



MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
RESERVA EXTRATIVISTA MARINHA BAÍA DO IGUAPE

**Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico
Mendes de Conservação da Biodiversidade- PIBIC/ICMBio**

Relatório de Final

(2016-2017)

**DIAGNÓSTICO DA INVASÃO POR CORAL SOL (*Tubastraea spp.*)
ASSOCIADA A IMPACTOS DE GRANDES EMPREENDIMENTOS EM
AMBIENTES ESTUARINOS DA RESEX MARINHA BAÍA DO IGUAPE,
RECÔNCAVO BAIANO.**

**Paulo Henrique da Paixão Salles
Orientador: Bruno Marchena Romão Tardio**

Maragogipe
Agosto/2017

Resumo

O Coral Sol (*Tubastraea coccinea* e *T. Tagusensis*) é exótico e invasor no Brasil, disseminado através de inscrustações em plataformas. No estuário da Reserva Extrativista (RESEX) Marinha Baía do Iguape, esta invasão é recente facilitada pelas construções à montante de uma hidrelétrica (UHE), que aumentou a salinidade do estuário, e à jusante de estaleiros navais. Este estudo analisou os fatores que influenciam a ocorrência do coral sol na Resex, buscando discutir a relação da invasão com a operação da UHE e a construção dos estaleiros. Amostragens em parcelas foram realizadas em todos os substratos de possível fixação do coral sol na Resex por dois mergulhadores que registravam a quantidade e a área de ocupação de colônias e pólipos do coral, as coordenadas geográficas e o tipo de substrato. Utilizamos a média da área de ocupação das 10 maiores colônias de cada parcela como indicador indireto do tempo de ocupação do substrato por coral sol. A salinidade e a temperatura foram calculadas a partir de modelos de dispersão da cunha salina para a região. Foram amostradas 10 parcelas, sendo 4 em concreto, 3 em rochas porosas e 3 em rochas irregulares. Foram registradas 506 colônias ocupando 4.813,79 cm² de substratos e 1.496 pólipos, ocupando uma área de mesmo valor. A salinidade e a temperatura, removendo a correlação baseada nas distâncias geográficas, apresentaram relação com o tempo de ocupação das colônias, mas não com a quantidade de pólipos, sendo que apenas a salinidade explicava a variação no tempo de ocupação pelo coral. Já a quantidade de pólipos nas parcelas foi influenciada principalmente pelo substrato, sendo que rochas porosas e concretos abrigam maior número de pólipos. Considerando que antes de 2008 não se registrava coral sol na Resex, possivelmente o avanço gradual da cunha salina a partir da criação da UHE propiciou habitats adequados para o coral sol, que avançou progressivamente à montante do estuário. Sugere-se também que empreendimentos com grandes estruturas de concreto na Baía do Iguape, como nos estaleiros, figuram como relevantes polos de fixação e disseminação do coral.

Palavras-chave: espécies invasoras, estuário, unidades de conservação.

Abstract

In Brazil, Orange Cup Coral species (*Tubastraea coccinea* e *T. Tagusensis*) are exotics and invasive, mostly disseminated by incrustation on platforms. On the estuary of the Baía do Iguape Marine Extractives Reserve (MER), this invasion is recent, probably facilitated by the construction upstream of a hydroelectric power plant (HPP) in 2005, which increased the estuary's salinity, and downstream of shipyards, with extensive concrete structures. This study analyzed the factors that impact the occurrence and the abundance of Orange Cup Coral on MER and aims to discuss if its invasion is related with the operations in HPP and the construction of concrete structures. Researches were done to find active substrates for coral's potential fixation, guided by a MER's native fisher. In each potential substrate, sampling was done in plots of 20 x 1 m, limited to one-hour period at the lowest tide of the day, except the ones bigger than 0,3 m. Two divers registered the amount of colonies occupation area and the amount of coral's polyps, the geographical coordinates and the substrate type. The size of corals was estimated using a quadrant divided in 25cm² squares. We used the average of the occupied areas of the ten biggest colonies as an indirect indicator of coral occupation time in substrates. The salinity and the temperature were calculated from saline wedge dispersion models to Baía do Iguape. 10 plots were sampled: 4 on the concrete structures, 3 on porous rocks and 3 on irregular rocks. Orange Cup Corals were not found on other substrates. In MER, 506 colonies occupying 4.813,79cm² of substrates and 1.496 polyps occupying an equal area were registered. Salinity and temperature, removing the correlation based on geographical distances, presented significant relation with colonies occupation time, but not with the number of polyps. Just salinity explained variation in coral occupation time, but not temperature nor substrate – most colonies are located in shipyards, downstream of more saline areas. The number of polyps were influenced mostly by substrate and not water temperature, salinity nor coral occupation time – porous rocks and concrete lodged larger number of polyps, unlike the irregular rocks. Considering that before 2008 there were no Orange Cup Corals on MER, it's possible that gradual advancement of the salt wedge since the creation of the HPP provided suitable habitats for *Tubastraea spp.*, which progressively expanded upstream of the estuary. This study suggests that enterprises with great concrete structures on Baía do Iguape, like the shipyards, are relevant clamping and spreading poles for the coral. The research is ongoing and thru its results we intend to create recommendations for the *Tubastraea spp.* invasion control on MER.

Key words: invasive species; estuary; protected area.

Lista de Figuras, Quadros, Tabelas, Abreviaturas e Siglas, Símbolos

Figura 1. Mapa identificando a localização da Baía de Todos os Santos (BTS) no Brasil, a localização da Resex Marinha Baía do Iguape na BTS e detalhando os limites da unidade de conservação e suas principais localidades de referência no entorno.

Figura 2. (a) Fotografia do coral sol feita a uma distância de aproximadamente 20 cm, demonstrando a baixa visibilidade nos mergulhos durante a pesquisa; (b) mergulhador amostrando o substrato a uma distância muito próxima a fim de possibilitar a detecção do coral sol.

Figura 3. Mergulhador com o quadrante de PVC subdividido em quadrículas de 25 cm² para estimar a área de cobertura das colônias de coral sol.

Figura 4. Estruturas de concreto presentes na área de estudo, tais como pilares (a) e muros de contenção (b) para atracação de plataformas e embarcações dos estaleiros navais.

Figura 5. Exemplo de rocha porosa amostrada na área de estudo, com numerosas depressões rasas e arredondadas com fixação de diversas colônias e pólipos de coral sol.

Figura 6. Exemplo de rocha irregular amostrada na área de estudo, com uma abundância de fendas mais profundas distribuídas irregularmente. Nestes substratos, o coral sol foi geralmente encontrado no interior das fendas, em microhabitats mais abrigados.

Figura 7. Mapa da distribuição espacial do tamanho médio das maiores colônias, variável indicadora do tempo de ocupação por coral sol, na Resex Marinha Baía do Iguape.

Figura 8. Mapa da distribuição espacial do número de pólipos de coral sol, variável indicadora de adequabilidade de habitat para fixação e recrutamento de novas colônias, na Resex Marinha Baía do Iguape.

Figura 9. Relações parciais do tamanho das maiores colônias com a (a) salinidade, (b) temperatura da água e (c) as categorias de substrato concreto, rocha irregular e rocha porosa.

Figura 10. Relações parciais do tamanho do número de recrutas com (a) as categorias de substrato concreto, rocha irregular e rocha porosa, (b) temperatura, (c) tamanho das maiores colônias e (d) salinidade.

Sumário

Introdução	7
Objetivo geral	10
Objetivos específicos	10
Material e Métodos	11
Área de Estudo	11
Delineamento amostral	15
Seleção dos substratos para amostragem.....	15
Amostragem do coral sol.....	15
Distribuição da salinidade e temperatura	21
Análise dos Dados.....	21
Distribuição espacial da ocorrência de coral sol	21
Relação entre tamanho das colônias e quantidade de pólipos	21
Retirando os efeitos de correlação espacial entre as amostras	22
Análise dos efeitos do substrato, salinidade e temperatura	22
Resultados	23
Discussão e conclusões	28
Recomendações para o manejo	32
Agradecimentos	34
Citações e referências bibliográficas	35

Introdução

As espécies de Coral-Sol (*Tubastraea coccinea* e *Tubastraea tagusensis*) são nativas de ecossistemas costeiros dos oceanos Pacífico e Índico (Paula e Creed, 2004) e figuram como espécies exóticas e invasoras no litoral brasileiro (Silva & Barros, 2011). A introdução deste gênero de coral no Brasil ocorreu provavelmente através de plataformas de petróleo e gás vindas do Caribe, onde a espécie também é alóctone e invasora (Cairns, 2000). Estas foram registradas no final da década de 80 primeiramente em uma plataforma de petróleo na bacia de Campos, no Rio de Janeiro (Paula e Creed, 2005) e posteriormente começaram a expandir sua ocorrência para costões rochosos, naufrágios e recifes de corais de outras regiões da costa brasileira, como Santa Catarina, São Paulo, Espírito Santo e Bahia (PRÓ-MAR, 2014).

Na Baía de Todos os Santos (BTS), onde está localizada a Resex Marinha Baía de Iguape, o coral sol foi registrado pela primeira vez no ano de 2008 (Sampaio et al., 2012), incrustado no navio naufragado Cavo Artemidi, localizado próximo à cidade de Salvador. Em menos de cinco anos, o coral alastrou-se para outras regiões da BTS, sendo atualmente encontrado na Marina de Itaparica, em recifes adjacentes aos postes de balizamento para navios no canal de acesso ao terminal de Madre de Deus e em píers e estaleiros na Foz do Rio Paraguaçu, como no Canteiro de São Roque (PRÓ-MAR, 2014).

Segundo o documento do Ministério do Meio Ambiente (Lopes et. at., 2009) intitulado “Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil”, a principal forma de introdução e disseminação das espécies invasoras deste gênero ocorre por meio da incrustação em plataformas de petróleo ou em estaleiros onde são realizados o acostamento, manutenção e reparo destas plataformas. Outros estudos, como os de Paula e Creed (2005), Ferreira et. al. (2006), Neves et. al. (2008) e Farrapeira et al. (2011), também indicaram que o gênero *Tubastraea* foi introduzido e disseminado no Brasil essencialmente através de incrustação em substratos artificiais, principalmente nas estruturas de plataformas de petróleo e gás ou estaleiros navais.

