

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE - CCBS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOTURISMO E CONSERVAÇÃO – PPGE
- MESTRADO PROFISSIONAL EM ECOTURISMO E CONSERVAÇÃO

MONITORAMENTO PARTICIPATIVO DE BIOINVASORES MARINHOS: UM NOVO
PROGRAMA PARA INCLUIR CIENTISTAS CIDADÃOS

AUGUSTO ALVES MACHADO

Rio de Janeiro
2019

AUGUSTO ALVES MACHADO

MONITORAMENTO PARTICIPATIVO DE BIOINVASORES MARINHOS: UM NOVO
PROGRAMA PARA INCLUIR CIENTISTAS CIDADÃOS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecoturismo e Conservação do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da UNIRIO, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Luciano dos Santos Neves
Coorientador: Athila Bertoncini Andrade

Rio de Janeiro
2019

A149 Alves Machado, Augusto
 MONITORAMENTO PARTICIPATIVO DE BIOINVASORES
 MARINHOS: UM NOVO PROGRAMA PARA INCLUIR CIENTISTAS
 CIDADÃOS / Augusto Alves Machado. -- Rio de
 Janeiro, 2019.
 52

 Orientador: Luciano Neves Dos Santos.
 Coorientador: Athila Bertoncini Andrade.
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do
 Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação
 em Ecoturismo e Conservação, 2019.

 1. Scuba Diving. 2. Espécies Invasoras. 3. Coral-
 Sol. 4. Monitoramento Participativo. 5. Ciência
 cidadã. I. Neves Dos Santos, Luciano, orient. II.
 Bertoncini Andrade, Athila, coorient. III. Título.

AUGUSTO ALVES MACHADO

MONITORAMENTO PARTICIPATIVO DE BIOINVASORES MARINHOS: UM NOVO
PROGRAMA PARA INCLUIR CIENTISTAS CIDADÃOS

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecoturismo e Conservação do Centro e Ciências Biológicas e da Saúde da UNIRIO, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre.

Aprovado em: 06 de Junho de 2019.

Banca Examinadora:

Rio de Janeiro, 06 de junho de 2019.

Luciano Neves dos Santos:



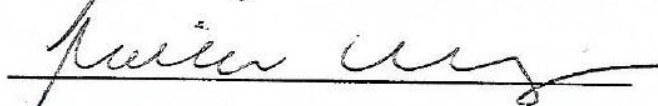
Áthila Bertoncini Andrade:



Marcos Bastos Pereira:



Natascha Krepsky:



**“Bem-Aventurado aquele que acreditou, porque será cumprido
o que o Senhor lhe prometeu...”**

(Lucas 1, 45)

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, José Augusto e Mônica, por toda a base, segurança, confiança, paciência e toda a força desde o início da minha vida e até o presente momento.

Aos meus orientadores Dr. Luciano Neves dos Santos e Dr. Áthila Bertoncini Andrade pela oportunidade de fazer parte da equipe deles e por todos os conselhos, ensinamentos e principalmente pela disposição na execução desse projeto.

Ao Dr. Bruno Pereira Masi por contribuir muito com meu aprendizado técnico com mergulho científico e sua valiosa contribuição no projeto aqui apresentado.

À toda equipa de campo do Projeto Coral-Sol Edson Farias Jr., Larissa Marques, Katia Capel e Kleber Leão que fizeram com que os campos ocorressem de forma mais tranquila.

Ao Laboratório de Ictiologia Teórica e Aplicada por ter me recebido bem e de alguma forma puderam fazer parte dessa minha trajetória, em especial a Vanessa Bettcher que se disponibilizou a me apoiar em algumas campanhas de coletas de dados.

À Mariane L. M. de Carvalho por todo carinho, dedicação e paciência nessa etapa final.

Aos amigos Renato Tenan, Maria Luiza Abieri, Bárbara Ribeiro, Tiago Gonçalves, Marcos Vinicius, Bruno Vicente, Cleyton Chattar, Rodrigo Borba, Samara Oliveira, Luciano Freitas, Karilene Xavier, Tuane Moutinho e Patricia Rastoldo foram essenciais nesse ciclo.

À Renata Neves Ribeiro e sua família (Sérgio, Sonia, Yuri, Bruno) que participaram positivamente me apoiando antes e durante boa parte desse projeto estando junto a mim passando força, confiança e ainda mais disposição para continuar.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecoturismo e Conservação – PPGEC – que por meio dos docentes contribuíram para minha formação como pesquisador e como pessoa.

Aos discentes do PPGEC, em especial Fernando Campelo, Priscila Gonçalves, Luiz Affonso, Caio Salles e Rafael Bruzon que estiveram junto comigo nessa caminhada contribuindo com ótimas discussões e em todo esse processo de formação.

Ao Projeto Sol-Coral/BrBio que através recursos derivados do Acordo de Ajuste de Compromisso para Conduta assinado pela Chevron Brasil com o Ministério Público Federal, com a implementação pelo Fundo Brasileiro para a Biodiversidade – FUNBIO, pode contribuir na logística desse projeto e com uma bolsa de estudos concedida para execução desse projeto.

RESUMO

O mergulho autônomo recreativo é um dos setores do turismo que mais tem adquirido adeptos nos últimos anos ao redor do mundo. Essa atividade, além de servir como uma forma de aproximação do ser humano com a natureza, é responsável pelo desenvolvimento econômico de comunidades locais. O ecoturismo associado ao mergulho aparece como uma estratégia importante para conscientização dos praticantes quanto à importância da preservação do meio ambiente. Por muito tempo, os seres humanos têm impactado o ambiente marinho com suas ações desordenadas capazes de modificar drasticamente ecossistemas equilibrados. Dentre os principais impactos causados pelo ser humano, a introdução de espécies exóticas invasoras tem chamado atenção devido aos seus efeitos. *Tubastraea* spp. representou um exemplo de bioinvasão bem-sucedida, que teve como principal vetor no Brasil as plataformas de petróleo. A chegada de espécies invasoras em um ambiente saudável é capaz de gerar problemas graves como a perda de diversidade e modificação na estrutura de comunidades, podendo ocasionar a eliminação de espécies nativas por competição. *Tubastraea coccinea* e *Tubastraea tagusensis*, popularmente conhecidas por Coral-Sol, foram introduzidas na década de 1980' no litoral brasileiro, desde então a ausência de predadores naturais, defesas químicas eficientes contra predadores/competidores e o seu rápido crescimento, quando comparado com espécies nativas, têm contribuído para o rápido desenvolvimento e dispersão do Coral-Sol nas regiões costeiras brasileiras. A partir desse fato, a busca por informações sobre os efeitos, monitoramento e controle do Coral-Sol se torna passos necessários para a elaboração de medidas de redução e/ou erradicação de espécies exóticas invasoras em ecossistemas marinhos de substratos consolidados, como recifes rochosos e de coral, que representam grande importância na vida de milhões de pessoas ao redor do mundo. Diante disso, o estudo aqui realizado buscou sensibilizar Mergulhadores Autônomos Recreativos em operações de mergulho sobre a bioinvasão do Coral-Sol e da importância da participação dos praticantes, fornecendo dados que contribuam com o monitoramento dessas espécies. O trabalho aqui apresentado permitiu ampliar a área monitorada, podendo alcançar todos os pontos de mergulho atingidos pelas operadoras. Os dados aqui obtidos mostraram que a informação do mergulhador aparece como confiável, uma vez que todos os registros foram confirmados pela literatura ou pesquisador, sendo possível ainda o conhecimento de novas áreas de ocorrência que ainda não tinham sido registradas, o que permite a otimização dos recursos obtidos para o controle e erradicação dessa espécie invasora, de modo a contribuir com a conservação marinha.

Palavras-chave: Mergulho Autônomo Recreativo. Bioinvasão. Coral-Sol. Monitoramento Participativo. Cientista Cidadão.

ABSTRACT

Scuba diving is one of the tourism sectors that has been acquiring more practitioners in recent years around the world. This activity, besides serving as a way of approaching the human being with nature, is responsible for the local communities economic development. Ecotourism associated with diving appears as an important strategy for the awareness of the practitioners regarding to the environment preservation. For a long time, humans have impacted the marine environment with their disorderly actions that can dramatically change balanced ecosystems. Among the major impacts caused by humans, the introduction of invasive alien species has drawn attention due to its effects. *Tubastraea* spp. is a successful bioinvasions example, which had as its main vector, in Brazil, the oil platforms. The invasive species arrival in a healthy environment can generate serious problems such as diversity loss and modification in communities structure, which may lead to the native species extirpation by competition. *Tubastraea coccinea* and *Tubastraea tagusensis*, popularly known as Sun Coral, were introduced in the 1980's on the Brazilian coast, since the natural predators absence, efficient chemical defenses against predators / competitors and their rapid growth when compared to native species, have contributed to the rapid development and Sun Coral dispersion in Brazilian coastal regions. From this fact, the search for information on the effects, monitoring and control of Coral-Sol becomes necessary steps for the elaboration of measures of reduction and / or eradication of invasive alien species in marine ecosystems of consolidated substrates, such as rocky and coral reefs, which represent great importance in the lives of millions of people all over the world. Therefore, the present study aimed to sensitize recreational autonomous divers in diving operations on the Coral-Sol bioinvasions and the importance of the practitioner's participation, providing data that contribute to the monitoring of these species. The work presented here allowed to enlarge the monitored area, being able to reach all the diving points reached by the operators. The data obtained here showed that the diver information seems reliable, since all the records were confirmed by the literature or researcher, being possible the occurrence of new areas knowledge that had not been registered yet, which allows the optimization of the resources obtained for the control and eradication of this invasive species, in order to contribute to marine conservation.

Palavras-chave: SCUBA Diving. Bioinvasions. Sun Coral. Participatory Monitoring. Citizen Scientist.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MAR	Mergulho Autônomo Recreativo
SCUBA	Self-Contained Underwater Breathing Apparatus
OMT	Organização Mundial do Turismo
EEI	Espécie Exótica Invasora
CDB	Convenção sobre Diversidade Biológica
MMA	Ministério do Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa brasileira de agropecuária
GISP	Global Invasive Species Programme
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
CONABIO	Comissão Nacional da Biodiversidade
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
PSRM	Plano Setorial para os Recursos do Mar
CIRM	Comissão Internacional para os Recursos do Mar
NORMAM	Norma da Autoridade Marítima
AJB	Águas Jurisdicionais Brasileiras

Sumário

1.Apresentação Geral	1
1.1 Contextualização do Cenário Atual	1
1.2 Breve Histórico da Política Brasileira sobre Espécies invasoras.	4
1.3 Legislação Brasileira voltada ao controle de Espécies Exóticas Invasoras	6
1.4 Políticas públicas relacionadas ao Coral-Sol (<i>Tubastraea</i> spp.)	7
1.5 Monitoramento Participativo por cientistas cidadãos.....	9
2. Objetivos	10
2.1 Objetivo Geral	10
2.2 Objetivos Específicos.....	10
3. Capítulo 1: Participatory marine bioinvasors monitoring: a novel program to include citizen scientists	11
3.1 Abstract	12
3.2 Introduction	13
3.3 Methods.....	14
3.4 Results	17
3.5 Discussion.....	20
3.6 Acknowledgments.....	22
3.7 References	23
4.Aplicação da Pesquisa	27
5.Considerações Finais	28
6. Referências	29
7. Anexos	35
8. Material Suplementar	39

1. APRESENTAÇÃO GERAL

1.1 Contextualização do cenário atual

O mergulho autônomo recreativo conhecido também pelo seu acrônimo em inglês SCUBA (Self-Contained Underwater Breathing Apparatus) é um dos setores do turismo que mais crescem no trade turístico mundial (OMT, 2012). Durante a década de 1990, aproximadamente 14 milhões de pessoas praticavam o mergulho autônomo por ano (Viders, 1997). Estudos realizados em 2006 sugerem que o número de praticantes dessa atividade pode estar ainda muito maior, com mais de 1 milhão de novos adeptos sendo treinados (Davenport & Davenport, 2006). Uma parcela significativa de mergulhadores é oriunda de países do hemisfério norte, que buscam em águas internacionais e especialmente tropicais o principal destino de suas viagens (e.g. Caribe, Bonaire, San Andreas) (Santander-Botello & Frejomil, 2009). Diante do crescimento rápido dessa prática em áreas populares, as preocupações com os danos que podem ser gerados nesses ambientes começam a aumentar também (Plathong, Inglis & Huber, 2000), surgindo a necessidade da compreensão de forma sustentável depende não apenas do entendimento dos processos físico e biológicos, mas também dos valores sociais e econômicos associados.

