



Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Campus Mossoró
Curso de Ecologia

DÉBORAH LORNY MAIA DA COSTA

**COBERTURA E BRANQUEAMENTO DO CORAL *Siderastrea* spp. EM UM
AMBIENTE RECIFAL DA COSTA OESTE POTIGUAR**

MOSSORÓ-RN

2022

DÉBORAH LORNY MAIA DA COSTA

**COBERTURA E BRANQUEAMENTO DO CORAL *Siderastrea* spp. EM UM
AMBIENTE RECIFAL DA COSTA OESTE POTIGUAR**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Campus Mossoró para a obtenção do título
de Ecólogo

Orientador(a): Emanuelle Fontenele Rabelo

MOSSORÓ-RN

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

C837c COSTA, Déborah Lorny Maia da Costa.
COBERTURA E BRANQUEAMENTO DO CORAL *Siderastrea*
spp. EM UM AMBIENTE RECIFAL DA COSTA OESTE
POTIGUAR / Déborah Lorny Maia da Costa COSTA. -
2022.
37 f. : il.

Orientadora: Emanuelle Fontenele Rabelo
Fontenele.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ecologia, 2022.

1. *siderastrea spp.* 2. Mudanças climáticas .
3. Recife de Arenito. I. Fontenele, Emanuelle
Fontenele Rabelo , orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a). Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

DÉBORAH LORNY MAIA DA COSTA

**COBERTURA E BRANQUEAMENTO DO CORAL *Siderastrea* spp. EM UM
AMBIENTE RECIFAL DA COSTA OESTE POTIGUAR**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Campus Mossoró para a obtenção do título
de Ecólogo

APROVADO EM: 28 / 11 / 22

BANCA EXAMINADORA

Emanuelle Fontenele Rabelo – Universidade Federal Rural do Semiárido
(UFERSA)
Orientadora

Marcelo de Oliveira Soares – Universidade Federal do Ceará (UFC)
Primeiro Membro

Rafael Menezes Roberto – Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
Segundo Membro

AGRADECIMENTOS

A Deus que criou os corais e o mar.

As mulheres que me inspiram, minha mãe, tias e avó (Laura Vicunã, Maria Lúcia, Socorro Lacerda) que sempre me apoiaram e embarcaram comigo nesse sonho, me fazendo acreditar que tudo era possível e sempre estiveram ao meu lado nos problemas da vida.

Aos meus avós paternos que não estão mais neste plano, Emanuel Lacerda (*in memoriam*) e Ivanilda Maia (*in memoriam*), que me fizeram ser quem sou, esculpiram minha personalidade e despertaram o melhor de mim, sou eternamente grata por isso. Me ensinaram a amar e respeitar a natureza, meu avô que me apresentou o mar e era pescador, me levava para ver os bezerros de manhã cedinho, minha avó que aguava as plantas no final da tarde e fez eu me apaixonar pelo cheirinho de terra molhada e gostar de cuidar das plantas.

Aos meus pais que não estão mais nesse plano, Francisco Cesanildo (*in memoriam*) e Antônio César (*in memoriam*), que também contribuíram com minha personalidade e me orgulho muito de ser filha de dois homens incríveis, me ensinaram tanto sobre amor, compaixão e bondade. Eterna Gratidão ao meu segundo pai Antônio César que participou da minha criação quando meu pai partiu na minha infância, sempre me apoiou e se orgulhava de dizer que a filha estava fazendo faculdade, sonhava em me ver formar, mas foi por pouco, e sei que lá de cima você vai ver.

Agradeço também aos meus primos/irmãos super queridos e especiais, Ana Valéria, Carol Lacerda e Enoque Neto, pois sempre me deram forças no estudo e na vida, sei que posso contar com eles sempre. Gratidão a Valéria por todas as vezes que eu estava na correria e ela aparecia com alguma comidinha gostosa, pois faz o melhor vatapá de camarão e sopinha de costela pois o tempero além de tudo era o amor.

Agradeço ao meu Namorado Bruno Menezes por todas as tempestades que passou comigo e pelo apoio durante todo o tempo, pela paciência e força que me deu nessa jornada, acreditando sempre nos meus sonhos, me apoiando e acreditando em mim. Sou eternamente grata pela força que você deu a mim e a minha família nos momentos de tristezas.

Gratidão a todos meus amigos nessa jornada de curso, Amanda, Aninha, Gabriel, Matheus, Lidiano, Ivinna, Maria Eduarda, Rilari, Ingrid e Rafael vocês tornaram essa jornada muito mais leve com as risadas, brincadeiras e cafés da tarde. Rafael e

Gabriel, obrigada por sempre que precisei vocês estavam dispostos a me ajudar, essa contribuição foi crucial.

Agradeço à minha orientadora querida Emanuelle Fontenele Rabelo, um doce e amor de pessoa que me aceitou no laboratório desde que entrei no curso. O Ecomar é o primeiro amor de todo aluno que entra na Ecologia, até quem não gosta do mar se apaixona. Obrigada Manu, por todos os ensinamentos, conselhos, paciência, cuidados e amparo. Você é um exemplo de profissional e pessoa.

Agradeço a Logan, o doguinho mais safado, fofo e amoroso que existe. Titia ama muito e muitas vezes era um antidepressivo e anti estresse nos momentos de tristeza, um amor puro.

O importante é não parar de questionar

(Albert Einstein)

Ao meu pai Antônio César Maia da Costa (*in memoriam*) dedico.

Ao meu Pai Francisco Cesanildo Maia da Costa (*in memoriam*).

RESUMO

Os recifes costeiros são ambientes de extrema relevância ecológica e que abrigam uma enorme biodiversidade. O coral endêmico bioconstrutor *Siderastrea spp.* é um componente comum em recifes costeiros brasileiros, sendo presente em poças de marés em recifes de arenito do Nordeste do Brasil. Embora possuam uma grande importância ecológica, estudos sobre a cobertura dessa espécie em ambientes recifais de regiões entre marés e o efeito dos impactos antrópicos sobre esses corais ainda são insuficientes. O objetivo deste trabalho foi avaliar a porcentagem de cobertura e monitorar colônias da espécie de coral *Siderastrea spp.* em um recife de arenito do litoral do Rio Grande do Norte. O estudo foi realizado na praia de Upanema, município de Areia Branca. Duas poças de maré foram selecionadas e os dados sobre a porcentagem de cobertura de colônias saudáveis e branqueadas foram coletados quadrimestralmente entre Agosto/2017 e Agosto/2018 através da técnica de foto quadrado. A cobertura de Matrix de Algas Epilíticas (*turfs*), macroalgas e zoantídeos também foi verificada. O monitoramento de branqueamento foi realizado através do acompanhamento mensal de 8 colônias selecionadas, as quais foram mensalmente fotografadas entre setembro/2017 e agosto/2018. Os resultados revelaram que o coral ocupou uma área média de 11 a 16% do recife. Entretanto, a porcentagem de cobertura não apresentou variação significativa ao longo do tempo. Os resultados revelaram também que não houve correlação entre a cobertura de *Siderastrea spp.* e organismos potencialmente competidores. Comparado a estudos pretéritos com o mesmo gênero, a cobertura de *Siderastrea spp.* na praia de Upanema foi considerada alta. Em relação ao monitoramento do branqueamento, foi verificada uma recuperação da área branqueada e área ocupada por matrix de algas epilíticas em algumas colônias, reforçando a hipótese de que a espécie é resiliente frente a distúrbios. A importância ecológica de *Siderastrea spp.* como bioindicadora de mudanças climáticas e outros estressores deve ser considerada, principalmente pelo fato de ocupar a zona entre marés de uma praia urbana, sujeita a constante estresse como pisoteio e poluição. O monitoramento contínuo dessa espécie deve ser realizado, sendo uma ferramenta importante para compreensão do comportamento desses animais frente a distúrbios, gerando subsídios para o planejamento de ações de gestão e conservação da fauna marinha brasileira.

Palavras-chave: *Siderastrea spp.*, Mudanças climáticas, recifes de arenito

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da praia de Upanema.....	15
Figura 2. Recife de Arenito da praia de Upanema/RN.....	16
Figura 3. Colônias de <i>Siderastrea</i> spp.....	16
Figura 4. Representação das Poças 1 e 2 na área de estudo	17
Figura 5. Quadrado de PVC de 76x66 cm, com quadrados menores de 15x22 cm utilizados para verificação de porcentagem.....	18
Figura 6. Colônias de <i>Siderastrea</i> spp. monitoradas na praia de Upanema/RN. Os números representam as colônias de 1 a 8.....	19
Figura 7. Porcentagem de cobertura ao longo dos meses do coral <i>Siderastrea</i> spp, algas vermelhas, <i>Zoanthus sociatus</i> , Matrix de Algas Epilíticas na praia de Upanema/RN.....	20
Figura 8. Porcentagem da área das colônias de <i>Siderastrea</i> spp saudável e branqueada durante os meses de agosto/2017 a agosto/2018 quadrimensalmente, em poças de maré da praia de Upanema/RN.....	21
Figura 9. Mudança de coloração de <i>Siderastrea</i> spp para um rosa fluorescente em Abril de 2018.....	22
Figura 10. Mapa demonstrativo da temperatura terrestre e oceânica em Dezembro de 2017 divulgado pelo NOAA (Administração Nacional Oceânica e Atmosférica).....	22
Figura 11. Porcentagem de branqueamento das 8 colônias do coral <i>Siderastrea</i> spp a monitoradas durante 12 meses na praia de Upanema/RN.....	23
Figura 12. Gráfico da porcentagem de Matrix de Algas epilíticas das 8 colônias do coral <i>Siderastrea</i> spp monitoradas durante 12 meses na praia de Upanema/RN.....	24
Figura 13. Colônia 2 de <i>Siderastrea</i> spp monitorada na praia de Upanema/RN. A) Em setembro/2017 a matrix de algas epilíticas começaram a se desenvolver; B) Em janeiro/2018 as algas ocuparam mais espaço crescendo para cima e para os lados; C) Em julho/2018 as algas diminuíram sua ocupação e é possível verificar alguns	

pólipos se recuperando; D) Em agosto/2018 a colônia mostrou-se mais saudável que o mês anterior.....25

Figura 14. Observações na colônia 5: A) Colônia no mês de junho de 2018, com macroalgas em crescimento e algumas áreas branqueadas; B) Colônia no mês de Agosto de 2018, com macroalgas se desenvolvendo e algumas partes do coral com sinais de recolonização de zooxantelas novamente. As setas vermelhas indicam a área branqueada e os círculos amarelos indicam o crescimento de macroalgas25