Devido ao seu rápido crescimento, curto período de maturação sexual, grande número de larvas por desova, ciclos reprodutivos extensos, capacidade de reprodução com colônias pequenas (dois pólipos, apenas) e o alto poder competitivo, estudos evidenciaram seu potencial para reduzir ou excluir espécies nativas e impactar negativamente ecossistemas

costeiros (Stachowicz et al., 1999; Briggs, 2007, 2013; Glynn et al., 2008a, 2008b). Estas espécies ainda apresentam defesas químicas através da liberação de substâncias alcaloides e esteroides que impactam processos ecológicos em comunidades de peixes, bentos ou espécies nativas de corais (Creed, 2006; Lages et al., 2010, 2011; Meuer et al., 2010), além de ocupar os substratos originalmente utilizados por outras espécies nativas, como algas ou demais organismos marinhos, muitos deles de importância econômica para uso tradicional de populações locais (Creed, 2006).

A falta de prevenção e controle do estabelecimento, reprodução e dispersão das espécies de coral sol por parte destes empreendimentos de risco potencial promovem a disseminação destas espécies invasoras nos ecossistemas aquáticos brasileiros. Este risco é considerado muito mais grave quando as invasões ameaçam unidades de conservação da natureza (e.g. Estação Ecológica de Tamoios; Silva et al., 2011), locais intrinsecamente de maior relevância para a conservação da biodiversidade.

Especificamente em unidades de conservação (UC) marinhas, a introdução e disseminação de espécies exóticas invasoras são consideradas como as principais causas da perda de biodiversidade (Zalba e Ziller, 2007). Neste contexto, insere-se a Reserva Extrativista (RESEX) Marinha Baía do Iguape, criada no ano de 2000 no estuário do Rio Paraguaçu, Recôncavo Baiano. De extrema importância para promover o desenvolvimento sustentável de mais de 5 mil famílias extrativistas que vivem essencialmente da coleta de mariscos e peixes, no ano de 2009, a fim de atender à instalação do Estaleiro Enseada do Paraguaçu, os limites da RESEX foram alterados pela Lei nº 12.058, afetando assim a porção mais à jusante da unidade de conservação para a construção deste empreendimento.

Com o aumento do fluxo de plataformas e embarcações, em menos de dois anos, a ocorrência do Coral-Sol foi detectada por pescadores, marisqueiras e também pelo ICMBio no interior da Resex, fixadas em rochas, portos comunitários e piers, até a grandes distâncias do Estaleiro Naval. A construção de uma hidrelétrica à montante da Resex propiciou também uma rápida ocupação do Coral-Sol na UC, pois este coral tem preferência por águas salgadas e com a retenção por cerca de 20 horas diárias da vazão da água doce do Rio Paraguaçu, a Baía do Iguape chega a apresentar níveis de salinidade maiores que o do próprio mar. Os relatos de pescadores e marisqueiras apontam também que o crescimento das colônias de Coral-Sol na RESEX é alarmante e que, nos locais onde havia fixação de ostras – o produto pesqueiro mais rentável e utilizado na mariscagem - é crescente a substituição deste recurso por populações de Coral-Sol.

Após confirmação da ocorrência das espécies de Coral-Sol na unidade de conservação, o Estaleiro Enseada do Paraguaçu, em 2014, foi objeto de auto de infração do Instituto Chico Mendes por disseminar espécies exóticas na Resex Marinha Baía do Iguape. A partir desta ação fiscalizatória, houve a demanda por informações mais precisas sobre os impactos do Coral-Sol na unidade de conservação para a reparação dos danos socioambientais gerados, principalmente por solicitações diversas do Ministério Público Federal. Estas informações são necessárias também para fundamentar medidas compensatórias nas subseqüentes renovações da licença ambiental do empreendimento. A requisição de conhecimento sobre o crescimento das populações deste coral e de métodos para a erradicação na UC por parte das famílias tradicionais beneficiárias também é frequente, especialmente através do Conselho Deliberativo, já que há um indicativo de que a espécie invasora poderá gerar diminuição dos estoques de mariscos e peixes na região, conforme relatam estudos em outras regiões no Brasil.

Com isso pretende-se gerar informações relevantes para embasar o melhor manejo da Resex Marinha Baía de Iguape para a erradicação do Coral-Sol e seus impactos associados, diagnosticando *in situ* a distribuição das populações das duas espécies invasoras na Resex Marinha Baía do Iguape, inferindo ainda quais substratos preferenciais disponíveis na UC e se há correlação espacial entre as colônias e o Estaleiro Naval, abrindo assim um novo campo para questões cada vez mais específicas à erradicação do gênero *Tubastraea* na Resex.

Objetivo geral

Analisar os fatores que influenciam a abundância e o tempo de ocupação por coral sol (*Tubastraea spp.*) na Reserva Extrativista Marinha Baía do Iguape, buscando discutir as relações da invasão com a construção e operação de empreendimentos que afetam diretamente a unidade de conservação, sugerindo também recomendações para o controle ou erradicação destes corais na área de estudo.

Objetivos específicos

- Identificar as áreas de ocorrência e a distribuição espacial da abundância de *Tubastraea spp.* na Resex Marinha Baía do Iguape e seu entorno;
- Analisar a relação entre o tempo de ocupação e abundância de *Tubastraea spp.* com os tipos de substratos, a salinidade e temperatura do estuário;
- Inferir os efeitos diretos e indiretos de grandes empreendimentos que afetam a Resex Marinha Baía do Iguape, especialmente da UHE Pedra do Cavalo e dos estaleiros navais, na dinâmica de invasão por *Tubastraea spp.* na unidade de conservação;
- Sugerir recomendações para a gestão e o manejo da unidade de conservação visando o controle ou erradicação das espécies do gênero *Tubastraea* na Resex Marinha Baía do Iguape.

Material e Métodos

Área de Estudo

A Reserva Extrativista (Resex) é uma categoria de unidade de conservação instituída pela Lei 9.985/00 (SNUC) que possui como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura das populações tradicionais extrativistas e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade. Assim sendo, as Reservas Extrativistas são criadas em contexto onde o Poder Público reconhece que os modos de vida e a cultura da população tradicional são os principais responsáveis pela manutenção da qualidade dos ecossistemas e a conservação dos recursos naturais. Destarte, é impossível dissociar nas Reservas Extrativistas os meios de vida ou à cultura das populações tradicionais à conservação do meio ambiente.

A Reserva Extrativista Marinha Baía do Iguape foi criada pelo Decreto Presidencial s/nº de 11 de agosto de 2000 com o objetivo de conservar o meio ambiente e promover o desenvolvimento sustentável das comunidades extrativistas, aliando o desenvolvimento socioeconômico à valorização da cultura e das tradições populares. Em 2009, a fim de atender a instalação do empreendimento do Estaleiro Enseada do Paraguaçu, a poligonal da RESEX foi alterada pela Lei nº 12.058, sem consulta às comunidades tradicionais, vindo a compor uma área aproximada de 10.074 ha.

A Resex foi criada na Baía do Iguape, um subsetor da Baía de Todos os Santos diretamente influenciado pela vazão do Rio Paraguaçu, formando um ecossistema estuarino com intensa produtividade pesqueira. A área da Resex Baía do Iguape abrange a maior parte deste estuário, do baixo curso do Rio Paraguaçu (próximo às comunidades do Engenho da Vitória e Pilar) até as proximidades da Ilha de Monte Cristo, incluindo toda a área de maré e faixa terrestre de manguezal, estando localizada entre os municípios de Maragogipe, Cachoeira e São Felix (figura 1). A formação geológica da Resex é predominada por rochas ígneas e metamórficas até a falha de Maragogipe, no limite oeste da Baía de Iguape. À leste da falha ocorrem as rochas sedimentares da Bacia do Recôncavo, como os folhelhos Grupo Santo Amaro e os arenitos da Formação Sergi (Brichta, 1977), estes últimos onde se concentraram até então as amostragens em substratos naturais da presente pesquisa.

Desta área de pouco mais de 10 mil hectares majoritariamente composta de manguezais e lâmina d'água fazem uso ao menos 5.100 famílias, que residem nas diversas comunidades no entorno desta baía, conforme cadastro de beneficiários da unidade de

conservação. Dentre as famílias cadastradas como beneficiárias, a proporção daquelas que possuem a mulher como responsável é majoritária (53%), demarcando uma importância enorme das mulheres na gestão da Resex. O grande quantitativo de mulheres na Reserva Extrativista reflete o grande número de famílias envolvidas no extrativismo e comercialização de mariscos, principalmente ostras e sururus, já que a atividade de mariscagem é essencialmente feminina. Estima-se que 65,66% das famílias beneficiárias da Resex estão envolvidas com o extrativismo de ostras, espécies sésseis que fixam-se em rochas, mangues e estruturas de concreto, seguido da coleta de sururus (63,52%), reforçando a importância da mariscagem na atividade produtiva da Reserva Extrativista.

Cerca de 65% dos beneficiários economicamente ativos na pesca possuem de 15 a 59 anos. Das famílias entrevistadas, 83% dizem não pescar sozinhas, sendo que estas vão acompanhadas sempre de mais duas (32,34%), três (26%) ou quatro pessoas (27,07%). As companhias refletem a relação familiar/comunitária da pesca, já que 50,9% das famílias dizem pescar acompanhados de pai/mãe, irmão/irmã, filho(a) ou esposa, 36,8% acompanhadas pelo companheiro, 9,5% de primos/compadres e 2,8% de genro/cunhado. A relação de patrão/empregado entre os pares é anedótica, sendo inclusive considerada como uma relação imoral dentro das comunidades. Há um empenho inerente à cultura local de se rechaçar as relações de patronato na atividade pesqueira tradicional.

Das atividades pesqueiras realizadas, 66% prescindem de embarcações, sendo que 88,94% das embarcações utilizadas são canoas a remo, com apenas um pequeno contingente (7,96%) de canoas a motor, geralmente pequenos motores do tipo “rabeta”. Dos produtos pesqueiros, 47,19% são vendidos aos vizinhos e 38,89% são vendidos a preços irrisórios e injustos a atravessadores. A degradação do estuário e dos estoques pesqueiros também é visto pelas comunidades locais como um grande agravador da situação econômica das famílias beneficiárias, sendo que 49,71% destas dizem que a pesca piorou e 17,61% dizem que piorou muito. O motivo mais citado é a barragem/hidrelétrica de Pedra do Cavalo. Diante deste contexto, a renda per capita mensal advinda da atividade pesqueira na Baía do Iguape é de R\$ 23,63, quatro vezes menor que o piso estipulado para a situação de extrema pobreza.

