



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR - LABOMAR
CURSO DE OCEANOGRAFIA

YASMIN NASCIMENTO DE BARROS

**MUDANÇAS AMBIENTAIS E RECIFES TROPICAIS URBANOS:
BRANQUEAMENTO DE CORAIS RESISTENTES, ALGAS FILAMENTOSAS E
SEDIMENTOS**

FORTALEZA

2019

YASMIN NASCIMENTO DE BARROS

**MUDANÇAS AMBIENTAIS E RECIFES TROPICAIS URBANOS:
BRANQUEAMENTO DE CORAIS RESISTENTES, ALGAS FILAMENTOSAS E
SEDIMENTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- B284m Barros, Yasmin Nascimento de.
Mudanças Ambientais e Recifes Tropicais Urbanos: Branqueamento de Corais Resistentes, Algas Filamentosas e Sedimentos / Yasmin Nascimento de Barros. – 2019.
55 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares.
1. Siderastrea stellata. 2. Zona entremarés. 3. Mudanças ambientais. I. Título.

CDD 551.46

YASMIN NASCIMENTO DE BARROS

**MUDANÇAS AMBIENTAIS E RECIFES TROPICAIS URBANOS:
BRANQUEAMENTO DE CORAIS RESISTENTES, ALGAS FILAMENTOSAS E
SEDIMENTOS**

Monografia apresentada ao Curso de Oceanografia do Instituto de Ciências do Mar da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares (Orientador)

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Caroline Vieira Feitosa

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Helena Matthews-Cascon

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Msc. Sandra Vieira Paiva

Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Ademir e Cristina.

AGRADECIMENTOS

A Deus por seu sustento e providência.

Aos meus familiares pelo apoio nos momentos mais difíceis.

À Universidade Federal do Ceará (UFC) por sua estrutura.

Ao Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Soares por sua excelente orientação.

Às participantes da banca examinadora Profa. Dra. Caroline Vieira Feitosa, Profa. Dra. Helena Matthews-Cascon e Msc. Sandra Vieira Paiva pela disponibilidade, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos colegas de laboratório e amigos próximos que contribuíram com sugestões, críticas e ajuda nas saídas de campo.

Aos funcionários do Instituto de Ciência do Mar – LABOMAR pelo apoio e incentivo.

RESUMO

Os recifes de coral, localizados predominantemente nas águas tropicais oligotróficas com baixa turbidez, é o ecossistema com maior biodiversidade por unidade de área em toda a Terra. As regiões de poças de maré, onde comumente se encontra o coral *Siderastrea stellata*, são ambientes submetidos à temperatura e salinidade mais elevadas quando comparadas aos valores de mar aberto. Tal fato permite que as poças de marés sejam utilizadas como ambientes de projeções futuras para prováveis quadros de mudanças climáticas. Este trabalho tem por objetivo analisar os componentes bentônicos de cobertura do coral *Siderastrea stellata* vivo, alga filamentosa e sedimento do ecossistema; as taxas de branqueamento das colônias e correlacioná-la com fatores físico-químicos de temperatura e salinidade. Os dados foram levantados no período de outubro de 2018 a março de 2019, no recife de arenito ferruginoso da Volta da Jurema, no bairro Meireles, em Fortaleza-CE. As amostragens foram determinadas pela delimitação de três áreas de 36 m² adjacentes uma a outra, sendo cada área subdividida de forma aleatória em quatro quadrados menores de 50x50 cm para as análises. Em laboratório, os programas utilizados para porcentagem de cobertura e análise estatística foram photoQuad e PAST, respectivamente. Os percentuais de cobertura dos componentes do ecossistema não apresentaram diferença significativa ao longo dos meses. A temperatura teve maiores valores nos meses de outubro/18, novembro/18, dezembro/18 e março/19, enquanto a salinidade permaneceu com médias acima de 35 em todos os meses. As taxas de branqueamento foram elevadas e apresentaram correlação significativa com a temperatura e salinidade. Os componentes do ecossistema cobertura de alga filamentosa e sedimento permitiram a ocorrência de um ambiente seletivo no recife da Volta da Jurema com predominância para o coral *Siderastrea stellata*.

Palavras-chave: *Siderastrea cf stellata*. Zona entremarés. Mudanças ambientais.

ABSTRACT

Coral reefs, located predominantly in tropical oligotrophic waters with low turbidity are the ecosystem with the highest biodiversity per unit area on Earth. The tidal pool regions, where the coral *Siderastrea stellata* is commonly found, are environments subjected to higher temperature and salinity rates when compared to values in open sea. This allows tidal pools to be used as a tool to predict future climate change scenarios. The objective of this work is to analyze the benthic components of the healthy coverage of *Siderastrea stellata*, filamentous algae and ecosystem sediment. Also, it was evaluated the bleaching rates of the colonies and correlate it with physical-chemical factors like temperature and salinity. Samples were collected from october, 2018 to march, 2019 from the Volta da Jurema ferruginous sandstone reef, Meireles. The sampling areas were acquired by delimiting three areas of 36 m² adjacent to each other. Each area was randomly subdivided in four smaller squares (50x50 cm) for the analysis. In laboratory, the programs used for coverage percentage and statistical analysis were photoQuad and PAST, respectively. The results show that the percentage of coverage of ecosystem components, in general, shows no significant difference over months. The temperature shows higher values in october/18, november/18, december/18 and march/19, while the salinity remained with averages above 35 in all months. Bleaching rates were high and they have elevated relationship with temperature and salinity values. Based on these results, it can be concluded that the components of the filamentous algae coverage and sediment ecosystem allowed the occurrence of a selective environment in the Volta da Jurema reef, predominantly for the coral. *Siderastrea stellata*.

Keywords: *Siderastrea cf stellata*. Intertidal zone. Environmental changes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição da espécie <i>Siderastrea</i> cf. “ <i>stellata</i> ” na costa brasileira.....	18
Figura 2: Poças do recife de arenito ferruginoso da Volta da Jurema.....	22
Figura 3: Mapa localização da área de estudo.....	22
Figura 4: Delimitação de uma sub-área.....	24
Figura 5: Registro fotográfico de uma sub-área.....	25
Figura 6: Medição dos parâmetros físico-químicos.	25
Figura 7: Ptograma photoQuad	26
Figura 8: Programa PAST	27
Figura 9: Componentes do ecossistema.	28
Figura 10: Sonda multiparâmetro.....	29

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Dados de pluviometria 2018	23
Gráfico 2: Dados de pluviometria 2019	23
Gráfico 3: Porcentagem de cobertura de alga filamentosa.....	31
Gráfico 4: Porcentagem de cobertura de coral vivo nas poças.....	33
Gráfico 5: Porcentagem de Cobertura de Sedimento.....	34
Gráfico 6: Variação de temperatura nas poças entremarés	36
Gráfico 7: Variação de salinidade nas poças entremarés	38
Gráfico 8: Porcentagem de colônias branqueadas	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Análise de similaridade (Pearson) entre temperatura, salinidade e branqueamento total (fraco mais forte).	40
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	21
2.1. Geral	21
2.2. Específicos	21
3. MATERIAIS E MÉTODOS	21
3.1. Área de estudo	21
3.2. Coleta de Dados	24
3.4. Análise Laboratorial	25
3.4.1. photoQuad	25
3.4.2. Paleontological Statistic (PAST)	26
3.5. Análise de Dados	27
3.5.1. Componentes do Ecossistema	27
3.5.2. Parâmetros físico-químicos	28
3.5.3. Estatística	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1. Componentes do Ecossistema	30
4.2. Indicador de Saúde Recifal	35
4.3. Correlação dos Parâmetros físico-químicos de Temperatura e Salinidade com a Porcentagem de Colônias Branqueadas	39
5. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
BIBLIOGRAFIA	42
APÊNDICE A – COMPONENTES DO ECOSSITEMA. TAXAS DE COBERTURA ...	46
APÊNDICE B – PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	49
APÊNDICE C – VALORES DE P PARA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA)	52

APÊNDICE D – DIAS DE COLETA, HORÁRIOS E MARÉS	55
--	-----------

1. INTRODUÇÃO

Os recifes, localizados predominantemente nas águas tropicais oligotróficas com baixa turbidez (Odum e Odum, 1955), é o ecossistema com maior biodiversidade por unidade de área em toda a Terra (Adey, 2000). Ocupam apenas 0,2% do fundo oceânico e abrigam aproximadamente 25% de toda a vida marinha (Cesar; Burke & Pet-Soede, 2003), fazendo com que detenham a maior produtividade dentre os ecossistemas marinhos (Villaça, 2009). Os corais escleractíneos são os responsáveis pela construção e estruturação da maioria dos recifes de coral (Laborel, 1970; Leão et al, 2016).

Os recifes de coral são os maiores depósitos carbonáticos biogênicos encontrados dentre os ambientes marinhos (Adey, 2000). A origem desse carbonato pode suceder de corais scleractíneos, algas calcárias, foraminíferos, moluscos (Hamyton et al., 2016; Hamylton et al., 2017), dentre outros organismos secretores ou que possuam esqueleto de carbonato de cálcio. A estruturação primária de calcificação de um recife se dá de forma irregular, promovendo assim, uma elevada proporção de superfície em sua área horizontal gerando complexidade estrutural e diversos habitats (Adey, 2000).

Juntamente aos processos bioerosivos, distúrbios físicos e produção primária o crescimento inicial rápido e irregular dos corais produz uma variedade de superfícies e espaços que, em larga escala, gera biodiversidade (Adey, 2000). Embora, em um recife de coral, existam outros organismos bioconstrutores, os calcificadores mais importantes dos recifes são as algas calcárias ou organismos que possuam uma relação de simbiose interna com uma alga denominada zooxantela, como é o caso dos corais pétreos (scleractíneos) (Adey, 2000). Tais corais, construtores de recife, não calcificam de forma significativa no escuro, demonstrando a importância das algas simbiontes na condução do processo de calcificação em águas rasas e com luminosidade (Adey, 2000).

A importância do ecossistema coralíneo consiste na grande disponibilidade de compostos farmacológicos (Villaça, 2009), como antivirais, antibióticos e compostos contra o câncer e IST (infecções sexualmente transmissíveis); devido à sua biodiversidade, e nos benefícios à economia da região com o turismo, a pesca artesanal e a proteção costeira (Cesar, Burke e Pet-Soede, 2003). Neste último caso atuando como uma barreira física contra a ação das ondas e impedindo um maior carreamento de sedimento costeiro proporcionando a retenção do mesmo (Adey, 2000; Cesar, Burke e Pet-Soede, 2003). A preservação desse ecossistema via manejo, conservação (Cesar, Burke e Pet-Soede, 2003) e redução das emissões de CO₂ oriundos das mudanças climáticas (Hughes et al., 2003; Hughes et al., 2018)

é de grande importância econômica e ambiental. No trabalho de Costanza et al. (2014) é possível observar a importância econômica dos recifes costeiros em um âmbito global.