Uma importante estratégia de gestão e conscientização é permitir que pessoas entrem em contato com esses locais e consigam apreciar as belezas naturais que um ambiente preservado pode oferecer. Além de gerar baixo impacto ao meio ambiente, o ecoturismo associado ao mergulho autônomo recreativo, pode representar uma alternativa importante para que comunidades costeiras ampliem o desenvolvimento econômico em suas regiões (Davis & Tisdell, 1996). A prática do mergulho envolve uma série de interesses dos praticantes, em estudos anteriores Davis & Tisdell (1995) reuniram os principais motivos para a realização dessa atividade dentre eles: a busca por uma experiência diferente, fotografia subaquática, esporte diferenciado, aproximação da natureza, dentre outros. Essas atividades estão entre as mais frequentes formas de uso comercial de áreas marinhas protegidas ao redor do mundo (Di Franco et al., 2009), especialmente em áreas de recifes de corais (Cope, 2003; Giglio et al., 2018), recifes artificiais (Stolk, Markwell, & Jenkins, 2007) e costões rochosos, que são os principais locais procurados para a prática desse esporte (Bravo et al., 2015).

Os costões rochosos estão entre os ecossistemas marinhos mais importantes do mundo, devido a sua capacidade de fornecer serviços de subsistência para milhões de pessoas, tais como a pesca, compostos medicinais e turismo (Pereira & Soares-Gomes, 2009). Devido a sua alta diversidade e beleza cênica estão entre os locais mais procurados por mergulhadores recreativos para a prática do mergulho SCUBA (Tratalos & Austin, 2001; Cope, 2003). Diversos organismos podem ser encontrados nos costões rochosos os quais incluem macroalgas, poríferos, cnidários, moluscos, artrópodes, equinodermos, peixes e até aves marinhas e mamíferos marinhos. Apesar de toda a sua importância, algumas formas de vida que habitam ecossistemas de costões rochosos estão criticamente ameaçadas diante de ações antrópicas (Pereira & Soares-Gomes, 2009). Dentre alguns efeitos reconhecidos estão a poluição, o aumento da temperatura, a acidificação dos oceanos e a introdução de espécies exóticas invasoras que particularmente tem causado morte de algumas espécies, redução nas taxas de crescimento e perda de espaço por competição (Koop et al., 2001; De Paula & Creed, 2004; Hoegh-Guldberg et al., 2007). A falta de ações efetivas no controle de espécies exóticas invasoras permite que estas continuem a se espalhar resultando em graves perdas ambientais e econômicas em todo o mundo (Pimentel et al., 2005; Greg & Stohlgren, 2010).

Por muito tempo os seres humanos têm atuado deliberadamente e de forma não intencional como agentes dispersores de centenas de espécies para além do seu ambiente original. Após ultrapassarem as barreiras biogeográficas e enfim conseguirem se estabelecer por ciclos de vida nesse novo ambiente, essas espécies passam a ser conhecidas como “invasoras” (De Paula & Creed, 2004; Creed & De Paula, 2007), sendo considerado como “vetor” a atividade a qual uma espécie não-nativa foi transportada para um novo ambiente (Mantelatto, 2012). No ambiente marinho, a água de lastro é o principal vetor de introdução de espécies não-nativas a novos locais (Carlton, 1985), mas tais espécies também podem ser introduzidas por meio da incrustação em cascos de embarcações e plataformas de óleo/gás (De Paula & Creed, 2004). Nesse contexto, as invasões biológicas atualmente são reconhecidas como uma grande ameaça (Bax et al., 2003), podendo através do alto potencial invasivo de algumas espécies, causar grandes alterações, diretas ou indiretas, para a biodiversidade marinha local, ocasionando na perda de espécies e mudanças na estrutura e função de comunidades, em especial nos ecossistemas marinhos próximos à costa (Carlton, 1985).

As invasões biológicas são uma das maiores ameaças em ecossistemas marinhos e costeiros e estão entre os principais agentes responsáveis por alterações na composição e interações ecológicas de comunidades em costões rochosos (Moreira & Creed, 2012; Creed et al., 2017), podendo promover efeitos complexos nos ecossistemas onde se instalam (Liu et al., 2014). As espécies invasoras são, em geral, generalistas em relação ao habitat e tolerantes às condições ambientais, ou seja, apresentam variadas estratégias alimentares e de uso de habitat (Cassey et al., 2004; Higgins et al., 2014). Tais características permitem que estas espécies consigam se estabelecer e se propagar nas áreas em que chegam, e os seus efeitos podem ocasionar a exclusão de espécies nativas. Mesmo diante de seus riscos, prejuízos ecológicos e socioeconômicos, pouco ainda se conhece a respeito das invasões biológicas em ambientes marinhos tropicais, especialmente aquelas conduzidas por pequenos invertebrados (Marques, 2011).

A bioinvasão constitui um dos grandes problemas ambientais nos tempos atuais que continuam a aumentar em todo o mundo, proporcionando impactos em muitos sistemas marinhos costeiros. A título de exemplo, no Caribe, o peixe-leão (*Pterois volitans*), por ser um voraz predador, representa uma das mais catastróficas invasões, causando modificações documentadas na comunidades de peixes marinhos da região (Albins & Hixon, 2008). Na década de 1940, ocorreu o primeiro registro de coral escleractíneo (*Tubastraea* spp) como invasor do caribe, a partir de então se dispersou pelo Golfo do México, Texas e Florida (Cairns, 2000; Sammarco, Porter & Cairns, 2010). No Brasil, os costões rochosos foram alvo de invasões muito estudadas, como por exemplo, as invasões pela espécie *Isognomon bicolor* (Domaneschi & Martins, 2002), um molusco bivalve, e também pelo coral do gênero *Tubastraea* Lesson, 1829 (Castro & Pires, 2001).

Coral-Sol é o nome popular dado às espécies do gênero *Tubastraea*. Esses corais são nativos do Oceano Indo-Pacífico e foram introduzidos no Brasil por volta da década de 1980, onde ocorreram os primeiros registros em plataformas de óleo na Bacia de Campos, Rio de Janeiro e posteriormente foram reportados em costões rochosos na Baía de Ilha Grande na década de 1990 (Castro & Pires, 2001; De Paula & Creed, 2004). *Tubastraea coccinea* Lesson, 1829 e *Tubastraea tagusensis* Wells, 1982 (Anthozoa; Dendrophyllidae) são espécies de corais escleractíneos azooxantelados, considerados invasores no litoral brasileiro e desde sua introdução tem se dispersado por regiões costeiras do estado do Rio de Janeiro, representando um grande risco para ecossistemas recifais nativos. Atualmente tais espécies ampliaram seus registros ao longo da costa do Brasil, distribuindo-se desde Sergipe até o estado de Santa Catarina (Oigman-Pszczol et al., 2017).

Entre as consequências geradas pelo Coral-Sol, destacam-se o potencial de causar necrose nos tecidos do coral endêmico *Mussismilia hispida* (Verrill, 1901) e em outras espécies nativas, podendo acarretar na redução e/ou exclusão de colônias nativas do seu habitat natural (Creed et al., 2006; Miranda et al. 2016). Além disso, estudos mostraram que *Tubastraea* spp. libera substâncias químicas capazes de inibir a predação de peixes e alguns competidores (Lages et al., 2012). Estudos recentes mostraram que a presença do Coral-Sol está influenciando atividades de forrageamento da ictiofauna recifal, nas quais as taxas de alimentação são afetadas diretamente segundo a densidade de *Tubastraea* spp. (Miranda et al., 2018). A ausência de competidores eficientes tem se mostrado um fator importante que colabora para o estabelecimento do Coral-Sol em recifes brasileiros. Até o presente momento, apenas a esponja *Desmapsamma anchorata* (Carter, 1882) foi identificada como competidora capaz de danificar indivíduos de *Tubastraea* spp., podendo crescer sobre a superfície do invasor e até matá-lo por asfixia (Meurer et al., 2010).

1.2 Breve histórico da política brasileira envolvendo espécies invasoras

Ao longo dos anos a relação do ser humano com o ambiente natural passou por diversas transformações (Barbosa & Drummond, 1994). Observando registros de gerações passadas verifica-se que muitas exploraram recursos naturais, sem que houvesse um certo cuidado para evitar seu esgotamento (Braga & Maciel., 2011). Com isso, percebeu-se a grande capacidade da humanidade de causar alterações nas características naturais, fazendo com que os homens se preocupassem em separar espaços que não sofressem com impactos antrópicos (Bensuasan, 2006). Entretanto, há uma rede complexa de razões e contradições que levam ao questionamento se a natureza está a serviço do homem ou se o homem está numa relação direta de dependência com ela (Medeiros et al., 2004). Não é possível ser preciso nessa afirmação, mas a verdade é que recursos naturais estão sendo cada vez mais impactados por interferência dos seres humanos (Steffen et al, 2015).

A partir de 1930, começou o processo de desenvolvimento da política ambiental brasileira que representou o marco a partir do qual foram implementadas ações de regulamentação da dominação de recursos naturais. Após passar pela segunda metade do século XX, alguns acontecimentos internacionais foram capazes de influenciar políticas públicas ambientais. A saber, durante a década de 1980, foi percebida uma ampliação do conceito de políticas onde eram incorporadas normas técnicas e sociais discutidas por uma coletividade com vistas à administração pelo poder público. No entanto, apenas em 2000 houve a implementação de uma legislação única que incluísse os principais aspectos de criação, implementação, manutenção, gestão e fiscalização de áreas protegidas (Peccatiello, 2011).

As invasões biológicas são consideradas a segunda maior causa de extinção de espécies no planeta, apresentando efeitos diretos sobre a biodiversidade, a economia e a saúde humana (Coradin & Tortato, 2006; Sampaio & Schmidt, 2014). Os estados do Rio de Janeiro e São Paulo são os principais polos de desenvolvimento econômico no Brasil, requerendo vias de entrada e saída de produtos e recursos para o Estado, com destaque para os 11 portos marítimos por onde entram e saem embarcações oriundas de outros países. Além disso, devido as suas belezas naturais, o Rio de Janeiro é um reconhecido destino turístico internacional, visitado principalmente por ecoturistas marinhos na busca de cenários deslumbrantes. Dessa forma, esse estado recebe diariamente um fluxo de visitantes desejados e alguns indesejados, como é o caso de espécies exóticas invasoras (EEI) no ambiente marinho, geralmente por meio de água de lastro ou aderida ao casco de embarcações (Creed et al., 2017).

A política brasileira começou a ter interesse pelo tema “Espécies Exóticas Invasoras”, ainda que de forma tímida, apenas partir de 1990, junto a um grande volume de produções científicas que atuou contribuindo para um maior conhecimento a cerca deste tema. Após reconhecer a importância deste problema, a Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), estabelece em seu oitavo artigo que “cada parte contratante deve, sempre que possível, impedir a introdução, manter o controle e/ou eliminar as espécies exóticas que ameaçam ecossistemas e suas espécies” (Coradin & Tortato, 2006). No ano de 2001, o Brasil esteve à frente da organização, em Brasília, da “Grupo de trabalho sobre espécies invasoras”, esse evento contou com a parceria do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Empresa Brasileira de Agropecuária (EMBRAPA), além da participação da embaixada dos Estados Unidos e o apoio do Programa Global para Espécies Invasoras (GISP).

Em 2003 ocorre a primeira tentativa de reunir informações sobre essas espécies-alvo através do lançamento de um edital de fomento pelo MMA, que decorreu na “Reunião de Trabalho” (Oliveira & Machado, 2009). De acordo com Stein (2004), um dos principais obstáculos para prevenir a introdução de espécies invasoras é o desconhecimento da magnitude deste problema, assim como os vetores responsáveis pela introdução dessas espécies. Num cenário nacional, apenas no início deste século iniciou-se alguma preocupação pelos meios de comunicação, e apenas de caráter esporádico nos principais jornais. No entanto, o conhecimento e a sensibilização da sociedade ainda são muito incipientes. Na grande maioria dos casos campanhas acabas sendo direcionada apenas para os efeitos ecológicos, omitindo informações sobre os danos que espécies invasoras podem ocasionar direta ou indiretamente na saúde humana, sistemas produtivos e de bens, afetando diretamente a economia de uma região (Oliveira & Machado, 2009).

De acordo com o relatório do MMA “Espécies Exóticas Invasoras: Situação Brasileira”, foram levantadas 58 espécies exóticas que atuam impactando a flora e fauna marinha de águas marinhas costeiras (Lopes, Cunha & Dos Santos, 2009). Dentro deste grupo existem duas espécies de Coral-Sol (*Tubastraea coccinea* e *Tubastraea tagusensis*) as quais são abordadas por este trabalho.

