

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM BACHARELADO DE CIÊNCIAS
BIOLÓGICAS

GUSTAVO DOUGLAS DE FREITAS XAVIER
LUCAS MIGUEL DOS SANTOS
NICOLAS VICTOR MIRANDA DE SOUZA

**ALTERAÇÕES ECOSSISTÊMICAS EM
DECORRÊNCIA DA INVASÃO DO CORAL-SOL NOS
LITORAIS BRASILEIROS**

RECIFE-PE
2023

GUSTAVO DOUGLAS DE FREITAS XAVIER
LUCAS MIGUEL DOS SANTOS
NICOLAS VICTOR MIRANDA DE SOUZA

**ALTERAÇÕES ECOSSISTÊMICAS EM
DECORRÊNCIA DA INVASÃO DO CORAL-SOL NOS
LITORAIS BRASILEIROS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Disciplina TCC II do Curso de Bacharelado em
Ciências Biológicas do Centro Universitário
Brasileiro - UNIBRA, como parte dos requisitos para
conclusão do curso.

Orientador(a): Prof^a. Dr^a. Lilian Maria Araújo de
Flores

RECIFE-PE

2023

Ficha catalográfica elaborada pela
bibliotecária: Dayane Apolinário, CRB4- 2338/ O.

X3a Xavier, Gustavo Douglas de Freitas.
Alterações ecossistêmicas em decorrência da invasão do coral-sol nos
litorais Brasileiros/ Gustavo Douglas de Freitas Xavier; Lucas Miguel dos
Santos; Nicolas Victor Miranda de Souza. - Recife: O Autor, 2023.
23 p.

Orientador(a): Dra. Lilian Maria Araújo de Flores.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário
Brasileiro – UNIBRA. Bacharelado em Ciências Biológicas, 2023.

Inclui Referências.

1. *Tubastraea*. 2. Bioinvasão. 3. Dispersão. I. Santos, Lucas Miguel
dos. II. Souza, Nicolas Victor Miranda de. III. Centro Universitário
Brasileiro. - UNIBRA. IV. Título.

CDU: 573

RESUMO

O coral-sol causa a eliminação de corais nativos, não possuindo predadores naturais e secretando uma substância química que dificulta a sua predação, além de que a sua alta dispersão dificulta a sua remoção. Tendo isto em mente, o presente estudo visa uma releitura bibliográfica para ajudar a advertir e informar sobre o avanço desses seres. A bioinvasão continua sendo um fator que põe em risco a biodiversidade mundial, a grande dispersão desses seres causa um dano irreparável. Que apesar de ser um organismo sésil se propaga em grandes dimensões territoriais, isso se deve pela grande resistência destes em locais antropizados e pela falta de preferência a substratos, podendo fixar-se em sedimento não consolidado como também eliminando a concorrência nativa e tomando seu local de fixação. O atual estudo é embasado em leituras bibliográficas com teor qualitativo em questão da bioinvasão do coral-sol nos litorais do território brasileiro.

Palavras-chave: *Tubastraea*; Bioinvasão; Dispersão.

ABSTRACT

The sun coral causes the elimination of native corals, having no natural predators and secreting a chemical substance that makes predation difficult, in addition to its high dispersion making it difficult to remove. With this in mind, the present study aims to reread the literature to help warn and inform about the advancement of these beings. Bioinvasion continues to be a factor that puts global biodiversity at risk, the large dispersion of these beings causes irreparable damage. that despite being a sessile organism, it spreads over large territorial dimensions, this is due to its great resistance in anthropic places and the lack of preference for substrates, being able to settle in unconsolidated sediment as well as eliminating native competition and taking its place fixing. The current study is based on bibliographical readings with qualitative content on the issue of the bioinvasion of sun coral on the Brazilian coast.

Keywords: *Tubastraea*; Bioinvasion; Dispersion.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | | |
|-------------|---|----|
| Figura 1 - | Colônia de corais do gênero <i>Tubastraea</i> em território brasileiro..... | 11 |
| Figura 2 - | Colônias do gênero <i>Tubastraea</i> sp. recobrando um paredão..... | 14 |
| Gráfico 1 - | Taxa de reprodução do <i>Tubastraea</i> sp. possuindo uma alta atividade reprodutiva que dura o ano inteiro com alguns meses de pico e queda..... | 19 |
| Gráfico 2 - | Taxa de mortalidade de <i>Tubastraea</i> sp. por temperatura média em comparação com tempo de suspensão larval em coluna d'água..... | 20 |
| Gráfico 3 - | Taxa de assentamento dos <i>Tubastraea</i> sp. em relação à temperatura média..... | 21 |
| Gráfico 4 - | Taxa quantitativa de pólipos por média de temperatura..... | 21 |
| Gráfico 5 - | Mudança na abundância dos corais solares antes e depois da manipulação de remoção e monitoramento na região de Angra (Brasil). a) <i>Tubastraea tagusensis</i> , b) <i>Tubastraea coccinea</i> | 23 |
| Gráfico 6 - | Mudança na abundância dos corais solares antes e depois da manipulação de remoção e monitoramento na região de Búzios (Brasil). a) <i>Tubastraea tagusensis</i> , b) <i>Tubastraea coccinea</i> | 24 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 07 |
| 2 OBJETIVOS..... | 09 |
| 2.1 Objetivo geral..... | 09 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 09 |
| 3 REFERENCIAL TEÓRICO..... | 10 |
| 3.1 Bioinvasores Marinhos..... | 10 |
| 3.2 Biologia do Coral-sol..... | 11 |
| 3.3 Dispersão e distribuição do coral invasor na costa brasileira..... | 14 |
| 4 DELINEAMENTO METODOLÓGICO..... | 17 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 18 |
| 5.1 Chegada do Coral-sol nos litorais brasileiros..... | 18 |
| 5.2 Como a biologia do coral-sol atua em sua dispersão..... | 18 |
| 5.3 Consequências da invasão do coral-sol..... | 22 |
| 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 25 |
| REFERÊNCIAS..... | 26 |

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que espécies invasoras configuram uma problemática complexa e extensa, para lidar com esta adversidade pesquisadores estudam as situações para promover medidas de combate a esta ameaça (Souza, 2009). Conforme Brasil Pró-espécies (2019), pode-se definir espécie exótica invasora quando sua introdução ou dispersão impactam negativamente a biodiversidade local.

Em ambientes aquáticos, os vetores responsáveis por parte das invasões biológicas são os navios com a água de lastro e incrustação, bem como os resíduos plásticos que atuam como substrato para incrustação de espécies exóticas potencialmente invasoras, que podem trazer impactos em escala global (Souza, 2009). Essa invasão pode trazer consequências negativas para indivíduos da comunidade nativa brasileira, como o *Mussismilia hispida* (coral cérebro), que sofre danos teciduais ocasionados pelo coral-sol, *Tubastraea* sp. proveniente do oceano pacífico, Timor-Leste e Galápagos (Creed, 2006). Tal situação fornece conhecimento do impacto de um exemplar no funcionamento do ecossistema e se as propriedades forem rigorosamente transformadas por ele, deixa claro assim a importância da biologia da espécie individual a nível ecossistêmico (Vitousek, 1986). Apesar de existirem vários eventos de bioinvasão, uma das espécies mais conhecidas neste processo é o popularmente conhecido como coral-sol ou *Tubastraea* sp., é uma espécie exótica invasora vinda do oceano Índico, mas vem se estabelecendo no Atlântico e representa uma ameaça a nível ecossistêmico (Miranda, 2018).