O conhecimento dos principais fatores capazes de prejudicar os recifes faz-se necessário devido à sua importância nos serviços ecossistêmicos de um modo geral. No tocante à população humana, sua influência se dá de duas formas: direta, naqueles que usufruem dos recursos oferecidos pelo recife *in situ*, e indireta, naqueles que utilizam dos recursos farmacológicos extraídos de organismos habitantes dos recifes, por exemplo. Os recifes de corais também atuam na fixação do carbono presente na atmosfera em carbonato de cálcio e biomassa (Adey et. al, 2000) o que os fazem influenciadores do balanço químico nos oceanos e no ciclo do carbono na natureza (Villaça, 2009).

Os corais escleractíneos de um recife, da mesma forma que outros organismos desse ecossistema, como zoantídeos e hidrocorais (Soares e Rabelo, 2014), dependem das microalgas zooxantelas que podem prover mais de 95% da energia utilizada para reprodução, crescimento e alimentação (Cesar; Burke e Pet-Soede, 2003), sendo o seu complemento proveniente da heterotrofia. Essas microalgas que, também dão ao coral sua cor por meio dessa simbiose (Cornell e Karlson, 2000; Dullo, 2005; Soares e Rabelo, 2014), são expulsas quando o animal é submetido a uma situação de estresse, expondo assim o esqueleto branco do coral, dando ao animal uma aparência branqueada (Cesar; Burke e Pet-Soede, 2003), caracterizando o fenômeno de branqueamento.

No período decorrente ao branqueamento, o coral, por comprometimento de sua fisiologia e nutrição (Hughes et al. 2018), se torna frágil e suscetível às doenças e infecções por parasitas, podendo debilitar estes construtores recifais (Lubin et al. 2001; Francini-Filho et al. 2010). Este fenômeno ocorre em escala global quando a temperatura superficial da água do mar (TSM) está 1-2°C acima da média máxima de temperatura sazonal (Poggio, Leão e Mafalda-Junior, 2009). Contudo, o branqueamento não se trata de um indicador de óbito, pois, caso as condições anômalas sejam reduzidas ou sanadas o coral é capaz de abrigar novamente a zooxantela em seu tecido. Tal recuperação é dependente do tempo de duração e severidade do distúrbio térmico e outros impactos locais como sedimentação e poluição (Cesar; Burke & Pet-Soede, 2003).

De acordo com Hughes et al. (2018) a temperatura da superfície da Terra aumentou cerca de 1 °C desde a década de 1880, e as temperaturas globais nos anos de 2015 e 2016 foram as maiores desde os primeiros registros instrumentais iniciados no século XIX. Desde 1980, 58% dos casos de branqueamento severo dos recifes de coral foram registrados

durante quatro períodos de El Niños fortes (1982-1983, 1997-1998, 2009-2010 e 2015-2016), enquanto os outros 42% de ocorrência foram observados em períodos fora do El Niño (Hughes et al., 2018). O fenômeno de branqueamento recorrente em escala regional (> 1000 km) é atual e ocasionado pelo aquecimento global antropogênico. Antes dos anos 80, evidências de branqueamento em escala local (dezenas de quilômetros) foram registradas diante de fatores estressantes de pequena escala como inundação de água doce, sedimentação ou clima excepcionalmente frio ou quente (Hughes et al., 2018).

Com a chegada do Antropoceno, a frequência e intensidade dos eventos de branqueamento têm aumentado para níveis de insustentabilidade (Hughes et al., 2018). A partir da década de 1980 os eventos de branqueamento passaram a ser mais abrangentes juntamente com o aumento da intensidade do El Niño e seu estresse térmico devido ao aquecimento global (Hughes et al., 2018). Por fim, Hughes et al. (2018), dizem que, nas duas últimas décadas, houve uma adição de eventos regionais ocorridos fora dos períodos de El Niño (durante um La Niña, por exemplo). As temperaturas da superfície do mar em períodos de La Niña apresentam registros maiores que quando comparadas às observadas durante eventos de El Niño há três décadas (Hughes et al., 2018).

Nas últimas décadas, o ecossistema coralíneo vem sendo degradado por fatores antropogênicos em escala local e global. Aterramentos, remoção de carbonato de cálcio para a construção civil, assoreamento causado pela agricultura ou obras costeiras, sedimentação por desmatamento e drenagem continental (Adey, 2000; Cesar; Burke & Pet-Soede, 2003; Ferreira & Maida, 2006), são algumas formas de contribuição para a destruição desse ambiente, principalmente quando localizados próximo à costa. A poluição por resíduos sólidos e efluentes industriais e domésticos, o turismo desordenado, práticas de esportes náuticos (Cesar; Burke & Pet-Soede, 2003, Ferreira & Maida, 2006) e mergulho recreativo ou científico também podem gerar impacto negativo a esse ecossistema.

Fenômenos naturais como furacões, tempestades e tufões também geram distúrbios localizados no espaço e no tempo, que, em condições livres de fatores antropogênicos diretos ou indiretos, recuperam-se, normalmente, num espaço de 10 (dez) a 20 (vinte) anos (Adey, 2000). Entretanto, há preocupação quanto ao grau de seriedade desses fenômenos ocasionados pelo aumento de suas atividades devido ao aquecimento global (Adey, 2000). Além dos agentes naturais, outros fatores também influenciam na saúde dos corais em um recife como, a poluição por microplásticos que pode aumentar o estresse

presente e ampliar a suscetibilidade dos corais ao branqueamento e doenças (Lamb et al., 2018; Reichert et al., 2019).

A redução da qualidade da água com o aumento da turbidez, que pode vir a ocasionar sedimentação e sombreamento, afeta de forma mais intensa os corais de regiões costeiras (Zhang et al., 2018). Outros fatores tais como o aumento das cargas de nutrientes e contaminação por agroquímicos e toxinas e metais industriais proveniente de efluentes urbanos também influenciam (Zhang et al., 2018). Distúrbios ambientais nos parâmetros físico-químicos do ambiente marinho, a exemplo de variações globais ou locais de temperatura e salinidade, são processos que contribuem para o declínio do ecossistema coralíneo (Poggio, Leão & Mafalda-Junior, 2009; Hughes et al., 2018).

O ecossistema recifal brasileiro costeiro, se estende desde a fronteira Brasil-Guiana Francesa e o estado do Maranhão (Moura et al., 2016), até a região de Queimada Grande, na altura da linha de costa do estado de São Paulo (Pereira-Filho, 2018). A região de Abrolhos, Bahia, é a mais rica área de recifes de corais no sudeste do Atlântico (Leão et al., 2016). A riqueza de espécies varia tendo uma menor diversidade de corais na região mais ao norte, sendo o recife do Parcel Manuel Luiz, localizado à aproximadamente 90 km da costa do estado do Maranhão, o mais conhecido da região. Também existem bancos de recifes mapeados na plataforma continental equatorial ao longo do litoral do estado do Ceará e norte do estado do Rio Grande do Norte (Laborel, 1970; Leão et al., 2016).

A parte mais diversa está na região leste (aproximadamente 10° S a 18° S), entre a foz dos rios São Francisco e Doce, que detêm a maior área de recife de coral da costa brasileira, situada no banco de Abrolhos, no estado da Bahia (Leão et al., 2016). Os recifes brasileiros têm a predominância de espécies endêmicas estabelecidas pela elevada condição hidrodinâmica e um grau considerável de adaptação a condições de sedimentação e turbidez da água (Leão et al., 2016). A característica estrutural de crescimento e formação inicial dos recifes brasileiros na região de Abrolhos é na forma de chapeirões, onde, devido sua reduzida biodiversidade coralínea, tem-se a construção do recife por formas arcaicas de corais remanescentes do Terciário, algas coralíneas incrustantes e a presença de sedimentos siliciclásticos nos recifes próximos à costa (Leão et al., 2016).

Corais e hidrocorais são os principais constituintes dos recifes brasileiros, sendo baixa a diversidade da comunidade de corais construtores de recife, contabilizando 21 (vinte e um) corais e 5 (cinco) hidrocorais, sendo as espécies endêmicas de composição massiva as principais construtoras do recife (Leão et al., 2016). Ainda de acordo com a autora, das 21

espécies descritas, cinco são endêmicas: *Mussismilia braziliensis*, *M. hispida*, *M. harttii*, *M. leptophylla* e a *Siderastrea stellata*, sendo esta última comumente encontrada em águas rasas de poças de maré e no topo dos recifes com característica de grande resistência às variações de temperatura, salinidade e turbidez da água. Sua distribuição se dá desde os recifes da região norte até o litoral do estado do Rio de Janeiro (Figura 1).



Figura 1: (A) - Distribuição da espécie *Siderastrea stellata* na costa brasileira pela International Union for Conservation of Nature (IUCN). Fonte: <https://www.iucnredlist.org/species/132915/54160045>. (B) - *Siderastrea stellata*. Colônia em águas rasas brasileiras. Fonte: http://www.coralsoftheworld.org/species_factsheets/species_factsheet_summary/siderastrea-stellata/. Fotógrafo: Charlie Veron

A costa brasileira possui águas quentes em quase toda a sua extensão com temperaturas maiores ou iguais a 25 °C com reduzida variação anual na ordem de 2°C a 6°C (Laborel, 1970). Tal variação de temperatura continua favorável ao crescimento dos escleractíneos a mais de 100m de profundidade até a latitude do Trópico de Capricórnio (Laborel, 1970). Em seu trabalho ao longo da costa cearense, Soares, Rabelo e Mathews-Cacson (2011) dataram espécies de antozoários encontradas na região entremarés dos recifes de arenito (*beach rocks*), sendo algumas delas: *Siderastrea* sp., espécie dominante, e *Favia gravida*, espécie associada. Os fatores climáticos e oceanográficos que se encontram nos recifes da margem equatorial brasileira, como escassez de chuvas, elevados valores de temperatura da superfície do mar, salinidade, longos períodos de exposição à radiação solar e

águas turvas (Leão et al., 2016; Soares et al., 2019), proporcionam a prevalência de espécies de corais mais resistentes a condições extremas, como, por exemplo, *Siderastrea stellata*.

A costa nordeste é caracterizada pela presença de uma camada de sedimento argiloso relativamente espesso (100 m) de origem continental sobreposto ao embasamento cristalino da Formação Barreiras (Laborel, 1970). A faixa litorânea cearense é interrompida ocasionalmente por afloramentos rochosos e os recifes de arenito (*beach-rocks*) (Soares & Rabelo, 2014). Estes ocorrem na região entremarés, com um formato tabular, ligeiramente inclinado em direção ao mar, formados por arenitos cimentados por carbonato de cálcio e óxido de ferro (Smith e Morais, 1984; Morais et al., 2009). Na porção semiárida da costa nordeste, composta pelos estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte (Laborel, 1970), a precipitação média é de 500-1000 mm/ano (Soares e Rabelo, 2014), o que se considera escassez de chuva.

