----------------------------------|----------------------|---|------------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 3.5 | Propor a inclusão de projetos e ações de prevenção e controle de espécies exóticas invasoras por bioincrustação dentro dos processos de licenciamento ambiental | Condições estabelecidas | Projetos e ações implementadas | Ano 1 mês 1 | Ano 5 mês 12 | Fernando Galheigo (Ibama) | 200.000,00 | Jaqueline Gonçalves (Ibama), Nilton Eurípedes Filho (MPF), Bianca Parizotto (IMA SC), Guilherme Rocha (SMA SP), Aristides Neto (ICMBio Abrolhos), Sandra Ribeiro (Iema/ES), Adriano (Petrobras), Teresa (Petrobras), Laila Rehim (Chevron), Claudia Sales (IBRAM), Lani Tardin (Estaleiro Jurong), Fernando Corleto (IEMA), Adriana Carvalho (ICMBio) | Costa brasileira | |
| 3.6 | Elaborar estudo de viabilidade e propor a criação de áreas marítimas particularmente sensíveis no âmbito da IMO visando a restrição da circulação de vetores | Estudo elaborado e proposta encaminhada | Áreas criadas | Ano 1 mês 1 | Ano 5 mês 1 | Aristides Neto (ICMBio Abrolhos) | 200.000,00 | Marcos Zinezzi (Marinha), Marius Belucci (ICMBio Costa dos Corais), Andrea Junqueira (UFRJ), Kelen Leite (ICMBio), Mariana Cora (WWF), Rafael Magris (ICMBio), Claudia Sales (IBRAM), Lani Tardin (Estaleiro Jurong), Fernando Corleto (Iema) | | Costa brasileira |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 3

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|--|---|--|----------------|----------------|---------------------------|----------------------|--|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 3.7 | Identificar áreas e rotas e estabelecer as condições para a realização de atividades de manutenção e de limpeza de bioincrustação em vetores | Áreas e rotas estabelecidas e condições definidas | Vetores limpos e prevenção de dispersão para novas áreas | Ano 1 mês 1 | Ano 2 mês 1 | Fernando Galheigo (IBAMA) | 500.000,00 | Jane Mauro (Petrobras), Adriano (Petrobras), Laila Rehim (Chevron), Cristina (Enseada), Alisson (Brasfels), Sandra Ribeiro (IEMA/ES), Lani Tardin (Estaleiro Jurong), Gilson Coelho (Abespetro), Janaina (IBAMA), Guilherme Rocha (SMA SP), Adriana Carvalho (ICMBio), Bianca (IMA SC), Nilton Eurípedes Filho (MPF), Marinha, Francisco Barros (UFBA), Joel Creed (UERJ), Igor Cruz (UFBA), Marcelo Soares (UFC- LABOMAR), Alexander Turra (USP), Rubens Lopes (USP), Ricardo Coutinho (IEAPM), Zé pescador (Pró-mar), Eduardo Nicolosi (Petrobras), Fernando Corleto (IEMA), Ricardo Miranda (UFBA), Bruno Graffino (IBAMA) | | Costa brasileira |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 3

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|---|---|--|----------------|----------------|---------------------------|----------------------|---|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 3.8 | Avaliar e utilizar filmagens submarinas e informações geradas nas inspeções exigidas pela autoridade marítima, órgãos reguladores e entidades classificadoras para diagnóstico e monitoramento da presença ou ausência do coral-sol | Relatórios de avaliação de viabilidade e proposição | Informações disponibilizadas para consulta | Ano 1 mês 1 | Ano 2 mês 1 | Fernando Galheigo (IBAMA) | 300.000,00 | Ana Paula Falcão (Petrobras), Adriano (Petrobras), Laila Rehim (Chevron), Gilson Coelho (Abespetro), Marcos Zinezzi (Marinha), Igor Cruz (UFBA), Simone Oigman (BrBio), Antaq, Ricardo Coutinho (IEA-PM), Lani Tardin (Estaleiro Jurong), Zé pescador (Pró-mar), Eduardo Nicolosi (Petrobras), Nilton Eurípedes Filho (MPF), Bruno Graffino (IBAMA) | | Costa brasileira |

OBJETIVO ESPECÍFICO 4

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|--|---|------------------------------|----------------|-----------------|-------------------------|----------------------|---|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 4.1 | Definir unidades de conservação e outras áreas prioritárias identificadas no Plano para a detecção precoce e resposta rápida | Relatório de unidades de conservação e áreas prioritárias para detecção precoce e resposta rápida | Informações disponibilizadas | Ano 1 mês 1 | Ano 1 mês 12 | Marius Belluci (ICMBio) | 100.000,00 | Sandra Ribeiro (IEMA ES), Adriana Carvalho (ICMBio), Adriana Gomes (Tamoios), Tatiana Ribeiro (Mona Cagarras), Kelen Leite (ICMBio), Tatiani Chapla (MMA), Aristides Neto (ICMBio Abrolhos), Marcelo Mantelatto (UERJ), Zé pescador (Pró-mar), Bárbara Segal (UFSC) | | Costa brasileira |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 4

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|---|--|--|----------------|-----------------|----------------------------|----------------------|---|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 4.2 | Estabelecer uma sub-rede de colaboradores para detecção precoce e resposta rápida em unidades de conservação e outras áreas prioritárias identificadas no Plano | Cadastro de colaboradores filiados à rede e rede em funcionamento | Novos focos de coral-sol detectados e erradicados | Ano 1 mês 1 | Ano 1 mês 12 | Adriana Carvalhal (ICMBio) | 150.000,00 | Sandra Ribeiro (IEMA/ES), Marius Belluci (ICMBio Costa dos Corais), Aristides Neto (ICMBio), Claudio Sampaio (UFAL), Luciana Salgueiro (Biota), Guilherme Rocha (SMA SP), Simone Oigman (BRBio), Barbara Segal (UFSC), Bianca (IMA SC), Laila Rehim (Chevron), Jane Mauro (Petrobras), Pedro Henrique Pereira (Projeto Conservação Recifal -PE), Fernando Galheigo (IBAMA) | | Costa brasileira |
| 4.3 | Desenvolver e implementar protocolos de detecção precoce e resposta rápida | Protocolos desenvolvidos e testados até a revisão de meio-termo; Protocolos implementados nas áreas prioritárias | Focos detectados e erradicados com base nos protocolos | Ano 1 mês 1 | Ano 5 mês 12 | Adriana Carvalhal (ICMBio) | 10.000.000,00 | Sandra Ribeiro (IEMA/ES), Simone Oigman (BrBio), Claudio Sampaio (UFAL), Francisco Barros (UFBA), Fernando Galheigo (IBAMA), Marius Belluci (ICMBio Costa dos Corais), Luciana Salgueiro (BIOTA), Laila Rehim (Chevron), Jane Mauro (Petrobras), Rubens Lopes (IO- USP), Ricardo Coutinho (IEAPM), Igor Cruz (UFBA), Kelen Leite (ICMBio), Marcelo Soares (UFC- Labomar), Edson Faria (BRBio), Adriana Gomes (ICMBio Tamoios), Pedro Henrique Pereira (Projeto Conservação Recifal -PE), Marcelo Mantelatto | | Costa brasileira |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 5

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|--|---|--|------------------|------------------|----------------------------|----------------------|--|------------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 5.1 | Definir áreas prioritárias para ações de erradicação | Critérios definidos e mapa elaborado | Direcionamento de ações de erradicação para as áreas definidas | Ano 01 mês 01 | Ano 01 mês 06 | Marcelo Mantelatto (UERJ) | R\$ 150.000,00 | Edson Faria Júnior (BrBio), Joel Creed (UERJ), Lélis Antônio Carlos Júnior (UFRJ), Marcelo Kitahara (UNIFESP), Ricardo Miranda (UFBA), Marcelo Soares (UFC- Labomar), Lane Tardin (Estaleiro Jurong), Rafael Magris (ICMBIO), Mauricio Leme (Petrobras), Gilson Coelho (ABESPETRO), Ricardo Coutinho (IEAPM), Rubens Lopes (IO-USP), Francisco Barros (UFBA), Igor Cruz (UFBA), Bárbara Segal (UFSC), Adriana Carvalhal (ICMBio), Sandra Ribeiro (IEMA/ES) | | |
| 5.2 | Estabelecer uma sub-rede de colaboradores com a indústria do mergulho para erradicação de coral-sol em ambientes naturais (exceto vetores) | Sub-Rede de colaboradores e Plano estruturante para mergulhadores | Contribuição para erradicação das populações | Ano 01 mês 01 | Ano 03 mês 12 | Edson Faria Júnior (BrBio) | R\$ 150.000,00 | Adriana Gomes (ICMBIO), Kelen Leite (ICMBIO), Paulo Faria (ICMBIO), Adriana Carvalhal (ICMBIO), Paulo Bertuol (Stinapa), Alberto Lindner (UFSC), Simone Oigman (BrBio), Sandra Ribeiro (IEMA/ES), Marcelo Soares (UFC- LABOMAR), Cláudio Sampaio (UFAL), José Eduardo Gonçalves (IEAPM), Ana Marcela Bergamasco (PETROBRAS) | Costa Brasileira | Costa Brasileira |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 5