Após sua introdução em território nacional, já pode ser notado seu potencial de adaptação para se estabelecer no ambiente. Sua capacidade de competição é notável, pois corais *Mussismilia hispida* (endêmicos do Brasil), encontrados a menos de 5 cm de distância do coral exótico invasor, possuíam necrose. Como consequência, deformação estrutural, mas essa morte tecidual não possuía indícios de reciprocidade, indicando assim sua competitividade dominante sobre as espécies nativas e representando uma ameaça de grande redução que pode ocasionar até mesmo uma possível extinção do coral cérebro (Creed, 2006).

Esses corais cosmopolitas (*Tubastraea* sp.) também habitam locais mais inóspitos, como cavernas, pedregulhos ou grandes declives (De Paula, 2004). Assim, podem inicialmente se estabelecer na ausência da luz e assim aproveitar a baixa concorrência, se expandindo e tomando costões rochosos para si. Isso ocorre por eles serem azooxantelados, conferindo-lhes a vantagem de se depositarem em

locais ausentes ou de baixa luminosidade, o que não é interessante para corais fotossintetizantes (Creed, 2006). O perigo da bioinvasão é o afastamento da biota nativa gerando desequilíbrio na cadeia produtiva, alimentar e ciclagem de nutrientes do local. A competição por assentamento de substrato duro desenvolve um papel fundamental na formação de habitats, se sobrepondo a outros seres (Connell, 1978; Jackson, 1977 apud Singh e Thakur, 2016).

As duas espécies invasoras do Atlântico de coral-sol (*T. tagusensis* e *T. coccinea*) possuem diversas estratégias reprodutivas de assentamento e crescimento rápidos, se recuperando rapidamente de fragmentação por brotamento gerando pequenos pólipos no local. Ambas são espécies do pacífico, sendo originárias a *T. coccinea* do arquipélago de Fiji, e a *T. tagusensis* do arquipélago de Galápagos (De Paula e Creed, 2004).

A problemática em torno das espécies invasoras se dá pela grande perturbação que elas causam ao meio em que invadem, prejudicando assim diversas outras espécies envolvidas ao ambiente alterado pela invasão. Diante das informações levantadas, faz-se necessário uma recapitulação de arquivos bibliográficos visando buscar uma melhor compreensão da biologia do coral-sol, não apenas para entender o seu funcionamento, mas também para auxiliar na criação de métodos que amenizem a sua expansão. Este trabalho tem como objetivo mostrar os principais impactos da bioinvasão do coral-sol (*Tubastraea* sp.) nos ecossistemas litorâneos brasileiros e transmitir informações sobre o coral-sol e a problemática envolvida na alteração da dinâmica do ambiente onde uma espécie exótica invasora se estabelece.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Apresentar os principais impactos da bioinvasão do coral-sol (*Tubastraea* sp.) nos ecossistemas litorâneos brasileiros.

2.2 Objetivos específicos

- Compreender a biologia do coral-sol e como ela influencia na sua dispersão;
- Descrever a chegada do coral-sol nos litorais brasileiros;
- Descrever possíveis consequências da invasão do coral-sol;
- Apresentar medidas mitigadoras para a bioinvasão do coral-sol.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Bioinvasores Marinhos

As espécies exóticas invasoras representam uma problemática ecológica a nível regional em expansão, porém há uma carência no compreender geral dos efeitos gerados (Anton et al., 2019). No ambiente marinho, encontramos vários exemplares como o *Pterois volitans* ou peixe-leão-vermelho do pacífico, que demonstra ser um predador voraz que traz grandes efeitos negativos na fauna nativa (Albins, 2015). Ele apresenta um agregado de aspectos predatórios e comportamentais que as espécies nativas não estão adaptadas (Albins; Hixon, 2013).

Segundo Caralt e Cebrian (2013), a invasão de uma espécie exótica, a alga *Womersleyella setacea*, apresenta danos na diversidade de poríferos que tem sua reprodução afetada diretamente pela invasora. Em áreas com a presença da alga, algumas espécies de esponjas não se reproduziram, outras tinham a capacidade de se reproduzir, mas diminuíram seus esforços reprodutivos e as espécies em local não invadido seguiram sua reprodução normalmente. Uma problemática que favorece as espécies exóticas invasoras são os resíduos plásticos e outros detritos flutuantes que intensificam a ameaça ecossistêmica marinha, pois a biota pode se anexar e ser transportada causando invasões biológicas de intensidade e extensão desconhecidas (Rech; Borrel; Vazquez, 2016). É de grande influência o papel dos resíduos sólidos marinhos no transporte de espécies não nativas, atuando nas introduções primárias carregando-as para grandes distâncias até novas regiões. Também age na forma de expansão secundária levando indivíduos a distâncias menores e assim tomando toda a região já afetada (Rech; Borrel; Vazquez, 2016).

Estima-se que o coral *Tubastraea* sp. tenha chegado através de navios e plataformas de petróleo, porém uma observação por um estudo propõe uma forma de dispersão adicional utilizando resíduos sólidos flutuantes. Foram avistados indivíduos aderidos aos lixos flutuantes comuns na região, indicando uma via alternativa de dispersão em materiais resistentes que percorrem grandes distâncias (Mantelatto et al., 2020).

3.2 Biologia do Coral-sol

Segundo Cairns (2007), os corais do gênero *Tubastraea* são pertencentes à ordem de cnidários conhecida como Scleractinia. São designados na família Dendrophylliidae, que engloba cerca de 25 gêneros (Hoeksema; Cairns, 2018). O coral-sol *Tubastraea coccinea* trata-se de uma espécie invasora no Brasil que é capaz de colonizar rapidamente grandes extensões de ambientes bentônicos, causando, por consequência, diversas mudanças nas estruturas das comunidades incrustantes nativas (Lages et al., 2011). Colônias como as abaixo demonstram tais exemplares desse gênero.

Figura 01 - Colônia de corais do gênero *Tubastraea* em território brasileiro.



Fonte: Luciano Zanellato, 2017.

Através da sua rápida propagação, este coral é nos dias atuais uma das principais espécies invasoras no Brasil. (Luz et al., 2020). Sua alta capacidade invasiva está associada a atributos oportunistas que incluem várias estratégias reprodutivas e permitem a sua rápida e ampla dispersão no ambiente. (Luz et al., 2020). A única espécie resistente ao avanço do coral invasivo é uma esponja da espécie *Desmapsamma anchorata*, que é capaz de recobrir o invasor e resistir ao material nocivo secretado. *Desmapsamma anchorata* possui coloração rosa pálido no exterior e vermelho alaranjado no interior, com pequenas variações decorrentes da química da água (Zea, 1987). É uma espécie que pode ser encontrada em

diversos locais como mangues, lagoas, além de diversas profundidades registradas, podendo ficar expostas a ondas (Zea, 1987; Vicente, 1989; Mclean, 2006).