Diante do exposto, nota-se que as reproduções física, social e cultural das comunidades tradicionais da Baía do Iguape, seus costumes de trabalho familiar, artesanal, cooperativo e de baixo impacto, estão centradas com grande relevância nas atividades de mariscagem, principalmente de ostras, atividade essencialmente feminina, grupo mais vulnerável da Reserva Extrativista. Há uma preocupação crescente dos beneficiários da Resex com a invasão pelo coral sol, principalmente pelo risco de o mesmo ocupar substratos que

originalmente eram habitados por ostras. Apesar de o foco deste trabalho não ser avaliar possíveis relações de competição do coral sol com espécies nativas, entender a dinâmica e evolução da invasão pelo coral sol na Reserva Extrativista Marinha Baía do Iguape trará importantes contribuições para a gestão desta unidade de conservação e a proteção dos modos de vida tradicionais de seus beneficiários.

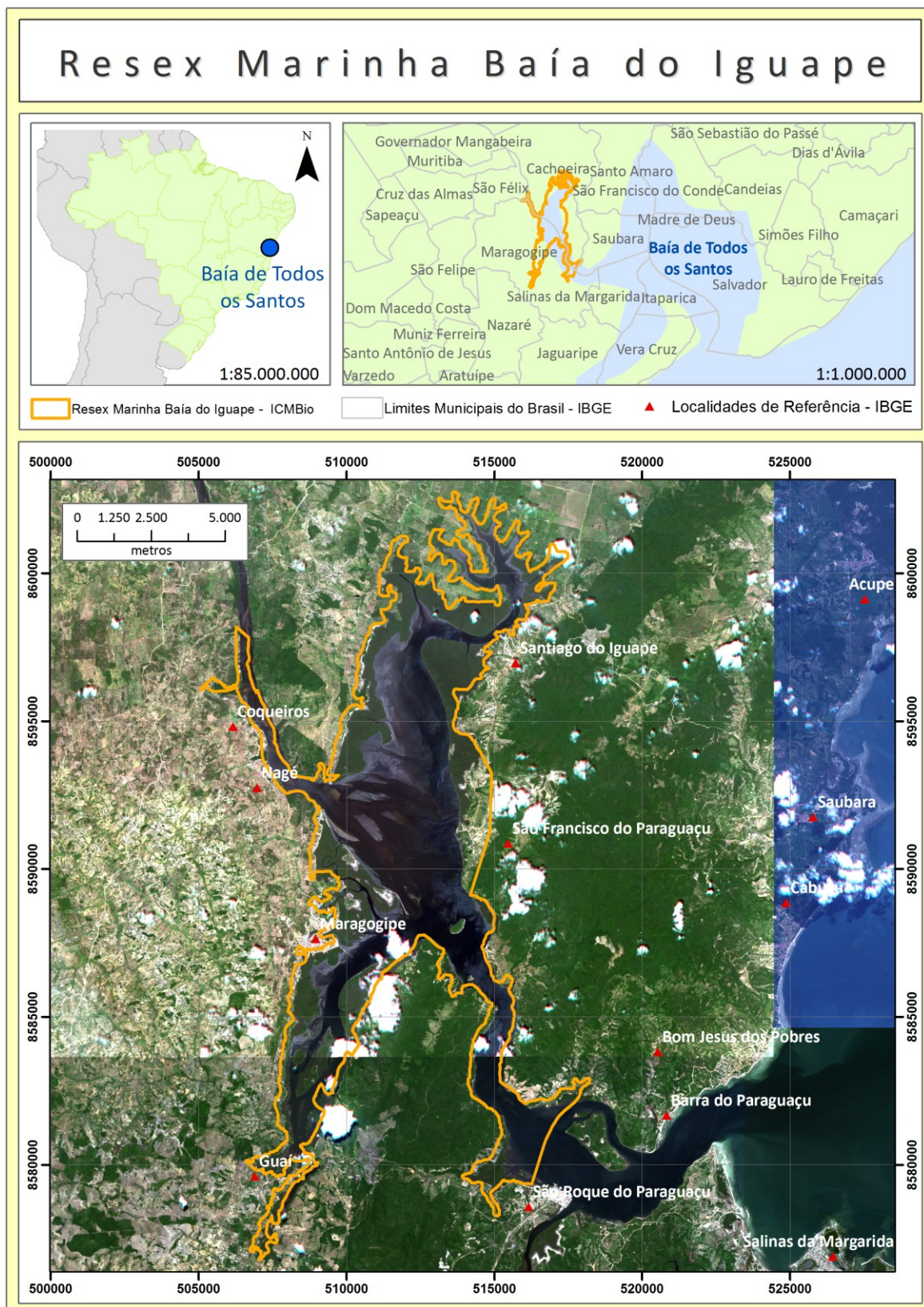


Figura 1. Mapa identificando a localização da Baía de Todos os Santos (BTS) no Brasil, a localização da Resex Marinha Baía do Iguape na BTS e detalhando os limites da unidade de conservação e suas principais localidades de referência no entorno.

Delineamento amostral

Seleção dos substratos para amostragem

Com a utilização de uma canoa motorizada, guiada por um pescador tradicional e quilombola da Baía do Iguape, a equipe realizou busca ativa de todos os substratos de potencial fixação do coral no interior e no entorno da Resex Marinha Baía do Iguape, georreferenciando cada um com uso de GPS. Nesta etapa inicial da pesquisa, identificamos que todos os substratos, naturais ou artificiais, com uma deposição mínima de sedimentos não continham coral sol, especialmente aqueles cujas superfícies eram de menor inclinação. Por tratar-se de um estuário com extensas faixas de manguezal, detectamos que a presença de sedimentos lodosos nos substratos foi determinante para a ausência da invasão por coral sol.

No entanto, todas as estruturas mais verticalizadas da Resex, tais como pilares de concreto ou paredes rochosas, apresentaram o coral sol. Algumas rochas irregulares presentes na Resex continham uma série de fendas e reentrâncias onde o coral sol conseguiu fixar-se em microhabitats do substrato onde não havia deposição de sedimentos, sobretudo estabelecendo-se de ponta-cabeça como forma de evitar o assoalho das fendas, local de maior deposição de sedimentos. Assim, houve a ocorrência de coral sol apenas em superfícies mais verticalizadas e as amostragens deste estudo restringiram-se às mesmas.

Amostragem do coral sol

Após diversos mergulhos experimentais, identificamos que a visibilidade na Resex Marinha Baía do Iguape não ultrapassava cerca de 20 cm até uma profundidade máxima de 1 m (figura 2a). O que facilitou a detecção dos pólipos ou colônias do coral sol foi a sua coloração vistosa e destoante do substrato e dos demais organismos fixados, no entanto a diferenciação entre as duas espécies *in situ* tornou-se inviável, sendo que neste trabalho analisamos conjuntamente *T. coccínea* e *T. tagusensis* em todas as análises. A partir da profundidade de 1 m, a visibilidade se tornava nula devido à escassa luminosidade e à abundância de sedimentos em suspensão. Esta reduzida visibilidade dificultou a busca por coral sol em áreas mais extensas. Portanto, para viabilizar a pesquisa, foi necessário realizar mergulhos muito próximos ao substrato para que fosse possível detectar a ocorrência do coral (figura 2b). Os mergulhos eram então minuciosos e pormenorizados, a fim de evitar falsas ausências ou maiores erros nas contagens das colônias e pólipos.

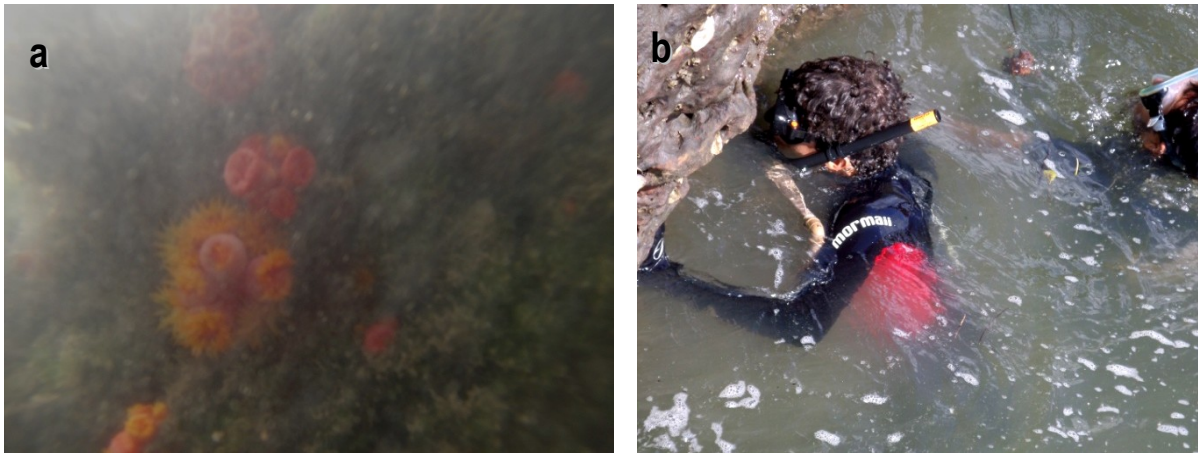


Figura 2. (a) Fotografia do coral sol feita a uma distância de aproximadamente 20 cm, demonstrando a baixa visibilidade nos mergulhos durante a pesquisa; (b) mergulhador amostrando o substrato a uma distância muito próxima a fim de possibilitar a detecção do coral sol.

Julgamos então ser mais prudente reduzir as áreas de amostragem e aumentar o número de amostras. Decidimos, por fim, utilizar parcelas com 20 m de comprimento e 1 m de profundidade nos substratos de potencial ocorrência do coral sol. O comprimento das parcelas acompanhava o desenho da superfície do substrato e era orientado horizontalmente ao longo da linha d'água com uso de uma trena métrica. Em cada substrato potencial eram estabelecidas quantas parcelas coubessem desde que houvesse um intervalo de 20 m de distância entre as mesmas. Como nas análises deste trabalho foram consideradas também as correlações espaciais entre os locais de amostragem, a proximidade entre algumas parcelas não configurou um problema para os objetivos da pesquisa.