Figura 15. Colônia 8 de *Siderastrea spp.* monitorada na praia de Upanema/RN mostrando a evolução da ocupação de matrix de algas epilíticas A) Novembro/2017; B) Maio/2018; C) Junho/2018; D) Julho/2018: matrix de algas epilíticas ocuparam uma proporção maior na área.....26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores de r obtidos através da análise de correlação de Pearson em relação a porcentagem de cobertura de <i>Siderastrea spp</i> e os demais organismos amostrados.....	21
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVOS GERAL.....	14
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	15
3.2 COLETA DE DADOS.....	16
3.2.1 PORCENTAGEM DE COBERTURA.....	17
3.2.2 MONITORAMENTO DE BRANQUEAMENTO.....	18
3.3 ANÁLISE DE DADOS.....	19
4.RESULTADOS.....	20
4.1 PORCENTAGEM DE COBERTURA.....	20
4.2 MONITORAMENTO DE BRANQUEAMENTO.....	23
5. DISCUSSÃO.....	27
5.1 COBERTURA DE <i>Siderastrea</i> spp.....	27
5.2 MONITORAMENTO DE BRANQUEAMENTO.....	30
6. CONCLUSÃO.....	33
7. REFERÊNCIAS.....	34

1. INTRODUÇÃO

Os Corais são organismos pertencentes ao filo Cnidaria, indispensáveis para a construção de recifes biogênicos, por formar uma estrutura tridimensional dando suporte a muitos organismos e contribuindo para o aumento da complexidade de ambientes marinhos (CASTRO; HUBER, 2012). Os recifes de corais possuem uma grande importância como fornecedores de serviços ecossistêmicos, abrigando um quarto da vida marinha e, sem eles, há redução da biodiversidade e impacto direto nas comunidades costeiras que dependem da pesca para a sua sobrevivência (BRUSCA; MOORE; SCHUSTER, 2018).

Os recifes de corais precisam de condições favoráveis para se desenvolver e reproduzir, Luz e temperatura são cruciais para esses organismos, pois em águas rasas existe uma maior penetração de luz, o que é bastante importante para as microalgas simbiontes conhecidas como zooxantelas, das quais os corais dependem nutricionalmente, pelo menos era isso que se pensava a bastante tempo, porém alguns corais vem demonstrando que conseguem se desenvolver em condições não favoráveis (SANTANA et al., 2022).

Entre os corais e as zooxantelas existe uma relação restrita de simbiose, onde ambos se beneficiam e dependem um do outro. Essas algas fornecem oxigênio, carbono e em troca os corais disponibilizam nutrientes para sua fotossíntese e também um local de abrigo (BAKER, 2003).

Em condições de estresse os corais perdem suas zooxantelas e expõem o esqueleto calcário, processo conhecido como branqueamento de corais, esse fenômeno que têm ocorrido em muitos recifes do mundo e relacionado principalmente ao aquecimento global (BRUSCA; MOORE; SCHUSTER, 2018). Os limites de temperaturas máximas suportadas pelos corais variam de acordo com as espécies e ambientes onde vivem, geralmente é entre 30° a 35°C (CASTRO; HUBER, 2012).

Siderastrea spp é um coral construtor e endêmico do Brasil, distribuído entre o Maranhão e o Rio de Janeiro, abundantes em profundidades de até 10 metros. Sua coloração pode variar do laranja escuro para o mais claro. Encontra-se com maior frequência em ambientes de poças de maré, regiões submersas e rasas que possuem uma boa iluminação. São resistentes e resilientes à variação de temperatura, salinidade, sedimentação e ação de ondas (PEREIRA; FEITOSA; CHAVES, 2014).

Estudos com esse gênero são recorrentes no Brasil (KIKUCHI, 2004; POGGIO, 2009; SOARES, RABELO, MATTHEWS-CASCON, 2011; SOARES & RABELO, 2014; SASSI et al., 2021; GASPAR, 2018; GASPAR et al., 2021; SANTANA et al., 2022). No Rio Grande do Norte, trabalhos envolvendo a cobertura e o branqueamento de *S. stellata* foram realizados em recifes entre marés (SASSI, 2015; CORREIA, 2016; BARROS, 2019; NASCIMENTO, 2019). Entretanto, para o litoral Oeste do estado, onde há grandes formações de recifes de arenito, não há qualquer informação sobre a espécie.

A importância ecológica de *Siderastrea* spp. como bioindicador de mudanças climáticas e a carência de dados sobre a ecologia da espécie no RN, justificam a relevância desse trabalho que teve por objetivo verificar a cobertura de *Siderastrea* spp. em um recife de arenito do litoral do Rio Grande do Norte, e monitorar o branqueamento de colônias ao longo de um ano. A primeira hipótese é que essa espécie apresenta baixa porcentagem de cobertura no ambiente, aparecendo como *spots*, apresentando colônias pequenas e aleatoriamente distribuídas ao longo das poças e que a sua abundância permanece estável ao longo do tempo. A segunda hipótese é que a espécie estudada apresenta resiliência frente a distúrbios, recuperando a coloração após branqueamento.

A compreensão sobre estrutura e dinâmica de corais em ambientes marginais frente a impactos antrópicos são uma ferramenta importante, gerando informações relevantes sobre a espécie e subsídios para futuros estudos de monitoramento e conservação da fauna marinha do local.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar a porcentagem de cobertura e monitorar o branqueamento do coral *Siderastrea spp* em poças de maré de um ambiente de recife de arenito na costa do Rio Grande do Norte, contribuindo assim com o conhecimento sobre a ocorrência e ocupação da espécie na costa brasileira e sua resiliência frente a distúrbios antrópicos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Avaliar a porcentagem de cobertura do coral *Siderastrea spp.* em poças de maré e a sua variação temporal;
- II. Verificar a porcentagem de cobertura de colônias saudáveis e branqueadas e sua variação temporal;
- III. Acompanhar o branqueamento de colônias de *Siderastrea spp.* e sua capacidade de recuperação ao longo de um ano de monitoramento;

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na praia de Upanema ($4^{\circ}55'28.96''\text{S}$ $37^{\circ}6'35.96''\text{W}$), localizada no município de Areia Branca, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil (Figura 1). O local é caracterizado por faixas de recife de arenito nas zonas entre marés, com poças de diferentes tamanhos, as quais ficam acessíveis durante as marés baixas de Sizígia (Figura 2). A praia tem em sua orla casas, barracas de praia, hotéis e pousadas, e frequentemente é visitada por moradores locais e turistas.

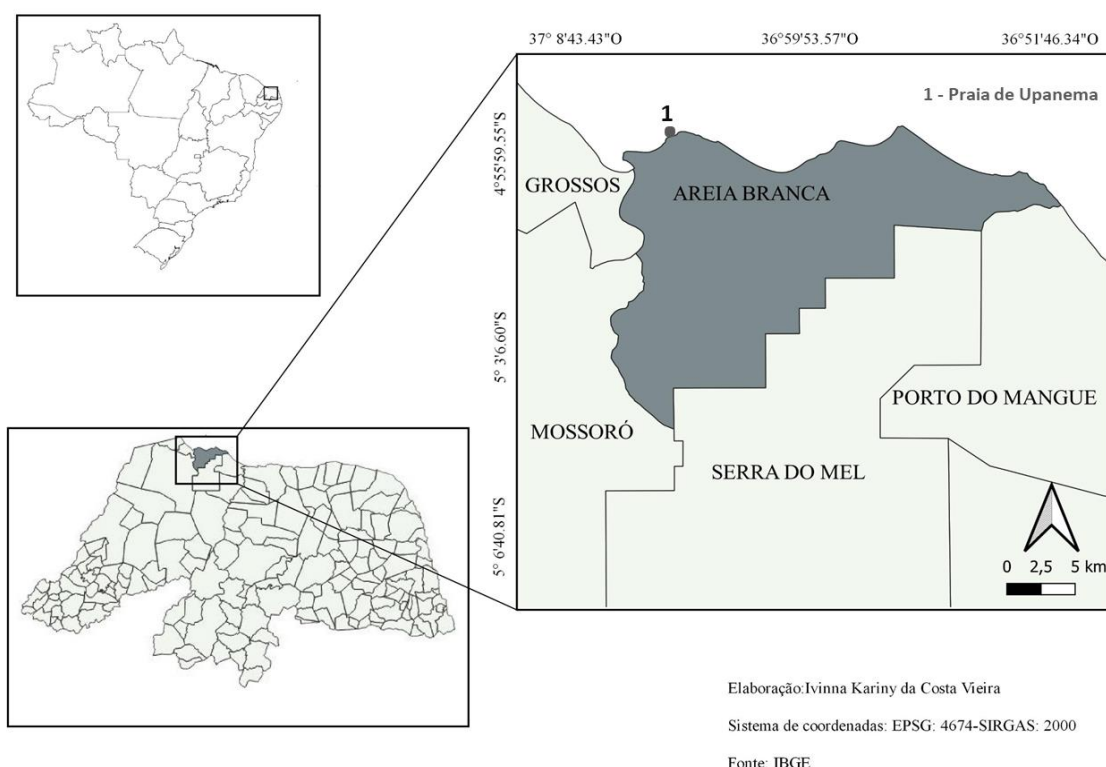


Figura 1: Localização da praia de Upanema, no Município de Areia Branca/RN. (Mapa: Ivinna Kariny).



Figura 2: Recife de Arenito da praia de Upanema/RN. (Foto: Arquivo pessoal).

3.2 COLETA DE DADOS

A espécie alvo deste estudo foi *Siderastrea* spp. (Figura 3), um coral endêmico da costa brasileira e o único representante escleractíneo nas poças de maré na praia de Upanema (Observação pessoal).