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|--|--|--|------------------|------------------|------------------------|----------------------|--|--|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 5.3 | Estabelecer uma sub-rede de colaboradores com a comunidade local para erradicação de populações em áreas com ocorrência de coral-sol em ambientes naturais | Sub-Rede de colaboradores e Plano estruturante para comunidade local | Consolidação da sub-rede para ações de erradicação | Ano 01 mês 01 | Ano 03 mês 12 | Zé Pescador (Pró-mar) | R\$ 50.000,00 | Francisco Joeliton (IBAMA), Cristiano Parente (PETROBRAS), Camila Meireles (BrBio), Ricardo Miranda (UFBA), Sandra Ribeiro (IEMA ES) | Baia de Todos os Santos e de Ilha Grande | Costa Brasileira |
| 5.4 | Propor a criação de grupo especializado para erradicar as populações de coral-sol pequenas, isoladas ou em estágio inicial em áreas prioritárias | Relatório com análise de viabilidade e proposta | Criação de grupo especializado | Ano 01 mês 12 | Ano 02 mês 06 | Raquel Sabaini (Ibama) | R\$ 20.000,00 | Edson Faria Júnior (BrBio), Carlos Targino (MMA), Rafael Magris (ICMBio), Fernanda Pirillo (IBAMA), Tainah Guimarães (ICMBIO), Marília Marini (MMA), Adriana Carvalhal (ICMBio), Sandra Ribeiro (IEMA ES), Marcelo Mantelatto (UERJ) | | |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 5

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|--|-------------------------|---|------------------|------------------|---------------------------|----------------------|---|----------------------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 5.5 | Estabelecer diretrizes para medidas de erradicação incluindo os métodos que podem ser utilizados | Manual de Boas Práticas | Orientações para medidas de erradicação | Ano 01 mês 01 | Ano 01 mês 12 | Marcelo Mantelatto (UERJ) | R\$ 150.000,00 | Edson Faria Júnior (BrBio), Joel Creed (UERJ), Lelis Antônio Carlos Júnior (UFRJ), Marcelo Kitahara (UNIFESP), Ricardo Miranda (UFBA), Marcelo Soares (UFC- LABORAR), Lane Tardin (Estaleiro Jurong), Rafael Magris (ICMBIO), Mauricio Leme (Petrobras), Savio Martins (Vale), Gilson Coelho (ABES-PETRO), Claudio Sampaio (UFAL), Nilton Filho (MPF), Kelen Leite (ICMBIO), Ivan Teixeira (IBAMA), Ricardo Coutinho (IEAPM), Eduardo Nicolosi (PETROBRAS), Bárbara Segal (UFSC), Adriana Carvalhal (ICMBio), Fernando Galheigo (IBAMA), Sandra Ribeiro (IEMA/ES) | | |
| 5.6 | Implementar e fortalecer ações para erradicar populações de coral-sol nas áreas prioritárias com monitoramento da sua eficácia | Relatórios anuais | Ausência de populações localmente | Ano 01 mês 01 | Contínuo | Raquel Sabaini (Ibama) | R\$ 2.000.000,00 | Marcelo Mantelatto (UERJ), Adriana Gomes (ICMBio), Kelen Leite (ICMBio), Adriana Carvalhal (ICMBio), Marcelo Kitahara (Unifesp), Edson Faria Júnior (BrBio), Francisco Joeliton (Ibama), Ricardo Coutinho (IEAPM), Igor Cruz (UFBA), Bárbara Segal (UFSC), Sandra Ribeiro (Iema ES) | 5 localidades selecionadas | Costa Brasileira |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 5

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|--|----------------------|---|------------------|------------------|---------------------------|----------------------|---|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 5.7 | Elaborar diretrizes de erradicação e monitoramento do coral-sol no âmbito do licenciamento ambiental | Manual de diretrizes | Diretrizes no âmbito do licenciamento ambiental | Ano 01 mês 01 | Ano 02 mês 01 | Fernando Galheigo (Ibama) | 60.000,00 | Savio Martins (Vale), Carlos Targino (MMA), Teresa Cristina (Petrobras), Gilson Coelho (Abespetro), Carlos Henrique (IBP), Lane Tardin (Estaleiro Jurong), Luciana Salgueiro (Biota), Guilherme Rocha (SMA/SP), Sandra Ribeiro (Iema/ES), Jaqueline Gonçalves (Ibama), Bianca Parizotto (IMA/SC), Marius Belluci (ICMBIO), Bruno Graffino (Ibama), Claudia Salles (Ibram) | | |

OBJETIVO ESPECÍFICO 6

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|---|--------------------------------------|---|------------------|------------------|---------------------------|----------------------|---|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 6.1 | Definir áreas prioritárias para ações de controle | Critérios definidos e mapa elaborado | Direcionamento de ações de controle para as áreas definidas | Ano 01 mês 01 | Ano 01 mês 06 | Marcelo Mantelatto (UERJ) | R\$ 150.000,00 | Edson Faria Júnior (BrBio), Joel Creed (UERJ), Lélis Antonio Carlos Júnior (UFRJ), Marcelo Kitahara (Unifesp), Ricardo Miranda (UFBA), Marcelo Soares (UFC- Labomar), Lane Tardin (Estaleiro Jurong), Rafael Magris (ICMBio), Mauricio Leme (Petrobras), Gilson Coelho (Abespetro), Guilherme Rocha (SMA/SP), Jaqueline Gonçalves (Ibama), Sandra Ribeiro (Iema ES) | | |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 6

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|---|--|---|------------------|--------------------------------------|----------------------------|----------------------|---|--|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 6.2 | Estabelecer uma sub-rede de colaboradores com indústria do mergulho para controle de coral-sol em ambientes naturais (exceto vetores) | Rede de colaboradores e Plano estruturante para mergulhadores | Consolidação da rede para ações de controle | Ano 01 mês 01 | Ano 03 mês 12 Ano 02 mês 06 | Edson Faria Júnior (BrBio) | R\$ 150.000,00 | Adriana Gomes (ICMBio), Kelen Leite (ICMBio), Paulo Faria (ICMBio), Adriana Carvalhal (ICMBio), Paulo Bertuol (Stinapa), Alberto Lindner (UFSC), Bruno Masi (BrBio), Sandra Ribeiro (Iema ES), Ana Marcela Bergamasco (Petrobras) | Costa Brasileira | Costa Brasileira |
| 6.3 | Estabelecer uma sub-rede de colaboradores com a comunidade local para controle de populações em áreas com ocorrência de coral-sol em ambientes naturais | Rede de colaboradores e Plano estruturante para comunidade local | Consolidação da rede para ações de controle | Ano 01 mês 01 | Ano 03 mês 12 | Zé Pescador (Pró-mar) | R\$ 50.000,00 | Francisco Joeliton (Ibama), Cristiano Parente (Petrobras), Camila Meireles (BrBio) | Baia de Todos os Santos e de Ilha Grande | Costa Brasileira |
| 6.4 | Articular a criação de um mecanismo financeiro para ações de prevenção, erradicação, controle e monitoramento do coral-sol | Proposta de criação ou adoção de mecanismo financeiro | Recurso garantido para ações | Ano 01 mês 01 | Ano 01 mês 12 | Ugo Eichler Vercillo (MMA) | R\$ 0,00 | Henrique Anatole (MMA), Carlos Henrique (IBP), Nilton Filho (MPF), Yalmo Correa (Ibama), Elisa Romano (CNI), Joeliton Bezerra (Ibama), Marcela Davanso (Ibama), João Pessoa (Ibama), Igor Cruz (UFBA), Kelen Leite (ICMBio) | | |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 6