Os mergulhos foram limitados ao período de ± 1 hora da maré mais baixa do dia, exceto as maiores que 0.3 m (Tábua de Marés do porto de Madre de Deus/BA). A escolha desta cota máxima foi baseada em observações feitas nos mergulhos experimentais, que demonstraram que o coral sol rarefazia-se a partir de cotas cujo substrato ficava exposto por muito tempo durante a variação de maré. As marés $\leq 0,3$ m permitiram que a parcela de profundidade de 1 m cobrisse o estrato da superfície com o maior número de coral sol.

Utilizando o método de Procura Visual com uso de máscara, snorkel e nadadeiras, em cada parcela dois mergulhadores amostravam de muito próximo a superfície do substrato (distância do substrato < 20 cm), analisando lenta e cautelosamente também cada acidente, como fendas, fossas, rachaduras etc. Eram registradas em cada parcela o tipo de substrato, a área de ocupação de cada colônia, o número de colônias e de pólipos de *Tubastraea spp.* e as

coordenadas geográficas em UTM. O tamanho das colônias foi estimado com auxílio de um quadrante de PVC subdividido em quadrículas de 25 cm² cada formadas por fios de barbante (figura 3). Quando uma colônia era detectada, o mergulhador dispunha o quadrante sobre a colônia e contava o número ou frações de quadrículas ocupadas pela colônia. Os pólipos isolados foram muito abundantes nos substratos pesquisados e para não alongar o período de amostragem de cada parcela mensurando cada um deles, consideramos um valor médio de 1 cm² para representar a área de ocupação de cada pólipos.

Um auxiliar de campo permanecia fora da água, registrando em fichas de campo todas as informações comunicadas pelos mergulhadores e atento principalmente à segurança dos mesmos durante os mergulhos. Este auxiliar de campo ficou responsável também por dialogar e registrar todos os conhecimentos tradicionais do pescador condutor da embarcação associados à invasão do coral sol na Reserva Extrativista Marinha Baía do Iguape.



Figura 3. Mergulhador com o quadrante de PVC subdividido em quadrículas de 25 cm² para estimar a área de cobertura das colônias de coral sol.

A partir dos substratos onde foram detectadas as ocorrências de coral sol, identificamos ser possível agrupá-los em três categorias distintamente marcantes: concreto, rochas porosas e rochas irregulares. Estruturas artificiais de concreto, tais como pilares e muros de contenções foram comuns em piers, bordas de diques artificiais ou nos estaleiros navais da Baía do Iguape (figuras 4a e 4b).

As duas categorias restantes de substrato tratam de rochas naturais de mesma formação geológica, porém com localização e histórico de erosão diferenciados, originando superfícies de configurações peculiares. As rochas localizadas às margens do estuário possuíam superfície porosa, com pequenas e numerosas depressões por toda a superfície (figura 5), enquanto as rochas projetadas mais mar adentro ou dispostas de forma insular tinham formatos muito irregulares, com uma grande abundância de fendas mais profundas e estreitas (figura 6).

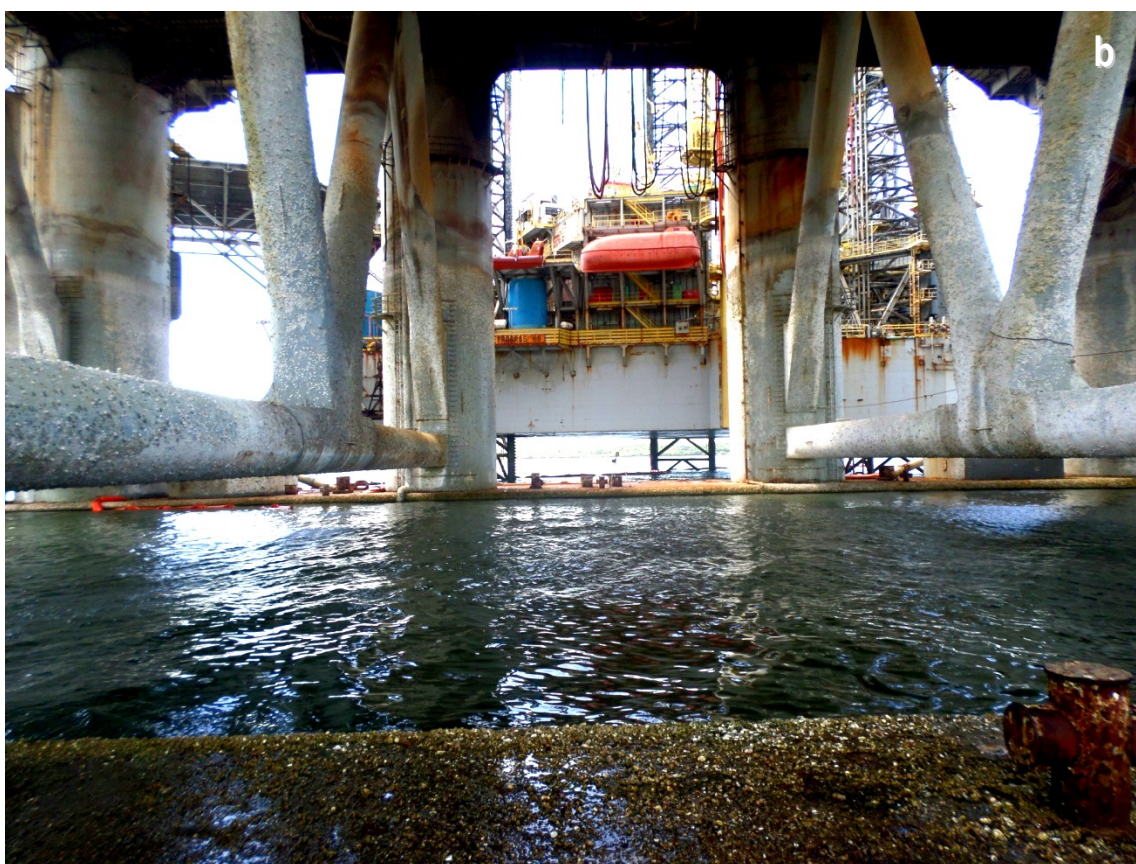


Figura 4. Estruturas de concreto presentes na área de estudo, tais como pilares (a) e muros de contenção (b) para atracação de plataformas e embarcações dos estaleiros navais.



Figura 5. Exemplo de rocha porosa amostrada na área de estudo, com numerosas depressões rasas e arredondadas com fixação de diversas colônias e pólipos de coral sol.



Figura 6. Exemplo de rocha irregular amostrada na área de estudo, com uma abundância de fendas mais profundas distribuídas irregularmente. Nestes substratos, o coral sol foi geralmente encontrado no interior das fendas, em microhabitats mais abrigados.

Distribuição da salinidade e temperatura

A salinidade e a temperatura foram calculadas a partir de modelos elaborados por Genz (2006) para a Baía do Iguape, com auxílio do Princeton Ocean Model – POM (Blumberg e Mellor, 1987; Mellor, 2003). Como os modelos elaborados foram distintos para maré de quadratura e sizígia, utilizamos a média dos valores de salinidade e temperatura nos dois períodos.

Análise dos Dados

Distribuição espacial da ocorrência de coral sol

Com os dados obtidos nas parcelas sobre o coral sol e com as referências espaciais de cada uma das parcelas, foram produzidos mapas com uso do software ArcGis 10.0 (2011) retratando a distribuição da área de ocupação, a abundância de colônias e pólipos, bem como o tempo de ocupação do substrato por coral sol ao longo da Reserva Extrativista Marinha Baía do Iguape.

Relação entre tamanho das colônias e quantidade de pólipos

Nas parcelas amostradas, encontramos padrões diversos de relação entre tamanhos de colônias e quantidade de pólipos. Houve parcelas com colônias grandes e poucos pólipos ou colônias grandes e muitos pólipos. Assim como foram identificados substratos com colônias pequenas acompanhadas por muitos ou poucos pólipos. Analisando a relação entre estas duas variáveis, evidenciou-se que não há colinearidade relevante entre as mesmas ($R^2 = 0,013$; $F_{9,1} = 0,001$; $p = 0,971$). Desta forma, partimos de um pressuposto que os fatores que promovem o aumento no tamanho das colônias são diferentes dos que propiciam a fixação e desenvolvimento de muitos pólipos isolados dispersos pelo substrato.

Estudos de Creed (2006) mostraram que as defesas químicas de *Tubastraea spp.* em 100% dos casos causaram necrose à espécie endêmica *Mussismilia hispida*, sendo necessária apenas uma distância de 5 cm entre esses corais para que danos ao lado próximo à colônia invasora pudessem ser identificados. Estas áreas circunvizinhas à colônia de coral sol foram posteriormente ocupadas por esponjas, algas ou até mesmo novos recrutas de *Tubastraea spp.*, que surgiram adjacentes à colônia de origem ampliando a sua área de ocupação. Esse fator ressalta o alto poder competitivo dos corais invasores, que utilizam desse recurso bioquímico para ganhar espaço no substrato em que se encontram e assim aumentarem o tamanho de suas colônias. Desta forma, julgamos ser possível considerar a hipótese de que os substratos

ocupados por mais tempo pelo coral sol são aqueles que apresentam as maiores colônias e não necessariamente o maior número de pólipos. E ainda que os substratos ocupados por mais pólipos são aqueles que possuem condições ambientais mais propícias para a fixação e recrutamento de novas colônias, seja por influência de variações da salinidade, temperatura ou até mesmo pela característica da superfície do próprio substrato.

Assim, utilizamos estas duas variáveis respostas, tamanho das maiores colônias e número de pólipos, como indicadores indiretos de tempo de ocupação por coral sol e de adequabilidade do habitat para recrutamento de novas colônias, respectivamente. Como indicador indireto do tempo de ocupação, utilizamos a média da área de ocupação das 10 maiores colônias de cada parcela. Para indicar a adequabilidade do habitat para recrutamento de novas colônias, utilizamos o número absoluto de pólipos isolados.