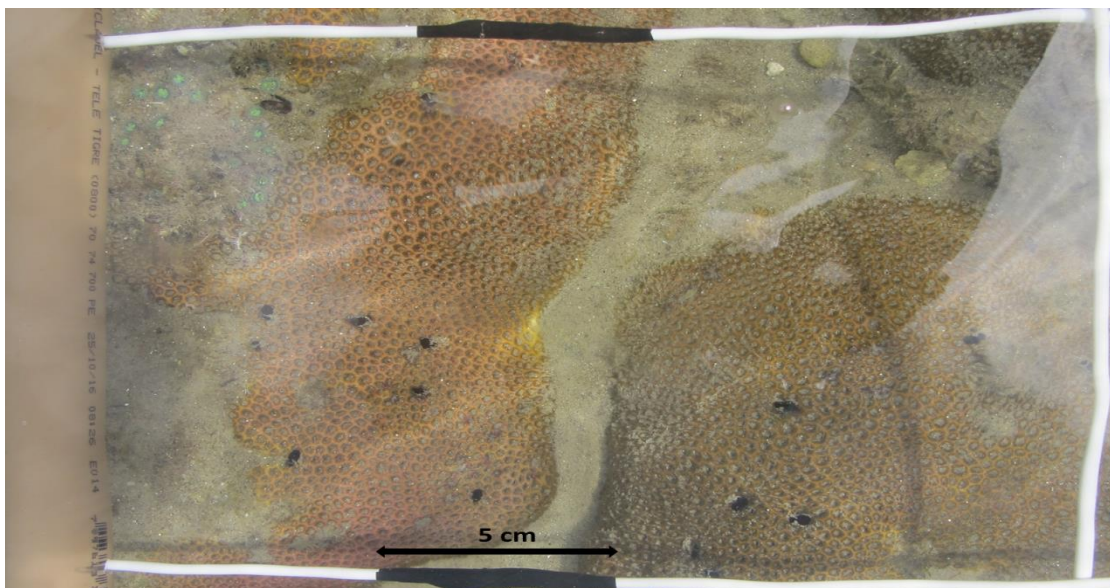


Figura 3: Colônias do coral *Siderastrea* spp. em ambiente natural em poças de maré da praia de Upanema/RN. (Fotos: arquivo pessoal).

3.2.1 PORCENTAGEM DE COBERTURA

Com o objetivo de verificar a cobertura e as alterações temporais na cobertura de *Siderastrea* spp. nos recifes da praia de Upanema, duas áreas foram escolhidas no recife de arenito nas quais foram delimitados 4 transectos quadrimestralmente amostrados (Figura 4). A cada coleta, os transectos foram realizados dentro das mesmas poças de maré, onde há a ocorrência da espécie. Essas duas áreas foram selecionadas devido a facilidade de acesso, por apresentarem tamanho ideal para as amostragens e por cobrirem boa parte da área do recife. Embora de tamanhos diferentes, as poças apresentam as mesmas características em relação a profundidade e exposição solar durante a maré baixa.

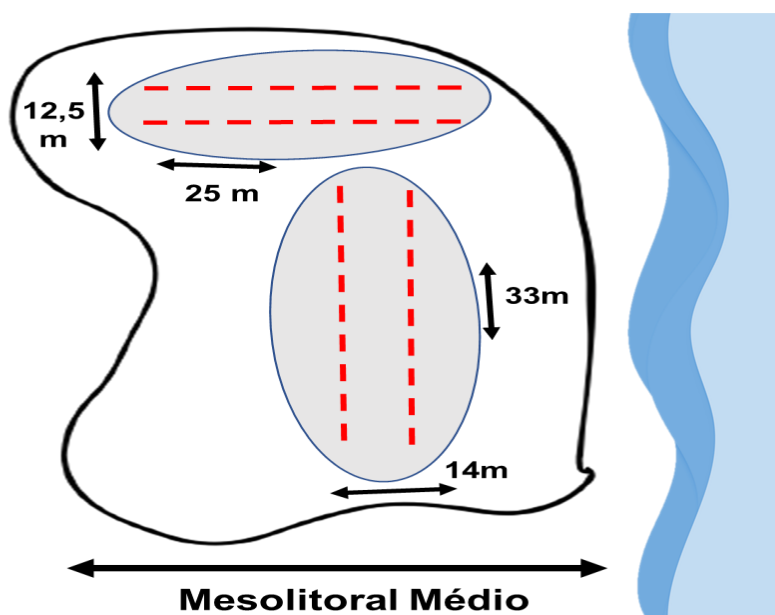


Figura 4: Representação das poças 1 e 2 com delineamento dos transectos horizontais e verticais.

As coletas foram realizadas quadrimestralmente entre setembro de 2017 a agosto de 2018, sempre durante as marés baixas de Sizígia variando entre -0,1 a 0,2 m. Foram realizados dois transectos em cada poça e a coleta de dados foi realizada através da técnica de foto quadrado, que consiste na utilização de um quadrado de PVC 76 x 66 cm subdivididos em 15 quadrados menores de 15 x 22 cm (Figura 5). Os quadrados foram posicionados na linha dos transectos dentro das poças e fotografados. Para o processamento de imagens foi utilizado como ferramenta o software PhotoQuad que permite realizar análises precisas e comparativas de informações ecológicas contidas em imagens, com enfoque em amostras em

quadrado (TRYGONIS E SINI, 2012; BARROS, 2019). A cobertura de *Siderastrea* spp. foi calculada através da porcentagem de cobertura das colônias na área amostral, com verificação da situação da colônia (saudável/branqueada).

Com o objetivo de verificar a alteração na cobertura de *S. stellata* em função da presença de organismos potencialmente competidores, foram coletados dados de porcentagem de cobertura de macroalgas, do zoantídeo *Zoanthus sociatus* e matrix de algas epilíticas. Adicionalmente, parâmetros abióticos como temperatura e salinidade foram coletados ao longo de cada transecto utilizando termômetro digital e refratômetro, respectivamente.

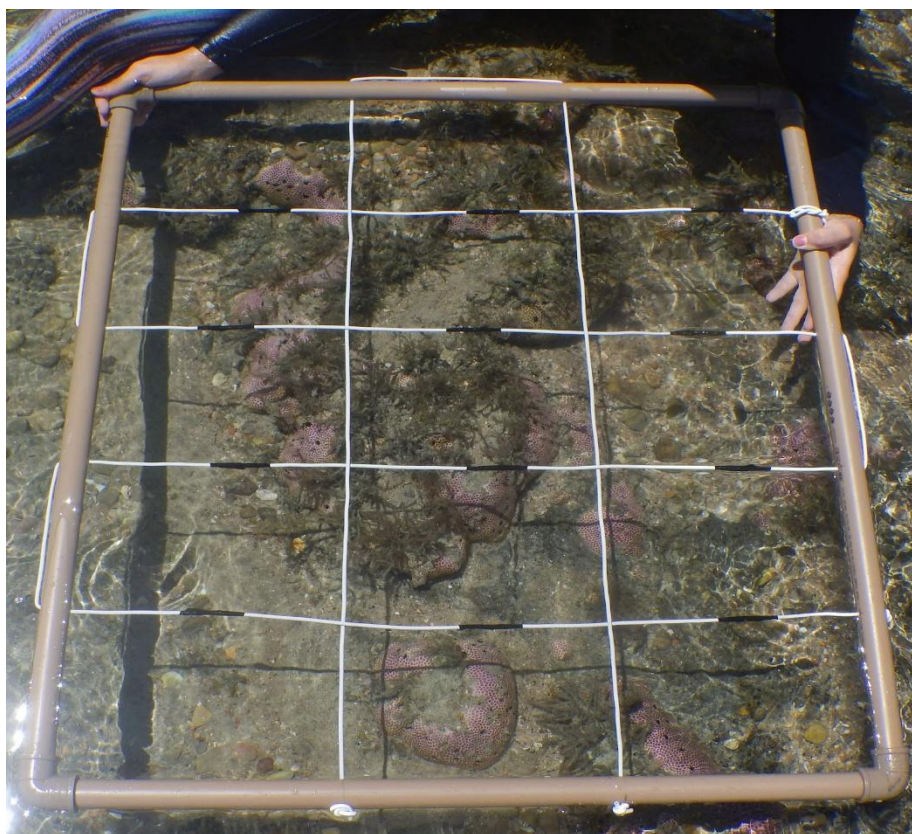


Figura 5: Quadrado de PVC de 76x66cm, subdividido em quadrados menores de 15 x 22 cm utilizado para verificação da porcentagem de cobertura de *Siderastrea* spp. (Fotos: Arquivo pessoal).

3.2.2 MONITORAMENTO DE BRANQUEAMENTO

Para o monitoramento de branqueamento, foram selecionadas 8 colônias de tamanhos diferentes dentro das poças. Para essa pesquisa as colônias foram identificadas por números de 1 a 8. Para facilitar a localização das colônias em campo foram escolhidas colônias com formatos peculiares ou com alguma referência visual

próxima para facilitar a localização e amostragem mensalmente. As colônias variaram de 12,2 a 278,9 cm², as mesmas foram fotografadas mensalmente durante 12 meses (Figura 6).

Em laboratório, as imagens foram analisadas através do programa ImageJ, e as áreas branqueadas foram calculadas e acompanhadas. A área coberta por matrix de algas epilíticas também foi analisada. Os dados de cobertura da área branqueada e ocupada por matrix de algas epilíticas foram planilhados para análise da evolução do branqueamento das colônias, recuperação e crescimento de algas. Adicionalmente, a cada coleta, parâmetros abióticos como temperatura e salinidade foram coletados utilizando termômetro digital e refratômetro, respectivamente.

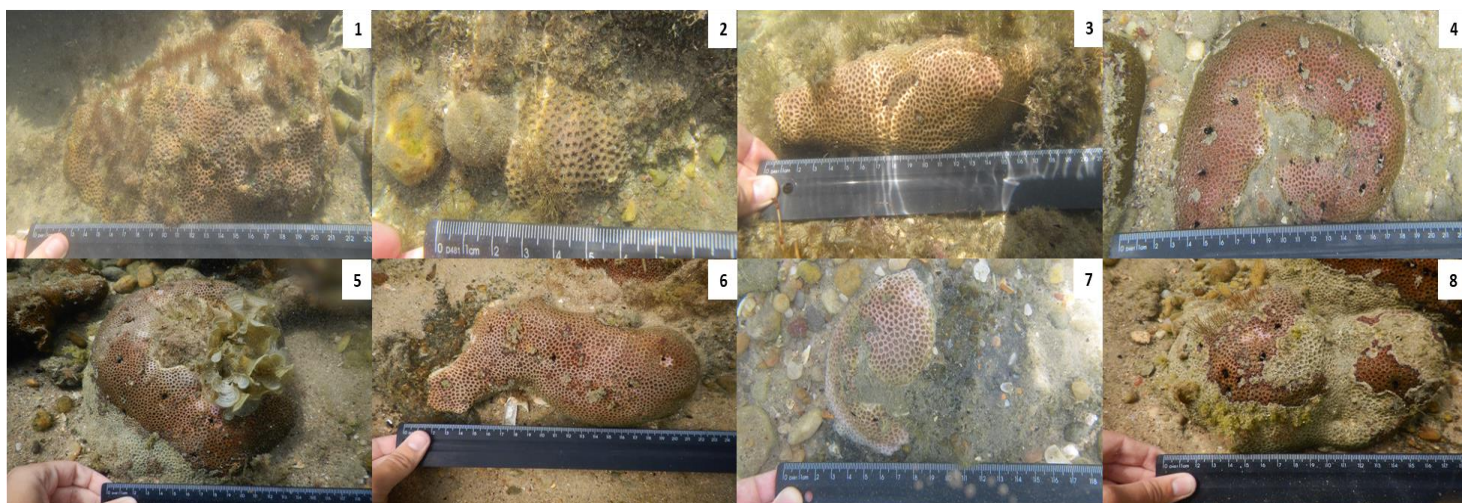


Figura 6: Colônias de *S. stellata* monitoradas na praia de Upanema/RN. Os números representam as colônias de 1 a 8.