Grande parte das espécies de ambientes marinhos possuem uma fase larval planctônica que se beneficia do fluxo oceânico na superfície para aumentar seu potencial de dispersão. Para essas espécies invasoras, a interação de espécies que são ambientalmente resistentes a larvas com diferentes regimes de fluxo e substratos artificiais pode levar a uma dispersão larval complexa e impulsionar a sua expansão geográfica. (Coelho et al., 2022). O coral-sol após se depositar demonstrou uma variação em sua morfologia que possivelmente foi ocasionada pelo ambiente, indicando uma plasticidade fenotípica. (De Paula, 2004). As espécies de corais sol tendem a ser não seletivas quanto ao assunto substrato podendo se fixarem em superfícies verticais, horizontais, e sobre colônias de outros filtradores como mexilhões (*Perna perna*) por exemplo (De paula e Creed, 2005; Vermeij, 2006; Mizrahi, 2008; Lage e Jablonski, 2008). Foram observados que esses cnidários além de tomar zona de crescimento dos filtradores nativos, tendem a liberar substâncias necrosantes a outros corais eliminando concorrência e liberando espaço para crescimento lateral (De Paula, 2007).

Em relação ao gênero *Tubastraea* ele possui duas espécies em território brasileiro que são chamadas de coral-sol, temos a *Tubastraea tagusensis* possuindo coralo branco bastante poroso com até 150 mm de diâmetro, grandes coralitos espaçados projetados a cerca de 5-35 mm sobre o cenósteos, cálices elípticos de 7,5-12,8 mm de diâmetro, columela esponjosa com até 3,5 mm de diâmetro e cenossarco amarelados e a *Tubastraea coccinea* que possui coralo branco poroso com até 105 mm, pequenos coralitos ligeiramente espaçados projetados a cerca de 2-13 mm sobre o cenósteo, cálices usualmente circulares com 7,2-15 mm de diâmetro, columela esponjosa com até 4,6 mm de diâmetro, cenossarco vermelho-alaranjado e paredes do cálice frequentemente adjacentes uma a outra (De paula, 2007). *Tubastraea tagusensis* distingue-se do cosmopolita *Tubastraea coccinea* pelo diâmetro, faixa de tamanho e coloração amarela (De Paula, 2004). O coral-sol não possui predadores naturais, apesar de se ter registro de predação de seus pólipos por vermes da espécie *Hermodice carunculata*, um anelídeo seccionado, de coloração avermelhada e alimentação carnívora (Sampaio et al., 2012). Os pólipos podem ser predados enquanto estiverem em suspensão na coluna d'água, fazendo parte por pouco tempo dos zooplânctons bentônicos antes de se

assentarem em algum substrato, ficando vulneráveis a predadores oportunistas. Ambas as espécies de corais sol invasoras produzem um extrato de metabólitos que reduz o consumo alimentar de peixes generalistas, de acordo com dados, essa substância é usada para induzir ou reduzir a proliferação de algas, alterando o gosto/sabor e evitando a predação total dos corais (Creed & Paula, 2007). Alguns usam a estratégia da alelopatia, utilizando substâncias tóxicas para afastar ou impedir a aproximação exagerada de outros animais sésseis (Aerts, 1998, Aerts, 1999, Chaves-Fonnegra et al., 2008; Fleury et al., 2008; Lages et al., 2006; Pawlik 2011), presença de filamentos mesentéricos e tentáculos varredores também podem ser usados para essa finalidade (Peach e Hoegh-Guldberg, 1999).

A regeneração dos cnidários é usada para reparar pequenos danos gerados por predadores ou escoriações e que em algumas espécies são tão potentes que a sua alta regeneração faz com que se prolifere muito rápido (Cameron e Edmunds, 2014; Forsman et al., 2015; Lirman, 2000). Esse fator varia por espécie e fator de saúde da colônia, porém quanto maior a taxa de regeneração maior o sucesso invasivo (Casado et al., 2014; Kramarsky-Winter e Loya, 1996).

O gênero *Tubastraea* geralmente cresce em águas rasas aderidos a recifes de corais e costões rochosos provenientes dos oceanos Pacífico e Índico. (Ibama, 2022). É esperado que seu ciclo de vida siga o padrão típico dos escleractínios incubadores, no qual a larva lecitotrófica pelágica sofre uma metamorfose, transformando-se em um pólipos fundador. As colônias se desenvolvem posteriormente por clonagem. As plântulas do coral-sol assentam e realizam a metamorfose dentro de um curto período de três dias aproximadamente (Glynn et al., 2008). Assim como outras espécies invasoras, *T. coccinea* apresenta estratégias de reprodução como a forma sexuada que ocorre pela liberação de gametas e a assexuada pela liberação de brotos que formam pólipos. Normalmente, este coral se reproduz através da emissão de gametas e fecundação interna após um período de incubação de até seis semanas (Richmond, 1997). Segundo Szmant (1986), uma única colônia tem a capacidade de fundar uma nova população de diversas colônias, o que concebe uma habilidade própria de espécies oportunistas.

Figura 02 - Mergulhador próximo a colônias do gênero *Tubastraea* sp. recobrando um paredão na ilha de Búzios em São Paulo.



Fonte: Leo Francini, 2016.

Apesar da atual circunstância, os *Tubastraea* sp. são corais que possuem uma relação simbiótica que favorece o surgimento de micro-habitats. Copépodes endógenos ou epibiontes foram achados habitando espécies de coral do gênero *Tubastraea* (Cheng et al., 2011). Esses seres podem abrigar diversos pequenos animais que acham em seu meio um abrigo e ótimo esconderijo de predadores. Um exemplo é o registro da relação simbiótica bem evidente entre as espécies de coral-sol invasoras com a espécie *Spirobranchus giganteus*, popularmente conhecido como verme árvore de natal, um polychaeta que projeta seu aparelho bucal modificado para respiração e captura de alimento (Hoeksema & Hove, 2017).

3.3 Dispersão e distribuição do coral invasor na costa brasileira

O coral-sol é observado em ampla distribuição na zona costeira brasileira, ocorrendo tanto em ambientes naturais como costões rochosos e recifes de corais, quanto em ambientes artificiais, como píeres, boias e plataformas de petróleo (Creed et al., 2016). Estas ocorrências não se dão na mesma magnificência, havendo locais em diferentes estágios de invasão e adaptação (Creed et al., 2016). São consideradas como principais vias introdutórias de espécies exóticas em ambientes marinhos: navegação, pesca, aquicultura, aquariofilia e canais. Atividades e

estruturas que contribuem para dispersão de invasores são: navios, plataformas, diques secos, bóias de navegação e flutuantes, hidroaviões, movimento em canais, descarte de aquários públicos, detritos flutuantes, materiais de recreação e etc. Com isso, regiões fortemente colonizadas se tornam doadoras ou fontes de propágulos para outras áreas, intensificando o sucesso da sua invasão. De acordo com Paula e Creed (2005), a chegada do coral-sol se deu pela incrustação em navios e/ou plataformas petrolíferas nos anos 80, porém se depositou nos costões rochosos da Ilha Grande, Rio de Janeiro. Foi relatada sua extensão de 25 km no canal central, quantificando assim sua abundância no espaço geográfico, bem como sua densidade de colônias e porcentagem de cobertura estimada visualmente.