1.3 Legislação brasileira voltada ao controle de espécies exóticas invasoras

A legislação vigente para introdução de espécies invasoras atua em prol da aplicação de penas para infratores, como ocorre na Lei de Crimes Ambientais (Lei 9605/98), que em seu artigo 31 apresenta como crime ambiental a introdução de espécime animal no país, sem parecer técnico oficial favorável e licença expedida por autoridade competente. No entanto, é importante ressaltar que essa lei difere de outras formas de poluição gerada por navios onde o problema de transporte de espécies exóticas acontece de forma não intencionada em operação, ainda não são conhecidos meios suficientes e satisfatórios para prevenção desse transporte não intencional de espécies não nativas, acreditando que o desenvolvimento de técnicas se fazem necessárias e poderão aparecer para solucionar o problema de transporte dessas espécies para fora do seu lugar de origem. Esta lei, apresenta como pena detenção de três meses até um ano e multa. A temática também reaparece em seu artigo 61, que considera crime disseminar doença ou praga ou espécies que possam causar dano à agricultura, à pecuária, à fauna, à flora ou aos ecossistemas sendo prevista reclusão de um até quatro anos e multa (ICMBIO, 2018).

Em seguida, a criação do SNUC (Lei 9985/00) faz uma restrição ainda mais específica para introduções nas Unidades de Conservação (UCs) de espécies não nativas. O Decreto nº 4.339/2002 que trata da Política Nacional da Biodiversidade estabelece, em um de seus objetivos específicos, que deverão ser inventariadas e mapeadas as espécies exóticas invasoras e as espécies-problema, bem como os ecossistemas em que 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 invasoras e espécies-problema que ameacem a biodiversidade, atividades da agricultura, pecuária, silvicultura e aquicultura e a saúde humana. Em 21 de Outubro de 2009, a Secretaria de Biodiversidade e Florestas elaborou uma resolução junto ao CONABIO lançando as diretrizes gerais no trato de espécies invasoras, dentre elas: Abordagem precatória, Abordagem hierárquica (entre as esferas Federal, Estadual e Municipal), Abordagem ecossistêmica, Papel das Unidades da Federação, Pesquisa e Monitoramento, e por fim Educação e Sensibilização. Essa resolução além de estabelecer diretrizes, elabora definições para termos muito usuais para os propósitos da Estratégia Nacional sobre espécies invasoras (ICMBIO, 2018).

No Brasil, desde 2001 a articulação com os diferentes setores da sociedade vem sendo desenvolvida uma série de ações relacionadas à “prevenção de novas introduções, detecções precoces, eliminação, controle/manejo e monitoramento que por vezes atuam impactando ecossistemas, habitats e espécies nativas. É importante perceber que a falta de políticas públicas voltadas para o controle e erradicação de espécies invasoras no Brasil podem gerar perdas econômicas a longo prazo, uma vez que apesar dos custos elevados para ações de controle e manejo, dados levantados e referidos no relatório elaborado pela Secretaria de Biodiversidade e Florestas indicam que o investimento em ações de prevenção de futuras introduções podem evitar bilhões de dólares de prejuízos à agricultura, florestas, ecossistemas naturais e manejados, e saúde humana. Ao tratarmos de espécies exóticas invasoras (EEI) que conseguem se estabilizar em um ambiente e permanecer por gerações, é importante ressaltar que os impactos tendem a se agravar progressivamente. Tendo como exemplo a bioinvasão do Coral-Sol citada anteriormente, essas espécies apresentam um crescimento muito superior às nativas e endêmicas, e além disso produzem substâncias químicas liberadas no substrato que podem matar outras espécies que vivem próximas podendo excluir por competição outros grupos de funções ecológicas similares e ocasionar um impacto em comunidades marinhas no Brasil (Mantelatto, 2012). As espécies invasoras tendem a se multiplicar e dispersar com o tempo, podendo ocasionar problemas a longo prazo dificultando a recomposição de ecossistemas naturais afetados, e com isso podendo afetar atividades econômicas ligadas ao uso direto ou indireto de recursos naturais.

1.4 Políticas públicas relacionadas ao Coral-Sol (*Tubastraea* spp.) no Brasil

O MMA instituiu o grupo de Trabalho Coral-Sol (Portaria MMA nº 94 de 06 de abril de 2016), buscando oferecer acompanhamento técnico e coordenar a elaboração do Plano de controle e monitoramento da bioinvasão por *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; e Diretoria de Pesquisa, Avaliação e Monitoramento da Biodiversidade e Diretoria de Criação e Manejo de Unidades de Conservação do ICMBio. Esse grupo realizou o Seminário de nivelamento sobre a invasão do Coral-Sol, em maio de 2016, o qual contou com a participação de especialistas, representantes de órgãos públicos e o setor produtivo. As discussões realizadas durante o seminário serviram como ferramenta para a elaboração de um diagnóstico antecipado 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 controle de *Tubastraea* spp.

Buscando fortalecer o debate e incluir setores da sociedade potencialmente impactados pelo Plano Coral-Sol, foi criado o Grupo de Trabalho no âmbito da Subcomissão para o Plano Setorial para os Recursos do Mar (PSRM), ambos pertencentes à estrutura da Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM). O propósito deste grupo foi o de fornecer subsídios para o processo de elaboração do “Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Coral-Sol (*Tubastraea* spp.)”, no âmbito do Ministério do Meio Ambiente, considerando as contribuições científicas sobre aspectos de monitoramento e manejo de Coral-Sol; os aspectos técnicos, operacionais e logísticos dos setores que agem no ambiente marinho envolvidos com o tema “Coral-Sol”, destacando-se os setores de petróleo e gás, de transporte e mineração, de construção naval, portuário; as tecnologias de controle, remoção e prevenção de macro incrustação existentes e em desenvolvimento, com base nos conhecimentos produzidos na academia, adequadas e exequíveis; e as melhores práticas e regulamentações relacionadas à bioinvasão marinha no contexto internacional, afim de evitar que novos locais sejam afetados e que mais espécies invasoras possam se estabelecer e causar impactos.

A Norma da Autoridade Marítima nº 20/2005 (NORMAM 20) estabelece requisitos referentes a prevenção da poluição por parte das embarcações em Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB), no que tange ao Gerenciamento da Água de Lastro. Internacionalmente, a União Internacional para a Conservação da Natureza – IUCN (2000) sugere uma maior atenção e investimento de recursos e especialistas na rapidez para a primeira detecção de espécie exótica invasora, a fim de aumentar as chances de sucesso no seu controle e a reduzir os custos ambientais.

Em dezembro de 2018 o Instituto Chico Mendes (ICMBIO, 2018) publicou o “Guia de orientação para o manejo de espécies exóticas invasoras em Unidades de Conservação federais” onde apresenta medidas preventivas para a evitar o transporte de *Tubastraea* spp., entendendo que a vistoria e limpeza de vetores deve ser preocupação dos possuidores de embarcações ou plataformas, de maneira que reduza ou interrompa a chegada dessas espécies a novos locais. Esse documento destaca ainda que se faz necessária a “detecção precoce e resposta rápida” a fim de registrar a ocorrência das espécies e no caso do Coral-Sol esse monitoramento deve ocorrer pelo menos duas vezes ao ano, especialmente em locais mais vulneráveis a chegada dessa espécie com alto potencial invasivo.

1.5 Monitoramento participativo de espécies invasoras

Diante de tamanha diversidade e beleza dos ecossistemas marinhos presentes no Brasil, o turismo associado à atividades realizadas no mar vem crescendo ano após ano. No entanto esse crescimento tem causado preocupação, em especial por conta das ações antrópicas negativas como por exemplo a pesca predatória, mau uso da zona costeira e também o turismo desordenado (Maida et al., 1997). De acordo com MMA (2006), uma das práticas turísticas mais realizadas em ambientes marinhos no Brasil é o mergulho autônomo recreativo. A percepção do mergulhador recreativo tem sido alvo de estudo de alguns pesquisadores para um melhor entendimento do que esses atores buscam naquela atividade (Pedrini et al., 2010; Brotto et al., 2012). Estudo recente realizado por Hannak (2008), mostrou que os mergulhadores defenderam que a educação ambiental em atividades desta natureza eram de extrema importância, concluindo que os mergulhadores estão preocupados com as questões ambientais. Dessa forma, a percepção do ambiente pelo turista se faz necessária para abordagem de temas de conservação do ambiente marinho, podendo criar não apenas o desenvolvimento de aspectos cognitivos, mas também de uma afetividade do praticante com o meio ambiente (Bizerra & Zumpano, 2017).

A conservação é limitada pela falta de fiscalização, bem como pela falta de dados. A escassez de recursos para pesquisa e conservação tem dificultado o monitoramento e controle de espécies invasoras, acarretando na falta de conhecimento sobre novos locais de chegada dessas espécies não nativas (Greg & Stohlgren, 2010). A partir disso, grupos de pesquisa iniciaram campanhas de sensibilização atraindo a comunidade, turistas e pessoas interessadas em conservação para contribuírem com informações sobre onde se encontram essas espécies (Anderson et al., 2017; Zenetos et al., 2017), sendo chamado de Cidadão Cientista aquele que contribui com participação voluntária auxiliando na coleta de dados para registro científico formal (Crall et al., 2010; Lodi & Tardin, 2018). Além disso, iniciativas de sensibilização de cidadãos cientistas têm papel fundamental na formulação de políticas públicas de conservação da natureza, educação ambiental e capacitação comunitária (Kapos et al., 2009).

Nos últimos dez anos houve um aumento significativo na contribuição de cidadãos cientistas com o monitoramento de espécies exóticas invasoras (Anderson et al., 2017). Ainda há poucas iniciativas em ecossistemas marinhos devido ao alto custo associado às práticas de turismo embarcado e ou envolvendo mergulho autônomo recreativo (Cigliano et al., 2015). Mesmo diante de toda essa dificuldade, a cada dia, mais mergulhadores voluntários estão contribuindo com questões que envolvem a conservação marinha (Hyder et al., 2015). As informações obtidas através de mergulhadores se apresentam como valiosas (Anderson et al.,

2017) por se tratarem de monitoramento participativo voluntario com baixo custo institucional, permitindo otimizar os recursos direcionando à produção científica aplicada. Dessa forma, as parcerias, instituição de pesquisa e cidadão cientista, podem aparecer como uma ferramenta de educação ambiental e obtenção de dados de ocorrência de espécies exóticas invasoras em regiões costeiras.

Dessa forma, o presente projeto busca contribuir com uma ferramenta útil capaz de trazer informações sobre a ocorrência de corais invasores do gênero *Tubastraea* através de contribuição cidadã que poderá trazer dados valiosos, capazes de otimizar os recursos para produção científica que a cada dia estão mais escassos. Nesse trabalho utilizamos o Coral-Sol como objeto de estudo na costa do Rio de Janeiro. No entanto, acreditamos que sensibilizando os mergulhadores, essa ferramenta tem também um grande potencial de ser útil em qualquer outro local do mundo com registros de espécies introduzidas fora da sua origem.

A dissertação aqui apresentada é composta por uma apresentação geral contextualizando o assunto proposto, um capítulo em inglês e formatado de acordo com as regras da “*Journal of Ecotourism*”. Por fim, a aplicação dessa pesquisa, bem como as considerações finais sobre a utilidade desta ferramenta.

2. Objetivos

2.1 Objetivo Geral

- Implementar e avaliar a eficiência do programa de monitoramento participativo na detecção de espécies invasoras no Estado do Rio de Janeiro, região sudeste do Brasil.

2.2 Objetivos específicos

- Investigar a extensão da área utilizada por centros de mergulho.
- Investigar novos pontos de ocorrência do coral invasor ainda não registrados na literatura, bem como comprovar a eficiência da ferramenta para novos registros.
- Verificar a credibilidade das informações trazidas pelos mergulhadores sobre a ocorrência do Coral-Sol.

Chapter 1:

Participatory marine bioinvasors monitoring: a novel program
to include citizen scientists

3. Participatory marine bioinvasors monitoring: a novel program to include citizen scientists

Augusto A. Machado^{1,2}, Athila Bertoncini^{1,2}, Luciano N. Santos^{1,2} Joel C. Creed^{3,4} Bruno P. Masi^{3,4}

¹ Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Laboratory of Theoretical and Applied Ichthyology (LICTA), Av. Pasteur, 458 – R314A, CEP 22290-240, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

² Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), Programa de Pós-Graduação em Ecoturismo e Conservação (PPGEC), Av. Pasteur, 458 Urca, 22290-240, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

³Laboratório de Ecologia Marinha Bêntica, Departamento de Ecologia, IBRAG, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524, PHLC, sala 220, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ CEP 20550-900, Brazil.