3.3 ANÁLISES DE DADOS

Para verificar variações temporais significativas na porcentagem de cobertura dos corais e demais organismos analisados foi feito o teste ANOVA utilizando o programa Past 4.03.

Para verificar a correlação entre a porcentagem de cobertura de *Siderastrea* spp. e organismos potencialmente competidores (macroalgas, zoantídeos e matrix de algas epilíticas) foi utilizada a análise correlação de Pearson através do programa Statistica 8.0.

Para correlacionar o branqueamento de *Siderastrea* spp. com possíveis anomalias térmicas durante o período estudado, dados sobre temperatura superficial

da água e eventos ondas de calor foram obtidas através do banco de dados *on-line* do NOAA (Administração Nacional Oceânica e Atmosférica).

4. RESULTADOS

4.1 PORCENTAGEM DE COBERTURA

A cobertura do coral *Siderastrea* spp. foi constante ao longo do período estudado, sem variações estatisticamente significativas ($p=0,7$), com uma média de 16%. As algas vermelhas coberturas variando de 11 a 16%. ocuparam uma maior área com média variando de 16 a 18%. A cobertura de algas epilíticas variou entre 0,5 e 3% de cobertura da área, em média. A espécie de zoantídeo *Zoanthus sociatus* teve a sua cobertura variando entre 1 e 3% da área amostrada, em média (Figura 7).

Não houve uma variação temporal significativa na porcentagem de cobertura de algas vermelhas ($p= 0,9$), matrix de algas epilíticas ($p= 0,3$) e zoantídeos ($p=0,4$), com a ocupação desses organismos mantendo-se constante ao longo do tempo.

Não houve correlação entre a cobertura do coral *S. stellata* e os demais organismos analisados (Tabela 1).

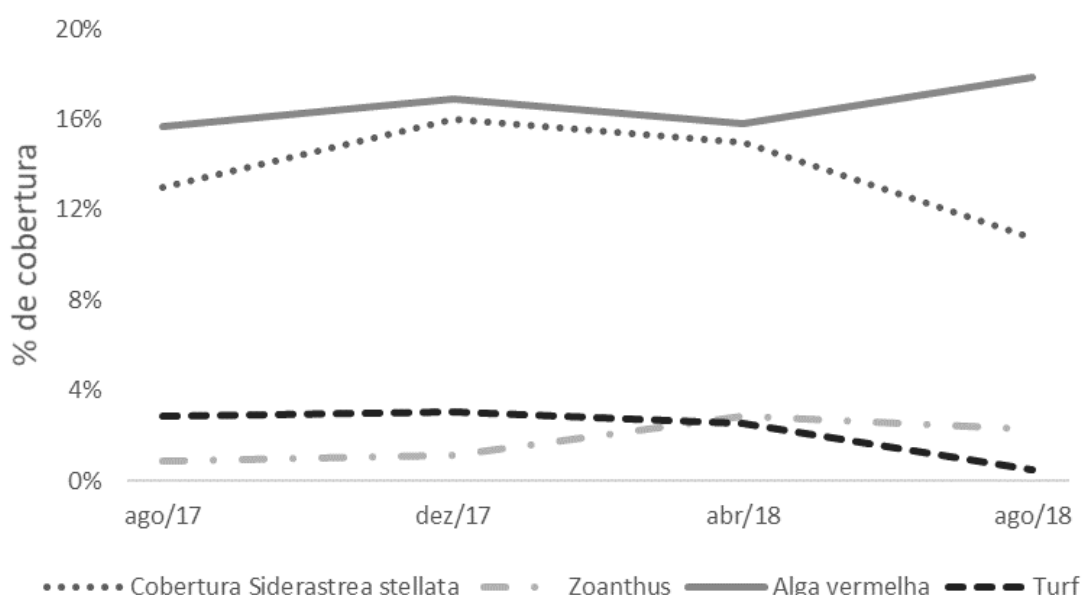


Figura 7: Porcentagem de cobertura ao longo dos meses do coral *Siderastrea* spp., algas vermelhas, *Zoanthus sociatus* e matrix de algas epilíticas na praia de Upanema/RN.

Tabela 1: Valores de r obtidos através da análise de correlação de Pearson em relação a porcentagem de cobertura de *Siderastrea* spp. e os demais organismos amostrados.

	<i>Turfs</i>	<i>Zoanthus sociatus</i>	Algas Vermelhas
<i>S. stellata</i>	r= 0,1	r= 0,07	r=-0,2

Em relação à condição do coral (saudável/branqueado) foi verificado o branqueamento das colônias em todos os meses amostrados (Figura 8). Levando-se em consideração a área das colônias, 38,5% da área estava branqueada em agosto/2017. Na amostragem seguinte, em dezembro/2017, 43,3% da área das colônias estava branqueada.

A área branqueada diminuiu para 13,3% em abril/2018 e 18,2% em agosto/2018. Em abril/2018 apesar de pouca área branqueada, muitos corais pareciam está perdendo sua pigmentação, apresentando uma coloração rosa fluorescente (Figura 10).

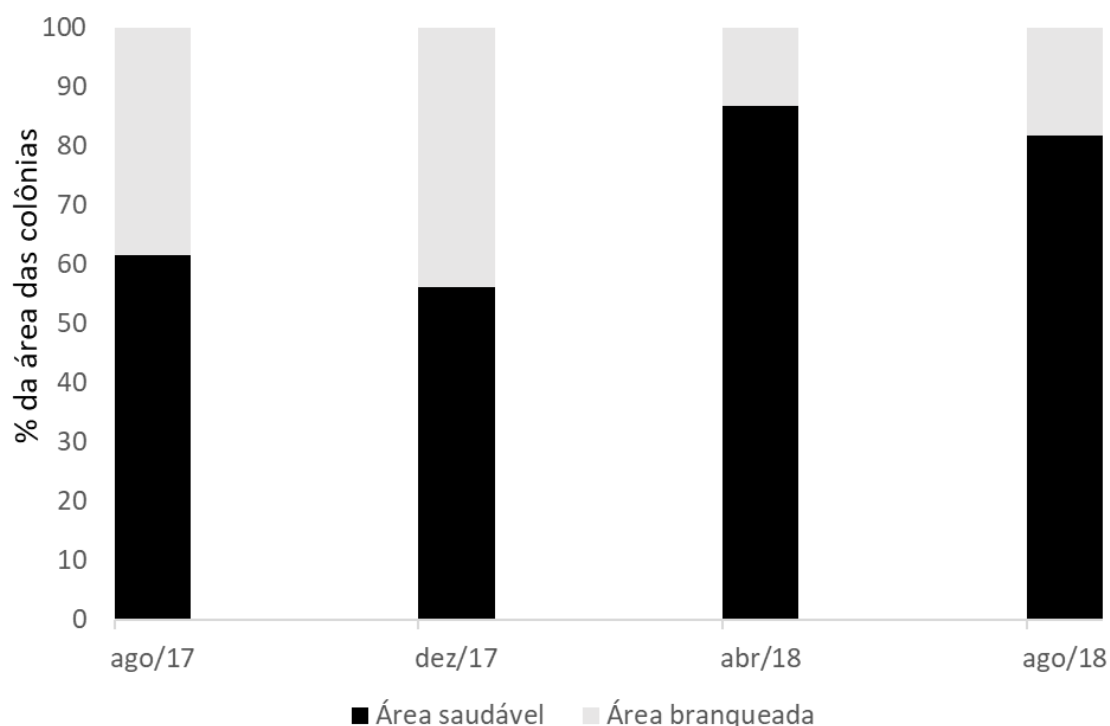


Figura 8: Porcentagem da área das colônias de *Siderastrea* spp. saudável e branqueada durante os meses de agosto/2017 a agosto/2018 quadrimensalmente, em poças de maré da praia de Upanema/RN.

A temperatura variou de 33 a 38°C, com a maior temperatura verificada no mês de Dezembro/2017. A salinidade variou de 34 a 38, apresentando o valor máximo também no mês de Dezembro/2017.

Essas temperaturas coincidem com os dados de ondas de calor obtidas através do mapa demonstrativo NOAA (Administração Nacional Oceânica e Atmosférica) (Figura 10).

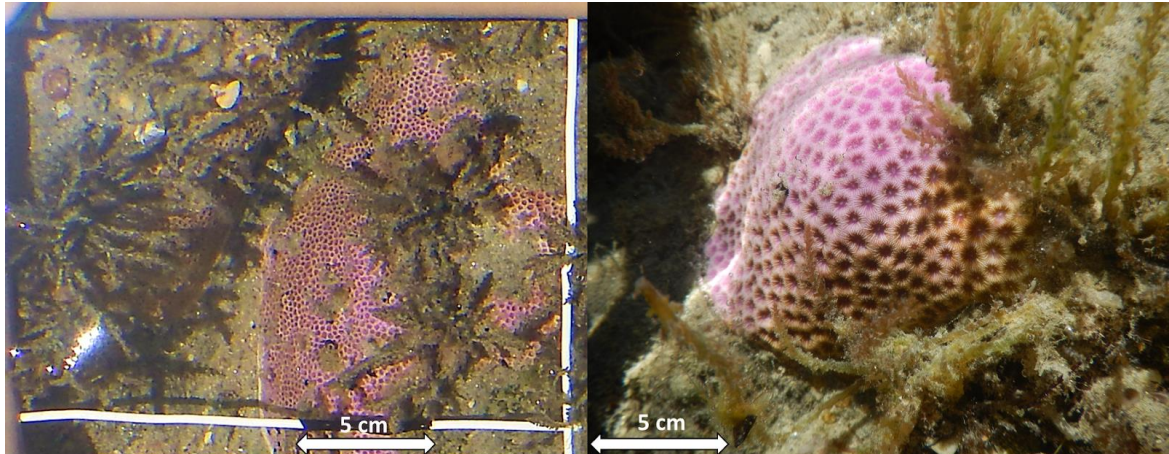


Figura 9: Mudança de coloração de *Siderastrea* spp. para rosa fluorescente em Abril de 2018. (Foto: Arquivo pessoal).