Retirando os efeitos de correlação espacial entre as amostras

A fim de verificar se a matriz composta pelas variáveis salinidade e temperatura influenciava diretamente no tempo de ocupação do substrato por coral sol e na adequabilidade do habitat para recrutamento de novas colônias, removendo a correlação baseada nas distâncias geográficas, foi realizado um teste de Mantel Parcial, utilizando o software R (R Development Core Team 2008) e o pacote Vegan (Oksanen et al. 2011). Um resultado significativo desta análise indicaria que os efeitos de salinidade e/ou temperatura representavam influência relevante para prever o tempo de ocupação do substrato ou a adequabilidade do habitat para recrutamento de novas colônias.

Análise dos efeitos do substrato, salinidade e temperatura

Com a identificação da categoria do substrato de cada parcela e os valores de salinidade e temperatura modelados por Genz (2006), utilizamos estas três variáveis preditoras para tentar explicar a variação do tempo de ocupação por coral sol (média do tamanho das 10 maiores colônias) através de um modelo de Análise de Covariância (ANCOVA).

Outro modelo de ANCOVA semelhante foi utilizado para avaliar o efeito do substrato, salinidade e temperatura na adequabilidade do habitat para recrutamento de novas colônias (número de pólipos). Contudo, para este modelo, adicionamos ainda a variável tempo de ocupação como preditora, pois é provável que substratos com colônias maiores possuam uma produtividade de larvas maiores para recrutamento de novos pólipos e colônias.

Resultados

Foram amostradas até então 10 parcelas, sendo 4 nas estruturas de concreto, 3 em rochas porosas e 3 em rochas irregulares. Não foram encontrados coral sol em outros substratos, especialmente aqueles com presença de sedimento depositado. O estudo ainda prossegue em curso e ainda não foi possível amostrar os únicos substratos de potencial fixação do coral sol presentes na Resex: o píer da cidade de Maragogipe e três piers construídos irregularmente, autuados e embargados pelo poder público. Serão também amostradas localidades à jusante dos estaleiros navais.

Foram registradas na Resex e no seu entorno 506 colônias de coral sol ocupando 4.813,79 cm² de substratos; e 1.496 pólipos ocupando uma área de mesmo valor, totalizando 2002 unidades vivas de coral sol (somando-se colônias e pólipos) numa área total de 6.309,79 cm² de substrato ocupado. Esta área ocupada por coral sol representa cerca 0,003% da área efetivamente amostrada nas parcelas. O tamanho médio das maiores colônias de cada parcela variou de 12 a 22 cm² ($\bar{x} = 17,2 \pm 3,706$ cm²; figura 7), enquanto o número absoluto de pólipos variou de 17 a 671 ($\bar{x} = 149,6 \pm 196,326$; figura 8).

A matriz de salinidade e temperatura, removendo a correlação baseada nas distâncias geográficas, apresentou relação significativa com o tempo de ocupação das colônias (Mantel parcial: $r = 0,707$; $p = 0,001$), mas não com a quantidade de pólipos ($r = -0,08$; $p = 0,643$).

Um modelo de Análise de Covariância (ANCOVA) identificou que, da matriz composta pelas variáveis salinidade e temperatura, apenas a salinidade ($R^2 = 0,853$; $F_{3,7} = 7,533$; $p = 0,041$; figura 9) explicou a variação no tempo de ocupação pelo coral, mas não a temperatura ($p = 0,185$) ou o substrato ($p = 0,258$), sendo que as maiores colônias situam-se nos estaleiros navais, locais mais salinos à jusante.

Outro modelo de ANCOVA ($R^2 = 0,907$) indicou que a quantidade de pólipos nas parcelas foi influenciada principalmente pelo substrato ($F_{4,6} = 18,497$; $p = 0,01$; figura 10) e não pela temperatura ($p = 0,544$), salinidade ($p = 0,051$) e tempo de ocupação pelo coral ($p = 0,176$). Um teste *Post Hoc* de Tukey sugeriu que rochas porosas e concretos abrigam maior número de pólipos, diferindo das pedras irregulares ($p = 0,012$; $p = 0,022$, respectivamente).

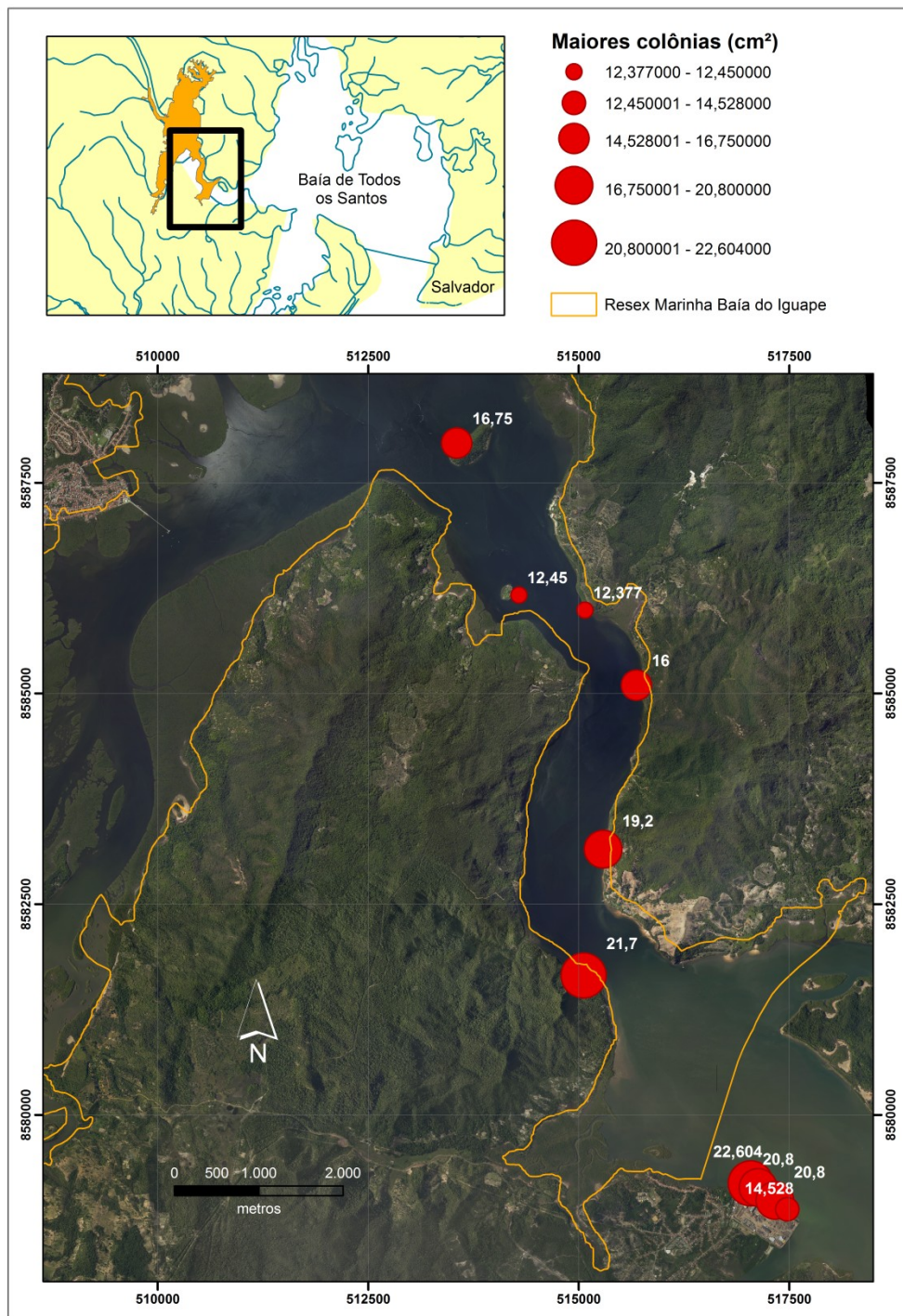


Figura 7. Mapa da distribuição espacial do tamanho médio das maiores colônias, variável indicadora do tempo de ocupação por coral sol, na Resex Marinha Baía do Iguape.

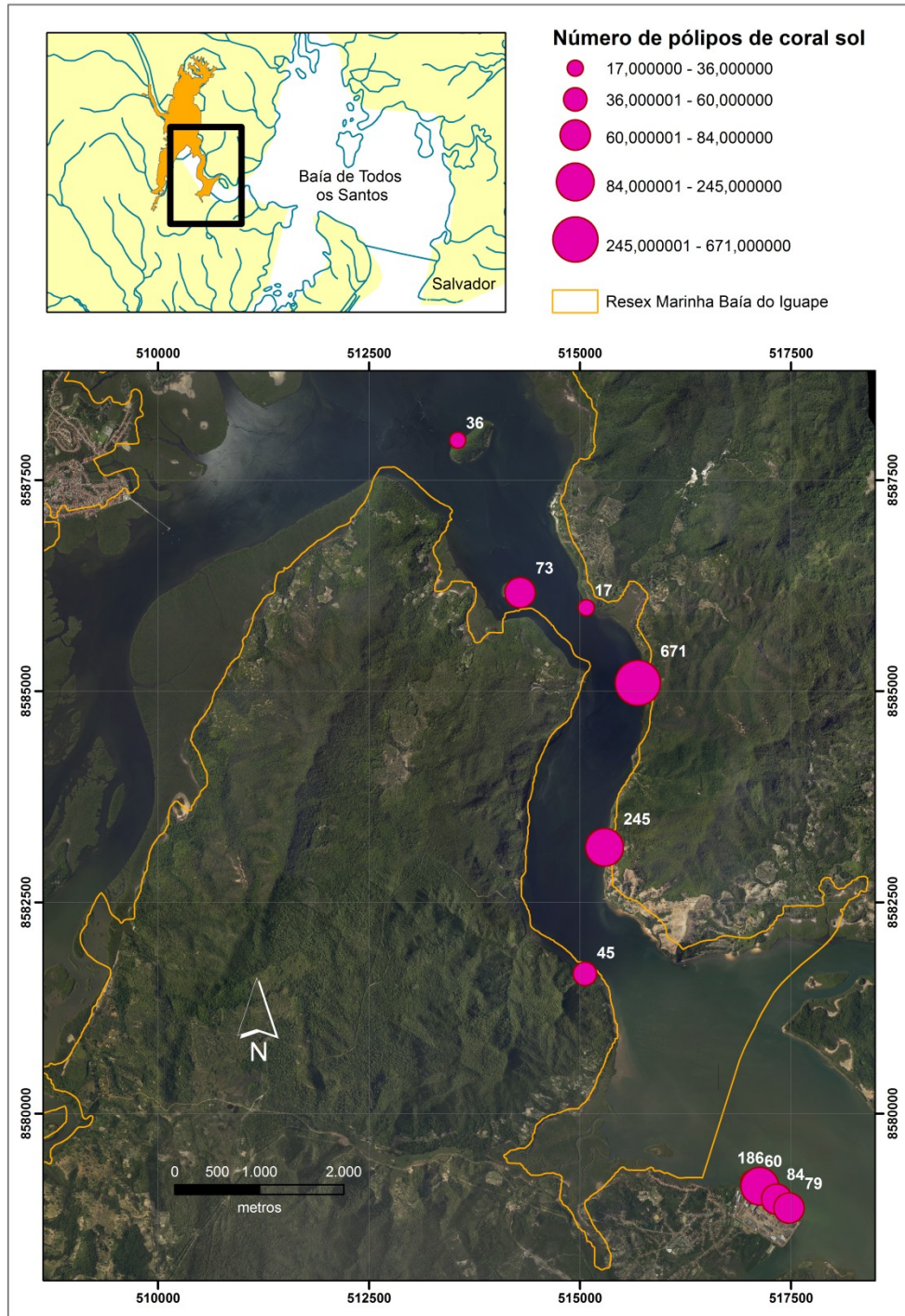


Figura 8. Mapa da distribuição espacial do número de pólipos de coral sol, variável indicadora de adequabilidade de habitat para fixação e recrutamento de novas colônias, na Resex Marinha Baía do Iguape.