A costa é retilínea, sem recuos ou baías, com plataforma plana, possui ventos alísios que alternam com regularidade entre as direções NE e SE. Estes ventos, são responsáveis pela atuação na mistura dos sedimentos de forma contínua, resultando na turbidez das águas (Laborel, 1970). A predominância de areia ao longo da costa cearense é eventualmente interrompida por afloramentos rochosos (*beach rocks*) compostos por areia cimentada por carbonato de cálcio e óxido ferroso, na região entremarés (Soares, Rabelo e Mathews-Cascon, 2011). Tais feições são responsáveis pela formação de ambientes de poças de marés que atuam como microcosmos marinhos, facilmente acessíveis na maré baixa e com profundidades que não passam de 1 m (Soares, Rabelo e Mathews-Cascon, 2011) (Figuras 2A e 2B).

Diante da importância do registro da ocorrência de fenômenos de branqueamento associada à escassez de estudos realizados nos recifes da região entremarés da costa de Fortaleza, vê-se a necessidade de incrementar as pesquisas nos recifes da margem equatorial brasileira. A espécie *Siderastrea stellata* é um coral escleractíneo que habita toda a extensão de recifes da costa brasileira, sendo uma das principais construtoras dos recifes (Laborel, 1970; Castro e Pires, 2001). Sua abundância se dá não só pelo fato de sua elevada tolerância aos estresses ambientais (e.g., elevadas temperaturas, salinidade alta e variações da luminosidade), como também por sua fácil adesão ao substrato rochoso (Laborel, 1970; Barros e Pires, 2007).

É uma espécie de coral colonial, massiva e zooxantelado (Barros e Pires, 2007), com coloração variando entre o vermelho/alaranjado e o marrom. Distribui-se desde o recife

do Parcel Manuel Luis – MA até o Cabo de São Roque – RN, incluindo as ilhas de Fernando de Noronha e Atol das Rocas, e na região leste do Brasil até o sul da Bahia, sendo a região de Cabo Frio – RJ o seu limite de ocorrência (Castro e Pires, 2001), fato que aparenta demonstrar ser uma espécie sensível ao resfriamento das águas (Laborel, 1970). Ocorre em águas de até 100 m de profundidade, na região mesofótica (Soares et al., 2019). Suporta grandes variações de luminosidade (eurifóticas), sedimentação, temperatura e salinidade e a ação de ondas fortes, muito comuns também em regiões de poças de maré, sendo capaz de crescer sobre substrato rochoso em profundidades rasas e em mar com forte ação de ondas (Laborel, 1970; Barros e Pires, 2007).

As regiões de poças de maré, onde comumente se encontra o coral *S. stellata*, são ambientes que, devido à sua reduzida área e grande exposição à irradiação solar, são submetidas à temperatura e salinidade mais elevadas quando comparadas aos valores de mar aberto. Tal fato permite que as poças de marés possam ser utilizadas como projeções futuras para prováveis quadros de mudanças climáticas. Diante do contexto das mudanças climáticas, a análise de corais resistentes se dá pelo fato de que, no processo de seleção natural, esses animais possuem capacidades de adaptação que os permitiram permanecer naquele ambiente estressante. Análises envolvendo o branqueamento e a cobertura de *Siderastrea stellata* em recifes entremarés na zona equatorial podem servir como modelo importante para entender a resistência dos corais a condições subótimas.

A análise de componentes bentônicos como porcentagem de cobertura de coral vivo, alga filamentosa e cobertura de sedimento são importantes por indicarem capacidade de resiliência do recife e interação competitiva. Contudo, variações de salinidade e temperatura também podem vir a influenciar no processo de branqueamento do coral, ocasionando a expulsão das zooxantelas ou sua deficiência, reduzindo as taxas fotossintéticas e aumentando as taxas respiratórias. No caso da salinidade, embora possa não ser tão relevante para os corais no mar aberto, em um ambiente mais fechado e reduzido, como na poça de maré, passa a ser relevante. Desse modo, a análise de corais resistentes como *S. stellata*, a sedimentologia e componentes das comunidades recifais em poças-de-maré podem fornecer importantes evidências para incrementar o conhecimento sobre a resistência dos ecossistemas recifais.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Registrar e analisar os componentes bentônicos e indicadores de saúde recifal em um ambiente de poças de maré.

2.2. Específicos

- Verificar componentes do ecossistema como a taxa de cobertura de coral vivo, coral branqueado, alga filamentosa e sedimento;
- Analisar indicadores de saúde recifal como a taxa de branqueamento das colônias do coral *Siderastrea stellata*;
- Correlacionar os parâmetros físico-químicos de temperatura e salinidade com o branqueamento de corais.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Área de estudo

O recife de arenito ferruginoso da Volta da Jurema (03°43'29,3"S; 038°29'53,2W) (Figuras 2 e 3) situa-se na praia do Meireles, uma das mais movimentadas na região litorânea de Fortaleza – CE. A região se encontra na faixa praias do mesolitoral e caracteriza-se como um ambiente de *beach rock* que permanece exposto na baixamar de quadratura, formando diversas poças de maré. No entanto permanece submerso durante ressacas do mar e ondas de tempestade (Smith e Morais, 1984), formando diversas poças de maré.

O clima presente na região do nordeste brasileiro, localidade em que se encontra o recife estudado, é tropical semi-árido com precipitações escassas (500-1000 mm) (Maida e Ferreira, 1997; Soares & Rabelo, 2014) nos meses de verão (dezembro a fevereiro) e outono (março a maio) (Gráficos 1 e 2). Possui médias de temperatura da superfície do mar entre 26°C e 29°C, com os valores máximos ocorrendo entre os meses de março e junho (Soares et al., 2019). Na região há a predominância de ventos alísios (sopram de leste para oeste) que dão força às correntes litorâneas e oceânicas (Smith e Morais, 1984).

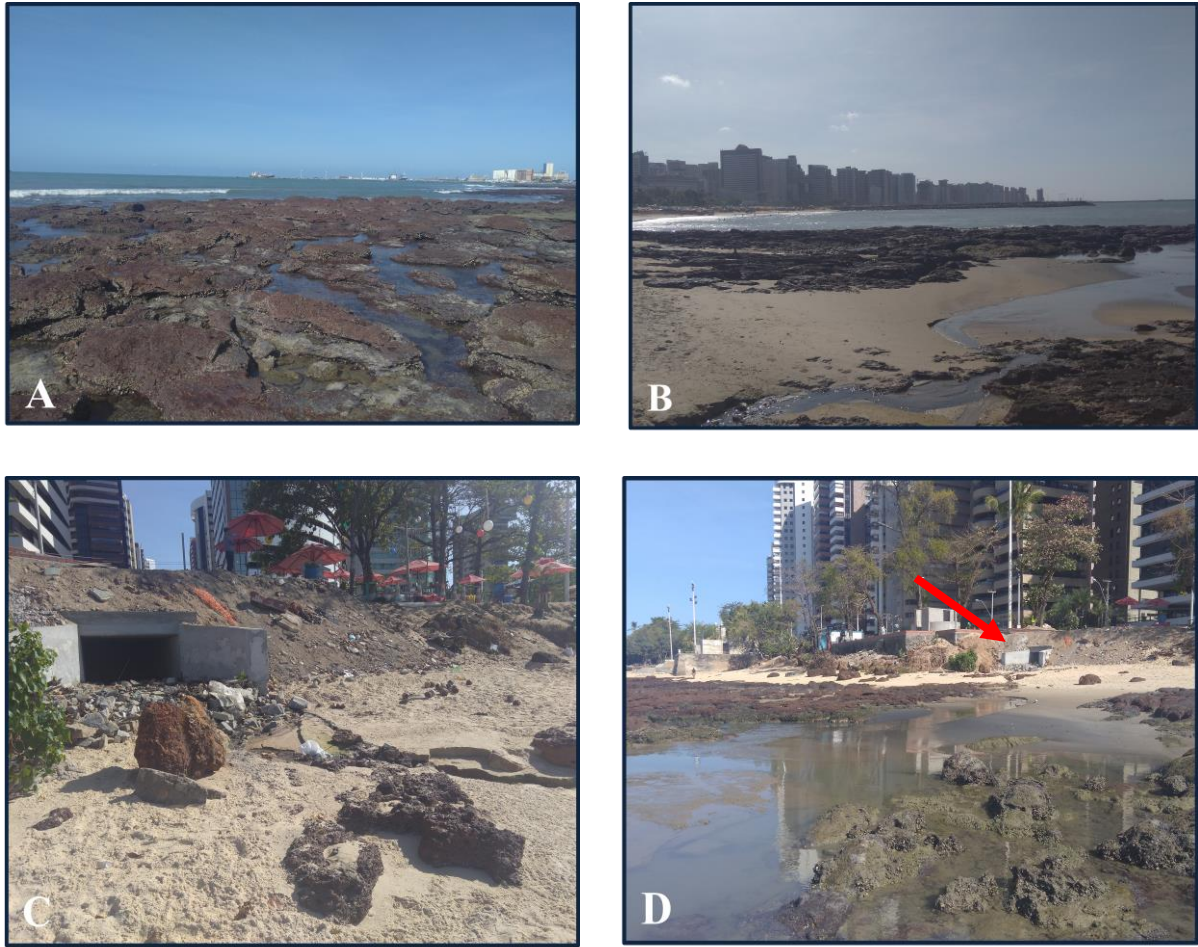


Figura 2: A – Poças do recife de arenito ferruginoso da Volta da Jurema. B – Recife de arenito ferruginoso visto a partir da galeria pluvial. C – Galeria pluvial próxima ao recife. D – Galeria pluvial vista a partir do recife.

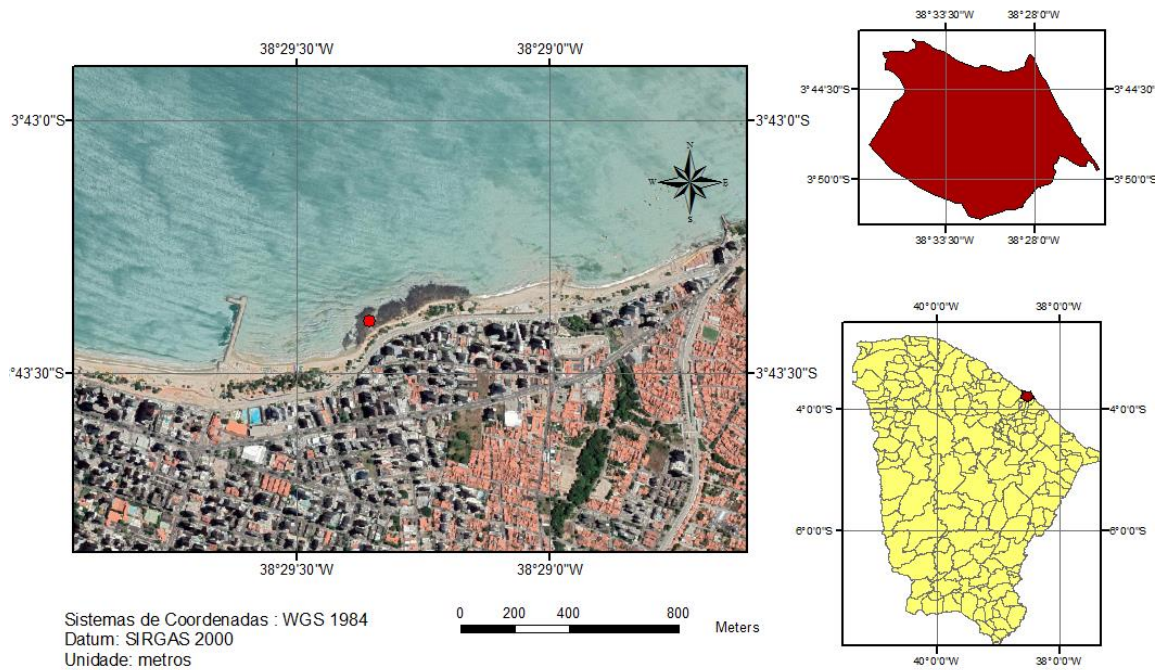


Figura 3: Mapa da localização da área de estudo. Recife de arenito ferruginoso da Volta da Jurema na praia do Meireles, Fortaleza – CE.