Diversas áreas no Brasil foram registradas onde o *Tubastraea* foi encontrado, como na década de 1980, que foi observado em plataformas de petróleo na Bacia de Campos, no Rio de Janeiro (Castro; Pires, 2001). A invasão de corais-sol nos bancos de mexilhões Perna perna em Ponta Grossa, Ilha Grande é causada pela pouca seletividade desses cnidários acabando com o espaço dos mexilhões, crescendo até mesmo em suas conchas e prejudicando o sistema econômico de aquicultura local (Simone et al., 2017). Esses cnidários sésseis produzem alcaloides e esteroides capazes de inibir predadores generalistas e competidores (Lages et al., 2001). Essas substâncias em proximidade com corais nativos geram necrose e consequentemente a sua exclusão (Creed, 2006).

Na Bacia de Campos, posteriormente *T. coccinea* foi reportado por Ferreira (2003) sobre costões rochosos em Arraial do Cabo no Rio de Janeiro e juntamente com *T. tagusensis* em monobóias depositadas na mesma localidade (Mizrahi, 2008). Ainda no estado do Rio, os mesmos corais foram identificados no Arquipélago de Cagarras e na Armação dos Búzios (Young, 2013). Outros registros mais atuais apareceram no litoral brasileiro, como em um naufrágio no Espírito Santo (Cavas, 2013) e *T. tagusensis* na Baía de Todos os Santos no naufrágio Cavo Artemidi na Bahia (Menezes, 2010).

No estado de São Paulo, ambas as espécies foram encontradas concomitantemente em 2008 em costões rochosos de Ilhabela (Mantelatto et al., 2011) e no conjunto de ilhas de Alcatrazes (Leite, 2013). No início de 2012 *T. coccinea* foi observada em cordões rochosos de Arvoredo, em seu arquipélago no estado de Santa Catarina (Lindner, 2013). Atualmente, há registros de ambas as espécies do gênero *Tubastraea* 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).

Tabela 01 - Relação entre avistamentos em estados brasileiros e as espécies de coral-sol presentes neles.

| Estados Brasileiros | Localidade | Espécies presentes | Citações |
|---------------------|---|--|--|
| Rio de Janeiro | Baía da Ilha Grande; Arraial do Cabo; Rio de Janeiro; Cagarras; Búzios. | <i>T. coccinea</i> e <i>T. tagusensis</i> | De paula e Creed, 2004; Ferreira, 2003; Mizrahi, 2008; Paulo Yong, 2012; De Paula e Creed, 2012. |
| Bahia | Baía de Todos os Santos; naufrágio de Cavo Artemidi. | <i>T. coccinea</i> e <i>T. tagusensis</i> | Menezes, 2010. |
| São Paulo | Ilhabela; Arquipélago de Alcatrazes. | <i>T. coccinea</i> e <i>T. tagusensis</i> | Mantelatto et al., 2011; Kelen Leite, 2008. |
| Santa Catarina | Arquipélago de Arvoredo. | <i>T. coccinea</i> | Alberto Lindner, 2012. |
| Espírito Santo | Naufrágio no Espírito Santo. | <i>T. coccinea</i> | Ivan Cavas Filho, 2012. |

4 DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Através de pesquisas bibliográficas foram desenvolvidas revisões de literaturas que serviram como base para obter os dados sobre o tema deste trabalho. Utilizando de combinações do operador booleano “AND” e palavras-chave: “*Tubastraea*”, “Invasão”, “Espécies exóticas”, “Coral-sol”, “Dispersão do *Tubastraea*” e “Recife artificial”, foi possível formar combinações como: recife artificial and tubastraea, potencial de dispersão and tubastraea, “sun coral” and “biology”, “Dissertação” and “coral sol”, possibilitando uma melhor disponibilidade do conteúdo procurado. A pesquisa foi realizada com o auxílio de sites especializados em artigos científicos como Google acadêmico e Scielo.

Os critérios de inclusão foram artigos científicos e dissertações anexadas na área de ciências biológicas, que abordam a temática usada neste trabalho e fornecem o conteúdo necessário para a compreensão do assunto. Foram utilizados 36 artigos e dois sites no total, teses não foram incorporadas pelo fato de que inicialmente foram apenas agregados artigos e TCCs sobre o assunto a serem colocados em pauta, com o desenvolvimento do nosso estudo, dissertações também foram posteriormente reunidas. O critério de tempo em média foi de 2005 até 2023, o foco do local de estudo foi no litoral brasileiro e como critério de exclusão, trabalhos referentes à expansão do coral-sol em outros países. Os idiomas dos pertinentes assuntos supracitados foram encontrados em língua portuguesa (Br) e inglesa tanto britânica como norte-americana.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Chegada do Coral-sol nos litorais brasileiros

Segundo Cairns (2000), o registro dos corais do gênero *Tubastraea* datam o período de 1943 na região do atlântico ocidental, porém sabe-se que os primeiros espécimes documentados tiveram seus relatos em 1951. A espécie *T. tagusensis* tem como o seu local inicial o arquipélago de galápagos no oceano pacífico, sendo uma espécie endêmica daquela região (Wells, 1982). Já os primeiros espécimes do coral *T. coccinea* documentados foram relatados nas Antilhas Holandesas (mar do caribe) entre 1948 e 1951 encontrados no fundo de um navio. Porém, a espécie já havia sido introduzida aos caribenhos no final da década de 1930 por meio de um navio de transporte indopacífico, sendo assim a sua introdução inicial ocorreu do pacífico para o caribe e desde então a espécie se espalhou rapidamente ampliando a sua distribuição e abundância, chegando ao leste do Golfo do México, Venezuela, Flórida e Sudoeste de Cuba. (Cairns, 2000).

No Brasil, a introdução desses corais se deu no final da década de 80, quando estudos realizados em uma plataforma de petróleo na Bacia de Campos, no Rio de Janeiro, mostraram evidências da chegada do *Tubastraea* na região. (De paula e Creed, 2005). Atualmente esta espécie invasora se encontra em grande expansão e ampla distribuição geográfica no país por se incrustar em navios e plataformas petrolíferas, conseguindo alcançar regiões de diversos estados como Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina por exemplo. (Mantelatto, 2012).

5.2 Como a biologia do coral-sol atua em sua dispersão

Segundo um estudo realizado por Sávio (2021), a adesão do coral-sol no substrato arenoso traz um problema ainda mais complexo sobre a biodiversidade e quais efeitos podem ser observados, pois ao se estabelecer nesse substrato inconsolidado ele altera a biodiversidade bentônica.