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|---|-------------------------|--------------------------------------|------------------|------------------|---------------------------|----------------------|---|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 6.5 | Estabelecer diretrizes para medidas de controle incluindo os métodos que podem ser utilizados | Manual de Boas Práticas | Orientações para medidas de controle | Ano 01 mês 01 | Ano 01 mês 12 | Marcelo Mantelatto (UERJ) | R\$ 150.000,00 | Edson Faria Júnior (BrBio), Joel Creed (UERJ), Lélis Antônio Carlos Júnior (UFRJ), Marcelo Kitahara (Unifesp), Ricardo Miranda (UFBA), Marcelo Soares (UFC-Labomar), Lane Tardin (Estaleiro Jurong), Rafael Magris (ICMBio), Mauricio Leme (Petrobras), Savio Martins (Vale), Gilson Coelho (Abespetro), Jaqueline Gonçalves (Ibama), Eduardo Nicolosi (Petrobras), Bárbara Segal (UFSC), Rubens M. Lopes (IO-USP), Fernando Corleto (Iema) | | |
| 6.6 | Implementar e fortalecer ações de controle das populações de coral-sol nas áreas prioritárias com monitoramento da sua eficácia | Relatórios anuais | Populações controladas localmente | Ano 01 mês 01 | Contínuo | Joeliton Bezerra (Ibama) | R\$ 15.000.000,00 | Marcelo Mantelatto (UERJ), Adriana Gomes (ICMBio), Kelen Leite (ICMBio), Adriana Carvalhal (ICMBio), Marcelo Kitahara (Unifesp), Edson Faria Júnior (BrBio), Raquel Sabaini (Ibama), Ivan Teixeira (Ibama), Sandra Ribeiro (Iema ES) | | |
| 6.7 | Elaborar estratégias para destinação do coral-sol removido | Plano estratégico | Destinação adequada | Ano 02 mês 06 | Ano 02 mês 12 | Simone Oigman (BrBio) | 150.000,00 | Zé Pescador (Pró-mar), Adriano (Petrobras), Fernando Galheigo (Ibama), Joeliton Bezerra (Ibama), Joel Creed (UERJ) | | |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 6

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|---|----------------------|---|------------------|------------------|---------------------------|----------------------|--|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 6.8 | Elaborar diretrizes de controle e monitoramento do coral-sol no âmbito do licenciamento ambiental | Manual de diretrizes | Diretrizes no âmbito do licenciamento ambiental | Ano 01 mês 01 | Ano 02 mês 01 | Fernando Galheigo (Ibama) | 60.000,00 | Savio Martins (Vale), Carlos Targino (MMA), Teresa Cristina (PETROBRAS), Gilson Coelho (Abespetro), Carlos Henrique (IBP), Lane Tardin (Estaleiro Jurong), Luciana Salgueiro (Biota), Guilherme Rocha (SMA/SP), Sandra Ribeiro (IEMA/ES), Jaqueline Gonçalves (Ibama), Bianca Parizotto (IMA/SC), Marius Belluci (ICMBIO), Bruno Graffino (Ibama), Claudia Salles (Ibama), Fernando Corleto (Iema) | | |
| 6.9 | Elaborar protocolo de controle do coral-sol para unidades de conservação | Protocolo elaborado | Embasamento técnico para controle do coral-sol para unidades de conservação | Ano 01 mês 01 | Ano 01 mês 12 | Rafael Magris (ICMBio) | 100.000,00 | Adriana Gomes (ICMBio), Kelen Leite (ICMBio), Adriana Carvalhal (ICMBio), Thayna Mello (ICMBio), Mauricio Leme (Petrobras), Guilherme Rocha (SMA/SP), Aristides Neto (ICMBio), Sandra Ribeiro (Iema/ES), Bianca Parizotto (IMA/SC), Marcelo Mantelatto (UERJ), Bárbara Segal (UFSC) | | |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 7

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|--|--------------------------|---|----------------|----------------|------------------|----------------------|--|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 7.1 | Estabelecer diretrizes para o monitoramento (impacto e eficiência de manejo) e registro da ocorrência do coral-sol | Documento com diretrizes | Sugestão de critérios para delineamento amostral e parâmetros monitorados | Ano 1 mês 1 | Ano 1 mês 6 | Igor Cruz (UFBA) | R\$ 5.000,00 | Ricardo Coutinho (IEAPM), Joel Creed (UERJ), Ruy Kikuchi (UFBA), Clóvis Castro (MNRJ), Marcelo Kitahara (Unifesp), Francisco Barros (UFBA), Maurício Leme (Petrobras), Marcelo Soares (UFC-Labomar) Pedro Henrique Cipresso Pereira (Projeto Conservação Recifal -PE), Ricardo Miranda (UFBA), Simone Oigman (BrBio), Bárbara Segal (UFSC), Sérgio Bonecker (UFRJ) | Nacional | |
| 7.2 | Fomentar a aplicação das diretrizes no monitoramento da ocorrência do coral-sol em áreas prioritárias não contaminadas | Diretrizes aplicadas | Monitoramento implementado | Ano 2 mês 1 | Contínuo | Igor Cruz (UFBA) | R\$ 5.000.000,00 | Andrea Junqueira (UFRJ), Francisco Barros (UFBA), Paulo Horta (UFSC), Alexander Turra (USP), Mauricio Leme (Petrobras), Adriana Gomes (ICMBio), Lussandra Brandão (Vale), Beatriz Fleury (UERJ), Laila Rehim (Chevron), Sandra Ribeiro (IEMA-ES), Jacqueline Gonçalves (Ibama), Aristides Neto (ICMBio), Marius Belluci (ICMBio Costa dos Corais), Bárbara Segal (UFSC), Sérgio Bonecker (UFRJ), Rubens M. Lopes (IO-USP), Pedro Henrique Cipresso Pereira (Projeto Conservação Recifal -PE), Ricardo Miranda (UFBA) | Nacional | |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 8

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|---|---|--------------------------------------|----------------|----------|-------------------------------------|----------------------|--|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 8.1 | Induzir pesquisas aplicadas ao manejo e controle do coral-sol | Publicações científicas e outros documentos para divulgação | Subsídios para o manejo do coral-sol | Ano 1 mês 3 | Contínuo | Eduardo Barcelos Platte (Petrobras) | R\$ 3.000.000,00 | Sergio Bonecker (UFRJ), Ricardo Coutinho (IEAPM), Elizabeth Neves (UFBA), Rodrigo Jonhson (UFBA), Ruy Kikuchi (UFBA), Marcelo Soares (UFC-Labomar), Igor Cruz (UFBA), Simone Oigman (BrBio), Francisco Barros (UFBA), Marcelo Kitahara (Unifesp), Marcelo Mantelatto (UERJ), Beatriz Fleury (UERJ), Damian Mizrahi (USP), Ricardo Miranda (UFBA), Edson Faria Junior (BRBio), Cláudio Sampaio (UFAL), Barbara Segal (UFSC), Paulo Horta (UFSC), Katia Capel (UFRJ), Marília Marini (MMA) | Nacional | |
| 8.2 | Induzir editais públicos e privados de pesquisa que visam o controle, contenção e redução das populações de coral-sol | Editais publicados | Projetos contratados | Ano 1 mês 1 | Contínuo | Felipe Santos (MCTIC) | R\$ 50.000,00 | Nilton Filho (MPF), Jane Mauro (Petrobras), Tainah Guimarães (ICMBio), Francisco Joeliton Bezerra (Ibama), Carlos Targino (MMA), Renato Sampaio (MME), Francisco Barros (UFBA), Laila Rehim (Chevron), Sávio Martins (Vale), Cristina (Enseada), Lani Tardin (Estaleiro Jurong), Alisson (Brasfels), Fernando Galheigo (Ibama) | Nacional | |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 8