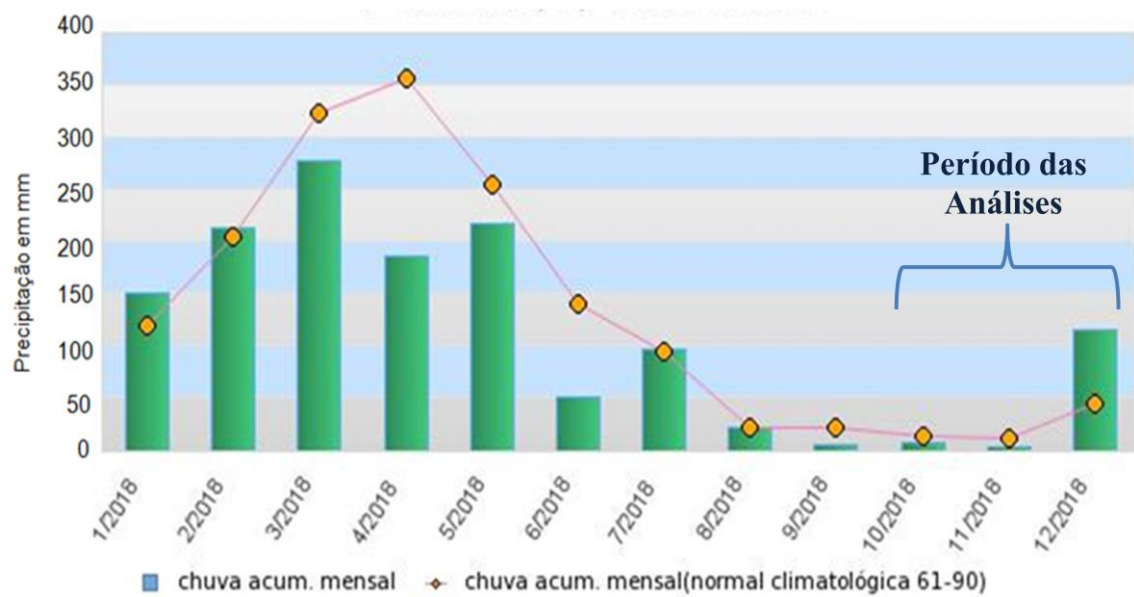


Gráfico 1: Dados de pluviometria, chuva acumulada mensal x chuva (normal climatológica 61-90), durante ano de 2018 da cidade de Fortaleza - CE. Fonte: http://www.inmet.gov.br/sim/abre_graficos.php.

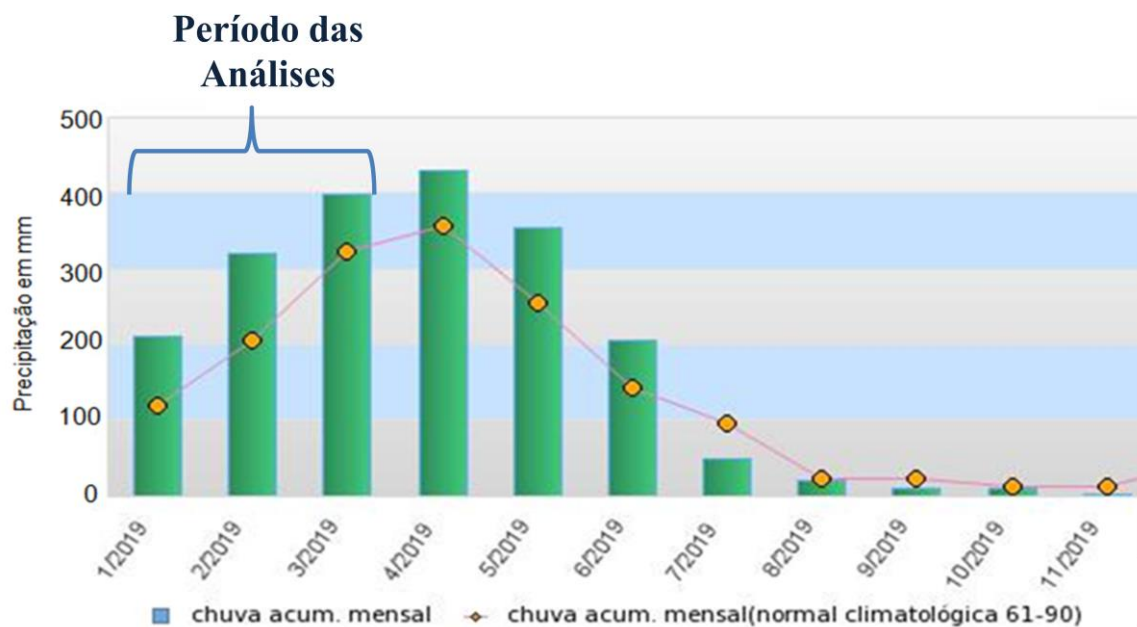


Gráfico 2: Dados de pluviometria, chuva acumulada mensal x chuva (normal climatológica 61-90), durante ano de 2019 até 25/11/2019 da cidade de Fortaleza - CE. Fonte: http://www.inmet.gov.br/sim/abre_graficos.php.

3.2. Coleta de Dados

Tomando como referência o protocolo de monitoramento dos recifes e ecossistemas coralíneos (Leão et al., 2016), as análises foram realizadas ao longo de seis meses, de outubro de 2018 a março de 2019, em períodos de maré baixa das últimas semanas de cada mês, o que corresponderam as marés de quadratura (Apêndice D). Durante o período de amostragem foram levantados dados da porcentagem de cobertura do coral pétreo escleractíneo *Siderastrea stellata*, coral dominante da região, sedimento e alga filamentosa. O percentual de cobertura foi obtido a partir da delimitação de três áreas de 36 m² adjacentes uma a outra (A, B e C), na mesma faixa do mesolitoral nas coordenadas de 03°43' S e 038°29' W. Esse procedimento na mesma zona do mesolitoral visou evitar efeitos da zonação, como menor tempo de dessecação em regiões mais próximas ao mar.

Em cada área foram selecionadas aleatoriamente quatro poças de maré que continham colônias de *S. stellata*, delimitando 12 (doze) sub-áreas (A₁, A₂, A₃, A₄; B₁, B₂, B₃, B₄ e C₁, C₂, C₃, C₄) de 50x50 cm (Figura 4), onde foi verificada a porcentagem de cobertura de colônias saudáveis, branqueamento, sedimento e alga filamentosa. Por fim, a cobertura de cada sub-área foi registrada via fotografia (Figura 5) para posterior análise da porcentagem de coral vivo, alga filamentosa e sedimento com a utilização do programa: photoQuad (Trygonis e Sini, 2012). Além do registro fotográfico, utilizando uma sonda multiparâmetro AKSO - AK87 (Figura 10A), foi feita a medição dos parâmetros físico-químicos de temperatura e salinidade em cada sub-área (Figura 6) para posterior análise estatística via o programa Past.

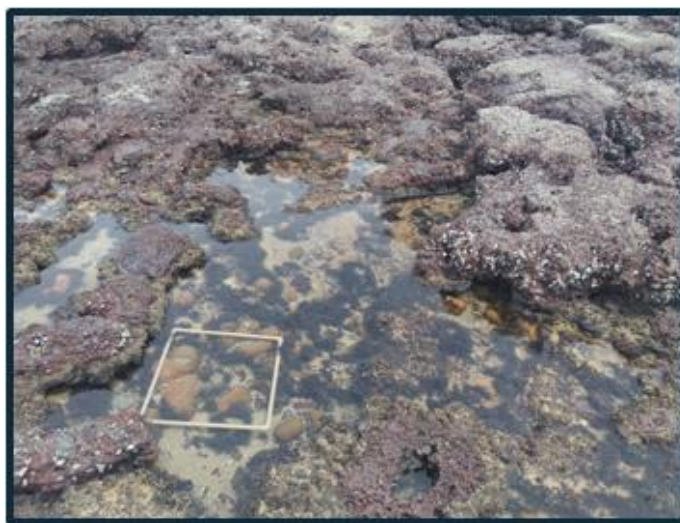


Figura 4: Delimitação de uma sub-área.

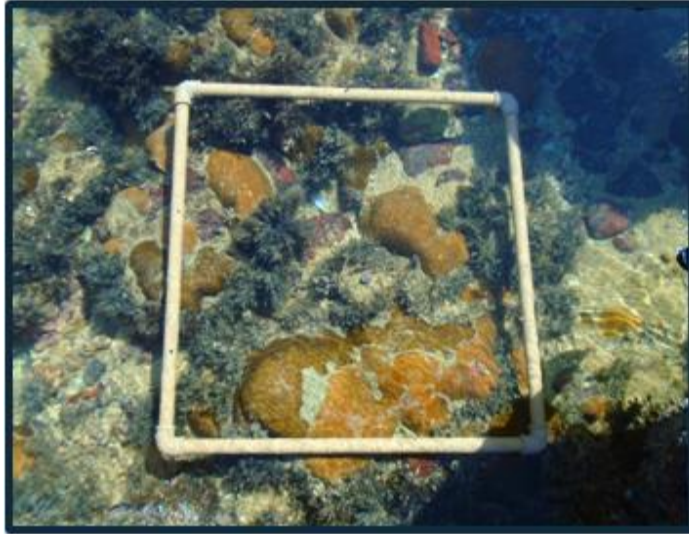


Figura 5: Registro fotográfico de uma sub-área.



Figura 6: Medição dos parâmetros físico-químicos.

3.4. Análise Laboratorial

3.4.1. photoQuad

O *software* utilizado para a análise de porcentagem de cobertura photoQuad (Figura 7) é uma ferramenta criada para atender à necessidade de análises rápidas e precisas juntamente com comparação de informações ecológicas presentes em fotografias digitais ou digitalizadas, com foco especial em amostras quadráticas. É um *software* que integra um conjunto de análises 2D utilizada em biologia e ecologia marinha para a análise de comunidades sésseis (bentônicas) por meio de amostragens fotográficas. Seu sistema operacional em camadas também permite que várias análises sejam realizadas simultaneamente em uma mesma imagem base (Trygonis e Sini, 2012).