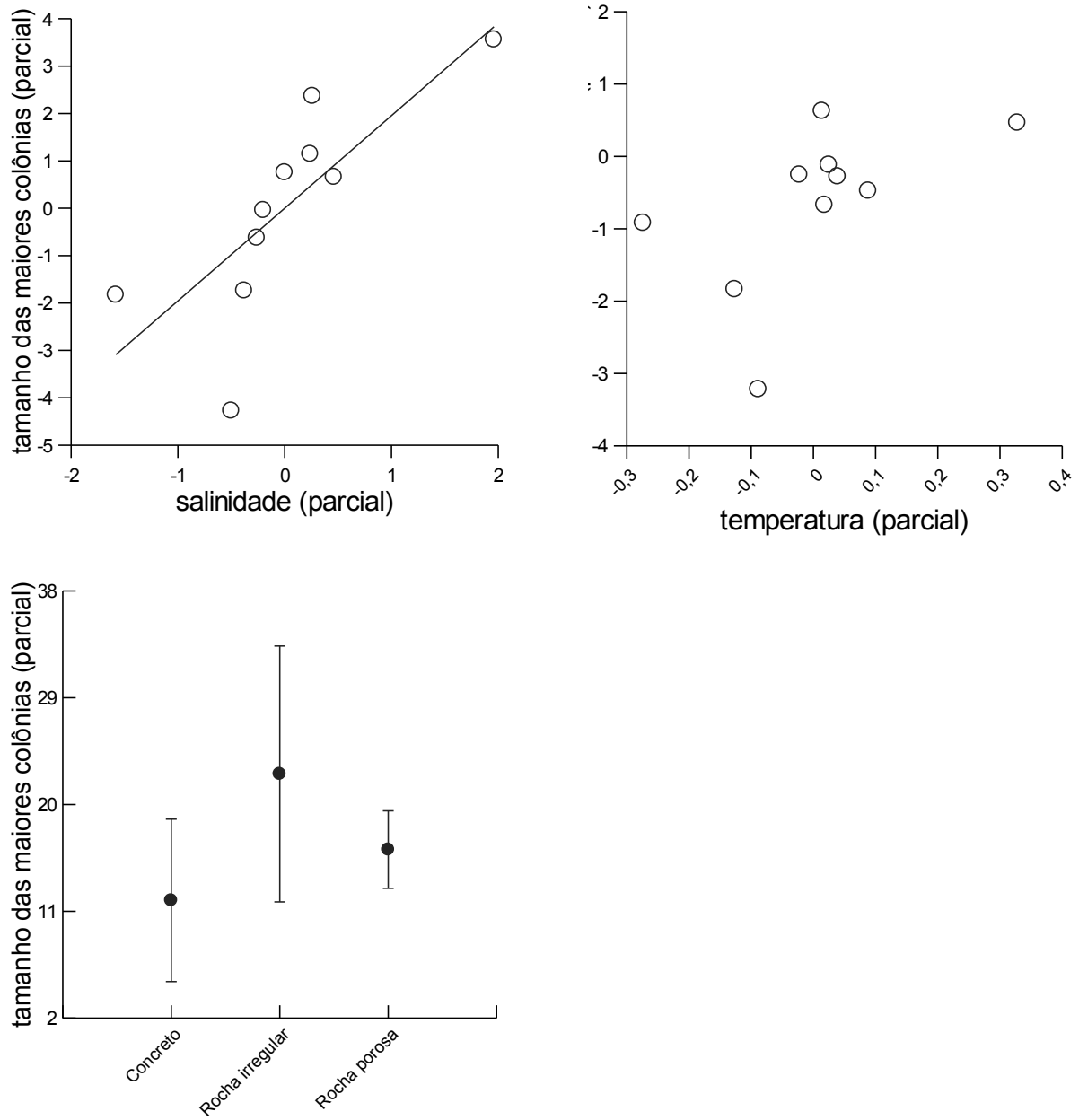


Figura 9. Relações parciais do tamanho das maiores colônias com a (a) salinidade, (b) temperatura da água e (c) as categorias de substrato concreto, rocha irregular e rocha porosa.

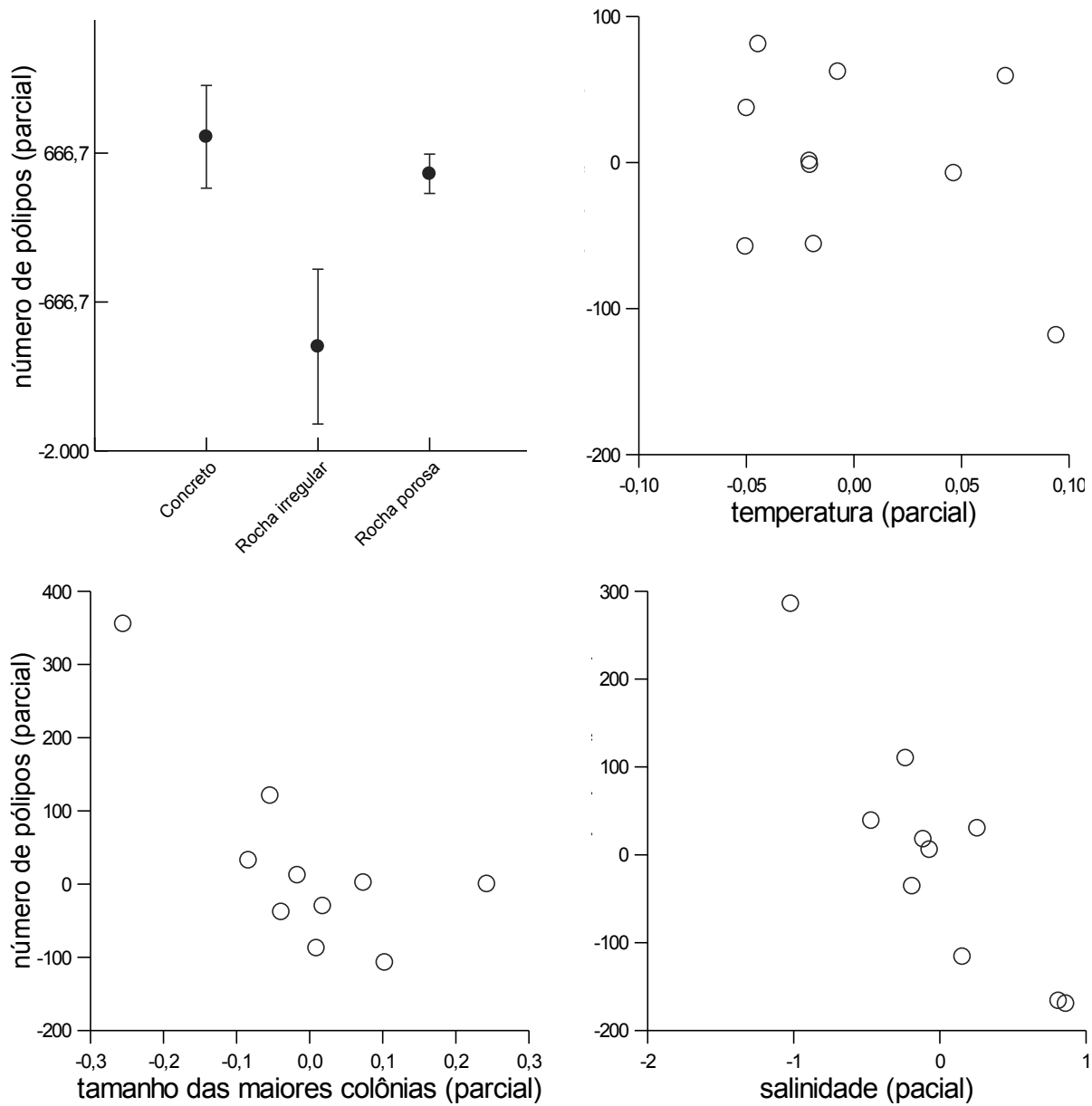


Figura 10. Relações parciais do tamanho do número de recrutas com (a) as categorias de substrato concreto, rocha irregular e rocha porosa, (b) temperatura, (c) tamanho das maiores colônias e (d) salinidade.

Discussão e conclusões

Os resultados desta pesquisa indicam que a salinidade e o tipo de substrato são fatores importantes a serem considerados para o controle ou erradicação do coral sol na Resex Marinha Baía do Iguape. Outro fator que não foi mensurado durante a pesquisa, mas que ficou evidente e é imprescindível ressaltar foi a relação positiva entre a quantidade de sedimentos nos substratos e a ausência de coral sol. Contudo, devido à sua capacidade de fixação de ponta-cabeça, rara em outras espécies de coral, foi muito frequente encontrar pólipos ou colônias fixados desta forma, evitando o assoalho de fendas, rachaduras ou superfícies horizontalizadas onde a deposição de sedimentos era maior. Provavelmente devido à não afinidade com os sedimentos do estuário, encontramos preferência do coral sol por substratos verticalizados, inclusive sendo este o motivo por termos que restringir a amostragem a estruturas mais ortogonais em relação à linha d'água. Apesar de habitarem substratos de variadas angulações, a preferência do coral sol por substratos mais verticais já foi descrita em diversos trabalhos (Wood, 1983; Carleton e Sammarco, 1987; Prah, 1987; Cairns, 1991, 1994; Reyes-Bonilla et al., 1997) que indicaram inclinações preferenciais entre 61 a 100°, corroborando nossas observações.