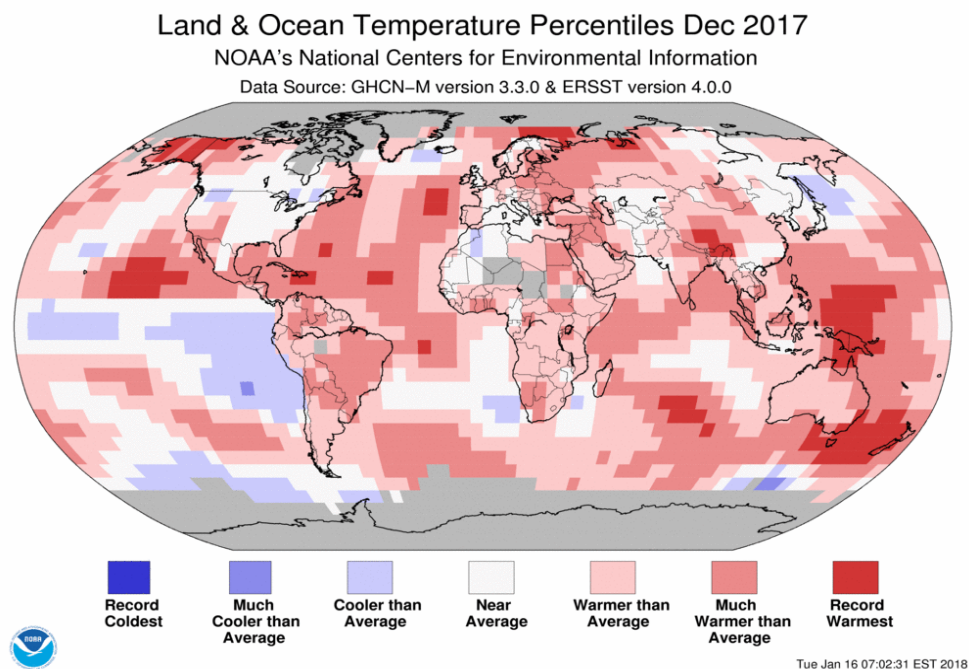


Figura 10: Mapa demonstrativo da temperatura terrestre e oceânica em Dezembro de 2017 divulgado pelo NOAA (Administração Nacional Oceânica e Atmosférica)

4.2 MONITORAMENTO DO BRANQUEAMENTO

Houve oscilações na área branqueada das colônias analisadas durante todo o período amostral (Figura 11), com valores menores que 20% de branqueamento para todas as colônias amostradas. Apenas dois corais se destacaram obtendo valores maiores, que foram as colônias 5 e 8.

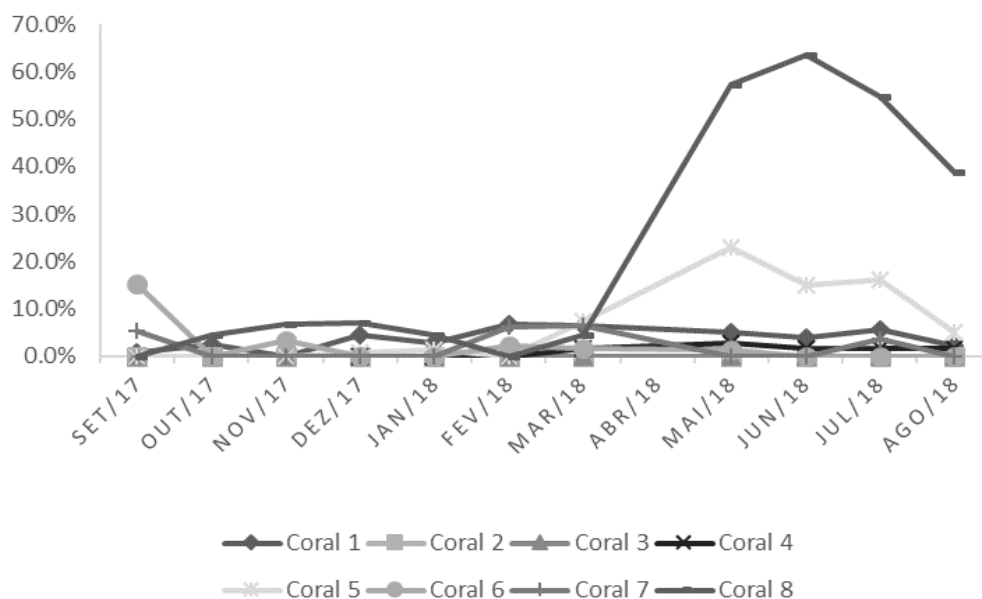


Figura 11: Porcentagem de branqueamento das 8 colônias do coral *Siderastrea* spp. monitoradas durante 12 meses na praia de Upanema/RN.

A cobertura de matrix de algas epilíticas sobre as colônias de *Siderastrea* spp. oscilou ao longo do tempo (Figura 12). A colônia 1 apresentou ocupação por matrix de algas epilíticas desde o início do monitoramento onde a sua cobertura diminuiu gradativamente, de 33,3% em setembro/2017 a 9,6% de cobertura em agosto/2018.

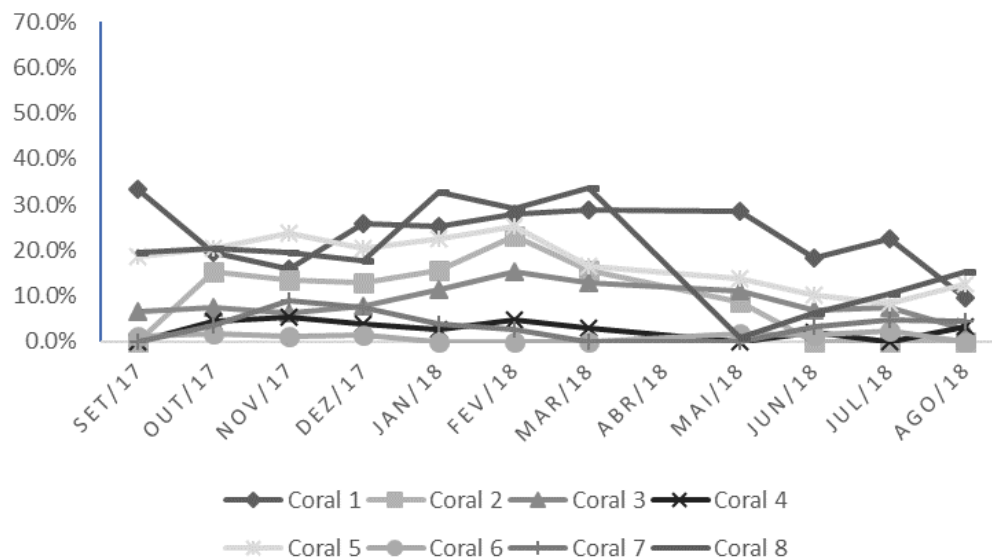


Figura 12: Porcentagem de matrix de algas epilíticas nas 8 colônias do coral *Siderastrea* spp. monitoradas durante 12 meses na praia de Upanema/RN.

As colônias 5 (Figura 13) e 8 (Figura 14) apresentaram mudanças bruscas em relação à área branqueada. O coral 5 apresentou 7% de área branqueada em março/2018 e aumentou o branqueamento para 23% da área em maio de 2018. O coral 8 apresentou 4% de área branqueada em outubro de 2017 e 57% de área branqueada em maio de 2018 com um máximo de branqueamento no mês de junho/2018, com 63% de área branqueada.

A colônia 8 não conseguiu se recuperar do branqueamento até o final das amostragens. Além disso, as imagens revelaram que em agosto/2018 (último mês de monitoramento) a área antes branqueada foi ocupada por matrix de algas epilíticas, indicando uma provável morte dos pólipos.

A colônia 2 apresentou recuperação dos pólipos após o branqueamento e subsequente colonização por matrix de algas epilíticas. O desaparecimento das algas epilíticas permitiu a recuperação dessa área da colônia, a qual voltou a desenvolver cenênquima vivo (Figura 14).