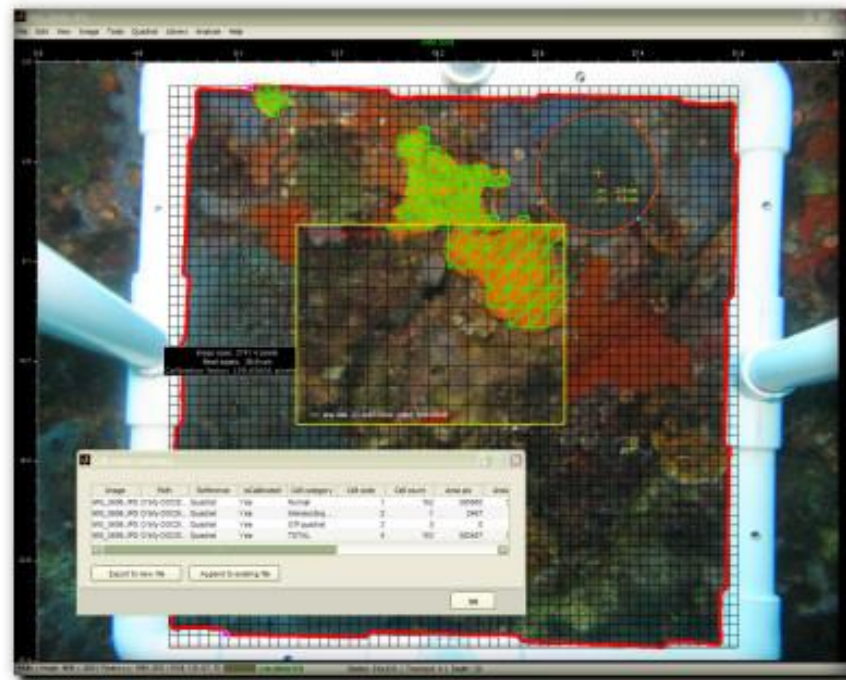


Figura 7: Imagem ilustrativa do programa photoQuad retirada do site <https://www.mar.aegean.gr/sonarlab/photoquad/features/ft.html>.

3.4.2. Paleontological Statistic (PAST)

O programa estatístico utilizado para a análise dos dados obtidos foi o Paleontological Statistic (PAST) (Figura 8), software gratuito para análises científicas, com funções que permitem a manipulação dos dados, plotagem, estatísticas univariadas e multivariadas, análise ecológica, séries temporais e análises espaciais, morfometria e estratigrafia.

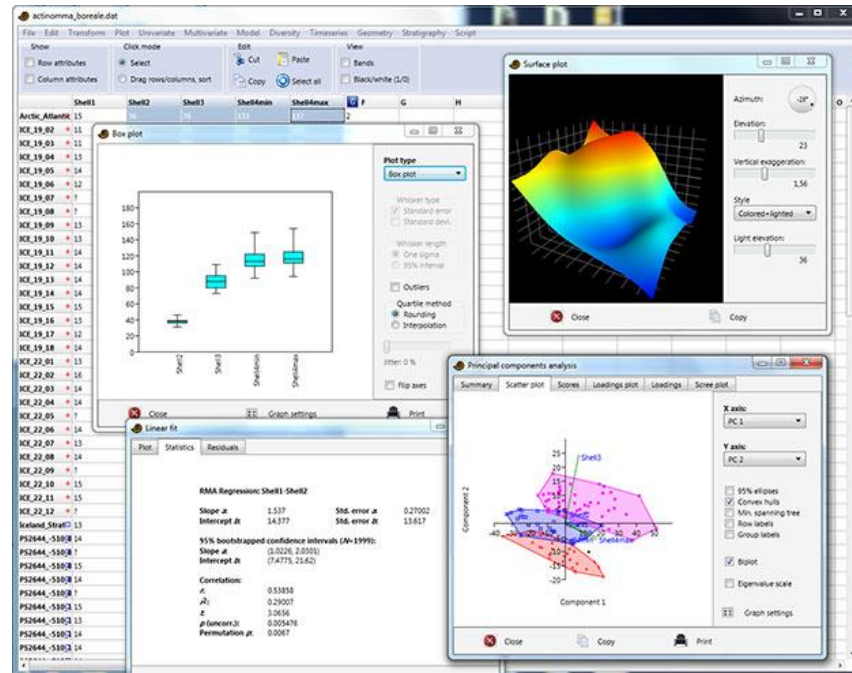


Figura 8: Imagem ilustrativa do programa PAST retirada do site <https://folk.uio.no/ohammer/past/>.

3.5. Análise de Dados

3.5.1. Componentes do Ecossistema

Para posterior análise estatística, os dados bióticos de coral vivo e branqueado, alga filamentosa e de sedimento observados nas poças entremarés foram convertidos em porcentagem via programa photoQuad e analisados da seguinte maneira: Para cada registro de sub-área os corais considerados vivos foram aqueles que se podia observar uma tonalidade mais uniforme dos pólipos em toda a colônia (Figura 9A). O branqueamento foi considerado quando se era observado a presença de pólipos com tonalidades mais claras, próximas ao branco, quando comparados com a tonalidade do resto da colônia ou quando a colônia estava total ou parcial despigmentada (Figura 9B).

A porcentagem de alga filamentosa registrada foi aquela observada do ângulo de cima para baixo da poça, estando ela cobrindo ou não corais ou sedimentos (Figura 9C). Para a cobertura de sedimento o método utilizado para registro foi o mesmo da porcentagem de alga filamentosa (Figura 9D). Após, os dados de porcentagem foram dispostos em uma planilha (Apêndice A).

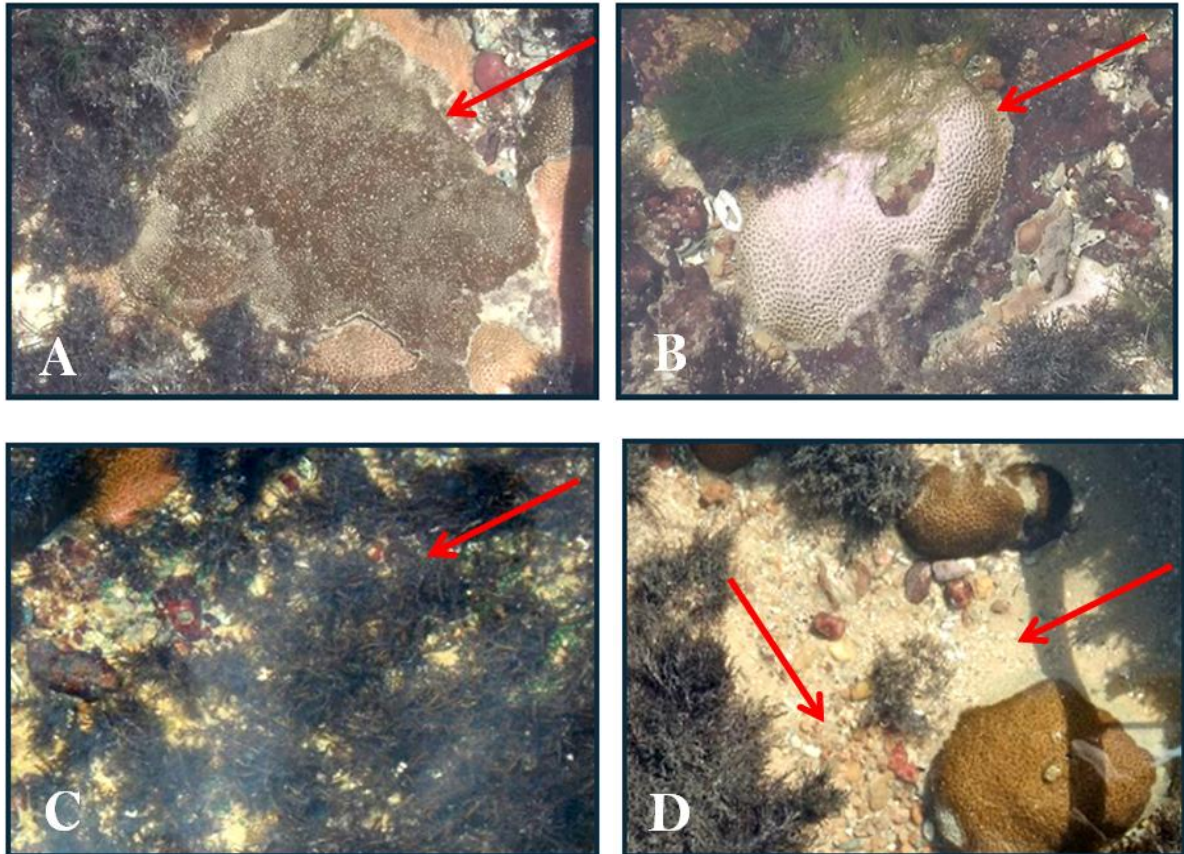


Figura 9: (A) - Colônia do coral *S. stellata* vivo. (B) - Colônia do coral *S. stellata* com branqueamento forte. (C) - Alga filamentosa. (D) - Sedimentos identificados como grão de areia e seixos.

3.5.2. Parâmetros físico-químicos

Os dados de temperatura e salinidade obtidos em cada sub-área também foram dispostos em uma tabela (Apêndice B). Os valores foram registrados pela sonda multiparâmetro AKSO - AK87 (Figura 10A) com capacidade de medição dos parâmetros: temperatura, salinidade/condutividade, pH e oxigênio dissolvido. As unidades de temperatura e salinidade dispostas na sonda são °C e *parts per thousand* (ppt), respectivamente.



Figura 10: (A) - Sonda AK87 com medidor de oxigênio dissolvido. (B) - Sonda AK88, semelhante à AK87 com os medidores de pH, condutividade/salinidade e oxigênio dissolvido, da esquerda para a direita.

3.5.3. Estatística

Foram realizadas análises estatísticas multivariadas para a comparação das seis médias referentes aos meses de outubro de 2018 a março de 2019. Para a comparação das médias referente a salinidade, temperatura, algas filamentosas, coral vivo, branqueamento e sedimentos foram realizadas análises de variância (ANOVA). Este teste analisou se havia diferença estatisticamente significativa entre os meses. Por exemplo, para a variável salinidade verificou se a salinidade variou entre outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março. O mesmo ocorreu para as demais variáveis.

Quando ocorreu diferença estatística foi realizado o pós-teste de Tukey que verificou diferença entre os meses, ou seja, se outubro diferiu de dezembro ou de março. Os testes foram feitos com nível de significância de 5%, ou seja, com intervalo de confiança de 95%. As análises foram feitas no software PAST. Após as análises foram construídos gráficos de Box-plot incluindo média, mediana, desvio padrão e valores mínimo e máximo.