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|--|---|--|----------------|----------------|-------------------------|----------------------|--|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 8.3 | Desenvolver tecnologias de prevenção, remoção e eliminação de bioincrustação, com foco em coral-sol, em substratos artificiais | Publicações técnicas de livre acesso | Tecnologias custo-efetivas, aplicáveis e seguras do ponto de vista ambiental, operacional e da vida humana desenvolvidas | Ano 1 mês 3 | Contínuo | Jane Mauro (Petrobras) | R\$ 10.000.000,00 | Laila Rehim (Chevron), Sávio Martins (Vale), Cristina (Enseada), Lani Tardin (Estaleiro Jurong), Alisson (Brasfels), Gilson Coelho (Abespetro), (ANP), Anídio Correia (Statoil), Ana (Repsol), Marcelo (Shell), Eduardo Nicolosi (Petrobras), Carlos Henrique (IBP), Fernando Galheigo (Ibama), Rubens M. Lopes (IO-USP), Joel Creed (UERJ), Marcelo Mantelatto (UERJ) | Nacional | |
| 8.4 | Testar a eficácia do método de remoção manual em escala nacional | Relatório final do experimento e/ou publicação científica submetida | Identificar se o método é eficaz para o manejo em diferentes regiões do Brasil | Ano 3 mês 1 | Ano 5 mês 6 | Francisco Barros (UFBA) | R\$ 2.000.000,00 | Igor Cruz (UFBA), Marcelo Soares (UFC-Labomar), Ricardo Coutinho (IEAPM), Ricardo Miranda (UFBA), Marcelo Mantelatto (UERJ), Nathália Bastos (UFF – IEAPM), Edson Faria Junior (BRBio), Adriana Carvalhal (ICMBio), Simone Oigman (BrBio), Eliane Omena (BrBio), Bruno Masi (UERJ), Sérgio Bonecker (UFRJ), Bárbara Segal (UFSC) | | |

(Continua)

| | | | | | | | | | |
|-----|---|--------------------------------------|--|----------------|----------|-----------------------|---------------------|--|----------|
| 8.5 | Desenvolver tecnologias de prevenção, remoção e eliminação de bioincrustação, com foco em coral-sol, em substratos naturais | Publicações técnicas de livre acesso | Tecnologias custo efetivas, aplicáveis e seguras do ponto de vista ambiental, operacional e da vida humana desenvolvidas | Ano 3 mês 1 | Contínuo | Simone Oigman (BRBio) | R\$ 5.000.000,00 | Igor Cruz (UFBA), Marcelo Soares (UFC- Labomar), Ricardo Coutinho (IEAPM), Joel Creed (UERJ), Ricardo Miranda (UFBA), Marcelo Mantellato (UERJ), Nathália Bastos (UFF – IEAPM), Edson Faria Junior (BRBio), Adriana Carvalhal (ICMBio), Claudio Sampaio (UFAL), Rubens M. Lopes (IO-USP) | Nacional |
|-----|---|--------------------------------------|--|----------------|----------|-----------------------|---------------------|--|----------|

| | | | | | | | | | |
|-----|--|--|---|----------------|----------|-----------------------|---------------------|---|----------|
| 8.6 | Produzir Pesquisa, Inovação e Desenvolvimento (PID) para novos usos e aplicações dos resíduos do coral-sol | Relatório e publicações técnicas e científicas | Novos usos e aplicações para os resíduos do coral-sol | Ano 1 mês 1 | Contínuo | Simone Oigman (BRBio) | R\$ 5.000.000,00 | Claudia Salles (Ibram), Joel Creed (UERJ), Fernando (Petrobras) | Nacional |
|-----|--|--|---|----------------|----------|-----------------------|---------------------|---|----------|

OBJETIVO ESPECÍFICO 9

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|---|--------------------------|--|----------------|----------|------------------------------|----------------------|---|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 9.1 | Promover workshops de ações de monitoramento e manejo dentro de eventos científicos | Relatórios dos workshops | Apresentações e trocas de experiências no tema | Ano 1 mês 1 | Contínuo | Marcelo Soares (UFC-Labomar) | R\$ 0,00 | Francisco Barros (UFBA), Igor Cruz (UFBA), Ricardo Coutinho (IEAPM), Paulo Horta (UFSC), Joel Creed (UERJ), Pedro Henrique Cipresso Pereira (Projeto Conservação Recifal -PE), Francisco Joeliton (IBAMA), Bárbara Segal (UFSC) | Nacional | |

(Continua)

| | | | | | | | | | | |
|-----|--|---|--|----------------|----------------|-------------------------|----------------|--|---|----------|
| 9.2 | Organizar seminários com foco em estudantes de pós-graduação na temática do coral-sol | Anais dos seminários | Apresentações e trocas de experiências no tema e incentivo a formação de novos pesquisadores no tema | Ano 2 mês 1 | Ano 4 mês 1 | Francisco Barros (UFBA) | R\$ 150.000,00 | Marcelo Soares (UFC- Labomar), Joel Creed (UERJ), Igor Cruz (UFBA), Ricardo Coutinho (IEAPM), Bárbara Segal (UFSC), | Nacional | |
| 9.3 | Promover <i>webinars</i> com especialistas internacionais em bioinvasão por bioincrustação | Acervo de vídeo e/ou apresentações em PDF | Apresentações e trocas de experiências no tema | Ano 3 mês 1 | Ano 5 mês 1 | Jane Mauro (Petrobras) | R\$ 0,00 | Ricardo Coutinho (IEAPM), Felipe Santos (MCTIC), Andrea Junqueira (UFRJ), Lucas Perillo (Bocaina Biologia da Conservação), Joel Creed (UERJ) | Nacional | |
| 9.4 | Realizar cursos de capacitação para identificação precoce e manejo para pescadores, mergulhadores e comunidades locais | Cursos realizados | Capacitação de manejadores e comunidades locais | Ano 2 mês 1 | Contínuo | Camila Meireles (BRBio) | R\$ 300.000,00 | Zé Pescador (Pró-Mar), Carlos Vital (IBP), Kelen Leite (ICMBio), Marcela Davanso (Ibama), Pedro Henrique Cipresso Pereira (Projeto Conservação Recifal -PE), Ana Marcela Bergamasco (Petrobras), Gilberto Carvalho (Petrobras) | Em 05 localidades onde ocorre o coral-sol | Nacional |

(Continua)

OBJETIVO ESPECÍFICO 9

| Nº | Ação | Produto | Resultados esperados | Período | | Articulador | Custo estimado (R\$) | Colaboradores | Localização | |
|-----|--|--|--|----------------|----------|---------------------------|----------------------|--------------------------|-------------|--------------------|
| | | | | Início | Fim | | | | Localidades | Área de relevância |
| 9.5 | Induzir edital de bolsas de pós-graduação para temática do coral-sol, preferencialmente aplicado à prevenção e manejo | Editais publicados | Formação de profissionais com qualificação | Ano 2 mês 1 | Contínuo | Felipe Santos (MCTIC) | 0,00 | Siddartha Costa (MCTIC) | Nacional | |
| 9.6 | Articular com sociedades classificadoras e entidades certificadoras credenciadas pela autoridade marítima e autoridade portuária para capacitar sobre a identificação do coral-sol | Atas de reunião para viabilização dos cursos e cursos realizados | Público capacitado | Ano 1 mês 3 | Contínuo | Fernando Galheigo (Ibama) | 150.000,00 | Marcos Zinezzi (Marinha) | Nacional | Nacional |

(Continua)

| | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---|--------------------|----------------|----------|-----------------------|------------|--|----------|
| 9.7 | Capacitar membros do poder judiciário e do Ministério Público sobre a temática do coral-sol | Material elaborado e divulgado publicamente e cursos realizados e manual de atuação | Público capacitado | Ano 1 mês 4 | Contínuo | Nilton Filho (MPF) | 0,00 | Raquel Sabaini (Ibama), Andrea Junqueira (UERJ), Jane Mauro (Petrobras), Francisco Barros (UFBA), Sérgio Bonecker (UFRJ) | |
| 9.8 | Capacitar com formação continuada de membros do poder executivo (municípios, estados e União) sobre a temática do coral-sol | Material elaborado e divulgado publicamente e cursos realizados | Público capacitado | Ano 1 mês 1 | Contínuo | Simone Oigman (BrBio) | 500.000,00 | Tainah Guimarães (ICM-Bio), Jacqueline Gonçalves (Ibama), Luciana Salgueiro (Biota), Sandra Ribeiro (Iema- ES), Jane Mauro (Petrobras), Sérgio Bonecker (UFRJ) | Regional |
| (Conclusão) | | | | | | | | | |

Referências

ANDERSEN, M.C., ADAMS, H., HOPE, B., POWELL, M., 2004. Risk assessment for invasive species. **Risk analysis**, v. 24, n. 4, p.787-793, 2004.

AYRE, D.J., RESING, J.M. Sexual and asexual production of planulae in reef corals. **Marine Biology**, n. 90, p. 187-190, 1986.