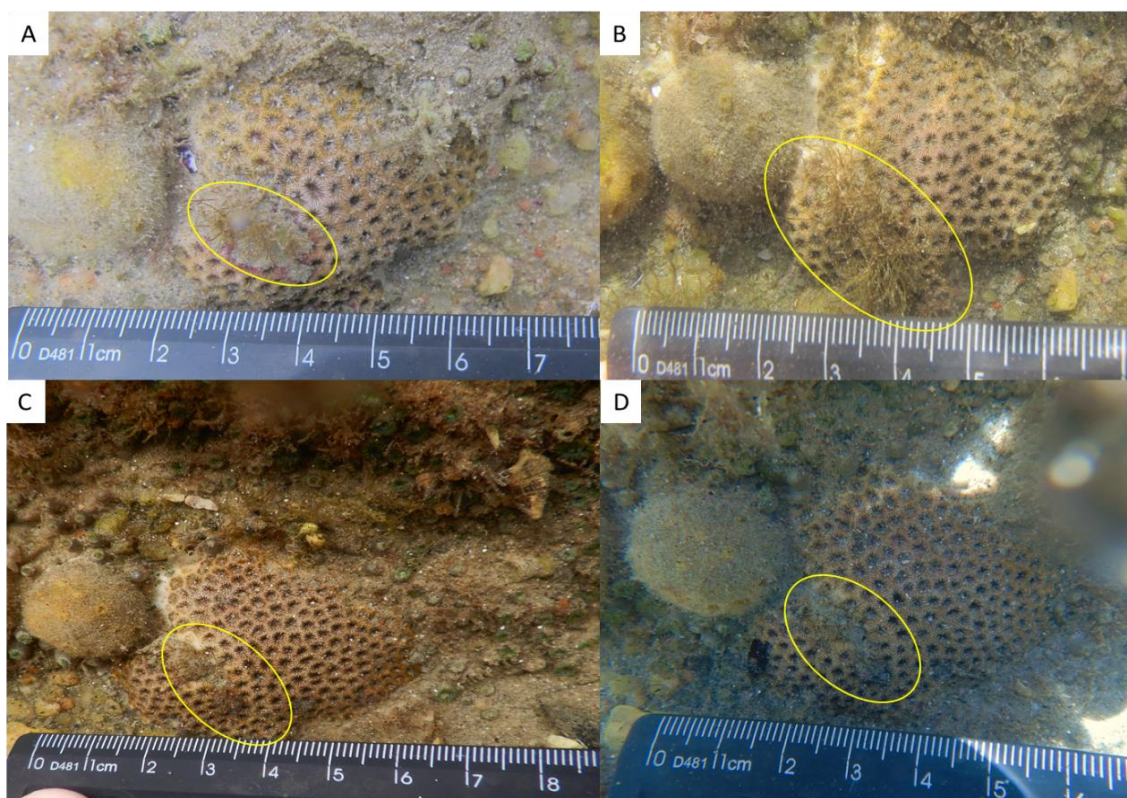


Figura 13: Colônia 2 de *Siderastrea* spp. monitorada na praia de Upanema/RN. A) Em setembro/2017 as algas epilíticas começaram a se desenvolver; B) Em janeiro/2018 as algas ocuparam mais espaço crescendo para cima e para os lados; C) Em julho/2018 as algas diminuíram sua ocupação e é possível verificar alguns pólipos se recuperando; D) Em agosto/2018 a colônia mostrou-se mais saudável que o mês anterior.

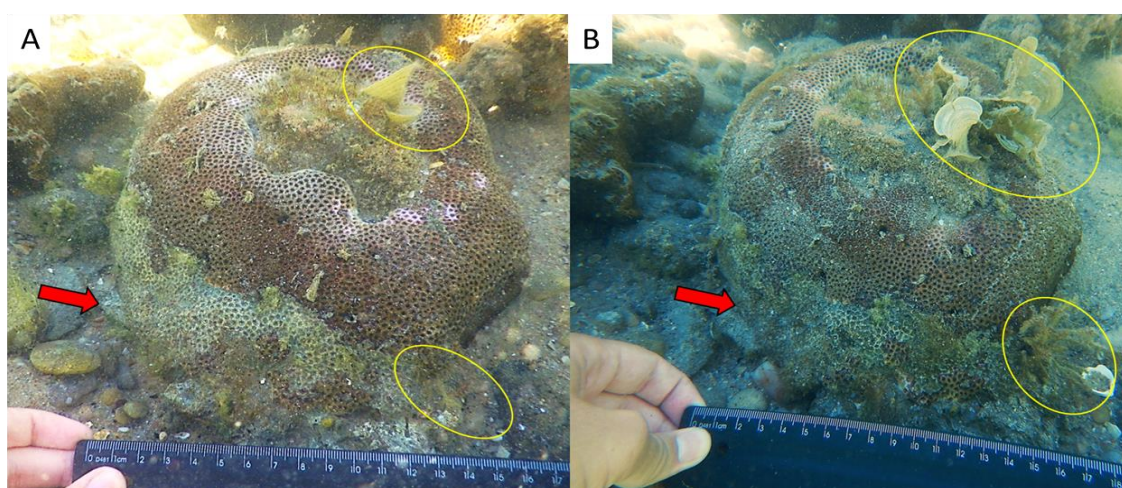


Figura 14: Observações na colônia 5. A) Colônia no mês de junho de 2018, com macroalgas em crescimento e algumas áreas branqueadas; B) Colônia no mês de Agosto de 2018, com macroalgas se desenvolvendo e algumas partes do coral com sinais de recolonização de zooxantelas novamente. As setas vermelhas indicam a área branqueada e os círculos amarelos indicam o crescimento de macroalgas.

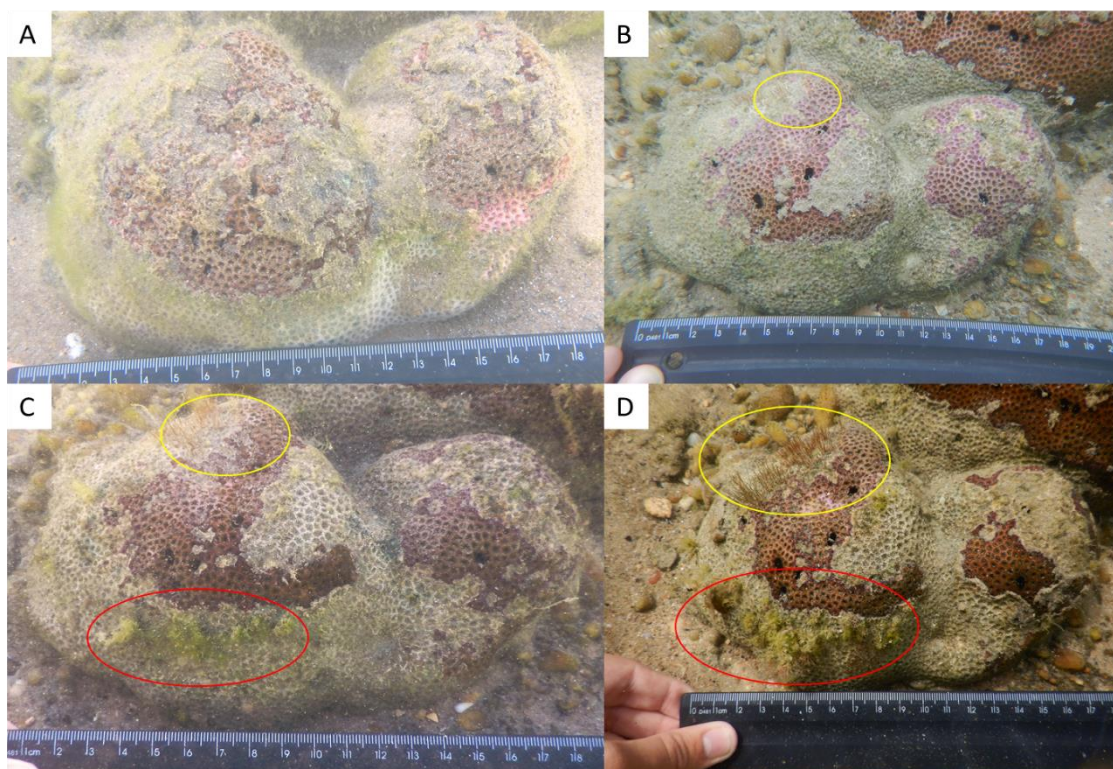


Figura 15: Colônia 8 de *Siderastrea* spp. monitorada na praia de Upanema/RN mostrando a evolução da ocupação de algas epilíticas A) Novembro/2017; B) Maio/2018; C) Junho/2018; D) Julho/2018: algas epilíticas ocuparam uma proporção maior na área.

5. DISCUSSÃO

5.1 Cobertura de *Siderastrea* spp.

A porcentagem de cobertura e o branqueamento do coral *Siderastrea* spp. foram analisados em poças de maré de recifes de arenito na praia de Upanema/RN. No presente estudo, a cobertura de *Siderastrea* spp. oscilou pouco durante o período amostral, o que mostra que não houve perda de área pela espécie.

Siderastra spp. apresentou uma cobertura > 10%, semelhante a estudos pretéritos realizados por Souza (2012) e Barros (2019). Em recifes de arenito na costa do Ceará, 65% das poças apresentaram valores > 10% de cobertura da mesma espécie de coral (Barros, 209). Segundo Cruz et al. (2018), as taxas de cobertura dos corais vivos em recifes brasileiros são consideradas altas quando os valores são > 10%. Dessa forma, a cobertura de *Siderastrea* spp. na área estudada pode ser considerada alta, pois durante os meses de pesquisa a cobertura oscilou entre 11 e 16% de cobertura. Entretanto, as colônias não formaram uma área contínua, aparecendo como “spots”, com colônias espaçadas, o que é comum para a espécie. Em um estudo recente, *Siderastrea* spp. apresentou 97% de cobertura, com uma alta dominância em comunidades submersas rasas (SANTANA et al., 2022), indicando que a espécie pode ser dominante em alguns ambientes marinhos.

A competição é um processo que ocorre frequentemente em ambientes recifais costeiros, portanto, a competição entre corais escleractíneos e macroalgas acaba sendo considerada importante, pois a maioria das macroalgas necessitam de substratos para a sua fixação (MCCOOK, 1999). De acordo com Barradas (2010), as algas ocorreram com maior frequência, seguido de zoantídeos. Ainda de acordo com esse autor, a baixa cobertura de corais escleractíneos pode ser resultado da competição por espaço com macroalgas e zoantídeos que juntos representam mais de 63% da área.

Embora as macroalgas sejam conhecidamente competidoras com várias espécies de corais (JOOMPA E MCCOOK, 2002; JOOMPA E MCCOOK, 2003), a maior densidade de macroalgas em relação a *Siderastrea* spp. em Upanema/RN, parece não influenciar temporalmente na cobertura do coral, o qual manteve a cobertura constante ao longo do tempo. Entretanto, a presença de macroalgas em maior densidade pode ser um limitador da expansão do coral na área, o que precisa ser melhor investigado para confirmar essa hipótese.

O monitoramento das mudanças no padrão de cobertura de macroalgas no local são particularmente importantes, uma vez que uma alteração ambiental que favoreça um aumento de cobertura das algas em detrimento dos corais, pode levar a uma mudança de fases (*phase shift*) com dominância algal e consequente diminuição da complexidade do ambiente. Cruz et al (2018) verificaram a susceptibilidade de recifes brasileiros a mudanças de fase, observando que metade deles representam 25% de cobertura de macroalgas e zoantídeos, e 20% desses recifes possuem mais de 50% de algas ou zoantídeos evidenciando a fragilidade dos ambientes marinhos.

Outro organismo potencialmente competidor com *Siderastrea* spp. é o zoantídeo *Zoanthus sociatus*, um cnidário sésil que comumente ocorre em grandes densidades em recifes de arenito de regiões entre marés (RABELO et al, 2015) e um forte competidor por espaço (RABELO, SOARES, MATTHEWS-CASCON 2013; BASTIDAS & BONE, 1996). Entretanto, em Upanema/RN, *Z. sociatus* ocorreu em baixa densidade, não tendo correlação com a cobertura de *S. stellata*.