⁴Projeto Coral-Sol, Instituto Brasileiro de Biodiversidade – BrBio Brasil, Centro, Rio de Janeiro, RJ CEP 20031-203, Brazil

3.1 Abstract

Voluntary participation of common citizens has become a valuable tool in scientific research, but barely applied for detection of non-native species in natural marine systems. This study was conducted in the state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil, at three main sites (Costa do Sol, Rio de Janeiro city, and Costa Verde) often used for the practice of autonomous recreational diving. The sensitization activity was directed to dive centers and performed, in the diving boats, approximately 5-10 minutes before dives, addressing themes such as marine biodiversity, rocky reefs, biological invasion, and citizen science. After the briefing, divers were invited to record possible occurrences of the invasive sun coral *Tubastraea* spp. on a wet note slate that were left under the responsibility of the dive centers, usually hanging and visible on the boat. This study showed a high level (100%) of credibility for data provided by volunteers, new records ($N = 39$) for the invader that were not mentioned in published scientific articles yet, and that the approach used is efficient in the spatial and temporal aspects. The successful development of citizen-based monitoring programs depends on the approximation of the academic community and the commitment of dive center operators. In this sense, the diver plays a critical role within this process, providing potential valuable information, which can be used to confirm the engagement of common citizens in the program, and also to track the distribution and spread of non-native marine species.

Keywords: Invasive species; *Tubastraea* spp.; Citizen Science; Participatory Monitoring; Scuba diving.

3.2. Introduction

The sustainable tourism in marine natural areas may be an important tool for the country's economic development and to promote awareness about ocean conservation (Dearden, Bennett & Rollins, 2007; Balmford et al., 2009). Scuba diving ecotourism is one of the main recreational activities carried out by marine tourism sectors (Lucrezi et al., 2018). This activity provides a relevant source of income to the local communities and may be considered as of low-impact on the environment (D. Davis & Tisdell, 1996; Giglio, Luiz, & Schiavetti, 2015). Due to their beauty and high diversity, reef environments (i.e. coral reefs and rocky reefs) are the most sought after for recreational Scuba diving (Barker & Roberts, 2004), attracting many divers around the world (Wilhelmsson et al., 1998; Tratalos & Austin, 2001), which can contribute with significant ecological information if sensitized.

The participation of volunteers in scientific researches has increased over time. Citizen Science is an expression commonly used to refer to the contribution by Non-Scientists in the improvement of information collection and databases in scientific projects (Silvertown, 2009; Conrad & Hilchey, 2011). Approaches that increase the speed and spatial scale of data collection, such as remote sensing and citizen science, can enhance monitoring programs. For instance, Wright et al. (2016) observed the temperature data collected from volunteers' dive computers could be used as a new important source of data collection. In the Caribbean, recent studies showed the potential in participation of non-scientists in monitoring and removal of lionfish *Pterois volitans*, recognized as highly invasive there (Anderson et al., 2017). Similarly, non-native species have been detected in Greece from volunteers data (Zenetos et al., 2017).

Biological invasions represent a threat to global biodiversity and are recognized as one of the major problems in coastal and marine ecosystems (Bax et al., 2003; Jeschke et al., 2012). Introduced species are able to change the structure of communities and ecosystems and have high potential to exclude native species from their natural area (Carlton, 1985; Ruiz, Carlton & Grosholz, 1997). In Brazil, the sun Coral *Tubastraea* spp., a group of azooxanthellate and ahermatypic cnidarian species are widely distributed invaders nowadays. Since its first record in the end of 1980s from oil platforms in the Campos Basin, Rio de Janeiro State (Castro&Pires, 2001), *Tubastraea* spp. has caused serious problems along the Brazilian coast. Previous studies in Brazil have shown that sun corals may cause necrosis in native coral species (Creed, 2006; Miranda, Cruz, & Barros, 2016), avoid predation by fish, and affect foraging activities of fish assemblages (Lages et al, 2010; Miranda et al., 2018).

Therefore, efficient monitoring strategies on the distribution and spread of the sun corals are urged to be carried out, and partnerships between conscious citizens and researchers appear as promising novel tools to achieve this challenge. The objective of the study was to evaluate the potential of the participatory monitoring program in the detection of the invasive sun coral species *Tubastraea* spp. along the Rio de Janeiro seashore, southeastern Brazilian coast. The extent of the area used by diving centers, the records of presence and the number of new occurrences of the coral sun, and the credibility of the provided information were evaluated. We predicted that information of the scuba divers regarding the record of occurrence of the genus *Tubastraea* in the diving sites are credible and thus, can be used to broaden the information on the occurrence of the genus *Tubastraea*.

3.3 Methods

Study area

The study was conducted in the State of Rio de Janeiro, southeastern Brazil, the third most populous, with approximately 16.7 million people. According to IBGE (2016), this state is one of the main destinations by national and international tourists. With the purpose of covering the main regions where recreational diving is practiced, three regions where SCUBA diving is highly sought after (see Figure 1) was to perform our study: Costa do Sol, Rio de Janeiro city, and Costa Verde. The Costa do Sol, 150 km east off the capital of Rio de Janeiro, is famous for its crystal clearwaters and natural beauties that make this region one of the most sought after for water sports (e.g. surfing, kitesurfing, scuba diving). Three municipalities were selected at Costa do Sol as they stand out for the activity of autonomous recreational diving: Armação dos Búzios, Cabo Frio and Arraial do Cabo. The city of Rio de Janeiro comprises famous recreational diving areas, especially in protected areas, such as the rocky reefs surrounding the Cagarras Islands Natural Monument, approximately 5km from the coast. Finally, Angra dos Reis city, located approximately 155 km west off Rio de Janeiro city, as one of the municipalities of Costa Verde region very sought after for rest and tourism at sea (e.g. scuba diving), due to its protected waters and a high diversity of marine life. For each region at least one Dive Center was selected, which uses the rocky reefs as primary environment to perform their activities.

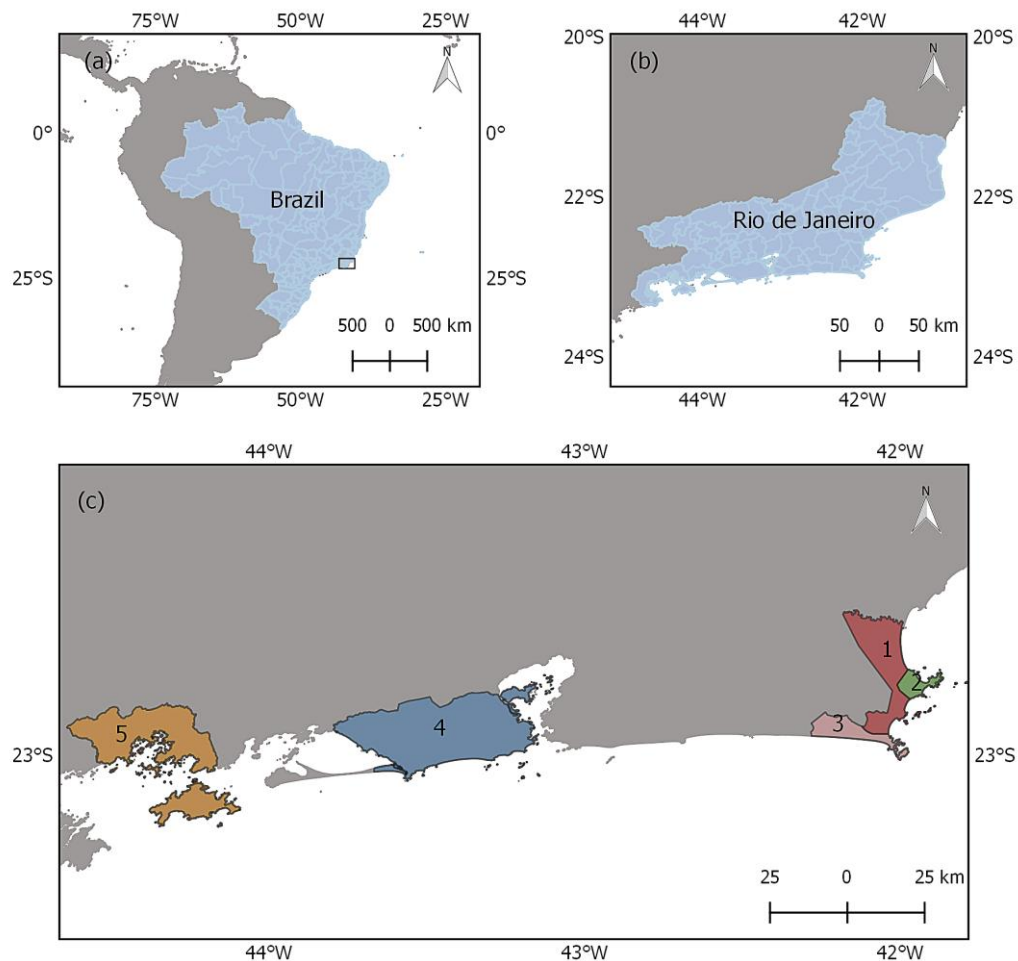


Figure 1. Geographic distribution of the survey effort performed. (1) Cabo Frio; (2) Armação dos Búzios, and (3) Arraial do Cabo, as Costa do Sol; (4) Rio de Janeiro City; (5) Angra dos Reis.

Data collection and analysis

The awareness activity is part of the Coral Sol Project developed by the Brazilian Biodiversity Institute – BrBio. The main objective of this study was to get SCUBA divers involved in the assessment program of the marine bioinvasion of *Tubastraea* spp. and to make diving experts aware of their importance in collecting data of these species for monitoring purposes. Activities regularly developed by diving centers and divers are expected to take part in environmental education actions, contributing thus for the support of marine conservation measures and providing important information for control strategies of this invader.

In the state of Rio de Janeiro, the dive centers often carry out dive trips to explore rocky reefs environments on the coast or near shore islands. Generally, dive trips included two air tanks and each dive took approximately 50 minutes. Divers remained on the boat, during surface interval, approximately 30 minutes. The frequency of dive trips can vary spatially (coastal region) and temporally (e.g. due to weather conditions and vacation season).

The understanding of a project subject and the acquisition of scientifically valid data through citizen participation are directly dependent on communication actions through appropriate media (Wehner, 2011) and so, a briefing was directed to dive centers and divers during 5-10 minutes. The briefings were performed on the diving boats, immediately before the beginning of the dives and addressed the following themes: marine biodiversity, rocky reefs, biological invasion, and citizen science. Posters were used as accessory tools for the briefing and tags were distributed with the symbolic purpose of commitment to the cause. Images of native corals were showed during the briefing focusing on rocky reefs theme, while showed photos of sun coral of the genus *Tubastraea* was showed during the theme on biological invasion (Figure 2). Such procedure was followed to avoid misidentification.

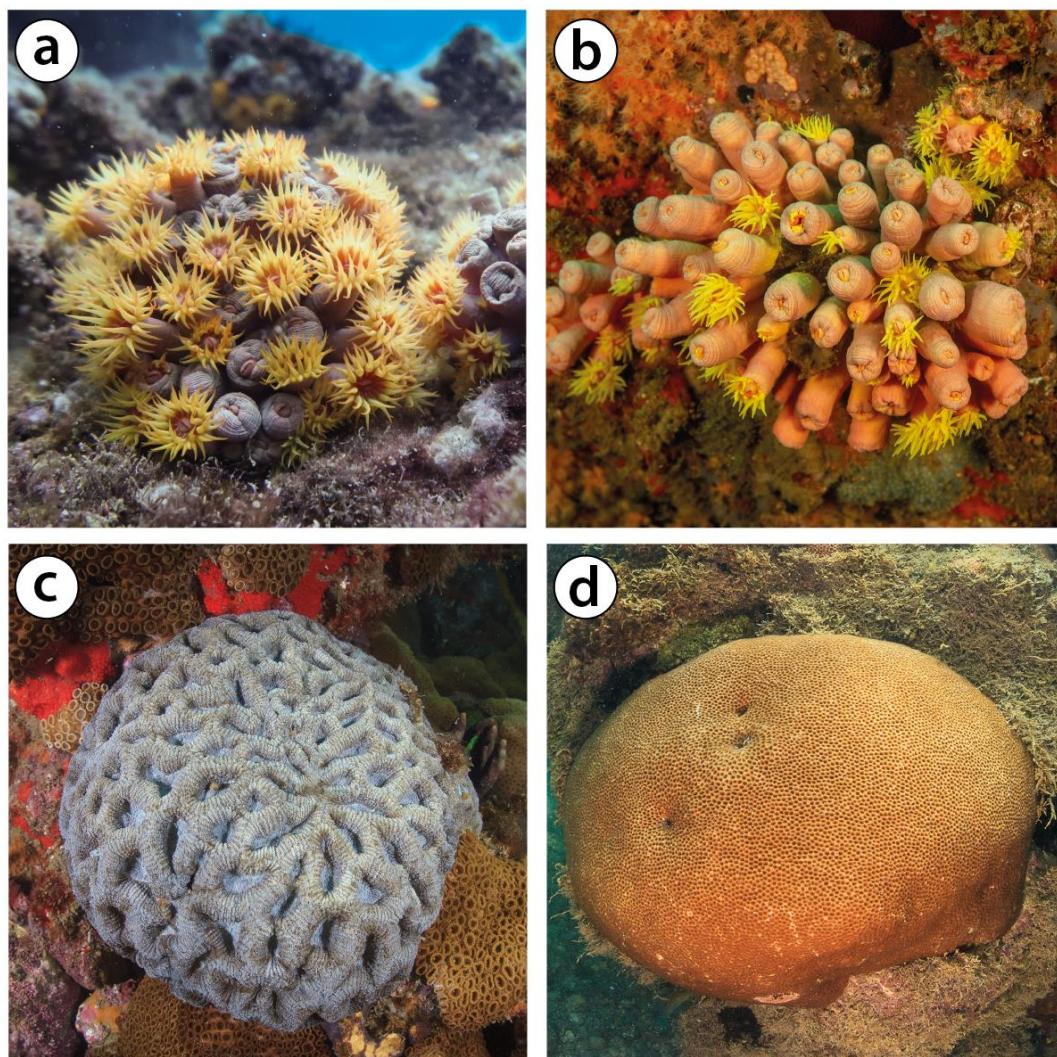


Figure 2. Comparative images of the two invasive species of Sun Coral and other native corals found in the study area. (a) *Tubastraea coccinea*, photo AM, (b) *Tubastraea tagusensis*, (c) *Mussismilia hispida* and (d) *Siderastra eastellata*, photos AAB.