Na comparação dos dados dos parâmetros físico-químicos com os dados de porcentagem de colônias branqueadas foi realizada uma análise de correlação linear (Pearson) entre os componentes temperatura, salinidade e branqueamento (somando as taxas de branqueamento fraco e forte). O índice de correlação varia entre -1 a + 1, pois quanto mais próximo de +1 mais intensa a relação entre as variáveis de forma diretamente proporcional e quanto mais próximo de -1 mais intensa é a relação entre as variáveis de forma inversamente

proporcional. As análises foram feitas no programa PAST (*Paleontological Statistical Analysis*).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos tópicos seguintes, serão apresentados os resultados expostos e discutidos dos componentes bentônicos: alga filamentosa, coral vivo e branqueamento analisado. O percentual de sedimento e os parâmetros físico-químicos de temperatura e salinidade registrados no ambiente entremarés, nas poças do recife de arenito ferruginoso da Volta da Jurema, serão discutidos como fatores abióticos do ecossistema.

4.1. Componentes do Ecossistema

Foi possível observar que a porcentagem de cobertura de alga filamentosa (Gráfico 3) apresentou diferença significativa apenas quando comparados os meses de novembro/18 e dezembro/18 (Tukey, $p < 0,05$) (Apêndice C). Este fato pode ter ocorrido devido a alguma falha na reprodução, possivelmente pela reduzida disponibilidade de espaço, pois nos meses seguintes as médias de porcentagem de cobertura de alga filamentosa decresceram. Uma hipótese é que sendo o mês de dezembro/18 o mês de início do período chuvoso (Gráfico 1), há uma maior quantidade de nutrientes provenientes da costa, levando em consideração também que o recife de arenito ferruginoso estudado é localizado próximo à uma galeria pluvial (Figuras 2C e 2D) (Pereira, 2004; Cardonha et al., 2005; Vieira et al., 2011). Tal resultado demonstra a resistência desses organismos diante os fatores ambientais e antropogênicos que a região é submetida, o que pode sugerir ser um organismo apto à interação competitiva com o coral *S. stellata*.

A interação por competição entre esses organismos nesse ambiente de poças de maré ocorre principalmente pelo espaço ocupado, uma vez que a área disponível submersa em períodos de maré baixa é restrita, como também pelos nutrientes presentes no ambiente responsáveis pelo crescimento, com consequente reprodução e pelo fato da taxa de crescimento diferenciado entre as espécies (McCook, 2001; Titlyanova e Titlyanova, 2008). Cruz et al. (2018) diz que quando um ambiente recifal possui cobertura $> 25\%$ de organismos não construtores do recife, têm-se que aquele ambiente está funcionalmente dominado pelo mesmo. Ao analisarmos a taxa de cobertura de cada poça no decorrer de toda a pesquisa (Apêndice A) temos que: 74% das poças possuem taxa de cobertura $> 25\%$ e os outros 26%

taxa de cobertura < 25%. Quando analisadas as médias de cada mês (Apêndice A), pode-se observar que, durante todo o período, aquele ambiente permanece sob domínio funcional das algas filamentosas, sem ser considerado estar em um estado de condição crítica (> 50%) (Cruz et al., 2018).

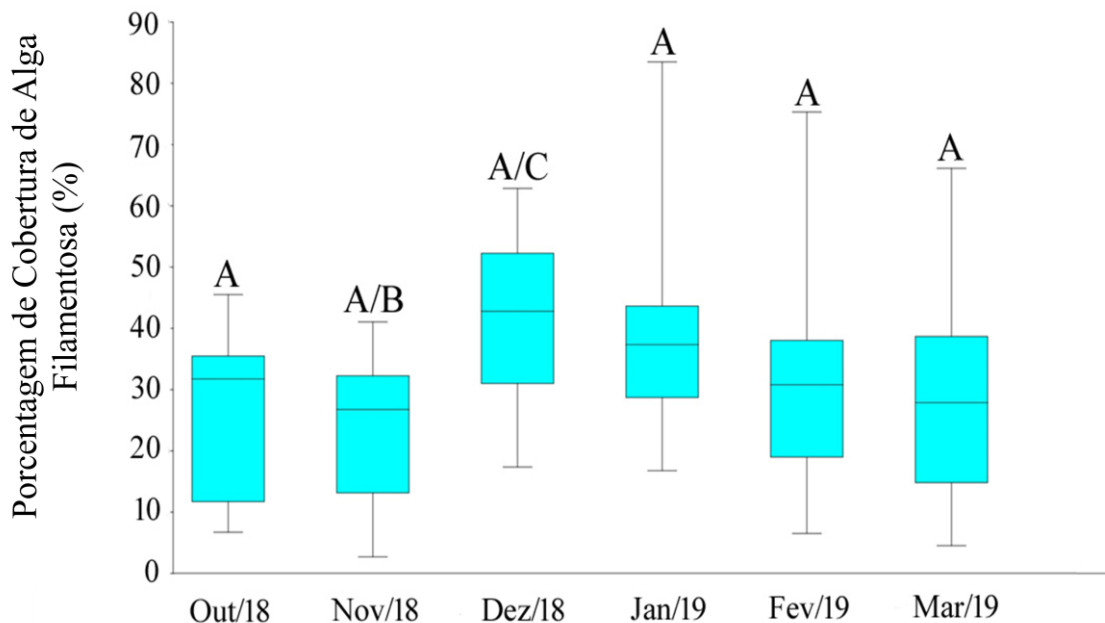


Gráfico 3: Porcentagem de cobertura de alga filamentosa nas poças. No gráfico a primeira haste horizontal (de baixo para cima) indica o valor mínimo e a última haste horizontal indica o valor máximo. No retângulo sua parte inferior indica o primeiro quartil (25%), linha interna é o segundo quartil ou mediana (50%) e sua parte superior indica o terceiro quartil (75%). As letras repetidas indicam que não houve diferença significativa dos valores entre os meses, utilizando a análise ANOVA para o teste de Tukey com valores de $p > 0,05$, e as diferenciadas demonstram diferença significativa entre os meses, utilizando a análise ANOVA para o teste de Tukey com valores de $p < 0,05$.

Ramos et al. (2014), demonstram um caso de interação entre os componentes do ecossistema coral e alga filamentosa em que a presença da alga junto ao coral *S. cf stellata* foi indiferente ao crescimento do mesmo. Em contrapartida Ramos et al. (2014) cita o estudo de McCook (2001) que mostra a influência negativa do coral *Porites lobata*, na Grande Barreira de Corais na Austrália, no crescimento de espécies de algas filamentosas, com o inverso não ocorrendo. Entretanto, Mumby (2009) afirma que a cobertura de algas interfere no crescimento das colônias de corais devido à competição por espaço no substrato. Isto ocorre devido ao diferente padrão de crescimento entre o coral (cm/ano) e alga (cm/semana ou cm/meses) (Mumby, 2009).

A morte de corais por doenças, fenômenos naturais e branqueamento, redução da herbivoria pela sobrepesca, como também redução da qualidade da água são fatores que

impulsionam o *bloom* de macroalgas (Mumby, 2009). O tempo de recuperação de um coral está na escala de décadas a séculos caracterizando um lento período de regeneração, enquanto nas algas essa escala é de semanas a meses, proporcionando a este organismo uma recuperação mais rápida (Williams et al. 2001; Mumby, 2009). Edmunds e Carpenter (2001) e Mumby et al. (2007) demonstram que a reduzida cobertura de macroalgas está associada a elevada densidade de juvenis de corais, evidenciando uma outra dinâmica de crescimento das macroalgas em que a busca por disponibilidade de assentamento no substrato segue as mudanças na cobertura de corais (Mumby, 2009). Portanto, acredita-se que o que ocorre na área de estudo é uma relação de competição entre as espécies.

Semelhante ocorreu ao analisarmos os gráficos 4 e 5 de porcentagem de cobertura do coral vivo *S. stellata* e sedimento ao longo do tempo, respectivamente, onde ambos não apresentaram significativa diferença (Tukey, $p > 0,05$) (Apêndice C). A partir disso, podemos observar a resistência do coral *S. stellata* a grandes variações de luminosidade, sedimentação, temperatura, salinidade e ação forte de ondas, muito comum em regiões entremarés, o que condiz com os trabalhos de Laborel (1970) e Barros & Pires (2007). Tunala et al. (2019), tomam como hipótese que a *S. stellata* possui um capacidade fenotípica de adaptação a tais circunstâncias, o que explicaria a reduzida variação na cobertura da espécie, como também de sedimento, este indicando ser um fator seletivo naquele meio, proporcionando a abundância e predominância dessa única espécie.

De acordo com Cruz et al. (2018), frequentemente, as taxas de cobertura de coral vivo nos recifes marginais são consideradas altas quando possuem valores $> 10\%$. Ao analisarmos a taxa de cobertura de cada poça no decorrer de toda a pesquisa (Apêndice A) temos que: 65% das poças possuem taxa de cobertura $> 10\%$ e os outros 35% taxa de cobertura $< 10\%$. No presente trabalho, quando analisadas as médias de cada mês (Apêndice A), podemos observar que essa taxa de cobertura permanece alta, o que colabora com a afirmação de que a espécie *S. stellata* possui capacidade de adaptação (Tunala et al., 2019).

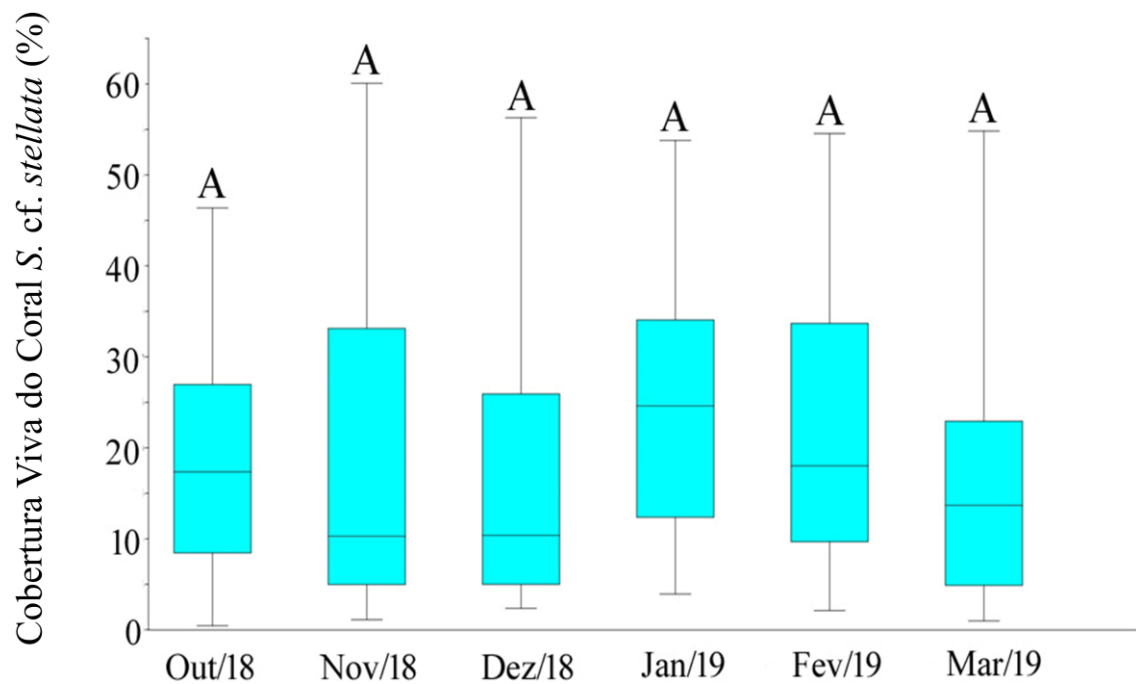


Gráfico 1: Porcentagem de cobertura de coral vivo nas poças. No gráfico a primeira haste horizontal (de baixo para cima) indica o valor mínimo e a última haste horizontal indica o valor máximo. No retângulo sua parte inferior indica o primeiro quartil (25%), linha interna é o segundo quartil ou mediana (50%) e sua parte superior indica o terceiro quartil (75%). As letras repetidas indicam que não houve diferença significativa do valores entre os meses, utilizando a análise ANOVA para o teste de Tukey com valores de $p > 0,05$, e as diferenciadas demonstram diferença significativa entre os meses, utilizando a análise ANOVA para o teste de Tukey com valores de $p < 0,05$