De acordo com Custódio (2019), o coral-sol apresenta um esforço reprodutivo eficaz contra as adversidades do ambiente ao qual está estabelecido. Através de estratégias em sua reprodução ele utiliza fatores como a maturidade precoce de colônias com pequenos números de pólipos férteis, pode produzir larvas sexuadamente ou assexuadamente incubando-as para favorecer o sucesso reprodutivo, e utilizando os filamentos de muco secretado pelo pólipos para auxiliar a larva chegar ao substrato. Foi identificado que o coral sol exerce atividade

reprodutiva o ano inteiro, possuindo meses com picos como em setembro de 2018, elevação na liberação de propágulos nos meses de novembro de 2018 e abril de 2019, baixas nos números de propágulos em agosto de 2018, janeiro e fevereiro de 2019. Esse período sem pausa na reprodução é determinante para a capacidade de expansão para novos locais.

Gráfico 01 - Taxa de reprodução do *Tubastraea* sp. possuindo uma alta atividade reprodutiva que dura o ano inteiro com alguns meses de pico e queda.



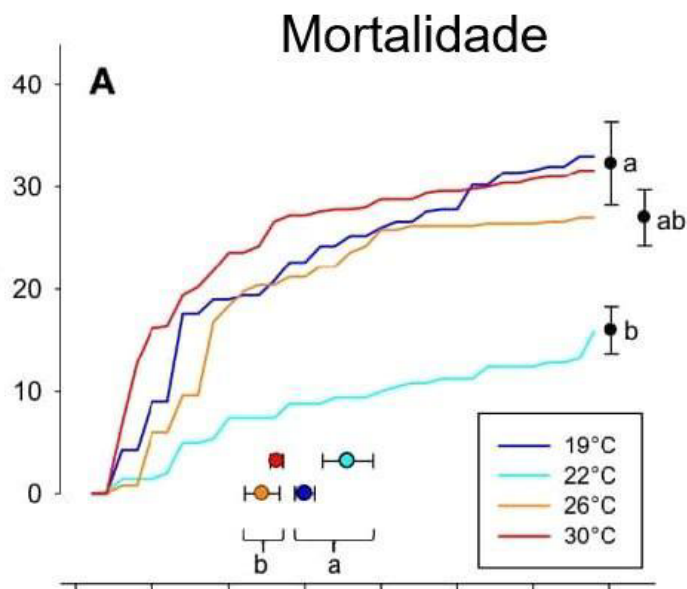
Fonte: Autores, 2023.

A velocidade da expansão do coral na costa brasileira configura um problema socioeconômico e ecológico, já que uma pesquisa aponta a possibilidade de seres simbióticos invadirem juntamente aos corais e ambos causarem grandes impactos na biodiversidade marinha local, pois o coral libera espaço enquanto seres como os *Leiosolenus aristatus* se aproveitam para se dispersar, já que ambos são suspensívoros. O coral-sol fornece um habitat e abundância de alimentos, mas não o alimenta diretamente, mas em sua constante expansão para novos locais essa interação nos revela toda dinâmica e complexidade que envolve as espécies exóticas invasoras (Vinagre et al., 2018).

Segundo Barbosa (2019), a sua capacidade de adaptação foi testada em quatro diferentes temperaturas para compreender como funciona a sua dispersão,

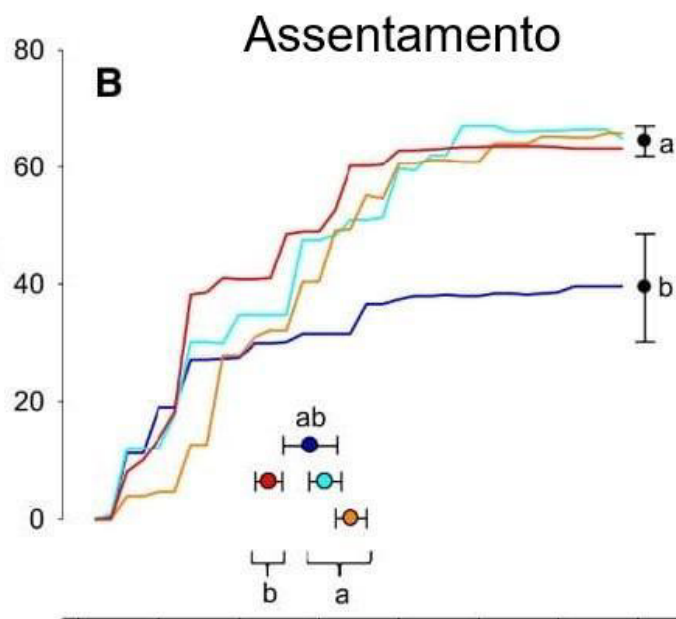
para ter uma média de sua mortalidade, assentamento e pólipos planctônicos. Como ilustrado nos respectivos gráficos (2, 3, 4), a temperatura é um fator determinante de sua dispersão, pois se estiver em temperatura mais quente ele tem uma alta taxa de assentamento, que possivelmente se dar pela sua taxa metabólica que irá demandar bastante de suas reservas lipídicas e assim ele vai se fixando no substrato. Em temperaturas mais baixas as larvas permaneceram mais tempo suspensas, provavelmente por não precisar consumir rapidamente suas reservas lipídicas e assim conseguir se estabelecer mais distante. Então essa dinâmica envolvendo temperatura nos traz exemplos de como esse coral pode ameaçar os recifes de corais brasileiros, tendo em vista que a temperatura do oceano está aumentando.

Gráfico 02 - Taxa de mortalidade de *Tubastraea sp* por temperatura média em comparação com tempo de suspensão larval em coluna d'água.



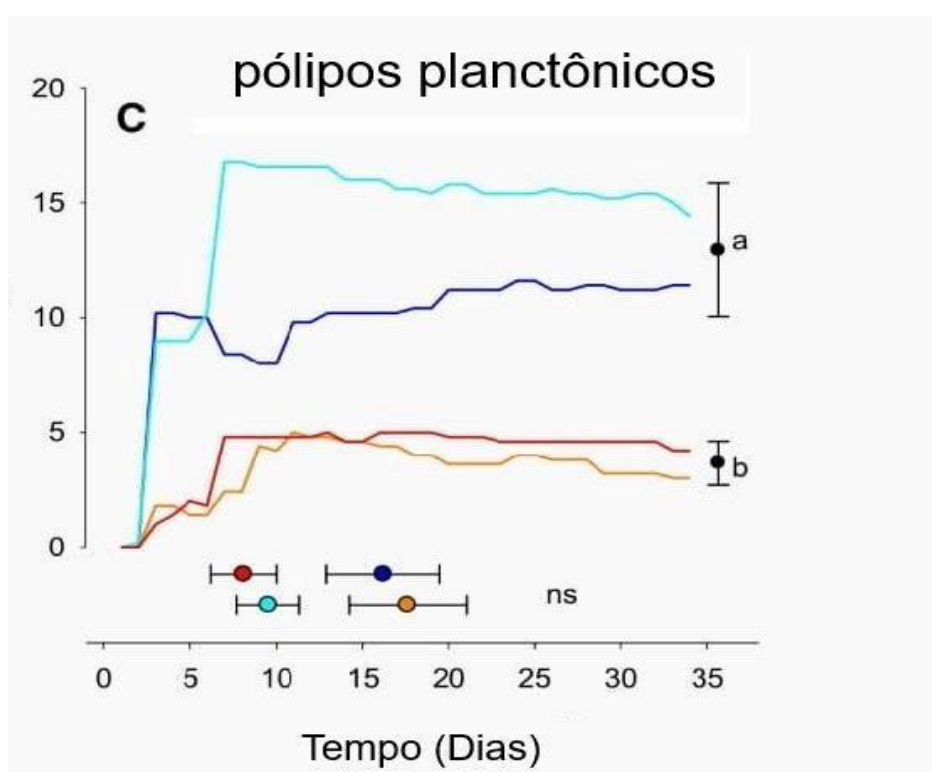
Fonte: Barbosa, 2019.