BARTHOLO, D.L. **Distribuição, abundância e recrutamento de duas espécies de corais invasores (*Tubastraea coccinea* e *T. tagusensis*) na Baía da Ilha Grande, Brasil**. 2005. f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas Ecologia) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

BATISTA, D. et al. Distribution of the invasive orange cup orange cup coral *Tubastraea coccinea* Lesson, 1829 in an upwelling area in the South Atlantic Ocean fifteen years after its first record. **Aquatic Invasions**, v. 12, n. 1, p. 23-32, 2017.

BAX, N., CARLTON, J.T., MATHEWS-AMOS, A., HAEDRICH, R.L., HOWARTH, F.G., PURCELL, J. E., RIESER, A., GRAY, A., 2001. The control of biological invasions in the world's oceans. **Conservation Biology**, v. 15, n. 5, p.1.234-1.246, 2001.

BAX, N., WILLIAMSON, A., AGUERO, M. GONZALES, E., GEEVES, W. 2003. Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity. **Marine Policy**, v. 27, n. 4, p.313-323, 2003.

BLACKBURN, T. M.; PYSEK, P.; BACHER, S.; CARLTON, J. T.; DUNCAN, R. P.; JAROSÍK, V. 2011. A proposed unified framework for biological invasions. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 26, n. 7, p.333-339, 2011.

BERTNESS, M. D., GAINES, S. D., & HAY, M. E. (Ed.). **Marine community ecology**. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, 2001. 550p.

BIRKELAND, C. **Life and death of coral reefs**. New York: Chapman and Hall, 1997.

BOSCHMA, H. On specimens of the coral genus *Tubastrea*, with notes on phenomena of fission. **Stud. Fauna Curaçao Caribbean Islands**, n. 4, p.109-119, 1953.

BROOK, F.J. The coastal scleractinian coral fauna of the Kermadec Islands, southwestern Pacific Ocean, **Journal of the Royal Society of New Zealand**, v. 29, n. 4, p. 435- 460, 1999.

- CAIRNS, S. D. Scleractinia of the temperate North Pacific. **Smithsonian Contributions Zoology**, v. 557, p.1-150, 1994.
- CAIRNS, S.D. A revision of the shallow-water azooxanthellate Scleractinia of the Western Atlantic. **Stud. Nat. Hist. Caribb.**, v. 75, p. 1-240, 2000.
- CAIRNS, S.D. The *Azooxanthellate Scleractinia* (Coelenterata: Anthozoa) of Australia. **Records of the Australian Museum**, v. 56, p.259-329, 2004.
- CAPEL, K.C.C. **Scleractinia (Cnidaria: Anthozoa) da Reserva Biológica Marinha do Arvoredo (SC), com ênfase na estrutura espaço-temporal da formação mais meridional de corais recifais no Oceano Atlântico**. 2012. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Centro de Ciências Biomédicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina.
- CAPEL, K.C.C., MIGOTTO, A.E., ZILBERBERG, C., KITAHARA, M.V. 2014. Another tool towards invasion? Polyp “bail-out” in *Tubastrea coccinea*. **Coral Reefs**, v. 33, p.1165-1165, 2014.
- CAPEL et al. Hitchhiking in the sea: evidence of vectors transporting the invasive coral species *Tubastraea coccinea* and *T. tagusensis* in the southwestern atlantic ocean. In: **INTERNATIONAL CORAL REEF SIMPOSIUM**, 13 th., Honolulu, Hawaii, 19-24 June, 2016.
- CAPEL, K. C. C., MIGOTTO, A. E., ZILBERBERG, C., LIN, M. F., FORSMAN, Z., MILLER, D. J., KITAHARA, M. V. Complete mitochondrial genome sequences of Atlantic representatives of the invasive Pacific coral species *Tubastraea coccinea* and *T. tagusensis* (Scleractinia, Dendrophylliidae): Implications for species identification. **Gene**, v. 590, n. 2, p.1016, May, 2016a.
- CARPENTER, K.E., HARRISON, P.L., HODGSON, G., ALSAFFAR, A.H., ALHAZEEM, S.H. **The corals and coral reef fishes of Kuwait**. Kuwait Institute for Scientific Research, Environment Public Authority, Safat, 1997, 166 p.
- 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**, v. 103, p.115-124, 2015.
- CARLTON, J.T. Biological invasions and cryptogenic species. **Ecology**, v. 77, n. 6, p. 1653-

1655, 1996.

CARLTON, J.T. **Introduced Species in US Coastal Waters: Environmental Impacts and management priorities.** Arlington, Virginia, USA: Pew Oceans Commission, 2001, 28p.

CASTELLO-BRANCO, C.G.O.; MENEGOLA, C.M.; LORDERS, F.L.; CREED, J. Avaliação experimental de esponjas associadas às populações do coral invasor *Tubastraea tagusensis* na Baía de Ilha Grande, RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 30., **Resumos**, Porto Alegre, 2014, p. 117.

CASTILLA, J. C.; LAGOS, N. A.; CERDA, M. Marine ecosystem engineering: effects of the alien ascidian *Pyura praeputialis* upon species richness, distribution and spatial turnover in the mid-intertidal rocky shores of northern Chile. **Marine Ecology Progress Series**, v. 268, p.119-130, 2004.

CASTRO, C. B.; PIRES, D. O. Brazilian coral reefs: what we already know and what is still missing. **Bulletin of Marine Science**, v. 69, n. 2, p.357-371, 2001.

CHAPMAN, P. Benefits of Invasive Species. **Marine Pollution Bulletin**, v. 107, p. 1-2, 2016.

CHRISTMAS J, EADES R, CINCOTTA D, SHIELS A, MILLER R, SIEMIEN J, SINNOTT T, FULLER P. History, management, and status of introduced fishes in the Chesapeake Bay basin. In: THERRES, G.D. (Ed.). **Conservation of biological diversity: a key to the restoration of the Chesapeake Bay ecosystem and beyond** (Conference proceedings, May 10-13, 1998). Annapolis, Md: Maryland Department of Natural Resource, 2001. p.97-116.

COLAUTTI, R.I., MACISAAC, H.J. A neutral terminology to define 'invasive' species. **Diversity and Distributions**, v. 10, p.135-141, 2004.

COMMONWEALTH OF AUSTRALIA. **Australian Emergency Marine Pest Plan (EMPPPlan). Rapid Response Manual.** Generic manual. Version 1.0. (2015).

CONCEPCION, G.T.; KAHNG, S.E.; CREPEAU, M.W.; FRANKLIN, E.C.; COLES, S.L.; TOONEN, R.J. Resolving natural ranges and marine invasions in a globally distributed octocoral (genus *Carijoa*). **Mar. Ecol. Prog. Ser.** 401, p.113-127, 2010.

COSTA, T.J.F.; PINHEIRO, H.T.; TEIXEIRA, J.B.; MAZZEI, E.F.; BUENO, L.; HORA, M.S.C.; JOYEUX, J.-C.; CARVALHO-FILHO, A.; AMADO-FILHO, G.; SAMPAIO, C.L.S.; ROCHA, L.A. Expansion of an invasive coral species over Abrolhos Bank, Southwestern Atlantic. **Marine**

Pollution Bulletin, v. 85, p.252-253, 2014.

COUTINHO, R. et al. Avaliação crítica das bioinvasões por bioincrustação. **Ressurgência**, nº 7, 2013.

CREED, J.C. Two invasive alien azooxanthellate corals, *Tubastraea coccinea* and *T. Tagusensis*, dominate the native zooxanthellate *Mussimilia hispida* in Brazil. **Coral Reefs**, v. 25, n. 3, p.350-350, 2006.

CREED, J.C., DE PAULA, A.F. Substratum preference during recruitment of two invasive alien corals onto shallow-subtidal tropical rocky shores. **Marine Ecology Progress Series**, v. 330, p.101-111, 2007.

CREED, J. C.; OLIVEIRA, A. E. S.; DE PAULA, A. F. Cnidaria, Scleractinia, *Tubastraea coccinea* Lesson, 1829 and *Tubastraea tagusensis* Wells, 1982: distribution extension. **Check List**, v. 4, n. 3, p. 297-300, 2008.

CREED, J.C.; Oigman-Pszczol S.S. **Informe nacional sobre a bioinvasão e manejo do coral-sol no Brasil, 2011**. Projeto Coral-Sol. Instituto Biodiversidade Marinha, 13p.