After the briefing, divers were invited to record possible occurrences of the invader on a wet note slate, left under the responsibility of the dive centers, usually hanging on the boat. To minimize the amount of information, the guidance recommended to record the date and location only. The information was sent by WhatsApp to the project's coordinator after the dive operation. The program included five dive centers that collected information from our visits until 31st December, 2018. Three dive centers participated in the project from Costa do Sol, a single in Rio de Janeiro city, and a single from Costa Verde (Table 1).

Table 1. Location of the dive centers, date of the project briefing, estimated number of dive operations carried out by 31st December, 2018 and divers reached. The dive centers that collaborated with the project are represented by codes.

Coastal region	Dive center	Briefing date	End date	Days
Costa do Sol	CF01	11/02/2017	12/31/2018	424
Costa do Sol	AR01	11/18/2017	12/31/2018	408
Costa do Sol	AR02	10/27/2018	12/31/2018	65
Rio de Janeiro	RJ01	03/03/2018	12/31/2018	303
Costa Verde	AN01	09/17/2017	12/31/2018	470

Some variables were selected to analyze the efficiency of the program. The extent of the area used by diving centers was evaluated spatially investigating if the dive points were comprehensive enough for monitoring purposes. Our objective was to obtain data from an extensive sampling (Murray, Ambrose, & Dethier, 2002) covering many sites as possible, spreading over a wide geographical area. We believe that by the continuity of the program any record of occurrence has its importance in the monitoring of invasive species and therefore only one record would be enough to make the program efficient. In the case of new registrations, the program shows its efficiency even more. The credibility of the information, quality of recreational volunteer-generated data, was made by comparisons between records from trained volunteers and records described in the literature or confirmed by an experienced marine biologist. Analyses and graphics were done in the software R (R Core Team version 3.3.1, 2016) and all maps were generated in QGIS Geographic Information System (Quantum GIS Development Team, 2016).

3.4 Results

A total of 65 records of *Tubastraea* spp. were retrieved. The highest number of records (Figure 3) was for the shoreline of Costa do Sol (34 confirmed by researchers and 16 through literature), followed by Costa Verde (10 confirmed through literature and three by researchers) and Rio de Janeiro (two confirmed by researchers). New records of the occurrence of the genus *Tubastraea* were verified in situ by volunteer divers, 9 on the Costa do Sol, 2 in Rio de

Janeiro and 2 on the Costa Verde (Figure 4b, c and d respectively). In one dive point, occurrence records were made at different times. For the Costa do Sol region, more specifically at the Terceira Enseada dive point, 11 occurrence records were made in distinct periods (first in 11/02/2017 and last in 11/02/2018), which demonstrates the temporal coverage of the methodology. It is noteworthy that of the 11 records 3 were on the same day.

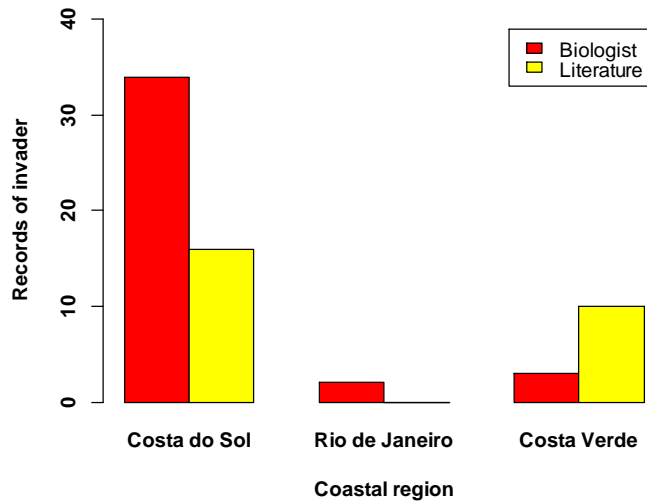


Figure 3. Records of the genus *Tubastraea* in state of Rio de Janeiro by coastal regions (Costa do Sol, Rio de Janeiro city, Costa Verde) and type of confirmation (Biologist/Researcher, Literature).

There is credibility in the information provided by scuba divers regarding the records of the genus *Tubastraea* along the diving sites. Results showed that all (100%) the records were confirmed by literature (26 records; Figure 4) or by marine biology specialists (39 records; Figure 4). These results increased the amount of information on sun coral distribution for the three studied coastal areas.

Published articles in indexed journals are rare for the state of Rio de Janeiro with the exception for Costa Verde (De Paula & Creed, 2004; De Paula & Creed, 2005; Silva et al., 2014). There are only few references for *Tubastraea* spp. occurrences in Rio de Janeiro city (Moraes, Aguiar, & Bertoncini, 2013), but in a different area from that recorded in the present study. In relation to the region of Costa do Sol, previous studies have reported the occurrence of *Tubastraea* spp. in Arraial do Cabo (Ferreira, 2003) and others are being carried out in Cabo Frio and Armação dos Búzios by the Coral-Sol Project.

In total, 13 areas were used as dive tourism sites for Cabo Frio and Armação dos Búzios shorelines, at Costa do Sol region (Figure 4a). Records of the presence of *Tubastraea* genus were reported for nine of them (approximately 62.23%) For Arraial do Cabo shoreline (Figure 4b), only two occurrences (6.7%) were reported, by common citizen divers in 30 dive spots.

In Rio de Janeiro city (Figure 4 c), Between 9 dive sites were observed sun coral in just two points (20%). For Costa Verde region (Figure 4d), seven (35%) dive sites were visited and sun coral was observed in rocky reefs. The present study shows that 39 records not mentioned by scientific articles yet were observed by divers for the three coastal regions together (Figure 4), most of them at Costa do Sol. Costa Verde has an extensive bibliography due to the long date monitoring program performed by Coral Sol Project.

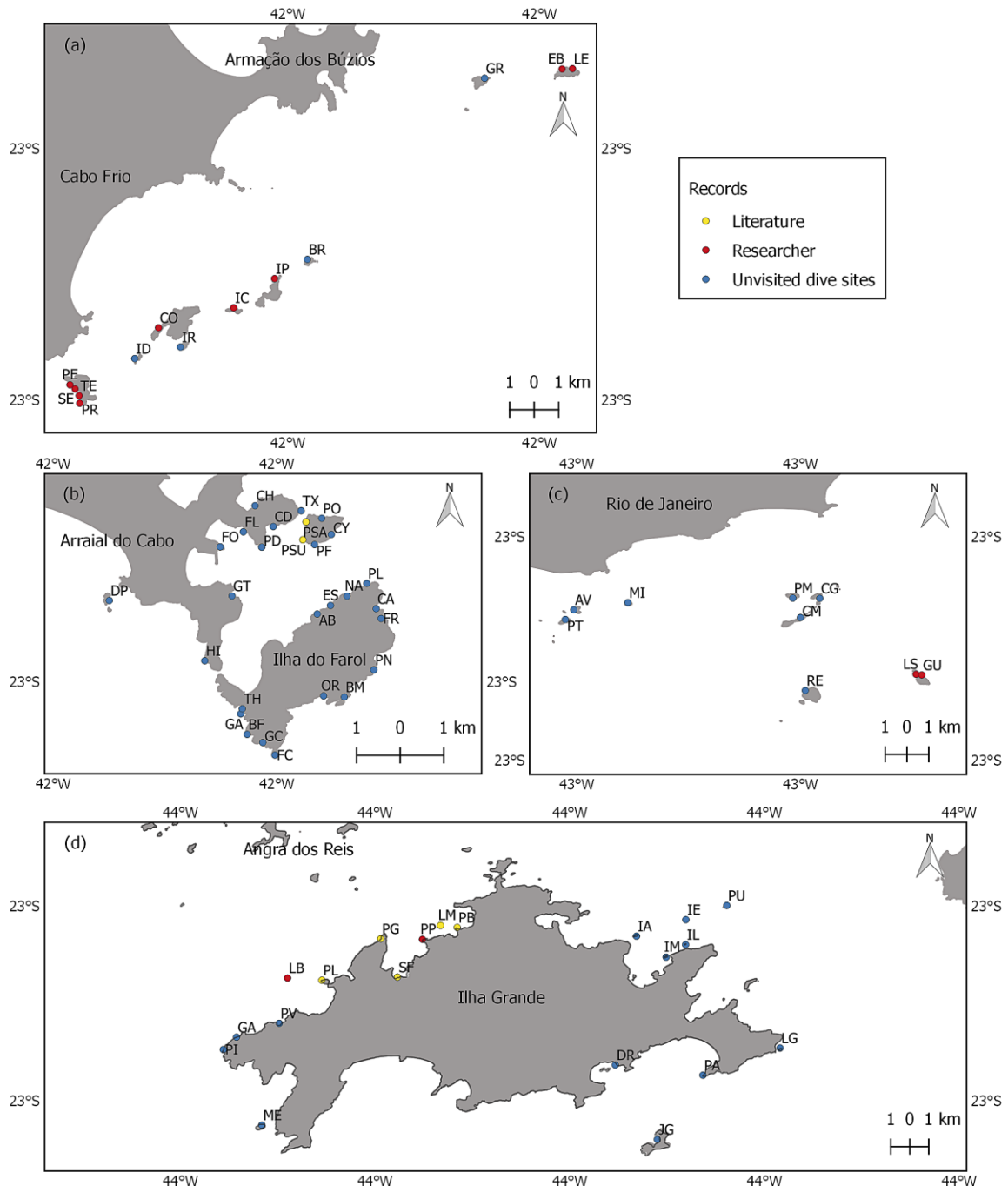


Figure 4. Maps of Costa do Sol depicting (a) Armação dos Búzios and Cabo Frio, and (b) Arraial do Cabo, (c) Rio de Janeiro and (d) Costa Verde. Records confirmed through literature (orange) or marine biology experts (red), and unvisited dive sites (blue) were also showed. Acronyms in the Supplementary Material.

We expected a direct relationship between the period in which the data were collected and the number of records, however results were different. In figure 5a the two dive centers of Arraial do Cabo, for example, showed different levels of efficiency in obtaining data. AR1 No data was obtained for a long time to AR1 whereas data were obtained regularly and within a short time in AR2. Figure 5b shows no relationship between the tested variables ($r=0.1622$) for all dive centers.

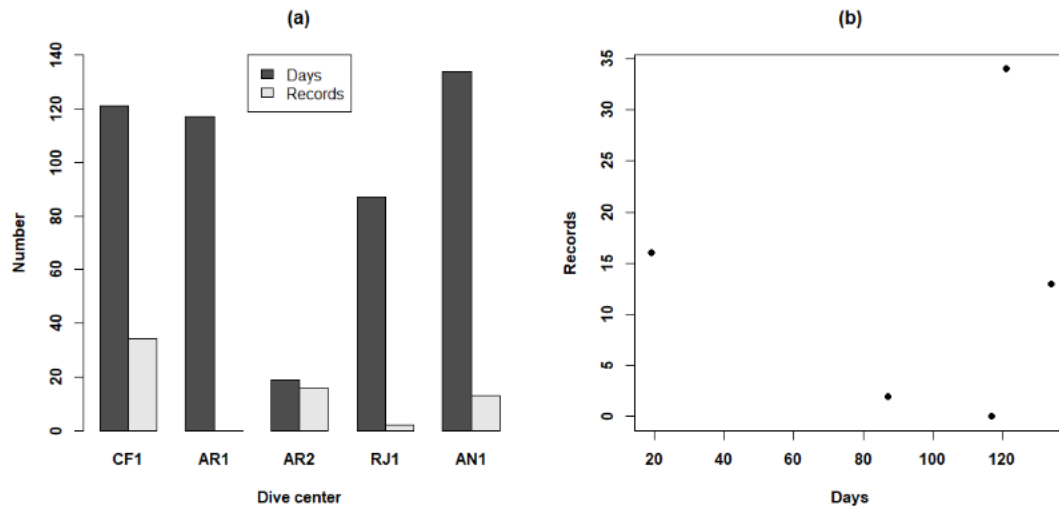


Figure 5. Number of records and estimated time of data collection in days (a) and scatterplot between the number of records and estimated time for obtaining these records, in number of days (b).