Gráfico 03 - Taxa de assentamento dos *Tubastraea sp* em relação à temperatura média.



Fonte: Barbosa, 2019.

Gráfico 04 - Taxa quantitativa de pólipos por média de temperatura.



Fonte: Barbosa, 2019.

5.3 Consequências da invasão do coral-sol

Conforme o estudo de Lages (2011), o *Tubastraea* spp. aumentou sua área de cobertura em 72% no período de estudo (1 ano), podendo ser encontradas 62 colônias por m², ele ocasiona dissimilaridade com valor médio de 4,81%. Ele provocou alterações notificadas estatisticamente na riqueza, uniformidade e diversidade dos bentos ali presentes, tudo isso associado ao processo derivado da sua presença que modifica fatores químicos e físicos, gerando micro-habitats por secretar um esqueleto calcário que é característica dos escleractíneos. Segundo Creed (2006), o gênero *Tubastraea* tem a capacidade de secretar substâncias que necrosam o coral cérebro endêmico brasileiro, sua plasticidade o permite reduzir competidores e elevar indivíduos oportunistas.

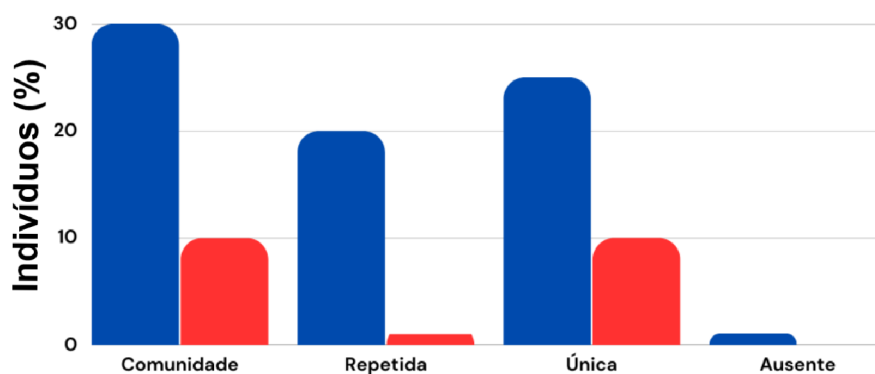
Segundo Carlos Júnior (2013), há um conjunto de fatores que determinam a dinâmica do nicho e assim determinando o sucesso de crescimento, como fatores abióticos, bióticos e interações interespecíficas. Foi registrado a presença do coral-sol no naufrágio Cavo Artemidi entre chapas do navio, revelando a natureza dominante deste coral nos diversos ambientes, sendo substrato natural ou artificial e que sua presença aqui se deu por influência humana (Miranda, 2012).

De acordo com Da Costa (2022), locais de influência humana como naufrágios são utilizados para aumentar a produtividade de peixes e também como abrigo de predadores servindo como local de reprodução para diversas espécies. Um aprofundado estudo afirma que locais artificiais como por exemplo marinas, agem como filtros ambientais gerando um menor hidrodinamismo (Pastro et al., 2017; Bishop et al., 2017), sendo propensos a uma maior quantidade de indivíduos invasores pela taxa de poluição desses recintos (Glasby et al., 2007; Addison et al., 2008; Piola et al., 2009) a dispersão das larvas dos corais sol também se torna facilitada pelo tráfego de embarcações a áreas antes isoladas (Seebens et al., 2013; Zabin, 2014; Carlton e Geller, 1993).

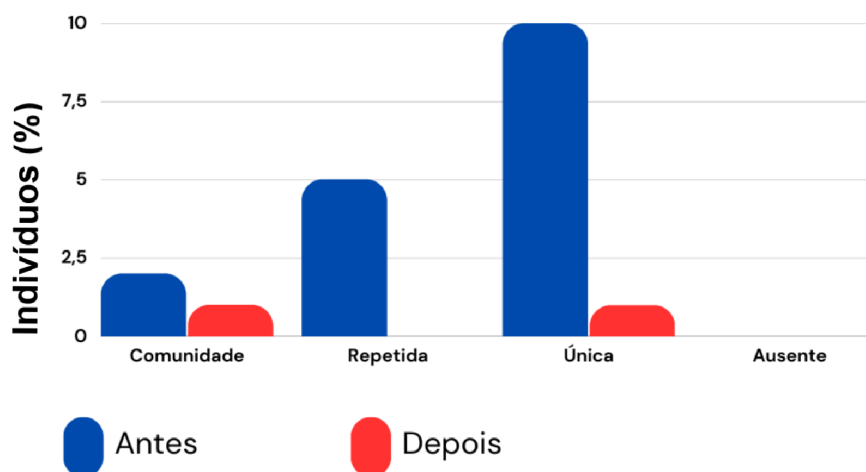
A partir do estudo de Custódio (2019), os melhores períodos de remoção do coral-sol são janeiro, fevereiro, julho e agosto, pois antecedem picos reprodutivos e assim ajudando no controle do invasor. Pesquisas realizadas no Refúgio de Vida Selvagem de Alcatrazes certificam a eficácia da remoção manual de colônias de corais *Tubastraea* spp. e indicam uma remediação de duas vezes por ano em áreas incidentes (Creed et al., 2017).

Gráfico 05 - Mudança na abundância dos corais solares antes e depois da manipulação de remoção e monitoramento na região de Angra (Brasil). a) *Tubastraea tagusensis*, b) *Tubastraea coccinea*. Os parâmetros são: Comunidade = Remoção de toda a comunidade, Repetida = Remoção repetida dos corais, Única = Apenas uma única remoção dos indivíduos e Ausente = Área que naturalmente não havia a presença das colônias.