A salinidade foi determinante para o tempo de ocupação por colônias de coral sol nos substratos, sugerindo que as localidades mais à montante da Resex foram ocupadas mais recentemente, provavelmente devido ao avanço da cunha salina a partir da operação da Usina Hidrelétrica (UHE) de Pedra do Cavalo no ano de 2005. Esta usina foi instalada numa barragem de mesmo nome, construída na década de 80, contando com duas grandes turbinas subterrâneas de eixo vertical, cada uma com 82,65 MW de potência, vazão mínima de 40 m³/s e vazão máxima de 80 m³/s. Por se tratar de um complexo que envolve dois empreendimentos, um responsável por utilizar a água da represa para abastecimento da cidade de Salvador, Feira de Santana e região fumageira, e outro responsável pela geração de energia, há uma interdependência muito grande entre a operação destas duas atividades, sendo que o abastecimento de água é prioritário sobre a produção de energia. Desta forma, o padrão de funcionamento das turbinas e a consequente vazão de água doce para o estuário da Resex Marinha Baía do Iguape dependem do nível da água represada em Pedra do Cavalo.

Segundo o Plano Operativo da Barragem, o nível do reservatório deve oscilar entre as cotas 120 m, estabelecida como limite máximo para segurança da barragem, e 108 m, estipulada como a cota mínima determinada pela estrutura limitada da barragem que não

consegue captar água para o abastecimento humano em níveis inferiores. A geração de energia, ou seja, a vazão de água doce para a Resex Marinha Baía do Iguape, é realizada a partir de uma cota de referência de 114,5 m.

Durante o funcionamento da hidrelétrica, a vazão afluyente ao estuário vai depender da operação das turbinas, podendo liberar de 40 m³/s, com uma turbina em vazão mínima, até cerca de 160 m³/s com duas turbinas em vazão máxima. Contudo, apesar de o órgão estadual de meio ambiente ter determinado como vazão ecológica a média diária de 10 m³/s, resoluções posteriores reduziram esta vazão média diária para 6 m³/s e em seguida para 3 m³/s. Ocorre que devido à grande potência das turbinas, mesmo em funcionamento mínimo, a hidrelétrica libera em pouco tempo uma grande vazão, levando o empreendimento a funcionar por poucas horas ao dia a fim de conseguir manter a média diária estabelecida pelos regulamentos estaduais.

Atualmente, a hidrelétrica, quando funciona, liga suas turbinas por um período de somente 1 hora e 30 minutos por dia. Todo o estuário à jusante fica sob vazão nula, sujeito aos efeitos diários da salinidade com o avanço das marés por uma duração de mais de 22 horas.

Fernando Genz (2006), em seu estudo sobre os efeitos da barragem e da usina de Pedra do Cavalo na Baía do Iguape, a partir de dados batimétricos, de amplitude de marés e de velocidade de correntes, modelou a distribuição da temperatura e salinidade na Baía do Iguape em diversos cenários com distintas vazões de água doce considerando a motorização atual da hidrelétrica. Em seu estudo, o modelo com a menor vazão média diária simulado para o funcionamento da UHE foi para 10 m³/s. Nesta modelagem, o autor inferiu que há um recuo significativo da penetração do sal na baixa-mar de sizígia e quadratura em relação ao pulso de inundação da operação anterior à construção da hidrelétrica. Com esta vazão, as águas com salinidade maior que 20 se expandem à montante até a região central da Resex Marinha Baía do Iguape tanto na sizígia quanto na quadratura.

Considerando que a vazão atual operada pela hidrelétrica é ainda menor que a simulada por Genz (2006), é provável que a cunha salina tenha avançado ainda mais à montante do estuário do Rio Paraguaçu. Como demonstramos nos resultados deste trabalho, a invasão por coral sol na Resex Marinha Baía do Iguape é mais recente à medida que subimos à montante do estuário, já que temos à jusante as maiores colônias e à montante as menores. Conforme citado por Moreira e colaboradores (2014), a baixa salinidade é causadora de morte em indivíduos de *Tubastraea spp.* Salinidades abaixo de 15 PSU causam consequências diretas e significativas em colônias destes corais, como descoloração, necrose e morte. A

retração das áreas de baixa salinidade a partir da criação da hidrelétrica de Pedra do Cavalo provavelmente criou habitats propícios para o desenvolvimento de novas colônias de *Tubastraea spp.*

Desde o ano de 2009, a UHE de Pedra do Cavalo funciona sem licença ambiental, sendo que o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade indeferiu o pedido de autorização para o licenciamento do empreendimento e o Ministério Público Federal determinou a interdição de sua operação. Ainda assim, a hidrelétrica continua irregularmente em funcionamento. Contudo, no processo de discussão sobre o licenciamento ambiental da UHE, pouco é citado sobre a relação da operação do empreendimento com a expansão recente da invasão por coral sol na Resex Marinha Baía do Iguape.

No entanto, não só a salinidade, mas como a disponibilidade de substratos são fatores relevantes para o avanço da invasão por coral sol na Resex Marinha Baía do Iguape. A disponibilidade de costões rochosos com padrão de superfície porosa e, principalmente, a construção de estruturas artificiais de concreto, foram relevantes para a fixação e recrutamento de novas colônias. Devido a falta de estudos sobre o coral sol em regiões estuarinas, não é possível avaliar ainda qual é a capacidade de dispersão das larvas de coral sol na Resex, mas a existência de *stepping stones* para a fixação, estabelecimento, crescimento e disseminação de larvas, juntamente com o avanço da cunha salina, certamente propicia o alastramento geográfico da invasão à montante do estuário. O avanço da invasão por coral sol através de *stepping stones* é processo já conhecido, inclusive bem descrito no trabalho de Lira e colaboradores (2010).

Ressalta-se a existência de extensas estruturas de concreto construídas nos estaleiros navais à jusante da Resex. Nos grandes pilares e muros de contenção destes empreendimentos, encontramos as maiores colônias de coral sol e uma quantidade significativa de pólipos dispersos por longas faixas de concreto. Os estaleiros navais, além de receberem plataformas advindas de diversas regiões do globo, inclusive com incrustações de coral sol (a exemplo da Plataforma P-27), figuram como relevantes *stepping stones* situados no último estreitamento da calha do Paraguaçu entre o estuário da Baía do Iguape e o mar.

Há também alguns piers de concreto construídos por proprietários de fazendas no entorno da Resex Marinha Baía do Iguape, todos autuados e embargados pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Apesar de ainda não amostrados, fomos informados pela população tradicional que nestas estruturas há também a presença do coral sol. Atualmente, há uma discussão sobre o que fazer

administrativamente com estas estruturas, se devem ser aproveitadas para algum uso tradicional das populações beneficiárias da Resex ou se devem ser demolidas.

A falta de ações preventivas ou corretivas tomadas pelos responsáveis pelos empreendimentos a fim de evitar incrustação ou controlar a expansão por *Tubastraea spp.* é evidente, tendo já o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade lavrado os autos de infração nº 029583-A e 029584-A à ENSEADA INDÚSTRIA NAVAL S.A. e à PETRÓLEO BRASILEIRO S.A.-PETROBRÁS respectivamente, com base no art. 67 do Decreto Federal 6.514/08 por “*disseminar doença ou praga ou espécies que possam causar dano à fauna, à flora ou aos ecossistemas*”, durante operação de fiscalização denominada “Coral Sol”, em agosto de 2014.

Este foi o primeiro estudo focado especialmente em analisar aspectos ecológicos da dinâmica de invasão de coral sol na Resex Marinha Baía do Iguape e um dos poucos estudos realizados com a invasão das espécies de *Tubastraea spp.* em ambientes estuarinos. Ficou evidente, portanto, que não é possível pensar o manejo desta unidade de conservação e o controle ou erradicação do coral sol na Baía do Iguape sem tangenciar questões relativas à fiscalização, licenciamento e ordenamento dos empreendimentos, especialmente da Usina Hidrelétrica de Pedra do Cavalo e dos estaleiros navais ou piers do baixo curso do Paraguaçu.

Recomendações para o manejo

A partir dos resultados obtidos neste trabalho, sugerimos que a Resex Marinha Baía do Iguape nos processos de autorização para o licenciamento ambiental observe com cautela os possíveis impactos dos empreendimentos na dinâmica de invasão da Resex por coral sol, especialmente daqueles que preveem estruturas verticais de concreto em suas instalações ou que alterem a salinidade do estuário. Recomenda-se também que na determinação de medidas mitigatórias ou compensatórias destes empreendimentos, sejam indicados o monitoramento da invasão pelo coral sol, a adoção de métodos seguros de controle e erradicação e a limpeza, ainda fora do estuário, das plataformas ou embarcações que porventura venham utilizar as estruturas dos estaleiros navais da Baía do Iguape.

Para o caso da UHE de Pedra do Cavalo, recomendamos que este trabalho seja anexado ao Processo que indeferiu a Autorização para o Licenciamento Ambiental do empreendimento, a fim de pautar durante qualquer possível movimentação deste ato administrativo a relação direta da UHE com a invasão de coral sol na Resex Marinha Baía do Iguape. A alteração da planta de operação da UHE, pautada pelo ICMBio e pelo Conselho Deliberativo da Resex no decorrer do processo de autorização para o licenciamento ambiental, é uma oportunidade de grande relevância para restabelecer níveis adequados de salinidade no estuário e retrair o avanço da cunha salina na Baía do Iguape. Esta medida poderá facilitar o controle da invasão pelo coral sol na unidade de conservação através da redução da salinidade no estuário.