3.5 Discussion

This study revealed that sensitized scuba divers can help in obtaining reliable data for scientific researches. The awareness activity for SCUBA diving-ecotourists showed a significant result. The contribution by citizen scientists is an important tool to improve the monitoring of such invasive species. The records provided are important information for competent authorities, since they contribute to track the invasion process and develop measures to control and eradicate invasive *Tubastraea* spp., preventing them from spreading along the reefs.

The efficiency of this experimental program, with regard to the number of occurrences and new occurrences, was satisfactory, since it increases the knowledge on the distribution of a pervasive invasive species, bringing also new records for some of the studied sites. Our results agree thus with those of Davis et al. (2018), who found that broadcast media and social media have the capacity to reach a wide audience, but have low percentage of interaction, while workshops and citizen science events (i.e. which were similar to our briefing directed to dive centers and divers during the operations) tend to reach much smaller

audience, but generate greater levels of engagement. In this sense, the regions of Costa do Sol and Rio de Janeiro are being monitored now and any information can help researchers for control of *Tubastraea* spp. and to preserve native resources. At Costa Verde, the program can also provide information to complement spatial distribution data.

From the distribution map (Figure 4), it is possible to observe that the sampling has an extensive coverage, where according to Murray et al. (2002) many sites are spread over a wide geographical area. An extensive sampling method was used for the first time by De Paula and Creed (2005) for the large-scale mapping of the distribution of *Tubastraea* corals and it has been very useful for monitoring several localities along the Brazilian coastline. According to the method used by these authors, researchers should estimate the coverage density of each species of *Tubastraea* at each transect, assigning a DAFOR (Sutherland, 2006) scale and values for relative abundance classes. In addition to the occurrence record, this method provides an index of relative abundance and should be performed by a researcher or a suitably trained diver. The program proposed in the present study may thus be used as complement of this extensive methodology of sampling, indicating sites with new occurrences as an output.

The lack of relationship between the number of records and estimated time of data collection in days may be related to the commitment of the diving center. Opposite behaviors were observed for two diving centers in the coastal region of the Costa do Sol in Arraial do Cabo. Therefore, the success of initiatives such as that carried out in our study are complex, depending on the engagement of all characters, which means trained scientific divers to maximize information transference, sensibilization and diving experience of common citizens, and support and interest of diving centers.

New opportunities to attract customers can be seen as an advantage by some dive centers. Events that call for volunteers can be a good deal mainly in resorts with few tourists, or during low seasons. The initiatives involving ocean conservation can play an important role for attract ecotourists and move the region's economy through tourism. Over the years, divers have supported efforts on marine conservation issues, especially in records of invasive species (Delaney, Sperling & Adams, 2008; Crall et al., 2013). In the Caribbean, divers are invited to join in lionfish monitoring (Anderson et al., 2017), a dangerous invasive species of the Caribbean reefs, once it can cause reduction in native fish abundance and may represent a threat to local biodiversity (Albins, 2012; Green et al., 2012).

These awareness activities are also important for dive centers, because they are considered attractive for tourists who will pay for the dive in exchange for the knowledge and to be able to contribute with a research work (Goffredo et al., 2010; Silvertown, Buesching & Jacobson SK, 2013). The successful development of citizen-based monitoring programs depends, therefore, on the approximation of the academic community and the commitment of dive centers. The diver is the main agent in the process, which may provide us elusive information, and we can see that he is ready and willing to collaborate if the activity is proposed correctly.

3.6 Acknowledgments

The Sun-Coral Project has resources derived from the Commitment to Conduct Adjustment Agreement signed by Chevron Brasil with the Brazilian Federal Prosecution Service (Ministério Público Federal), with implementation by the Brazilian Biodiversity Fund. The authors would like to thank divers and diving centers for their collaboration with the project.

3.7 References

- Albins. (2012). Effects of invasive Pacific red lionfish *Pterois volitans* versus a native predator on Bahamian coral-reef fish communities. *Biological Invasions*, 15, 29–43. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10841-012-9588-8>
- Anderson, L. G., Chapman, J. K., Escontrela, D., & Gough, C. L. A. (2017). The role of conservation volunteers in the detection, monitoring and management of invasive alien lionfish. *Management of Biological Invasions*, 8. Retrieved from http://www.reabic.net/journals/mbi/2017/Accepted/MBI_2017_Anderson_etal_corrected_proof.pdf
- Barker, N. H. L., & Roberts, C. M. (2004). Scuba diver behaviour and the management of diving impacts on coral reefs. *Biological Conservation*. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.03.021>
- Bax, N., Williamson, A., Agüero, M., Gonzalez, E., & Geeves, W. (2003). Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity. *Marine Policy*, 27, 313–323. [https://doi.org/10.1016/S0308-597X\(03\)00041-1](https://doi.org/10.1016/S0308-597X(03)00041-1)
- Carlton, J. T. (1985). Transoceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organisms: the biology of ballast water. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, pp. 313–371.
- Castro, C.B., Pires, D. O. (2001). Brazilian coral reefs: what we already know and what is still missing. *Bulletin of Marine Science*, 69, 357–371.
- Conrad, C.C., Hilchey, K. G. (2011). A review of citizen science and community-based environmental monitoring: issues and opportunities. *Environ. Monit. Assess.*, 176, 273–291.
- Crall AW, Jordan R, Holfelder K, Newman G, Graham J, W. D. (2013). The impacts of an invasive species citizen science training program on participant attitudes, behavior, and science literacy. *Public Understanding of Science*, 22, 745–764. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/0963662511434894>
- Creed, J. C. (2006). Two invasive alien azooxanthellate corals, *Tubastraea coccinea* and *Tubastraea tagusensis*, dominate the native zooxanthellate *Mussismilia hispida* in Brazil. *Coral Reefs*, 25(3), 350. <https://doi.org/10.1007/s00338-006-0105-x>
- Davis, D., & Tisdell, C. (1996). Economic management of recreational scuba diving and the environment. *Journal of Environmental Management*, 48, 229–248.
- Davis, E. (2018). Communications, outreach and citizen science: spreading the word about invasive alien species. *Management of Biological Invasions*, 9(4), 415–425. <https://doi.org/10.3391/mbi.2018.9.4.14>

- De Paula, A. F., & Creed, J. C. (2004). Two species of the coral *Tubastraea* (Cnidaria, Scleractinia) in Brazil: A case of accidental introduction. *Bulletin of Marine Science*, 74(1), 175–183.
- Dearden, P., Bennett, M., & Rollins, R. (2007). Perceptions of diving impacts and implications for reef conservation. *Coastal Management*, 35(2), 305–317.
- Delaney DG, Sperling CD, Adams CS, L. B. (2008). Marine invasive species: validation of citizen science and implications for national monitoring networks. *Biological Invasions*. *Biological Invasions*, 10, 117–128.
- Ferreira, C. E. L. (2003). Non-indigenous corals at marginal sites. *Coral Reefs*, 22(4), 498. <https://doi.org/10.1007/s00338-003-0328-z>
- Giglio, V. J., Luiz, O. J., & Schiavetti, A. (2015). Marine life preferences and perceptions among recreational divers in Brazilian coral reefs. *Tourism Management*, 51, 49–57. <https://doi.org/10.1016/J.TOURMAN.2015.04.006>
- Goffredo S, Pensa F, Neri P, Orlandi A, Gagliardi MS, Velardi A, P. C., & F, Z. (2010). Unite research with what citizens do for fun: “Recreational monitoring” of marine biodiversity. *Ecological Applications*, 20, 2170–2187. <https://doi.org/https://doi.org/10.1890/09-1546>
- Green, S. J., Akins, J. L., Maljkovic, A., Cô té, I. M., & Jane Goldstien, S. (2012). Invasive Lionfish Drive Atlantic Coral Reef Fish Declines. *PLoS ONE*, 7(3), 32596. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032596>
- IBGE. (2016). Estatísticas básicas de turismo Brasil - Ano base 2015. Distrito Federal.
- Jeschke, J., Gómez Aparicio, L., Haider, S., Heger, T., Lortie, C., Pyšek, P., & Strayer, D. (2012). Support for major hypotheses in invasion biology is uneven and declining. *NeoBiota*, 14, 1–20. <https://doi.org/10.3897/neobiota.14.3435>
- Kapos, V., Balmford, A., Aveling, R., Bubb, P., Carey, P., Entwistle, A., Hopkins, J., Mulliken, T., Safford, R., Stattersfield, A., Walpole, M., Manica, A. (2009). Out-comes, not implementation, predict conservation success. *Oryx*, 43, 336–342.
- Lages, B. G., Fleury, B. G., Pinto, A. C., & Creed, J. C. (2010). Chemical defenses against generalist fish predators and fouling organisms in two invasive ahermatypic corals in the genus *Tubastraea*. *Marine Ecology*, 31(3), 473–482. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2010.00376.x>
- Lucrezi, S., Egi, S. M., Pieri, M., Burman, F., Ozyigit, T., Cialoni, D., ... Saayman, M. (2018). Safety priorities and underestimations in recreational scuba diving operations: A European study supporting the implementation of new risk management programmes. *Frontiers in Psychology*, 9(MAR), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00383>

- Miranda, R. J., Cruz, I. C. S., & Barros, F. (2016). Effects of the alien coral *Tubastraea tagusensis* on native coral assemblages in a southwestern Atlantic coral reef. *Marine Biology*, 163(3), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s00227-016-2819-9>
- Miranda, R. J., Nunes, J. de A. C. C., Mariano-Neto, E., Sippo, J. Z., & Barros, F. (2018). Do invasive corals alter coral reef processes? An empirical approach evaluating reef fish trophic interactions. *Marine Environmental Research*, (March), 0–1. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2018.03.013>
- Moraes, F., Aguiar, A., & Bertoni, A. (2013). *Ilhas do Rio*. (M. N. S. Livros, Ed.) (1st ed.). Rio de Janeiro.
- Murray, S. N., Ambrose, R. F., & Dethier, M. N. (2002). Methods for performing monitoring, impact, and ecological studies on rocky shores. *Ecological Studies*.
- Paula, a F., & Creed, J. C. (2005). Spatial distribution and abundance of nonindigenous coral genus *Tubastraea* (Cnidaria, Scleractinia) around Ilha Grande, Brazil. *Brazilian Journal of Biology = Revista Brasileira de Biologia*, 65(4), 661–673. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842005000400014>
- Ruiz GM, Carlton JT, Grosholz ED, H. A. (1997). Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent and consequences. *Am Zool*, 37, 621–632.
- Silva, A. G. da, Paula, A. F. de, Fleury, B. G., & Creed, J. C. (2014). Eleven years of range expansion of two invasive corals (*Tubastraea coccinea* and *Tubastraea tagusensis*) through the southwest Atlantic (Brazil). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 141(March), 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2014.01.013>
- Silvertown J, Buesching CD, Jacobson SK, R. T. (2013). Citizen science and nature conservation. *Key Topics in Conservation Biology*, 2, 124–142. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781118520178.ch8>
- Silvertown, J. (2009). A new dawn for citizen science. *Trends Ecol. Evol.*, 24, 467–471.
- Sutherland, W. J. (2006). *Ecological Census Techniques*. Cambridge University Press.
- Team, Q. D. (2016). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project.
- Tratalos, J. A., & Austin, T. J. (2001). Impacts of recreational SCUBA diving on coral communities of the Caribbean island of Grand Cayman. *Biological Conservation*, 102, 67–75.
- Wehner, N. (2011). *Citizen Science, Communication, and Expertise: An Examination of the Port Townsend Marine Science Center's Plastics Project*. University of Washington. <https://doi.org/10.1360/zd-2013-43-6-1064>

- Wilhelmsson, D., Ohman, M. C., Stahl, H., & Shlesinger, Y. (1998). Artificial reefs and dive tourism in Eilat, Israel. *Ambio*, 27, 764–766.
- Wright, S., Hull, T., Sivyer, D. B., Pearce, D., Pinnegar, J. K., Sayer, M. D. J., ... Hyder, K. (2016). SCUBA divers as oceanographic samplers: The potential of dive computers to augment aquatic temperature monitoring. *Scientific Reports*, 6(June), 1–8. <https://doi.org/10.1038/srep30164>
- Zenetos, A., Liami, A., Xentidis, N. J., & Corsini-Foka, M. (2017). Marine Alien Species at Pserimos Island (Greece): census with the help of citizen scientists. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 97(03), 629–634. <https://doi.org/10.1017/S0025315417000418>

4. APLICAÇÃO DA PESQUISA

As espécies exóticas invasoras (EEI) representam um grande risco à biodiversidade nos locais onde elas são introduzidas (Castro & Huber, 2012). Dentre os principais impactos ocasionados por bioinvasores pode-se ressaltar a redução de populações ou extinção de espécies nativas a partir da competição por espaço (Creed, 2006). Os efeitos negativos ocasionados por espécies invasoras precisam ser compreendidos para que medidas de controle e erradicação possam ser tomadas em prol da conservação dos ecossistemas. O Coral-Sol (*Tubastraea coccinea* e *T. tagusensis*) foi introduzido no Brasil na década de 1980 e desde então tem afetado severamente ecossistemas marinhos de costões rochosos na costa do Brasil (Castro & Pires, 2001; De Paula & Creed, 2004).