Assim como *Z. sociatus*, as matrix de algas epilíticas apareceram em baixa densidade comparado ao *Siderastrea* spp. No Brasil os recifes bentônicos são amplamente dominados por algas epilíticas, onde sua cobertura média é 44,5 % (SANTANA et al., 2022). Algas epilíticas associadas a sedimentos impedem o assentamento e desenvolvimento de macroalgas, sendo assim aliadas contra a dominância de macroalgas (GOATLEY et al., 2016; SANTANA, 2022). Dessa forma, a baixa ocupação de macroalgas sobre os corais em Upanema/RN pode ser uma resposta a presença de algas epilíticas (*turfs*).

Em um estudo realizado por Souza (2012), a cobertura de algas epilíticas (*turfs*) foi mais representativa que a cobertura de *Siderastrea stellata*, apresentando mais de 30% de cobertura por matrix algas epilíticas, diferentemente do presente trabalho onde apresentaram uma pequena porcentagem de cobertura variando de 0,5 a 3% na área do recife. A colonização por algas epilíticas foi verificada com mais detalhes no experimento de monitoramento das colônias e será melhor descrita na próxima seção.

Assim, provavelmente a maior abundância de corais nas poças de Upanema se deve a baixa cobertura de zoantídeos e *turfs*, ou pela melhor capacidade adaptativa de *Siderastrea* spp. na área, o que favoreceu a maior colonização da área pelo coral. Além disso, a presença de macroalgas também parece não interferir negativamente

na cobertura de *Siderastrea* spp., os quais mantiveram a cobertura constante ao longo do tempo.

Em relação a área branqueada, em dezembro/2017 foi verificada a maior porcentagem de área das colônias branqueadas (43,8%) e, nesse mês, a América do Sul apresentou condições mais quentes que a média, sendo considerado o sexto dezembro com maior índice de calor já registrado (NOAA, 2018). Essa anomalia térmica explica a maior temperatura encontrada durante o período amostral, quando a temperatura das poças atingiu 38°C. A presença de corais branqueados nos meses amostrados revela que a espécie tem passado continuamente por estresses.

Em abril/2018 novas anomalias ocorreram e eventos climáticos em nível global, condições mais quentes que a média envolveu grande parte da América do Sul, resultando na temperatura continental mais alta de abril desde 1910 (NOAA, 2018). Provavelmente os corais apresentaram a coloração alterada como resposta a essa condição estressante e expeliram as suas zooxantelas. Segundo Sassi et al (2015; 2021) a pigmentação rosa em *Siderastrea stellata* se dá em estágios iniciais de branqueamento.

É importante considerar que o monitoramento dos corais na praia de Upanema deve ser contínuo, pois, uma alteração no ambiente decorrente de impactos antrópicos pode favorecer a ocupação da área por organismos oportunistas em detrimento da diminuição da cobertura por corais, o que merece ser constantemente investigado. Isso é particularmente importante para a área estudada, visto que é uma praia muito utilizada para lazer, com intenso fluxo de pessoas, pisoteio sobre os recifes e descarte de lixo na praia. Vale ressaltar que, mesmo sendo uma praia urbana com a presença de pessoas causando impacto direto e indireto nos recifes de arenito da área, os corais da espécie *Siderastrea* spp. conseguiram prosperar, com uma ocupação considerável, o que mostra a grande capacidade dessa espécie em se adaptar e sobreviver em condições adversas.

5.2 Monitoramento do branqueamento

Houve oscilações de branqueamento e recuperação da pigmentação em todas as colônias monitoradas entre 2017 e 2018. Recifes de corais no mundo todo passaram por eventos de branqueamento e mortalidade no período de 2014 e 2017, alguns estudos no Brasil relataram esse fenômeno (TEIXEIRA et al., 2019; SOARES et al., 2021; GÁSPAR et al., 2021).

Experimentos com cultura de algas *in vitro* demonstram que populações de zooxantelas podem ser gravemente danificadas pela exposição a longo prazo, devido aos raios UVA e UVB (JOKIEL, 1982), e o período em que foram realizados os monitoramentos se enquadram em períodos de intensa exposição à radiação solar e ondas de calor acima da média.

Em 2010 foi registrado o primeiro evento de branqueamento em *Siderastrea stellata* no litoral do Ceará (SOARES E RABELO, 2010). No mesmo ano houve um branqueamento em massa de corais no Rio Grande do Norte, onde 80% dos corais, incluindo corais do gênero *Siderastrea* spp., apresentaram branqueamento total ou parcial em Maracajaú/RN (Souza, 2012). Em 2014 e 2017 ocorreram outros eventos de branqueamento em massa embora a taxa de mortalidade tenha sido baixa (TEIXEIRA et al., 2019; GASPAR et al., 2021; SOARES et al., 2021).

Ao longo do tempo, *Siderastrea* spp. passou por vários eventos de branqueamento. Gaspar (2018) avaliou os impactos em *S. stellata* devido a eventos de El Niño e ondas de calor entre 2016 e 2017. Em 2017 ocorreu o El Niño com as temperaturas mais quentes registradas (EAKIN et al, 2019). Entretanto, Gaspar (2021) verificou uma baixa frequência de branqueamento em 2017, uma vez que as ondas de calor foram mais espaçadas nesse período, justificando assim a menor taxa de branqueamento da espécie a qual conseguiu se recuperar nesse espaço de tempo. Resultados semelhantes indicam uma taxa baixa para a mortalidade dos corais no evento de 2017 (Teixeira et al., 2019; Soares et al., 2021). Esse resultado se assemelha ao encontrado na praia de Upanema/RN onde as colônias branquearam, mas não houve mortalidade em massa.

Embora tenha passado por eventos de branqueamento, corais do gênero *Siderastrea* spp. parece se recuperar relativamente rápido após o distúrbio. Segundo Nascimento (2019), *Siderastrea* spp. passou por vários distúrbios e levou em média 30 dias para sua total recuperação, resultado similar ao que foi encontrado na praia

de Upanema/RN, onde algumas colônias conseguiram recuperar sua pigmentação parcialmente ou completamente em cerca de 30 dias.

O gênero *Siderastrea* é bastante conhecido por possuir espécies resistentes e resilientes, o que explica sua baixa mortalidade e recuperação após um evento de branqueamento (LIRMAN et al., 2002; LIRMAN E MANZELLO, 2009). Além disso, foi verificado que as zooxantelas simbiotes em *S. stellata* pertencem ao clado C, considerado um dos mais resistentes (COSTA; SASSI; GORLACH-LIRA, 2008). Ressalta-se ainda que os tecidos de corais escleractínios possuem aminoácidos conhecidos como micosporinas, produzidos a partir das zooxantelas e funcionando como um filtro solar em longo prazo aos corais (DUNLAP, 1998). As micosporinas podem funcionar de forma simultânea, contribuindo para a resistência e resiliência desses organismos ao longo de sua evolução.

A diminuição da área branqueada em algumas colônias e subsequente ocupação por algas epilíticas e macroalgas revelou que o coral passou por estresse acentuado, o que levou a morte de pólipos e exposição do esqueleto, o qual serviu de substrato para algas. Algas em geral são conhecidas por terem a capacidade de ocupar rapidamente um espaço disponível e de se recuperar e crescer rapidamente mesmo diante de um distúrbio, tendo vantagem na colonização de um novo substrato (WILLIAMS et al, 2001; MUMBY, 2009; BARROS, 2019).

O monitoramento revelou a colonização de muitas colônias por algas epilíticas, que são consideradas oportunistas. Um resultado semelhante foi encontrado para a espécie de coral *Scolymia wellsi*, onde seu crescimento foi afetado negativamente por algas epilíticas e cianobactérias (CONI et al, 2017). Carvalho e Vilhaça (2021) relataram que na ausência de competidores por espaço, essa matrix de algas epilíticas ocupam rapidamente nichos vagos, ocupação algumas vezes associada com outros organismos como cianobactérias.

A colônia 2 demonstrou ser bastante resistente e resiliente frente às adversidades. A recuperação de pólipos que já haviam sido comprometidos pelo branqueamento seguido pela colonização por algas epilíticas, revela que a espécie consegue sobreviver e recuperar áreas extremamente danificadas, recuperando novamente o cenênquima vivo. Em um estudo realizado por Jompa (2003), algas epilíticas demonstraram causar danos mínimos aos tecidos de corais, pois apresentam ciclo de vida curto. Provavelmente esse ciclo de vida curto pode ter

favorecido a recuperação dos pólipos após a saída das algas oportunistas nessa colônia.

Interessantemente, a colônia 2 foi a menor dentre as selecionadas para o monitoramento do branqueamento e, de acordo com a literatura, quanto menor o tamanho do coral, menor a quantidade de zooxantelas associadas a colônia, tornando-a mais vulnerável ao branqueamento, o que não foi observado no presente trabalho. Conforme apontado por Drew (1972), o diâmetro do coral influencia na proporção de zooxantelas, as quais são responsáveis por conferir o grau de pigmentação coralínea. De acordo com Correia (2016) colônias pequenas apresentam maiores taxas de branqueamento, entretanto, a hipótese de que colônias pequenas branqueadas têm maior capacidade de recuperação que colônias grandes precisa ser melhor investigada.

Somente uma colônia apresentou colonização por macroalgas, indicando que a espécie provavelmente apresenta mecanismos de defesa contra a fixação de macroalgas em sua superfície, ou, como discutido na seção anterior, a presença de algas epilíticas pode ser um fator impeditivo para a colonização por macroalgas. Nascimento (2019) verificou resultado semelhante, não encontrando colonização por macroalgas sobre colônias de *S. stellata*.

Este estudo de levantamento de dados da porcentagem de cobertura e monitoramento do coral *Siderastrea* spp. foi realizado em uma área onde não há registros de estudos com essa espécie, sendo assim pioneiro na área. Pesquisas com espécies de corais brasileiros, principalmente endêmicas, são de extrema importância para o melhor entendimento sobre seu comportamento frente às adversidades, particularmente diante de cenários de mudanças climáticas.

6. CONCLUSÃO

O presente trabalho analisou a cobertura e monitoramento do branqueamento da espécie de coral escleractíneo *Siderastrea* spp. em um recife de arenito em Upanema/RN, uma área pobremente estudada particularmente sobre os corais que colonizam o recife. *Siderastrea* spp. é abundante no local e resiliente frente a eventos de branqueamento, conseguindo se recuperar ao longo do tempo.