A) *TUBASTRAEA TAGUSENSIS*



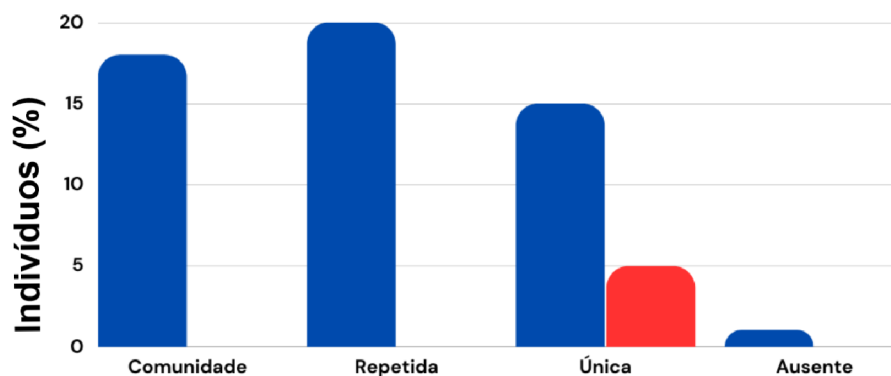
B) *TUBASTRAEA COCCINEA*



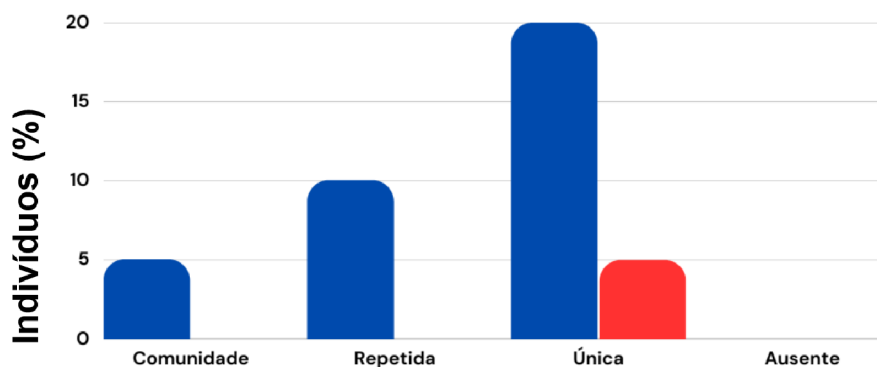
Fonte: Custódio, 2019.

Gráfico 06 - Mudança na abundância dos corais solares antes e depois da manipulação de remoção e monitoramento na região de Búzios (Brasil). a) *Tubastraea tagusensis*, b) *Tubastraea coccinea*. Os parâmetros são: Comunidade = Remoção de toda a comunidade, repetida = Remoção repetida das colônias, única = apenas uma única remoção dos cnidários e Ausente = Área que naturalmente não havia a presença desses corais.

A) *TUBASTRAEA TAGUSENSIS*



B) *TUBASTRAEA COCCINEA*



● Antes
 ● Depois

Fonte: Custódio, 2019.

Como resultado de ações antrópicas em corpos hídricos como o saneamento básico que afetam regiões costeiras, mudanças em pH e turbidez dificultam a dispersão e reprodução dos corais nativos, entretanto, o fator de resistência somados a uma alta taxa de reprodução e defesa a predadores gera uma vantagem ao coral invasor, possibilitando sua disseminação sem muita concorrência e se livrando dos nativos restantes ao seu redor. Outro fator antrópico discutido também é o lazer, pois, turismo e naufrágios geram um arcabouço para o estabelecimento do coral-sol em superfícies que os corais indígenas não se estabelecem, intensificando os danos costeiros.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme o conteúdo, é perceptível que pelo alto dinamismo de ambientes aquáticos, torna-se muito difícil o controle do *Tubastraea* sp. Isto ocorre pois estes têm estratégias de reprodução que dão vantagens sobre os seres nativos em relação a sua dispersão e causando danos teciduais nos corais nativos brasileiros. Além disso, o custo para remoção é alto e demora um longo tempo para ser finalizado, pois neste processo não pode ficar resquícios do coral, para que o mesmo não se regenere, se estabeleça novamente e volte a propagar-se pelo ambiente.

Há suspeitas de que problemas de saneamento básico e turismo acentuado intensificam a permanência destes cnidários em solo nacional. Tais fatores modificam as condições ambientais gerando uma dificuldade a mais para os corais nativos que já sofrem com os intrusos e sua dinâmica de competição, mas também com mudanças climáticas atuais que favorecem o processo de invasão do *Tubastraea* spp.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINS, M. A.; HIXON, M. A. **Worst case scenario: potential long-term effects of invasive predatory lionfish (*Pterois volitans*) on Atlantic and Caribbean coral-reef communities.** *Environmental Biology of Fishes*, v. 96, p. 1151-1157, 2013.
- ALBINS, M. A. **Invasive Pacific lionfish *Pterois volitans* reduce abundance and species richness of native Bahamian coral-reef fishes.** *Marine Ecology Progress Series*, v. 522, p. 231-243, 2015.
- ANTON, A.; GERALDI, N. R.; LOVELOCK, C. E.; APOSTOLAKI, E. T.; BENNETT, S.; CEBRIAN, J.; KRAUSE-JENSEN, D.; MARBÀ, N.; MARTINETTO, P.; PANDOLFI, J. M.; SANTANA-GARCON, J.; DUARTE, C. M. **Global ecological impacts of marine exotic species.** *Nat Ecol Evol*. 2019.
- BARBOSA, A. C. C.; VINAGRE, C.; MIZRAHI, D.; & FLORES, A. A. V. **Temperature-driven secondary competence windows may increase the dispersal potential of invasive sun corals.** *Marine Biology*, v. 166, p. 1-7, 2019.
- Brasil. **Projeto Pró-Espécies: Todos contra a extinção.** Portaria N°43 - Programa Nacional para a Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção – PNCEA. Rio de Janeiro: Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 2014.
- CAIRNS, S. D. **Deep-water corals: an overview with special reference to diversity and distribution of deep-water scleractinian corals.** *Bulletin of Marine Science*, v. 81, n. 3, p. 311- 322, 2007.
- CAIRNS, S. D. 2000. **A revision of the shallow-water azooxanthellate Scleractinia of the western Atlantic.** *Studies on the Fauna of Curacao and other Caribbean Islands*. 75:1–240.
- COELHO, S. C. C.; GHERARDI, D. F. M.; GOUVEIA, M. B., & KITAHARA, M. V. **Western boundary currents drive sun-coral (*Tubastraea* spp.) coastal invasion from oil platforms.** *Sci Rep* 12, 5286 (2022).

CREED, J. C. **Dois corais azooxantelados alienígenas invasores, Tubastraea coccinea e Tubastraea tagusensis, dominam o zooxantelado nativo Mussismilia hispida no Brasil.** Recifes de coral, v. 25, n. 3, pág. 350-350, 2006.

CUSTÓDIO, F. Y. **Esforço reprodutivo do coral invasor Tubastraea coccinea em Santa Catarina, Brasil.** 2019.