Recomendamos ainda que os resultados deste estudo sejam comunicados ao Ministério Público Federal, que tem demonstrado especial interesse na resolução da invasão do coral sol na Baía de Todos os Santos, a fim de subsidiar com maiores informações quaisquer decisões referentes aos Inquéritos Cíveis Públicos (ICP) relacionados aos problemas com o licenciamento ambiental ou cumprimento de condicionantes da UHE de Pedra do Cavalo e dos estaleiros navais, em especial ao ICP que trata da autuação do Instituto Chico Mendes à ENSEADA INDÚSTRIA NAVAL S.A. e à PETRÓLEO BRASILEIRO S.A.-PETROBRÁS por disseminação de espécies exóticas e invasoras que causam danos à Resex Marinha Baía do Iguape.

Recomendamos ainda que seja sugerida a demolição dos piers de concreto embargados pelo IBAMA no interior da Resex Marinha Baía do Iguape. Estas estruturas não

atendem a nenhuma necessidade das populações tradicionais beneficiárias, encontram-se em estado precário de conservação devido ao longo tempo de embargo, o que culminou inclusive na queda de parte de um destes piers, e são substratos potenciais para o recrutamento de muitas novas colônias de coral sol.

Recomendamos também que os resultados deste trabalho sejam divulgados às comunidades tradicionais da Resex Marinha Baía do Iguape, principalmente através de seu Conselho Deliberativo, para que estas se apropriem dos conhecimentos gerados no meio acadêmico e os utilizem em seus processos organizacionais e reivindicatórios na Resex.

Sugerimos que os resultados deste trabalho sejam divulgados ainda às outras unidades de conservação empenhadas no entendimento dos processos ecológicos e antrópicos relacionados à invasão do coral sol ou até mesmo no controle e erradicação das espécies de *Tubastraea spp.*

E, por fim, sugerimos que o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio continue investindo em pesquisas sobre o coral sol na Resex Marinha Baía do Iguape, pois a escassez de conhecimento sobre invasões de coral sol em ambientes estuarinos podem dificultar o planejamento de estratégias de manejo da própria Resex ou de outras unidades de conservação estuarinas no Brasil.

Agradecimentos

Agradecemos primeiramente às comunidades da Resex Marinha Baía do Iguape, em especial ao Quilombo da Salamina-Putumuju, pelos conhecimentos tradicionais transmitidos e pela ferrenha defesa pela conservação de seus territórios, tão caras à biodiversidade; ao CNPQ por apoiar o Programa de Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes e ajudar a promover anualmente os seminários de pesquisa, tão importantes ao engrandecimento da Instituição; ao Ao CIEE pela parceria e fomento de bolsistas de iniciação científica; à Universidade Católica do Salvador, pela formação acadêmica dos autores e cessão do espaço físico para reuniões e produção acadêmica; ao Núcleo Integrado de Estudos em Zoologia (NIEZ), pelos equipamentos fornecidos, e especialmente ao professor Éder Carvalho da Silva, pelo interesse, apoio e fundamentais sugestões sobre bioinvasão; aos servidores da Resex Marinha Baía do Iguape, pelo apoio logístico prestado, especialmente a João Bulhões, do Grupamento Ambiental de Maragogipe, cedido ao ICMBio; a Israel Fortuna, parceiro de mergulho e tão autor deste trabalho quanto eu; a Marina Leão que, apesar de pesquisar História da Escravidão, dedicou tempo e longos debates tentando entender e fazer críticas valiosas sobre a relação da invasão do coral sol e a defesa do território tradicional; a Stephanie Wicks, primeira bolsista PIBIC e mãe original deste projeto, e a Flora Wicks, também filha de Stephanie, a nossa mais nova inspiração para a conservação da natureza. E, por último, mas não menos importante, a Bruno Marchena, que mesmo diante de todas as dificuldades se manteve de pé para me orientar nesse trabalho, me dando força para continuar seguindo em frente, e me mostrando que até mesmo as coisas mais simples tem o seu grande valor.

Citações e referências bibliográficas

BRIGGS, J.C. 2007. **Marine biogeography and ecology: invasions and introductions.** Journal of Biogeography, 34, 193–198.

BRIGGS, J.C. 2013. **Invasion ecology: origin and biodiversity effects.** Environmental Skeptics and Critics, 2:73–81.

CAIRNS, S. D. 1991. **A revision of the ahermatypic Scleractinia of the Galápagos and Cocos islands.** Smithson. Contrib. Zool., 504: 1-56.

CAIRNS, S. D. 1994. **Scleractinia of the temperate North Pacific.** Smithson. Contrib. Zool., 557: 1-150.

CAIRNS S.D. 2000. **Revision of the shallow-water azooxanthellate Scleractinia of the western Atlantic.** Studies of the Natural History of the Caribbean Region 75: 1-240.

CARLETON, J. H. & SAMMARCO, P. W.. 1987. **Effects of substratum irregularity on success of coral settlement: quantification by comparative geomorphological techniques.** Bull. Mar. Sci., 40: 85-98.

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): 350-350.

ESRI, 2011. **ArcGIS Desktop: Release 10.** Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

FARRAPEIRA, C. M. R.; TENÓRIO, D. D. O. & AMARAL, F. D. D. 2011. **Vessel biofouling as an inadvertent vector of benthic invertebrates occurring in Brazil.** Marine Pollution Bulletin, 62(4):832-839.

FERREIRA, C.E.L.; GONÇALVES, J.E.A. & COUTINHO, R. 2006. **Ship hulls and oil platforms as potential vectors to marine exotic introduction.** J. Coast. Res., 39: 1340–1345.

GENZ, F. **Avaliação dos efeitos da barragem Pedra do Cavalo sobre a circulação estuarina do Rio Paraguaçu e Baía de Iguape.** 2006. 266 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Bahia. 2006.

GLYNN P.W.; COLLEY S.B.; MATE J.L.; CORTES J.; GUZMAN H.M.; BAILEY R.L.; FEINGOLD J.S. & ENOCHS I.C. 2008a. **Reproductive ecology of the azooxanthellate coral Tubastraea coccinea in the equatorial eastern Pacific: Part V. Dendrophylliidae.** Marine Biology 153: 529-544.

GLYNN P.W.; COLLEY S.B.; MATE J.L.; CORTES J.; GUZMAN H.M.; BAILEY R.L.; FEINGOLD J.S. & ENOCHS I.C. 2008b. **Reproductive ecology of the**

azooxanthellate coral *Tubastraea coccinea* in the equatorial eastern Pacific: Part V. Dendrophylliidae (erratum). Marine Biology 154: 199.

LIRA, S. M. A.; FARRAPEIRA, C. M. R.; AMARAL, F. M. D. & RAMOS, C. A. C. 2010. **Sessile and sedentary macrofauna from the Pirapama Shipwreck, Pernambuco, Brazil.** Biota Neotropica 10:155-166

LOPES, R.M; VILLAC, M. C. & SCHAEFFER-NOVELLI, Y. 2009. **Introdução. In: Informe sobre as espécies exóticas invasoras marinhas no Brasil.** Lopes, R.M. (ed). (Série Biodiversidade, 33), Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA/SBF, 19-28.

MOREIRA, P. L.; CREED, J. C. & RIBEIRO, F. V. 2014. **Control of invasive marine invertebrates: an experimental evaluation of the use of low salinity for managing pest corals (*Tubastraea* spp.).** Biofouling: The Journal of Bioadhesion and Biofilm Research. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1080/08927014.2014.906583> >

NEVES, C.S. & ROCHA, R.M. 2008. **Introduced and cryptogenic species and their management in Paranaguá Bay, Brazil.** Braz. Arch. Biol. Tech., 51 (3): 623–633.

OKSANEN J.; BLANCHET, F. G.; KINDT R. et al. (2011) **R package**, version 1. 17–6. Visitado em 08 de agosto em < <http://CRAN.R-project.org/package=vegan> >

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.

PAULA, A.F. & CREED J.C. 2005. **Spatial distribution and abundance of nonindigenous coral genus *Tubastraea* (Cnidaria, Scleractinia) around ilha Grande, Brazil.** Braz J Biol 65(4): 661-673.

PRAHL, H. V. 1987. **Corales ahermatípicos colectados en el Pacífico Colombiano.** Rev. Biol. Trop., 35: 227-232

PRÓ-MAR. 2014. **Coral Sol Invasor na Baía de Todos os Santos. Bahia, Brasil.** Disponível em: < <http://promar.org.br/pt/novidades/noticias/2012/abril/coral-sol-invasor-e-registrado-pela-primeira-vez-no-brasil-em-recife-de-coral-na-baia-de-todos-os-santos> >

R Development Core Team. 2008. **R: A Language and Environment for Statistical Computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Visitado em 10 de agosto de 2017 em < <http://www.R-project.org> >

REYES-BONILLA, H.; PÉREZ-VIVAR, T. L. & KETCHUM, J. T. 1997. **Nuevos registros del coral ahermatípico *Tubastraea coccinea* Lesson, 1829 (Scleractinia: Dendrophylliidae) en el Pacífico de México.** Rev. Inv. Cient. Ser. Cienc. Mar. UABCS, 8: 31-33.

SAMPAIO, C.L.S.; MIRANDA, R.J.; MAIA-NOGUEIRA, R. & NUNES, J.A.C.C. 2012. **New occurrences of the nonindigenous orange cup corals *Tubastrea coccinea* and**

T. tagusensis (Scleractinia: Dendrophylliidae) in Southwestern Atlantic. Check List. 8(3): 528-530.

SILVA, A. G.; LIMA, R. P., A. N.; GOMES, B. G.; FLEURY & CREED J. C. 2011. **Expansion of the invasive corals *Tubastraea coccinea* and *Tubastraea tagusensis* into the Tamoios Ecological Station Marine Protected Area, Brazil.** Aquatic Invasions Vol.6, Supplement 1: S105–S110.

SILVA, E.C. & BARROS. F. 2011. **Macrofauna bentônica introduzida no Brasil:** lista de espécies marinhas e dulcícolas e distribuição atual. Oecologia Australis 15(2): 326-344

STACHOWICZ, J.J.; WHITLATCH, R.B. & OSMAN, R.W. 1999. **Species diversity and invasion resistance in a marine ecosystem.** Science, 286: 1577-1579.

WOOD, E. M. 1983. **Corals of the world.** T.F.H. Publications. Inc. New Jersey, 256 p.

ZILLER, S.R. & ZALBA, S. 2007. **Proposals for action to prevent and control invasive alien species.** Nature and Conservation 5: 8-15.