Por ser um coral endêmico do Brasil, monitoramentos contínuos são necessários para verificar alterações nos padrões de cobertura e taxas de branqueamento e recuperação da espécie, principalmente frente a presentes e futuros eventos de mudanças climáticas globais.

7. REFERÊNCIAS

- BAKER, A.C. Flexibility and specificity in coral-algal symbiosis: diversity, ecology, and biogeography of Symbiodinium. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, p. 661-689, 2003.
- BARRADAS, J.I.; AMARAL, F.D; HERNÁNDEZ, M.I.M; MONTES, M.D.J.F; STEINER, A.Q. Spatial distribution of benthic macroorganisms on reef flats at Porto de Galinhas Beach (northeastern Brazil), with special focus on corals and calcified hydroids. **Biotemas**, v. 23, n. 2, p. 61-67, 2010.
- BARROS, Y.N. **Mudanças ambientais e recifes tropicais urbanos: branqueamento de corais resistentes, algas filamentosas e sedimentos**. Fortaleza. 2019.
- BASTIDAS, C; BONE, D. Competitive strategies between *Palythoa caribaeorum* and *Zoanthus sociatus* (Cnidaria: Anthozoa) at a reef flat environment in Venezuela. **Bulletin of Marine Science**, v. 59, n. 3, p. 543-555, 1996.
- CASTRO, P; HUBER, M. **Biologia marinha**. AMGH Editora, 2012.
- CONI, E.O.C.; FERREIRA, C.M.; MEIRELLES, P.M.; MENEZES, R.; SANTANA, E.F.; MOREIRA, A.P.B.; FRANCINI-FILHO, R.B. Modeling abundance, growth, and health of the solitary coral *Scolymia wellsi* (Mussidae) in turbid SW Atlantic coral reefs. **Marine biology**, v. 164, n. 4, p. 1-15, 2017.
- CONNELL, J. H. Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. **Science**. v. 199, n. 4335, p. 1302-1310, 1978.
- CORREIA, L.F.C. **Padrão de branqueamento de *Siderastrea stellata* (Verril, 1868) em dois complexos recifais areníticos do Atlântico Sul**. Natal. 2016.
- COSTA, C.F; SASSI, R; GORLACH-LIRA, K. Zooxanthellae genotypes in the coral *Siderastrea stellata* from coastal reefs in northeastern Brazil. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 367, n. 2, p. 149-152, 2008.
- CRUZ, I.C; WATERS, L.G; KIKUCHI, R.K; LEÃO, Z.M; TURRA, A. Marginal coral reefs show high susceptibility to phase shift. **Marine pollution bulletin**, v. 135, p. 551-561, 2018.
- DE CARVALHO, L.L.; VILLACA, R.C. Effect of fine-scale habitat differences on algal colonisation in a coral-dominated subtropical reef. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 93, 2021.
- DREW, Edward A. The biology and physiology of alga-invertebrates symbioses. II. The density of symbiotic algal cells in a number of hermatypic hard corals and alcyonarians from various depths. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 9, n. 1, p. 71-75, 1972.

DUNLAP, W. C; CHALKER, B.E; BANDARANAYAKE, W.M., WU WON, J.J. Nature's sunscreen from the Great Barrier Reef, Australia. **International journal of cosmetic science**, v. 20, n. 1, p. 41-51, 1998.

EAKIN, C.M.; SWEATMAN, H; BRAINARD, R.E. The 2014–2017 global-scale coral bleaching event: insights and impacts. **Coral Reefs**, v. 38, n. 4, p. 539-545, 2019.

GASPAR, T.L; QUIMBAYO, J.P.; OZEKOSKI, R.; NUNES, L.T.; AUED, A.W.; MENDES, T.C.; SEGAL, B. Severe coral bleaching of *Siderastrea stellata* at the only atoll in the South Atlantic driven by sequential Marine Heatwaves. **Biota Neotropica**, v. 21, 2021.

GASPAR, T.Luchese. **Saúde de corais: acompanhamento temporal de colônias de *Siderastrea stellata* (Verrill 1868) no Atol das Rocas-Brasil**. Florianópolis. 2018.

GOATLEY, C.H.R.; BONALDO, R.M.; FOX, R.J.; BELLWOOD,D.R. Sediments and herbivory as sensitive indicators of coral reef degradation. **Ecology and Society**, v. 21, n. 1, 2016.

JOKIEL, Paul L.; YORK JR, Richard H. Solar ultraviolet photobiology of the reef coral *Pocillopora damicornis* and symbiotic zooxanthellae. **Bulletin of Marine Science**, v. 32, n. 1, p. 301-315, 1982.

JOMPA, J.; MCCOOK, L.J. Effects of competition and herbivory on interactions between a hard coral and a brown alga. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 271, n. 1, p. 25-39, 2002.

JOMPA, J; MCCOOK, L.J. Coral-algal competition: macroalgae with different properties have different effects on corals. **Marine Ecology Progress Series**, v. 258, p. 87-95, 2003.

KIKUCHI, R.K.P.; LEÃO, Z.M.A.N.; OLIVEIRA, M.D.; DUTRA, L.X.; CRUZ, I.C. Branqueamento de corais nos recifes da Bahia associado aos efeitos do El Niño 2003. **Cong. Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa**, v. 2, p. 213, 2004.

LIRMAN, D.; MANZELLO, D. Patterns of resistance and resilience of the stress-tolerant coral *Siderastrea radians* (Pallas) to sub-optimal salinity and sediment burial. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 369, n. 1, p. 72-77, 2009.

LIRMAN, D; MANZELLO, D. Patterns of resistance and resilience of the stress-tolerant coral *Siderastrea radians* (Pallas) to sub-optimal salinity and sediment burial. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 369, n. 1, p. 72-77, 2009.

LIRMAN, D; MANZELLO, D; MACIÁ, S. Back from the dead: the resilience of *Siderastrea radians* to severe stress. **Coral Reefs**, v. 21, n. 3, p. 291-292, 2002.

MCCOOK, L.J. Macroalgae, nutrients and phase shifts on coral reefs: scientific issues and management consequences for the Great Barrier Reef. **Coral reefs**, v. 18, n. 4, p. 357-367, 1999.

MUMBY, P.J. Phase shifts and the stability of macroalgal communities on Caribbean coral reefs. **Coral Reefs**, v. 28, n. 3, p. 761-773, 2009.

NASCIMENTO, W.F. **Saúde do coral *Siderastrea stellata* e sua relação com variáveis ambientais em poças de maré do Rio Grande do Norte**. Natal. 2019.

NOAA National Oceanic and Atmospheric Administration. December 2017 Global Climate Report, 2022. Disponível em: <<https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/201712>>, Acesso em: 28 out. 2022.

PEREIRA, P.H.C; FEITOSA, J.L.L ; CHAVES, L.C.T. **Guia da biodiversidade marinha da APA Costa dos Corais**. Technical Books Editora, 2014.

POGGIO, C.; LEÃO, Z.; MAFALDA-JUNIOR, P. Registro de branqueamento sazonal em *Siderastrea* spp. em poças intermareais do recife de Guarajuba, Bahia, Brasil. **Interciência**, v. 34, n. 7, p. 502-506, 2009.

RABELO, E.F.; SOARES, M.D.O., BEZERRA, L.E.A.; MATTHEWS-CASCON, H. Distribution pattern of zoanthids (Cnidaria: Zoantharia) on a tropical reef. **Marine Biology Research**, v. 11, n. 6, p. 584-592, 2015.

RABELO, E.F.; SOARES, M.O.; MATTHEWS-CASCON, H. Competitive interactions among zoanthids (Cnidaria: Zoanthidae) in an intertidal zone of Northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 61, p. 35-42, 2013.

SANTANA, E.F.C.; MIES, M.; LONGO, G.O.; MENEZES, R.; AUED, A.; LUZA, A.L.; FRANCINI-FILHO, R.B. Turbidity shapes shallow Southwestern Atlantic benthic reef communities. **Marine Environmental Research**, p. 105807, 2022.

SASSI, C. F. C., FARIAS, G. M. D., VASCONCELOS, A. D. S., MACEDO, R. S. D., FRANÇA, J. P. D. S., SASSI, R. Histopathological effects of bleaching and disease on the coral *Siderastrea stellata* from coastal reefs of Brazil. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 111, 2021.

SASSI, R.; COSTA SASSI, C. F.; GORLACH-LIRA, K. Fitt, W. K. Pigmentation changes in *Siderastrea* spp. during bleaching events in the coastal reefs of northeastern Brazil. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 43, n.1, p. 176-185, 2015.

SOARES, M.O.; RABELO, E.F. Primeiro registro de branqueamento de corais no litoral do Ceará (NE, Brasil): indicador das mudanças climáticas?. **Geosciences= Geociências**, v. 33, n. 1, p. 1-10, 2014.

SOARES, M.O.; RABELO, E.F.; MATHEWS-CASCON, H. Intertidal Anthozoans from the coast of Ceará (Brazil). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 4, n. 9, p.437-443, dez. 2011.

SOARES, M.O.; ROSSI, S.; GURGEL, A.R.; LUCAS, C.C.; TAVARES, T.C.L.; DINIZ, B.; ALVAREZ-FILIP, L. Impacts of a changing environment on marginal coral reefs in the Tropical Southwestern Atlantic. **Ocean & Coastal Management**, v. 210, p. 105692, 2021.

SOUZA, I.M.M. **Avaliação da cobertura e monitoramento do branqueamento de corais nos recifes de Maracajaú/RN**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

TEIXEIRA, C.D.; LEITÃO, R.L.; RIBEIRO, F.V.; MORAES, F.C.; NEVES, L.M.; BASTOS, A.C.; MOURA, R.L. Sustained mass coral bleaching (2016–2017) in Brazilian turbid-zone reefs: taxonomic, cross-shelf and habitat-related trends. **Coral Reefs**, v. 38, n. 4, p. 801-813, 2019.

TRYGONIS, V.; SINI, M. photoQuad: a dedicated seabed image processing software, and a comparative error analysis of four photoquadrat methods. **Journal of experimental marine biology and ecology**, v. 424, p. 99-108, 2012.

WILLIAMS, I.D.; POLUNIN, N.V.C.; HENDRICK, V.J. Limits to grazing by herbivorous fishes and the impact of low coral cover on macroalgal abundance on a coral reef in Belize. **Marine Ecology Progress Series**, v. 222, p. 187-196, 2001.