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 *Tubastraea* (Scleractinia: Dendrophylliidea) throughout the world: history, pathways and vectors. **Biol Invasions**, September, 2016.

CROOKS, J. A. Characterizing ecosystem-level consequences of biological invasions: the role of ecosystem engineers. **Oikos**, v. 97, p.153-166, 2002.

DA SILVA, A. G. et al. Eleven years of range expansion of two invasive corals (*Tubastraea coccinea* and *Tubastraea tagusensis*) through the southwest Atlantic (Brazil). **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 141, p. 9-16, 2014.

DE PAULA, A. F. **Biologia reprodutiva, crescimento e competição dos corais invasores *Tubastraea coccinea* e *Tubastraea tagusensis* (Scleractinia: Dendrophylliidae) com espécies nativas**. 2007. 107 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas - Zoologia) - Museu Nacional, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

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, p.175-

183, 2004.

DE PAULA, A.F.; CREED, J.C. Spatial distribution and abundance of nonindigenous coral genus *Tubastraea* (Cnidaria, Scleractinia) around Ilha Grande, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 65, n. 4, p.661-673, 2005.

DE PAULA, A.F.; PIRES, D.O.; CREED, J.C. Reproductive strategies of two invasive sun corals (*Tubastraea* spp.) in the southwestern Atlantic. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 94, 03, p.481-494, 2014.

DE POORTER, M.; DARBY, C.; MACKAY, J. **Marine Menace - Alien invasive species in the marine environment**. IUCN, 2009.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture**. Part 1: World Review of Fisheries and Aquaculture. Rome: FAO, 2006.

FENNER, D. New observations on the stony coral (Scleractinia, Milleporidae, and Stylasteridae) species of Belize (Central America) and Cozumel (Mexico). **Bulletin of Marine Science**, v. 64, p.143-154, 1999.

FENNER, D. Biogeography of three Caribbean corals (Scleractinia) and the invasion of *Tubastraea coccinea* into the Gulf of Mexico. **Bulletin of Marine Science**, v. 69, n. 3, p.1175-1189, 2001.

FENNER D.; BANKS, K. Orange cup coral *Tubastraea coccinea* invades Florida and the Flower Garden Banks, northwestern Gulf of Mexico. **Coral Reefs**, v. 23, p.505-507, 2004.

FERREIRA, C.E.L. Non-indigenous corals at marginal sites. **Coral Reefs**, v. 22, n. 4, p.498-498, 2003.

FERREIRA, C. E. L.; GONÇALVES, J. E. A.; COUTINHO, R. Cascos de navios e plataformas como vetores na introdução de espécies exóticas. In: SILVA, J. S.; FERREIRA, C.E.L.; GONÇALVES, J.E.A.; COUTINHO, R. Ship hulls and oil platforms as potential vectors to marine species introduction. **Journal of Coastal Research**, n. 39, p.1.341-1.346, 2006.

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, e103709, 2014.

GLYNN, P.W.; COLLEY, S.B.; MATE, J.L.; CORTES, J.; GUZMAN, H.H.M.; BAILEY, R.L.; FEINGOLD, J.S.; ENOCHS, I.C. Reproductive ecology of azooxanthellate coral *Tubastraea coccinea* in equatorial eastern pacific: Part V. Dendrophylliidae. **Marine Biology**, v. 153, p.529-524, 2008.

GLYNN, P.; WEERDT, W. Elimination of two reef-building hydrocorals following the 1982-83 El Nino warming event. **Science**, Washington, n. 253, p.69-71, 1991.

GOMES, A.N.; BARROS, G.M.; POMPEI, C. Monitoramento extensivo e manejo do coral-sol *Tubastraea* spp. (Cnidaria, Anthozoa) na Estação Ecológica de Tamoios, RJ, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, 8., Curitiba, 21 a 25 de setembro de 2015. Anais..., 2015, p.1-7.

GUIMARÃES, D.S.D. **Malacofauna associada ao coral bioinvasor *Tubastraea tagusensis* Wells, 1982 (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. 92 p. Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclu_sao.jsf?popup=true&id_trabalho=4060955>. Acesso em.....

HENNESSEY, S.M.; SAMMARCO, P.W. Competition for space in two invasive Indo-Pacific corals – *Tubastraea micranthus* and *Tubastraea coccinea*: Laboratory experimentation. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 459, p. 144-150, 2014.

HEWITT, C.; GOLLASCH, S.; MINCHIN, D. 2009. The vessel as a vector – biofouling, ballast water and sediments. In: RIVOV, G.; CROOKS, J. (Ed.). **Biological Invasions in Marine Ecosystems**. Berlin, Heidelberg: Springer, 2009. p.117-131.

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**, v. 47, p.163-164, 2017.

HOLLAND, B.S. Genetics of marine bioinvasions. **Hydrobiologia**, v.420, p.63-71, 2000.

HEYWOOD, V.H. Patterns, extents and modes invasions by terrestrial plants. In: **DRAKE, J. A.; MOONEY, H. A.; DI CASTRI, F.; GROVES, R. H.; KRUGER, E. J.; REJMÁNEK, M.; WILLIAMSON, M. (Ed.). Biological invasions**. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1996.

HEWITT, C.L.; CAMPBELL, M.L. Mechanisms for the prevention of marine bioinvasions for

better biosecurity. **Marine Pollution Bulletin**, v. 55, n. 7, p.395-401, 2007.

HEWITT, C. L. Efficacy of physical removal of a marine pest: the introduced kelp *Undaria pinnatifida* in a Tasmanian marine reserve. **Biological Invasions**, 7, p.251- 263, 2005.

HUXEL, G. R. Rapid displacement of native species by invasive species: effects of hybridization. **Biological Conservation**, v. 89, n. 2, p.143-152, 1999.

IPIECA/OGP. Alien invasive species and the oil and gas industry: guidance for prevention and management. **Producer Report**, n. 436, London, 2010.

IUCN – International Union for Conservation of Nature. **The World Conservation Union IUCN**. Disponível em <<http://www.iucn.org>>. Acesso em 15 fev. 2006.

LAFFERTY, K.D.; KURIS, A.M. Biological control of marine pests. **Ecology**, v. 77, n.7, p.1989-2000, 1996.

LAGES, B.G.; FLEURY, B.G.; REZENDE, C.M.; PINTO, A.C.; CREED, J.C. Chemical composition and release in situ due to injury of the invasive coral *Tubastraea* (Cnidaria, Scleractinia). **Brazilian Journal of Oceanography**, São Paulo, v. 58, n. spe4, p.47-56, 2010.

LAGES, B. G. et al. Change in tropical rocky shore communities due to an alien coral invasion. **Marine Ecology-Progress Series**, v. 438, p. 85-96, 2011.

LAGES, B.G.; FLEURY, B.G.; REZENDE, C.M.; PINTO, A.C.; CREED, J.C. Proximity to competitors changes secondary metabolites of non-indigenous cup corals, *Tubastraea* ssp., in the southwest Atlantic. **Marine Biology**, v. 159, n. 7, p.1.551-1.559, 2012.

LECLAIR, L.; PLEUS, A.; SCHULTZ, J. **2007-2009 Biennial report: Invasive species tunicate response in the Puget Sound Region**. Washington: Department of Fish and Wildlife; Fish Program; Aquatic Invasive Species Unit, 2009.

LOPES, R.M. **Informe sobre as Espécies Exóticas Invasoras Marinhas no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Brasil, 2009. 439p. (**Biodiversidade 33**).

LODGE, D. M. 1993. Biological invasions: lessons for ecology. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 8, p. 133-137, 1993.

LOPES, R. M. (Ed.). **Informe sobre as Espécies Exóticas Invasoras Marinhas no Brasil**.

Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 439p.
Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf2008_dc_bio/_ebooks/marinho/>.
Acesso em....

LUZ, B.L.; CAPEL, K.C.; MIGOTTO, A.E.; ZILBERBERG, E.; KITAHARA, MV. 2016. Apolyp from nothing: the extreme regeneration capacity of the invasive sun corals *T. coccinea* and *T. tagusensis*. **INTERNATIONAL CORAL REEF SIMPOSIUM**, 13, Honolulu, Hawaii, 19-24 June. 2016, p.207.

MAIA, L.F.; FERREIRA, G.R.; COSTA, R.C.; LUCAS, N.C.; TEIXEIRA, R.I.; FLEURY, B.G.; EDWARDS, H.G.M.; OLIVEIRA, L.F. Raman spectroscopic study of antioxidant pigments from cup corals *Tubastraea* spp. **The Journal of Physical Chemistry A**, v. 118, n. 19, p.3.429-3.437, 2014a.