Os recursos para a pesquisa têm se tornado cada vez mais escassos, fazendo com que informações básicas, como dados de monitoramento e impactos causados em ecossistemas marinhos necessitem ainda de mais pesquisas (Greg & Stohlgren, 2010). Dessa forma, o presente estudo visa contribuir para a expansão do ainda baixo desenvolvimento de produção científica e técnica sobre o tema, trazendo o praticante de ecoturismo marinho através do Mergulho Autônomo Recreativo como ferramenta valiosa para monitoramento de EEI. O trabalho focou especialmente no que tange o Coral-Sol, mas acreditamos que desde que devidamente sensibilizados, os mergulhadores são capazes de responder sobre qualquer outra espécie não nativa com informações relevantes.

As informações obtidas a partir da contribuição voluntária, ao serem checadas com a literatura publicada e/ou conferidas por especialistas aparecem como uma forma de otimizar os recursos obtidos para pesquisas acadêmicas em prol da conservação de áreas marinhas naturais. Nesse sentido, o direcionamento dos esforços à produção técnico-científica, potencializa o fornecimento de conhecimento para as autoridades competentes elaborarem medidas de controle ao Coral-Sol.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A bioinvasão pelo Coral-Sol tem representado um grave risco à biodiversidade local e pode afetar comunidades costeiras que utilizam as áreas de costão para provimento de renda, acarretando prejuízos na economia dessas regiões. Diante disso, o projeto testou a efetividade da contribuição de praticantes de ecoturismo marinho no fornecimento de dados e podemos concluir a grande contribuição de pessoas “não pesquisadores” podem dar para a ciência. Assim, as informações permitiram identificar novos pontos de ocorrência do Coral-Sol, otimizando a aplicação de recursos no mapeamento das ocorrências das espécies.

O estudo elaborado em parceria com os turistas e operadoras de mergulho nos permitiu concluir que os mergulhadores estão dispostos, motivados e prontos para auxiliarem em ações de conservação da natureza, assim como as empresas do setor, demonstrando interesse em ampliar seus conhecimentos sobre o meio ambiente. Algumas operadoras de mergulho puderam utilizar a atividade em benefício próprio, buscando mais entusiastas para seus serviços. O retorno das informações dos mergulhadores aos pesquisadores, concretiza-se numa poderosa ferramenta em prol da conservação dos oceanos.

6. REFERÊNCIAS

- ALBINS, M.A., HIXON, M. A. Invasive Indo-Pacific lionfish *Pterois volitans* reduce recruitment of Atlantic coral-reef fishes. **Marine Ecology Progress Series**, v. 367, p. 233–238, 2008.
- ANDERSON, L. G. et al. The role of conservation volunteers in the detection, monitoring and management of invasive alien lionfish. **Management of Biological Invasions**, v. 8, 2017.
- BARBOSA, I., N. .; DRUMMOND, J. A. . Os direitos da natureza numa sociedade relacional: Reflexões sobre uma nova ética ambiental. **Estudos históricos**, p. 270–271, 1994.
- BAX, N. et al. Marine invasive alien species: a threat to global biodiversity. **Marine Policy**, v. 27, p. 313–323, 2003.
- BENSUSAN, N. **Conservação da biodiversidade em áreas protegidas** FGV Rio de Janeiro, 2006.
- BIZERRA, A. F.; ZUMPANO, O. G. **A prática do mergulho autônomo e as visões sobre o ambiente marinho: contribuições para educação para conservação**. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC. **Anais...** Florianópolis: 2017 Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0969-1.pdf>>. Acesso em: 14 Abril 2019.
- BRAGA, A. S.; MACIEL, M. A. **O sistema nacional de unidades de conservação e o desafio de sua implementação**. [s.l: s.n.]. v. 1
- BRAVO, G. et al. Effect of recreational diving on Patagonian rocky reefs. **Marine Environmental Research**, v. 104, p. 31–36, 2015.
- BROTTO, D. S. et al. Percepção ambiental do mergulhador recreativo no município do Rio de Janeiro e adjacências: subsídios para a sustentabilidade do ecoturismo marinho. **Revista Brasileira de Ecoturismo**, v. 5, n. 2, p. 297–314, 2012.
- CAIRNS, S. D. **A Revision of the Shallow-water Azooxanthellate Scleractinia of the Western Atlantic**. In: **Studies on the Natural History of the Caribbean Region**, 2000.
- CARLTON, J. T. Transoceanic and interoceanic dispersal of coastal marine organisms: the biology of ballast water. **Oceanography and Marine Biology: An Annual Review**, p. 313–371, 1985.

CASSEY P, BLACKBURN TM, SOL D, DUNCAN RP, L. J. **Global patterns of introduction effort and establishment success in birds.** Proc R Soc Lond B Biol Sc. **Anais...**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, p. 357–371, 2001.

CIGLIANO JA, MEYER R, BALLARD HL, FREITAG A, PHILLIPS TB, W. A. Making marine and coastal citizen science matter. **Ocean & Coastal Management**, v. 115, p. 77–87, 2015.

COPE, R. The international diving market. **Travel & Tourism Analyst**, v. 6, p. 1–39, 2003.

CORADIN, L.; TORTATO, D. T. Espécies Exóticas Invasoras: Situação Brasileira. **Ministério do Meio Ambiente**, p. 23, 2006.

CRALL AW, NEWMAN GJ, JARNEVICH CS, STOHLGREN TJ, WALLER DM, G. J. Improving and integrating data on invasive species collected by citizen scientists. Biological Invasions. **Biological Invasions**, v. 12, p. 3419–3428, 2010.

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

CREED, J. C. et al. The Sun-Coral Project : the first social-environmental initiative to manage the biological invasion of *Tubastraea* spp . in Brazil. **Management of Biological Invasions**, v. 8, n. Article in press, p. 181–195, 2017.

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, n. Richmond 1998, p. 101–111, 2007.

DAVENPORT, J.; DAVENPORT, J. L. The impact of tourism and personal leisure transport on coastal environments: A review. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 67, n. 1–2, p. 280–292, mar. 2006.

DAVIS, D.; TISDELL, C. Recreational scuba-diving and carrying capacity in marine protected areas. **Ocean & Coastal Management**, v. 26, n. 1, p. 19–40, jan. 1995.

DAVIS, D.; TISDELL, C. Economic management of recreational scuba diving and the environment. **Journal of Environmental Management**, v. 48, p. 229–248, 1996.

- DE OLIVEIRA SOARES, M. et al. Marine bioinvasions: Differences in tropical copepod communities between inside and outside a port. **Journal of Sea Research**, v. 134, p. 42–48, 2018.
- 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.
- DI FRANCO, A. et al. Scuba diver behaviour and its effects on the biota of a Mediterranean marine protected area. **Environ. Conserv.**, v. 36, n. 1, p. 32–40, 2009.
- DOMANESCHI, O.; MARTINS, C. M. **Isognomon bicolor**(C.B. Adams) (**Bivalvia, Isognomonidae**): primeiro registro para o Brasil , redescrição da espécie e considerações sobre a ocorrência e distribuição de *Isognomon* na costa brasileira. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbzool/v19n2/v19n2a17>>. Acesso em: 14 Abril. 2019.
- GIGLIO, V. J. et al. Using an educational video-briefing to mitigate the ecological impacts of scuba diving. **Journal of Sustainable Tourism**, v. 26, n. 5, p. 782–797, 2018.
- GREG, N.; STOHLGREN, T. J. Improving and integrating data on invasive species collected by citizen scientists. **Biological Invasions**, n. June 2014, 2010.
- HANNAK, J. S. A snorkel trail based on reef condition and visitor perception as a management tool for a threatened shallow water reef in Dahab (South Sinai, Egypt). [s.l.] Universität Wien, 2008.
- HIGGINS SI, R. D. **Invasive plants have broader physiological niches**. Proc Natl Acad Sci. **Anais...**2014
- HYDER K, TOWNHILL B, ANDERSON LG, DELANY J, P. J. Can citizen science contribute to the evidence-base that underpins marine policy? **Marine Policy**, v. 59, p. 112–120, 2015.
- ICMBIO. **Guia de orientação para o manejo de espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais**. Brasília: [s.n.].
- KAPOS, V., BALMFORD, A., AVELING, R., BUBB, P., CAREY, P., ENTWISTLE, A., HOPKINS, J., MULLIKEN, T., SAFFORD, R., STATTERSFIELD, A., WALPOLE, M., MANICA, A. Out-comes, not implementation, predict conservation success. **Oryx**, v. 43, p. 336–342, 2009.

- KOOP, K., BOOTH, D., BROADBENT, A., BRODIE, J., BUCHER, D., CAPONE, D., COLL, J., DENNISON, W., ERDMANN, M., HARRISON, P., HOEGH- GULDBERG, O., HUTCHINGS, P., JONES, G.B., LARKUM, A.W.D., O'NEIL, J., STEVEN, A., TENTORI, E., WARD, S., WILLIAMSON, J., YELL, D. ENCORE: the effect of nutrient enrichment on coral reefs. Synthesis of results and conclusions. **Marine Pollution Bulletin**, v. 42, p. 91–120, 2001.
- LAGES, B. G. et al. Chemical defenses against generalist fish predators and fouling organisms in two invasive ahermatypic corals in the genus *Tubastraea*. **Marine Ecology**, v. 31, n. 3, p. 473–482, 2010.
- LAGES, B. G. et al. Proximity to competitors changes secondary metabolites of non-indigenous cup corals, *Tubastraea* spp., in the southwest Atlantic. **Marine Biology**, v. 159, n. 7, p. 1551–1559, 2012.
- LIU, T.-K., CHANG, C.-H., CHOU, M. L. Management strategies to prevent the introduction of non-indigenous aquatic species in response to the Ballast Water Convention in Taiwan. **Marine Policy**, v. 44, p. 187–195, 2014.
- LODI, L.; TARDIN, R. Citizen science contributes to the understanding of the occurrence and distribution of cetaceans in southeastern Brazil – A case study. **Ocean and Coastal Management**, v. 158, n. March, p. 45–55, 2018.
- LOPES, R. M. .; CUNHA, D. R. .; DOS SANTOS, K. C. **Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil**. Brasília: [s.n.]. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf2008_dcbio/_publicacao/147_publicacao07072011012531.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2019.
- MAIDA, M.; PAULA-PONTES, A. C.; FERREIRA, B. P.; CASTRO, C. B.; PIRES, D. O. ; RODRIGUES, M. C. M. **Relatório do Workshop sobre os Recifes de Coral Brasileiros: Pesquisa, Manejo Integrado e Conservação**. (C. Coralus, Ed.) Workshop sobre os Recifes de Coral brasileiros. **Anais...**Tamandaré: CEPENE/IBAMA/ Coralus, 1997
- MANTELATTO, M. C. Distribuição e abundância do coral invasor *Tubastraea* spp. **Dissertação de doutorado**, p. 121, 2012.
- MARQUES, A. C. Invasives: sea of data still to come. **Science**, p. 19, 2011.