DA COSTA, I. D.; DA SILVA, J. L.; COSTA, L. L.; LIMA, J. S. & ZALMON, I. R. **Reproductive potential and production role of artificial reefs-Southeastern Brazil.** Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 265, p. 107710, 2022.

DA SILVA, A. G.; CARLOS-JÚNIOR, L. A.; SATO, C. Y. S.; LAGES, B. G.; NERES-LIMA, V.; DE OLIVEIRA, F. M. S.; MAIA, L. F.; DE OLIVEIRA, L. F. C.; FLEURY, B. G. **Living with an enemy: Invasive sun-coral (*Tubastraea* spp.) competing against sponges *Desmapsamma anchorata* in southeastern Brazil.** Marine Environmental Research, v. 174, p. 105559, 2022.

DE CARALT, S.; CEBRIAN, E. **Impact of an invasive alga (*Womersleyella setacea*) on sponge assemblages: compromising the viability of future populations.** Biological Invasions, v. 15, p. 1591-1600, 2013.

DE PAULA, A. F.; CREED, J. C. **Duas espécies do coral Tubastraea (Cnidaria, Scleractinia) no Brasil: um caso de introdução acidental.** Boletim de Ciências Marinhas, v. 74, n. 1, pág. 175-183, 2004.

GLYNN, P. W.; COLLEY, S. B.; MATÉ, J. L.; CORTÉS, J.; GUZMAN, H. M.; BAILEY, R. L.; FEINGOLD, J. S.; ENOCHS, I. C. **Reproductive ecology of the azooxanthellate coral Tubastraea coccinea in the Equatorial Eastern Pacific: Part V. Dendrophylliidae.** Mar Biol 153: 529-544, 2008.

HOEKSEMA B. W.; CAIRNS S. 2018. **World List of Scleractinia.** Dendrophylliidae Gray, 1847.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. IBAMA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/biodiversidade/especies-exoticas-invasoras/sobre-o-coral-sol>. Acesso em: 14/09/2023.

JÚNIOR, C.; ANTONIO, L. **Modelagem de bioinvasão do coral-sol (*Tubastraea coccinea* e *T. tagusensis*): mecanismos da ocupação e dispersão e identificação de sua potencial distribuição geográfica.** 2013.

LAGES, B. G.; FLEURY, B. G.; PINTO, A. C.; CREED, J. C. **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. **Change in tropical rocky shore communities due to an alien coral invasion.** *Marine Ecology Progress Series*, v. 438, p. 85-96, 2011.

LUZ, B. L. P.; CAPEL, K. C. C.; ZILBERBERG, C.; FLORES, A. A. V.; MIGOTTO, A. E.; KITAHARA, M. V. **A polyp from nothing: The extreme regeneration capacity of the Atlantic invasive sun corals *Tubastraea coccinea* and *T. tagusensis* (Anthozoa, Scleractinia).** *Journal of experimental marine biology and ecology*, v. 503, p. 60-65, 2018.

LUZ, B. L. P.; DI DOMENICO, M.; MIGOTTO, A. E.; KITAHARA, M. V. (2020). **Life-history traits of *Tubastraea coccinea* : Reproduction, development, and larval competence.** *Ecology and Evolution*.

MANTELATTO, M. C.; CREED, J. C. **Non-indigenous sun corals invade mussel beds in Brazil.** *Marine Biodiversity* , v. 45, n. 4, p. 605-606, 2015.

MANTELATTO, M. C. **Distribuição e abundância do coral invasor *Tubastraea* spp.** 2012.

MIRANDA, R. J.; PORTO, L.; CRUZ, I. C. S.; BARROS, F. **Coral invasor *Tubastraea* spp. em recifes de corais e substratos artificiais na Baía de Todos os Santos (BA).** *An. Congr. Bras. Ocean*, p. 1527-1532, 2012.

OIGMAN-PSZCZOL, S.; CREED, J.; FLEURY, B.; MANELATO, M. C.; CAPEL, K. C. C.; MEIRELES, C.; CABRAL, D.; MASI, B.; JUNQUEIRA, A. **O controle da invasão do coral-sol no Brasil não é uma causa perdida.** *Ciência e Cultura*, v. 69, n. 1, p. 56-59, 2017.

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, p. 661-673, 2005.

Plano Nacional de Controle e Monitoramento do coral-sol (*Tubastraea* spp.) no Brasil. ICMBIO, 2018. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&HYPERLINK>

"<https://www.icmbio.gov.br/eseectamoios/images/stories/2019-08-02-Plano-Nacional-d-e-Prevencao-Controle-e-Monitoramento-do-Coral-sol-Tubastraea-spp-no-Brasil.pdf>

RECH, S.; BORRELL, Y.; GARCÍA-VAZQUEZ, E. **Marine litter as a vector for non-native species: what we need to know.** Marine Pollution Bulletin, v. 113, n. 1-2, p. 40-43, 2016.

RICHMOND, R. H. (1997) **Energetic relationships and biogeographical differences among fecundity, growth and reproduction in the reef coral *Pocillopora damicornis*.** B Mar Sci 41: 594-604.

SAVIO, L. A. C. **Alteration of the benthic macrofauna due to the deposition of invasive corals *Tubastraea* spp. (Anthozoa, Scleractinia) in unconsolidated substrates.** 2021.

SÁVIO, L. A. C.; DIAS, G. M.; LEITE, K. L.; GODOI, S. N.; FIGUEIROA, A. C.; NETO, G. F. O. CORREA, E. C.; FRANCINI, C. L. B.; SHINTATE, G.; KITAHARA, M. V. **Sun coral management effectiveness in a wildlife refuge from south-eastern Brazil.** Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, v. 31, n. 10, p. 2830-2841, 2021.

SILVA, A. G. **Vivendo com o inimigo: competição entre os corais invasores *Tubastraea* spp. e a esponja *Desmapsamma anchorata* na Baía de Ilha Grande, RJ.** 2014.

SOUZA, R. C. C. L.; CALAZANS, S.; SILVA, E. P. **Impacto das espécies invasoras no ambiente aquático.** Ciência e cultura, v. 61, n. 1, p. 35-41, 2009.

TANASOVICHI, R. M.; KITAHARA, M. V.; DIAS, G. M. **Invasive coral *Tubastraea* spp. population growth in artificial habitats and its consequences to the diversity of benthic organisms.** Marine Biology, v. 167, n. 8, p. 119, 2020.

VINAGRE, C.; SILVA, R.; MENDONÇA, V.; FLORES, A. A. V.; BAETA, A.; MARQUES, J. C. **Food web organization following the invasion of habitat-modifying *Tubastraea* spp. corals appears to favour the invasive borer bivalve *Leiosolenus aristatus*.** *Ecological Indicators*, v. 85, p. 1204-1209, 2018.

VITOUSEK, P. M. **Biological invasions and ecosystem properties: can species make a difference?**. *Ecology of biological invasions of North America and Hawaii*, p. 163-176, 1986.

WELLS, J. W. 1982. **Notes on Indo-Pacific Scleractinian Corals .Part 9. New corals from the Galapagos Islands.** *Pacific Science*. 36(2):211-218.