MANGELLI, T.S.; CREED, J.C. Análise comparativa da abundância do coral invasor *Tubastraea* spp.: (Cnidaria, Anthozoa) em substratos naturais e artificiais na Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brasil. **Série Zoologia**, v. 102, p.122-130, 2012.

MANTELATTO, M. C. et al. Range expansion of the invasive corals *Tubastraea coccinea* and *Tubastraea tagusensis* in the Southwest Atlantic. **Coral Reefs**, v. 30, n. 2, p. 397-397, 2011.

MANTELATTO, M. C. **Distribuição e abundância do coral invasor *Tubastraea* spp.** Dissertação (Mestrado) - Rio de Janeiro: Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2012.

MANTELATTO, M.C.; CREED, J.C. Non-indigenous sun corals invade mussel beds in Brazil. **Marine Biodiversity**, v. 45, n. 4, October 2014.

MANTELATTO, M.C.; PIRES, L.M.; OLIVEIRA, G.J.G; CREED, J.C. 2015. A test of the efficacy of wrapping to manage the invasive corals *Tubastrea tagusensis* and *T. coccinea*. **Management of Biological Invasions**, v. 6, p.367-374, 2015.

MARYMEGAN, D.; DAPHNE, G. F.; VALERIE, A. C.; Systematics of the Hexacorallia (Cnidaria: Anthozoa). **Zoological Journal of the Limnean Society**, V. 139, Issue 3, November 2003, p. 419-437, <https://doi.org/10.1046/j.1096-3642.2003.00084.x>

MEURER, B.C.; LAGES, N.S.; PEREIRA, O.A.; PALHANO, S.; MAGALHAES, G.M. First record of native species of sponge overgrowing invasive corals *Tubastrea coccinea* and *Tubastrea tagusensis* in Brazil. **Marine Biodiversity Records**, n. 3, p. 1-3, 2010.

MIRANDA, R.J. **Efeitos do coral invasor *Tubastraea tagusensis* sobre corais nativos competidores e sobre a estrutura das assembleias bentônicas de um recife de coral tropical do Atlântico.** Dissertação (mestrado) - Ecologia e Biomonitoramento, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

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

MIZRAHI, D. **Influência da temperatura e luminosidade na distribuição da espécie invasora *Tubastraea coccinea* na região de ressurgência de Arraial do Cabo/RJ.** Dissertação (Pós-Graduação em Ecologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008. p. 85.

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 (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto - USP. Área de concentração: Biologia Comparada. 159p. 2014.

MIZRAHI D, NAVARRETE S. A; FLORES A.A.V. 2014. Uneven abundance of the invasive sun coral over habitat patches of different orientation: an outcome of larval or later benthic processes? **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 452, p.22-30.

MIZRAHI, D.; NAVARRETE, S.; FLORES, A.V. Groups travel further: pelagic metamorphosis and polyp clustering allow higher dispersal potential in sun coral propagules. **Coral Reefs**, v. 33, p.443-448, 2014.

MUÑOZ, J.; MCDONALD, J. Potential Eradication and Control Methods for the Management of the Ascidian *Didemnum perlucidum* in Western Australia. **Fisheries Research Report**, n. 252, Department of Fisheries, Western Australia. 40p.

MIZRAHI et al. Possible interference competition involving established fish and a sun coral incursion. **Mar Biodiv**, Berlim, online, 2016. DOI 10.1007/s12526-016-0477-2.

MOONEY, H. A.; CLELAND, E. E. The Evolutionary Impact of Invasive Species. National Academy of Sciences Colloquium. **The Future of Evolution**, v. 98, n. 10, p.5.446-5.451, 2001.

MOREIRA, T.S.; CREED, J.C. Invasive, non-indigenous corals in a tropical rocky shore environment: no evidence for generalist predation. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 438, p. 7-13, 2012.

NICOLAU, A. L. Num outro mundo. **Revista da Petrobras**, n. 35, p.20-23, 1997.

OCAÑA, O.; DEN HARTOG, J.C.; BRITO, A.; MORO, L.; HERRERA, R.; MARTÍN, A.; RAMOS-ESPLÁ, A.; BALLESTEROS, E.; BACALLADO, J. J. 2015. A survey on Anthozoa and its habitats along the Northwest African coast and some islands: new records, descriptions of new taxa and biogeographical, ecological and taxonomical comments. Part I. **Rev. Acad. Canar. Cienc.**, v. 27, p.9-66, 2015.

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

OLENIN, S.; ELLIOTT, M.; BYSVEEN, I.; CULVERHOUSE, P.F.; DAUNYS, D.; DUBELAAR, G.B.; GOLLASCH, S.; GOULLETQUER, P.; JELMERT, A.; KANTOR, Y. Recommendations on methods for the detection and control of biological pollution in marine coastal waters. **Marine Pollution Bulletin**, v. 62, p. 2.598-2.604, 2011.

PAZ-GARCÍA D.A.; REYES-BONILLA H.; GONZALEZ-PERALTA A.; SANCHEZ-ALCANTARA I. Larval release from *Tubastraea coccinea* in the Gulf of California, Mexico. **Coral Reefs.**, v. 26, p. 433, 2007.

PETROBRAS. **Estudo sobre o coral-sol na Bacia Sergipe-Alagoas**. Anexo A – Projeto de Avaliação da Bioincrustação pelo Coral-sol nas instalações da Petrobras no Litoral de Sergipe. Outubro de 2016. 139p.

PIMENTEL, D.; ZUNIGA, R.; MORRISON, D. Update on the environment and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. **Ecological Economics**, v. 52, n. 3, p.273-288, 2005.

PLEUS, A.; LECLAIR, L.; SCHULTZ, J.; LAMBERT, G. **2007-09 Tunicate Management Plan**. Washington State Department of Fish and Wildlife. Aquatic Invasive Species Unit. In coordination with the tunicate response advisory committee February, 2008.

PRECHT, W.F.; HICKERSON, E.L.; SCHMAHL, G. P.; ARONSON, R.B. The invasive coral *Tubastrea coccinea* (Lesson, 1829): implications for natural habitats in the gulf of Mexico

and the Florida Keys. **Gulf of Mexico Science**, v. 1-2, p. 55-59, 2014.

RICHARDSON, D.M.; PYSEK, P.; REJMÁNEK, M.; BARBOUR, M.G.; PANETTA, F.D.; WEST, C.J. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. **Diversity and Distributions**, v. 6, p.93-107, 2000.

RICHARDSON, DAVID M.; REJMANEK, MARCEL. Trees and shrubs as invasive alien species—a global review. **Diversity and Distributions**, v. 17, n. 5, p. 788-809. 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.**, v. 480, p.73-81, 2013.

ROBINSON, G. Influence of the 1982–83 El Niño on Galápagos marine life. In: ROBINSON, G.; DEL PINO, E.M. (Ed.). **El Niño en las Islas Galápagos: el evento de 1982-1983**. Quito: Publication of the Charles Darwin Foundation for the Galápagos Islands, 1985.

ROSA, F.B.S. **Avaliação experimental do efeito dos corais invasores *Tubastraea coccinea* e *Tubastraea tagusensis* (Scleractinia: Dendrophilliidae) sobre a assembleia de moluscos de uma comunidade bentônica**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2015.

SAMMARCO, P. W.; ATCHISON, A. D.; BOLAND, G. S. Expansion of coral communities within the Northern Gulf of Mexico via offshore oil and gas platforms. **Marine Ecology Progress Series**, v. 280, p. 129-143, 2004.

SAMMARCO, P. W.; ATCHISON, A. D.; BRAZEAU D. A.; BOLAND G.S.; LIRETTE A. Expansion of scleractinian corals across the N. Gulf of Mexico: a bird's eye view of large-scale patterns and genetic affinities. **Proc Austral Mar Sci Assoc**, Melbourne (Abstract), 2007a.

SAMMARCO, P. W.; BRAZEAU, D. A.; ATCHISON, A. D.; BOLAND, G. S.; LIRETTE, A. **Coral distribution, abundance, and genetic affinities on oil/gas platforms in the N. Gulf of Mexico: a preliminary look at the Big Picture**. Proc US Dept. Interior Minerals Management Service Information Transfer Meeting Jan 2007, New Orleans, LA, 2007b.