- MEDEIROS, R.; IRVING, M.; GARAY, I. A Proteção da Natureza no Brasil: evolução e conflitos de um modelo em construção. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, v. VI, n. 9, p. 83–93, 2004.
- MEURER, B. C. et al. First record of native species of sponge overgrowing invasive corals *Tubastraea coccinea* and *Tubastraea tagusensis* in Brazil. **Marine Biodiversity Records**, v. 3, p. e62, 8 jun. 2010.
- MIRANDA, R. J. et al. Do invasive corals alter coral reef processes? An empirical approach evaluating reef fish trophic interactions. **Marine Environmental Research**, v. 138, p. 19–27, jul. 2018.
- MIRANDA, R. J.; CRUZ, I. C. S.; 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.
- MMA. **Diretrizes para Visitação em Unidades de Conservação**. Brasília: Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília: [s.n.].
- MOREIRA, T. S. G.; 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, n. December 2012, p. 7–13, 2012.
- O. HOEGH-GULDBERG P., MUMBY A., HOOTEN, R. S. STENECK, P. GREENFIELD, E. GOMEZ, C. D. HARVELL, P. F. SALE, A. . EDWARDS, K. CALDEIRA, N. KNOWLTON, C. M. EAKIN, R. IGLESIAS-PRIETO, N. MUTHIGA, R. H. BRADBURY, A. DUBI, M. E. H. Coral Reefs Under Rapid Climate Change and Ocean Acidification. **SCIENCE**, 2007.
- OIGMAN-PSZCZOL, S. et al. O controle da invasão do coral-sol no Brasil não é uma causa perdida. **Artigos & Ensaios**, v. 1, 2017.
- OLIVEIRA, A. E. S. DE; MACHADO, C. J. S. A experiência brasileira diante das espécies exóticas invasoras e a perspectiva de formulação de uma política pública nacional. **Ciência & Cultura**, v. 61, n. 1, p. 23–26, 2009.
- OMT. **World Tourism Organization. Tourism: 2020 vision: global forecast**. (UNWTO, Ed.)UNWTO. **Anais...**Madrid: 2012
- PECCATIELLO, A. F. O. Políticas públicas ambientais no Brasil: da administração dos recursos naturais (1930) à criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (2000). **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 24, p. 71–82, 2011.

- PEDRINI, A. D. G. et al. Educação Ambiental pelo Ecoturismo numa trilha marinha no Parque Estadual da Ilha Anchieta, Ubatuba (SP). **Revista Brasileira de Ecoturismo**, v. 3, n. 3, p. 428–459, 2010.
- PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. **Biologia Marinha**. [s.l.] INTERCIÊNCIA, Ed., 2009.
- PIMENTEL D, ZUNIGA R, M. D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. **Ecol Econ**, v. 52, 273–288, 2005.
- PLATHONG, S.; INGLIS, G. J.; HUBER, M. E. Effects of self-guided snorkeling trails on corals in a tropical Marine Park. **Conserv. Biol.**, v. 14, n. 6, p. 1821–1830, 2000.
- 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? **Aquatic Invasions**, v. 5, n. 2, p. 131–140, 2010.
- SAMPAIO, A. B.; SCHMIDT, I. B. Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, n. 2, p. 32–49, 2014.
- SANTANDER-BOTELLO, L. C.; FREJOMIL, E. P. Impacto ambiental del turismo de buceo en arrecifes de coral. **Cuad. Tur.**, v. 24, p. 207–227, 2009.
- STEFFEN, W.; RICHARDSON, K.; ROCKSTROM, J. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. **Science**, p. 347, 2015.
- STEIN, R. **Invasive species law and policy in South Africa Harmful invasive species: Legal responses**. Washington: [s.n.].
- STOLK, P.; MARKWELL, K.; JENKINS, J. M. Artificial Reefs as Recreational Scuba Diving Resources: A Critical Review of Research. **Journal of Sustainable Tourism**, v. 15, n. 4, p. 331–350, 15 jul. 2007.
- TRATALOS, J. A., & AUSTIN, T. J. Impacts of recreational SCUBA diving on coral communities of the Caribbean island of Grand Cayman. **Biological Conservation**, v. 102, p. 67–75, 2001.
- VIDERS, H. **Marine conservation in the 21st century**. Flagstaff: AZ Publishing. Anais...1997
- ZENETOS, A. et al. Marine Alien Species at Pserimos Island (Greece): census with the help of citizen scientists. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 97, n. 03, p. 629–634, 3 maio 2017.

7. ANEXOS

CONHECENDO A BIODIVERSIDADE MARINHA

PROJETO CORAL-SOL

COURTESY OF THE INTEGRATION AND APPLICATION NETWORK, UNIVERSITY OF MARYLAND CENTER FOR ENVIRONMENTAL SCIENCE (IAN.UMCES.EDU/SYMBOLS/)

WWW.BRBIO.ORG.BR FACEBOOK.COM/PROJETOCORALSOL/ REGISTRE A OCORRÊNCIA DO CORAL-SOL: CANAL@CORALSOL.ORG

REALIZAÇÃO:

BRBIO PROJETO CORAL-SOL

APOIO:

Pesquisa MARINHA & PESQUEIRA
MPF

PARCERIAS:

IBRPA
UNIRIO

Esta proposta é financiada através de uma medida compensatória estabelecida pelo Termo de Ajustamento de Conduta de responsabilidade da empresa Chevron, conduzido pelo Ministério Público Federal - MPF/RJ, com implementação do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade - Funbio*.

Anexo 1: Material complementar impresso utilizado na atividade de sensibilização.

OS COSTÕES ROCHOSOS DO LITORAL DO RIO DE JANEIRO

SEUS HABITANTES



PROJETO
CORAL-SOL



COURTESY OF THE INTEGRATION AND APPLICATION NETWORK, UNIVERSITY OF MARYLAND CENTER FOR ENVIRONMENTAL SCIENCE (IAN.UMCES.EDU/SYMBOLS/)

WWW.BRBIO.ORG.BR  WWW.FACEBOOK.COM/BRBIO.RJ

REGISTRE A OCORRÊNCIA DO CORAL-SOL: CANAL@CORALSOL.ORG

REALIZAÇÃO:  BRBIO Instituto Brasileiro de Biodiversidade	 PROJETO CORAL-SOL	APOIO:  Pesquisa MARINHA & PESQUEIRA	PARCERIAS:  INTEC INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA
 MPF Ministério Público Federal	 ANP NACIONAL DE PETRÓLEO GÁS E BIOMASSAS	 FUNBIO FUNDO BRASILEIRO PARA A BIODIVERSIDADE	 FAPERJ FUNDAÇÃO DE Amparo à RESEARCH DE FAPERJ
 UNIRIO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO	 FEPA FUNDO DE PROTEÇÃO DO AMBIENTE	 AguaRio AGUÁRIO	 UNIRIO UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

O Projeto Coral-Sol conta com recursos decorrentes de Termo de Ajustamento de Conduta firmado pela Chevron Brasil, com o Ministério Público Federal, com implementação do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade – Funbio.

Anexo 2: Material complementar impresso utilizado na atividade de sensibilização.



BIOINVASÃO

PROJETO CORAL-SOL

O QUE SÃO ESPÉCIES INVASORAS? POR QUE FAZER O CONTROLE E/OU ERRADICAÇÃO?



COURTESY OF THE INTEGRATION AND APPLICATION NETWORK, UNIVERSITY OF MARYLAND CENTER FOR ENVIRONMENTAL SCIENCE (IAN.UMCES.EDU/SYMBOLS/)

WWW.BRBIO.ORG.BR  WWW.FACEBOOK.COM/BRBIO.RJ/
REGISTRE A OCORRÊNCIA DO CORAL-SOL: CANAL@CORALSOL.ORG

REALIZAÇÃO:



APÓIO:



PARCERIAS:



O Projeto Coral-Sol conta com recursos decorrentes de Termo de Ajustamento de Conduta firmado pela Chevron Brasil, com o Ministério Público Federal, com implementação do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade – Funbio.

Anexo 3: Material complementar impresso utilizado na atividade de sensibilização.

VOCÊ SABIA QUE O CORAL-SOL É UM BIOINVASOR E É EXTREMAMENTE DANOSO AOS ECOSISTEMAS MARINHOS BRASILEIROS?




Acervo Projeto Coral-Sol/ BrBio - Foto de Bruno Mesa

Os invasores despertam o interesse de mergulhadores pela novidade, porém podem levar à perda da biodiversidade e à monotonia da paisagem marinha afetando o turismo. Além disso, podem acabar interferindo em outras atividades econômicas, tais como, o cultivo de mexilhões e a pesca.



Ao mergulhar e encontrar um coral-sol, informe sua localização aproximada, data, profundidade e se puder, envie uma foto para o email CANAL@CORALSOL.ORG. Procure saber se a operadora tem uma prancheta de registros do programa "De Olho no Coral Sol" e nos ajude a combater este invasor.

Não tente removê-lo por conta própria, pois a retirada deste organismo sem a licença adequada é um crime ambiental. Acesse nosso site: [HTTP://WWW.BRBIO.ORG.BR](http://www.brbio.org.br), curta a nossa página www.facebook.com/brbio.rj e venha ser um vigilante.

O QUE VOCÊ PODE FAZER PARA AJUDAR NO COMBATE AO CORAL-SOL?



REALIZAÇÃO:



APOIO:



PARCERIAS:



O Projeto Coral-Sol conta com recursos decorrentes de Termo de Ajustamento de Conduta firmado pela Chevron Brasil, com o Ministério Público Federal, com implementação do Fundo Brasileiro para a Biodiversidade – Funbio.

Anexo 4: Material complementar impresso utilizado na atividade de sensibilização e disponibilizado para a embarcação.

8. Material Suplementar (Supplementary Material).

ID	SITE	AREA
PB	Ponta do Bananal	Angra dos Reis
PG	Ponta Grossa do Sítio Forte	Angra dos Reis
PR	Paredão	Cabo Frio
TE	Terceira Enseada	Cabo Frio
SE	Segunda Enseada	Cabo Frio
IP	Ponta Leste	Cabo Frio
IC	Capões	Cabo Frio
PE	Primeira Enseada	Cabo Frio
PL	Ponta da Ilha Longa	Angra dos Reis
LM	Laje do Matariz	Angra dos Reis
LE	Ponta leste	Armação dos Búzios
EB	Enseada do Badejo	Armação dos Búzios
LS	Lado Sul	Rio de Janeiro
LB	Laje Branca	Angra dos Reis
PP	Ponta do Pilão	Angra dos Reis
SF	Ponta Grossa do Sítio Forte	Angra dos Reis
GR	Ilha de Gravatas	Armação dos Búzios
BR	Ilha do Breu	Cabo Frio
ID	Ilha Dois Irmãos	Cabo Frio
IR	Ilha Redonda	Cabo Frio
CO	Ilha Comprida	Cabo Frio
GA	Gruta do Acaiá	Angra dos Reis
PI	Ponta do Acaiá	Angra dos Reis
PV	Praia Vermelha	Angra dos Reis
IA	Ilha do Abraão	Angra dos Reis
IM	Ilha do Morcego	Angra dos Reis
IL	Ilha do Amolá	Angra dos Reis
IE	Ilha do Meio	Angra dos Reis

PU	Ilha do Pau a Pino	Angra dos Reis
LG	Lage do Guriri	Angra dos Reis
JG	Ilha de Jorge Grego	Angra dos Reis
DR	Dois Rios	Angra dos Reis
PA	Ponta da Parnaioca	Angra dos Reis
ME	Ilha dos Meros	Angra dos Reis
PM	Ilha de Palmas	Rio de Janeiro
CM	Ilha Comprida	Rio de Janeiro
RE	Ilha Redonda	Rio de Janeiro
CG	Ilha Cagarra	Rio de Janeiro
MI	Ilha do Meio	Rio de Janeiro
AV	Ilha Alfavaca	Rio de Janeiro
PT	Ilha Pontuda	Rio de Janeiro
GU	Guincho	Rio de Janeiro
PSU	Ponta Sul	Arraial do Cabo
PSA	Ponta do Saltador	Arraial do Cabo
PF	Ponta Fora SW	Arraial do Cabo
CY	Canyon	Arraial do Cabo
PO	Ponta Fora NE	Arraial do Cabo
FO	Fortaleza	Arraial do Cabo
FL	Flutuante	Arraial do Cabo
PD	Ponta D'Água	Arraial do Cabo
GT	Gato	Arraial do Cabo
CD	Cardeiro	Arraial do Cabo
CH	Cherne	Arraial do Cabo
AB	Abobrinha	Arraial do Cabo
ES	Escadinha	Arraial do Cabo
NA	Anequim	Arraial do Cabo
PL	Ponta Leste	Arraial do Cabo
CA	Cachorrinha	Arraial do Cabo

FR	Ferreiro	Arraial do Cabo
PN	Ponta do Meio	Arraial do Cabo
BM	Burado do Mero	Arraial do Cabo
OR	Oratório	Arraial do Cabo
FC	Focinho	Arraial do Cabo
BF	Bufador	Arraial do Cabo
GC	Gruta da camarinha	Arraial do Cabo
GA	Gruta azul	Arraial do Cabo
TX	Teixeirinha	Arraial do Cabo
TH	Thetis	Arraial do Cabo
HI	Harlingen	Arraial do Cabo
DP	Dona Paula	Arraial do Cabo