SAMMARCO, P. W.; ATCHISON, A. D.; BRAZEAU, D. A.; BOLAND, G. S.; HARTLEY, S. B.; LIRETTE, A. Distribution, abundance, and genetics of corals throughout the N. Gulf of Mexico: the world's largest coral settlement experiment. In, INT. CORAL REEF SYMP, 11th, Fort Lauderdale, FL, July 2008. **Proceedings...Abstract**.

SAMMARCO, P. W.; PORTER, S. A.; CAIRNS, S. D. A new coral species introduced into the Atlantic Ocean - *Tubastraea micranthus* (Ehrenberg, 1834) (Cnidaria, Anthozoa, Scleractinia): An invasive threat? **Aquat Invasions**, v. 5: 131-140, 2010.

SAMMARCO, P. W.; ATCHISON, A. D.; BOLAND, G. S.; SINCLAIR, J.; LIRETTE, A. Geographic expansion of hermatypic and ahermatypic corals in the Gulf of Mexico, and implications for dispersal and recruitment. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 436-437, p. 36-49, 2012.

SAMMARCO, P. W. **Corals on oil and gas platforms near the Flower Garden Banks: population characteristics, recruitment, and genetic affinity**. New Orleans: U.S. Dept. of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Gulf of Mexico OCS Region, 2013.

SAMPAIO, C. L. S.; MIRANDA, R. J.; MAIA-NOGUEIRA, R.; NUNES, J. C. C. New occurrences of the nonindigenous Orange cup corals *Tubastrea coccinea* and *T. tagusensis* (Scleractinia: Dendrophylliidae) in Southwestern Atlantic. **Check List**, v. 8, p.528- 530, 2012.

SANTOS, L. A. H. DOS; RIBEIRO, F. V.; CREED, J. C. Antagonism between invasive pest corals *Tubastraea* spp. and the native reef-builder *Mussismilia hispida* in the southwest Atlantic. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 449, p. 69-76, nov. 2013.

SCHUHMANN, P. W.; CASEY, J. F.; HORROCKS, J. A.; OXENFORD, H. A. Recreational SCUBA divers' willingness to pay for marine biodiversity in Barbados. **Journal of Environmental Management** 121, p.29-36, 2013.

SILVA, A. G.; LIMA, R. P.; GOMES, A. N.; FLEURY, B. G.; CREED, J. C. Expansion of the invasive corals *Tubastraea coccinea* and *Tubastraea tagusensis* into the Tamoios Ecological Station Marine Protected Area, Brazil. **Aquat Invasions**, v. 6, n. 1, p. 105- S110, 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**, v. 14, p. 9-16, 2014.

SIMBERLOFF, D.; REJMÁNEK, M. **Encyclopedia of biological invasions**. California: University of California Press, 2011.

SIMBERLOFF, D.; VON HOLLE, B. Positive interactions of nonindigenous species: invasional

meltdown? **Biol. Invasions**, v. 1, p.21-32, 1999.

SIMONE, L. R. L.; GONÇALVES, E. P. Anatomical study on *Myoforceps aristatus*, an invasive boring bivalve in S.E Brazilian coast (Mytilidae). **Papéis avulsos de zoologia**, v. 46, n.6, p. 57-65, 2006.

THRESHER, R. E.; KURIS, A. M. Options for managing invasive marine species. **Biological Invasions**, v. 6, n. 3, p.295-300, 2004.

VAUGHAN, T. W.; WELLS, J. W. Revision of the suborders families, and genera of the scleractinia. **Geological Society of America Special Papers**, v. 44, p.1-394, 1943.

VERMEIJ, M. J. A. A novel growth strategy allows *Tubastrea coccinea* to escape small-scale adverse conditions and start over again. **Coral Reefs**, v. 24, p.442, 2005.

VERMEIJ, M. J. A. Early life-history dynamics of Caribbean coral species on artificial substratum: the importance of competition, growth and variation in life-history strategy. **Coral Reefs**, v. 25, p.59-71, 2006.

VERON, J. E. N. 1995. **Corals in space and time: the biogeography and evolution of the Scleractinia**. Cornell University Press, 1995.

WELLS, J. W. New and old scleractinia from Jamaica. **Bull. Mar. Sci.** V. 23, p. 16-54, 1973.

WILLIAMSON, M. **Biological invasions**. New York: Springer Science & Business Media.

WOLF, A. T.; NUGUES, M. M.; WILD, C. Distribution, food preference, and trophic position of the corallivorous fireworm *Hermodice carunculata* in a Caribbean coral reef. **Coral Reefs**, v. 33, n. 4, p.1.153-1.163, 2014.

Glossário

Análise de risco – avaliação das consequências da introdução e probabilidade de estabelecimento de uma espécie exótica, com base em informação científica e identificação de medidas que possam ser implementadas para reduzir ou gerir os riscos, levando em conta os aspectos ambientais, socioeconômicos e culturais.

Ciência cidadã – é um tipo de ciência baseada na participação informada, consciente e voluntária de milhares de cidadãos que geram e analisam grandes quantidades de dados, partilham seu conhecimento, discutem e apresentam resultados.

Contenção – quando a erradicação não é apropriada, limitar a propagação (contenção) de espécies exóticas invasoras é, frequentemente, estratégia apropriada nos casos em que o alcance dos organismos ou de uma população seja suficientemente pequeno para tornar esses esforços factíveis. O monitoramento regular é indispensável e deve estar vinculado com ação rápida, para erradicar qualquer nova invasão.

Controle – medidas de manejo que, por meio de métodos mecânicos, químicos ou biológicos reduzem a abundância e/ou densidade de uma espécie exótica invasora, para minimizar seu crescimento populacional, dispersão e impactos, e, sempre que desejável e possível, na erradicação de populações.

Detecção precoce e resposta rápida – refere-se à criação de uma rede de colaboradores que notifiquem à coordenação central a ocorrência de espécies exóticas invasoras, especialmente em áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade. Essas redes podem operar em diversas escalas e estar dedicadas à proteção de áreas específicas ou ao controle de fronteiras.

Dispersão – movimento de espécies de uma região para outra, em um país, entre distintos ecossistemas ou bacias hidrográficas.

Erradicação – medidas de manejo que levam à remoção total da população de uma espécie exótica invasora, em determinada área.

Espécie exótica – espécie, subespécie ou táxon de hierarquia inferior ocorrendo fora de sua área de distribuição natural passada ou presente; inclui qualquer parte como gametas, sementes, ovos ou propágulos que possam sobreviver e, subsequentemente, reproduzir-se (CDB, Decisão VI-23).

Espécie exótica invasora – espécie exótica cuja introdução e/ou dispersão ameaça a diversidade biológica (CDB, Decisão VI-23).

Introdução – movimento por ação humana, direta ou indireta, de uma espécie exótica para fora de sua área de distribuição natural (passada ou presente). Esse movimento pode ocorrer dentro de um país ou entre países, ou áreas além da jurisdição nacional (CDB, Decisão VI-23).

Invasão biológica – processo pelo qual uma espécie ou população é transportada para fora de sua área de distribuição natural e introduzida a um novo ambiente, se reproduz gerando descendentes viáveis e se dissemina ampliando a distribuição geográfica e ameaçando a diversidade biológica, com potenciais impactos à sociedade, à economia e à saúde.

Mitigação de impactos – uma vez detectado o estabelecimento de uma espécie exótica invasora, os estados, individual e cooperativamente, devem adotar etapas apropriadas, tais como erradicação, contenção e controle, para mitigar os efeitos adversos. As técnicas utilizadas devem ser seguras para os seres humanos, para o meio ambiente e para a agricultura e, também, aceitáveis eticamente pelos interessados nas áreas afetadas pelas espécies exóticas invasoras. Medidas de mitigação devem, com base na abordagem precautória, ser adotadas nos primeiros estágios da invasão.

Reintrodução – introdução posterior de uma espécie exótica considerada invasora ou potencialmente invasora.

Vetor – meio físico ou agente através do qual uma espécie é levada para fora de sua área de distribuição natural (passada ou presente).

Via de dispersão – refere-se à rota geográfica através da qual uma espécie é transportada para fora de sua área de distribuição natural (passada ou presente), a corredores de introdução (ex.: estradas, canais, túneis, trilhas) ou a atividades humanas que provoquem introdução intencional ou não intencional (paisagismo, comércio marítimo, produção florestal, aquicultura).



MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE