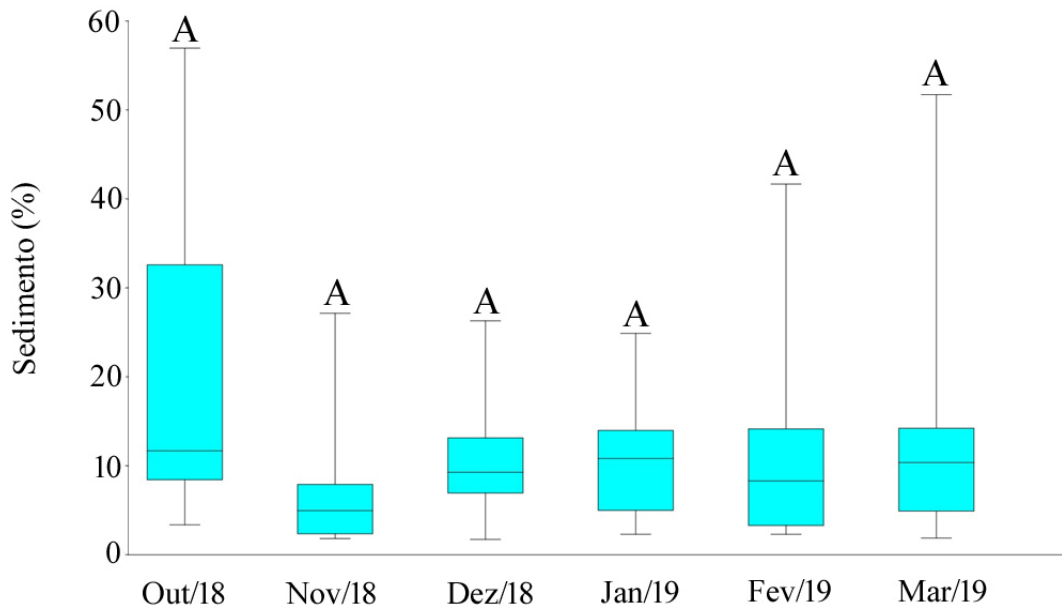


Gráfico 2: Porcentagem de cobertura de sedimento nas poças. No gráfico a primeira haste horizontal (de baixo para cima) indica o valor mínimo e a última haste horizontal indica o valor máximo. No retângulo sua parte inferior indica o primeiro quartil (25%), linha interna é o segundo quartil ou mediana (50%) e sua parte superior indica o terceiro quartil (75%). As letras repetidas indicam que não houve diferença significativa dos valores entre os meses, utilizando a análise ANOVA para o teste de Tukey com valores de $p > 0,05$, e as diferenciadas demonstram diferença significativa entre os meses, utilizando a análise ANOVA para o teste de Tukey com valores de $p < 0,05$.

A variação no percentual de cobertura do sedimento pode ser observada no gráfico 5. No caso do período de ocorrência da pesquisa, nota-se uma uniformidade das médias observadas (Apêndice A). Entretanto, não houve variação temporal significativa da quantidade de sedimentos nas poças (Tukey, $P > 0,05$) (Apêndice C). Apesar disto, é importante considerar a influência que o sedimento exerce sobre a saúde do coral.

Tunala et al. (2019), em sua discussão, dizem que a influência do sedimento sobre o coral *S. stellata* atua de uma forma direta por interferir no orçamento de energia do coral devido à redução da disponibilidade de luz. Portanto, não só a atividade fotossintética, mas os sedimentos podem aumentar a respiração devido ao aumento da atividade dos pólipos, à crescente demanda de energia por rejeição ativa e à redução de sua capacidade de captura de alimentos (Tunala et al., 2019). Tunala et al. (2019) ainda sugerem que em situações críticas (total) de soterramento e com temperaturas médias, 22 °C e 28 °C, parecem favorecer a recuperação dos organismos, em oposição a temperaturas mais extremas, 18 °C.

Durante eventos de estresse intermediário, ou seja, com reduzido ou parcial soterramento, as temperaturas mais baixas parecem favorecer a permanência do coral no estado em que se encontra. Desse modo, age como uma compensação onde a região não coberta passa a exercer uma maior atividade fotossintética em vista da região impossibilitada de tal realização. Tal compensação é uma adaptação do coral.

Embora seja um estudo que trate da espécie de coral *S. stellata* na região recifal de Arraial do Cabo - RJ e os valores de temperatura críticos sejam reduzidos e não elevados como os que encontramos no recife de arenito ferruginoso da Volta da Jurema, a discussão a respeito do soterramento é válida por atuar de forma direta no processo fotossintético da alga simbiote presente no tecido do coral, o que ocorre na espécie em ambas as regiões.

4.2. Indicador de Saúde Recifal.

As temperaturas registradas no período de análise variaram entre 29,3 e 35,2 °C (Apêndice B). O mês de outubro (A) (Gráfico 6) apresenta os maiores valores, demonstrando uma diferença significativa quando comparado às temperaturas das poças nos outros meses de observação. Este fato condiz com a realidade quando comparado aos reduzidos índices pluviométricos (Gráfico 2) do mês de outubro que, pela baixa cobertura de nuvens, permite uma maior incidência dos raios solares que acabam por aquecer as águas nas poças de maré.

Com relação aos outros meses, novembro, dezembro e março (B) (Gráfico 6) não apresentam valores significativos que o diferem quando comparados, da mesma forma janeiro e fevereiro (C) (Gráfico 6). Interessante notar neste último caso que, embora janeiro e fevereiro situem-se no verão, que é mais quente, as taxas de nebulosidade da chuva reduzem a temperatura. Deste modo, as temperaturas de A, B e C diferem entre si (Apêndice C). É válido notar que as médias permaneceram todas acima dos 30 °C (Apêndice B).

Em seu trabalho, Soares et al (2019), apresentam valores elevados de TSM (temperatura da superfície do mar) responsáveis pelo branqueamento de corais que variam de 26,7 a 29,6 °C em mar aberto. Neste trabalho, nota-se uma variação de temperatura de 28,8 a 35,2 °C (Apêndice B), com os valores máximos ocorrendo no mês de outubro, seguido de novembro, dezembro e março (Gráfico 6). Contudo, por ser um ambiente de poça de maré, submetido à variação de maré semidiurna, a exposição as tais temperaturas dura um período de menos de seis horas, sendo estabelecidas condições mais amenas de temperatura na maré

cheia. É válido notar que os maiores valores de temperatura correspondem ao pico da maré baixa, após esse pico os valores tendem a reduzir.

Índices de precipitação, evaporação e exposição aos raios solares são fatores que podem vir a influenciar na temperatura superficial das águas contidas nas poças de marés como também a disponibilidade de sais na região (Durack e Wijffels, 2010, Durack et al., 2012). Tais variáveis são importantes para o desenvolvimento dos corais (Leão et al., 2016) e quando se encontram em valores extremos podem vir a causar o branqueamento da espécie *S. stellata*, coral de maior abundância nas poças da região estudada. Em sua pesquisa na Grande Barreira de Corais, na Austrália, Pockley (1999) diz que elevadas temperaturas também podem contribuir com a deficiência reprodutiva dos corais. A partir disto, a análise destes parâmetros com uma posterior correlação às taxas de branqueamento faz-se necessária para a compreensão e conclusão do trabalho.

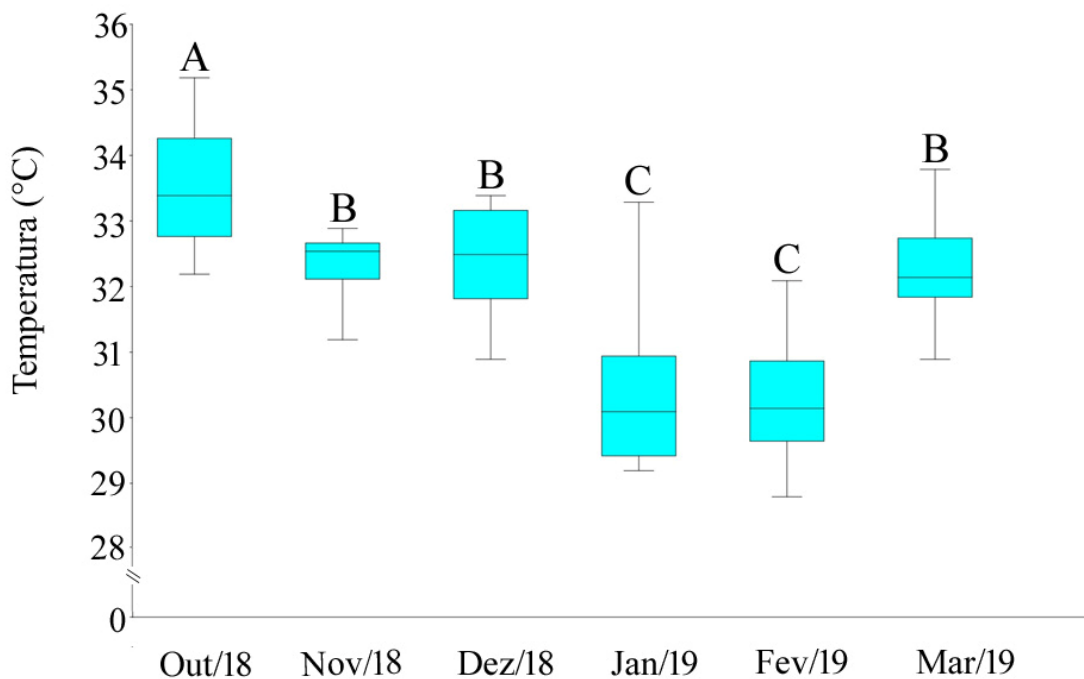


Gráfico 3: Variação de temperatura nas poças entremarés. No gráfico a primeira haste horizontal (de baixo para cima) indica o valor mínimo e a última haste horizontal indica o valor máximo. No retângulo sua parte inferior indica o primeiro quartil (25%), linha interna é o segundo quartil ou mediana (50%) e sua parte superior indica o terceiro quartil (75%). As letras repetidas indicam que não houve diferença significativa do valores entre os meses, utilizando a análise ANOVA para o teste de Tukey com valores de $p > 0,05$, e as diferenciadas demonstram diferença significativa entre os meses, utilizando a análise ANOVA para o teste de Tukey com valores de $p < 0,05$.

Para os valores de salinidade (Gráfico 7), pode-se observar valores elevados, onde os meses de fevereiro e março de 2019 diferem significativamente entre si (Tukey, $p < 0,05$) (Apêndice C) e dos demais meses de outubro, novembro e dezembro de 2018 e janeiro de 2019. Tal ocorrência se dá pelo ambiente de poça de maré que é exposto às elevadas temperaturas, principalmente ao meio dia, o que contribui para a evaporação e consequente aumento da salinidade (Geng, 2016). O mês de novembro de 2018 apresentou maior média de salinidade (43,1) e a menor foi registrada em fevereiro de 2019 (37,1) (Apêndice B).

Exposição a valores de salinidade maiores que 25 acarretam a retração dos pólipos do coral e branqueamento do tecido, reduzindo também as taxas fotossintéticas (Lirman e Manzello, 2009). Em um período de exposição, a 25, de duas a vinte e quatro horas, o tempo de recuperação da taxa fotossintética do coral é de 24 horas. O mesmo ocorre para valores de 45 em um mesmo período de tempo de exposição (Lirman e Manzello, 2009). Fato, para valores de salinidade, que podemos observar ocorrer no presente trabalho, em um período de maré baixa de seis horas, que corresponde ao tipo de maré semidiurna da região, com duas preamares e duas baixamares (Caruso, 2011). É válido notar que os maiores valores de salinidade correspondem ao pico da maré baixa, após esse pico os valores de salinidade tendem a reduzir.

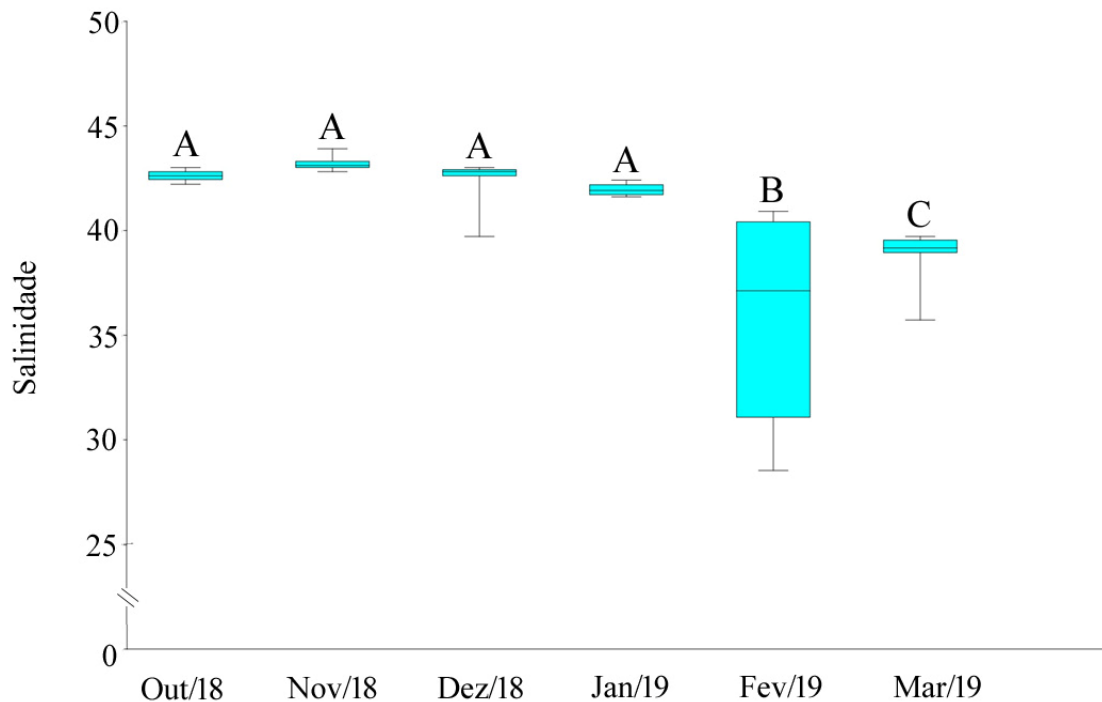


Gráfico 4: Variação de salinidade nas poças entremarés. No gráfico a primeira haste horizontal (de baixo para cima) indica o valor mínimo e a última haste horizontal indica o valor máximo. No retângulo sua parte inferior indica o primeiro quartil (25%), linha interna é o segundo quartil ou mediana (50%) e sua parte superior indica o terceiro quartil (75%). As letras repetidas indicam que não houve diferença significativa do valores entre os meses, utilizando a análise ANOVA para o teste de Tukey com valores de $p > 0,05$, e as diferenciadas demonstram diferença significativa entre os meses, utilizando a análise ANOVA para o teste de Tukey com valores de $p < 0,05$.

Na porcentagem de colônias branqueadas (Gráfico 8), os meses de dezembro de 2018 e janeiro e março de 2019 não diferem significativamente entre si (Tukey, $p > 0,05$) (Apêndice C). Ao observarmos no gráfico 8, vemos que o mês de março de 2019 difere de forma significativa (Tukey, $p < 0,05$) (Apêndice C) dos meses de outubro e novembro de 2018 e fevereiro de 2019. A variação das médias das porcentagens de colônias branqueadas fracas e fortes foi de 26,75%, no mês de novembro/18, a 73,21%, no mês de março (Apêndice A).

Soares et al. (2019) consideram valores de 10,9 % como reduzida taxa de branqueamento das colônias. Assim, comparando com o trabalho presente, nota-se que o recife da Volta da Jurema possui taxas de branqueamento elevadas das colônias durante todo o período da pesquisa, com médias variando entre 26,7% (novembro) e 73,2% (março) (Gráfico 8). O branqueamento leve é mais frequente (Apêndice A). Deste modo, podemos dizer que o branqueamento sempre ocorre e é relativamente alto, mas o organismo mantém a porcentagem de cobertura se recuperando frequentemente do evento de branqueamento.

Os menores valores por poça, observados durante todo o período da pesquisa, são encontrados nos meses de outubro/18 e fevereiro/19, com 9% e 12,5%, respectivamente (Apêndice A). Os maiores valores por poça observados nos meses de dezembro/18, janeiro/19, fevereiro/19 e março/19 poças atingiram 100% de branqueamento forte e/ou fraco das colônias (Apêndice A). A hipótese gerada para que o mês de março/19 possua a maior média de branqueamento é de que o efeito combinado da elevada temperatura com a possível contaminação do recife por efluentes provenientes da galeria pluvial próxima, intensificado pelas chuvas mais intensas (Gráfico 3), tornem as colônias mais fragilizadas, expressando no branqueamento.

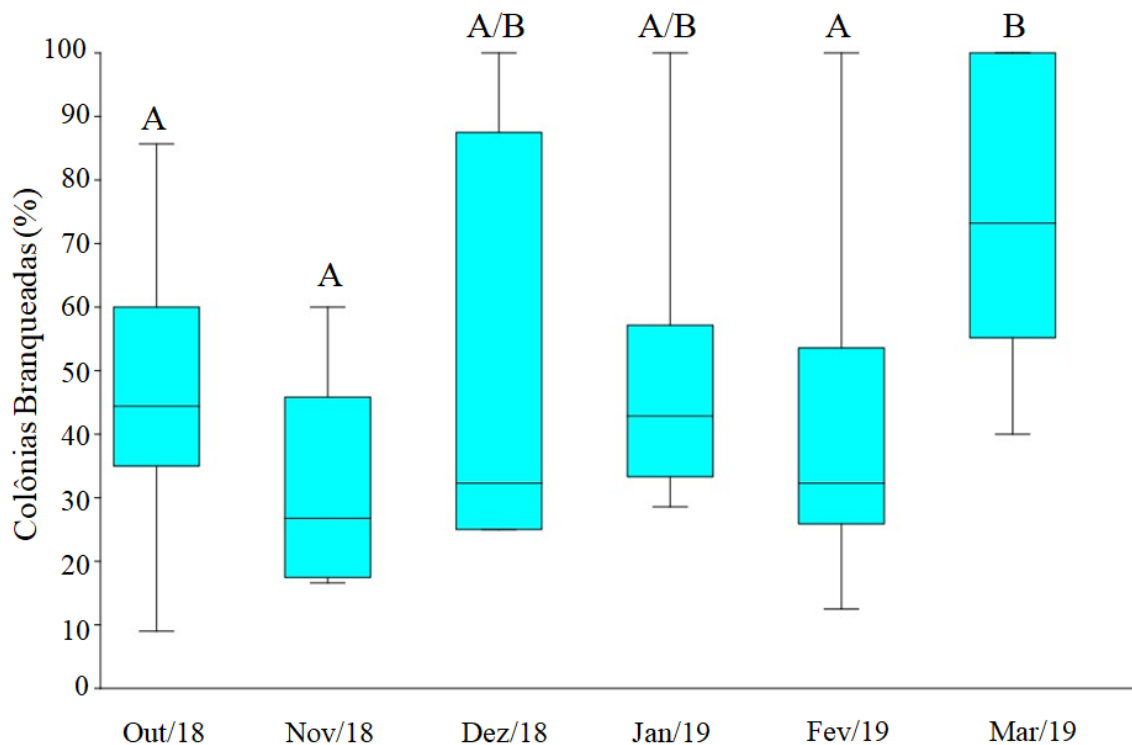


Gráfico 5: Porcentagem de colônias branqueadas nas poças entremarés. No gráfico a primeira haste horizontal (de baixo para cima) indica o valor mínimo e a última haste horizontal indica o valor máximo. No retângulo sua parte inferior indica o primeiro quartil (25%), linha interna é o segundo quartil ou mediana (50%) e sua parte superior indica o terceiro quartil (75%). As letras repetidas indicam que não houve diferença significativa dos valores entre os meses, utilizando a análise ANOVA para o teste de Tukey com valores de $p > 0,05$, e as diferenciadas demonstram diferença significativa entre os meses, utilizando a análise ANOVA para o teste de Tukey com valores de $p < 0,05$.

4.3. Correlação dos Parâmetros físico-químicos de Temperatura e Salinidade com a Porcentagem de Colônias Branqueadas.

Para os dados de correlação obteve-se o seguinte:

Tabela 1: Análise de similaridade (Pearson) entre temperatura, salinidade e branqueamento total (fraco mais forte).

Variáveis	Temperatura	Salinidade	Branqueamento
Temperatura	X	0,0006	0,65
Salinidade	X	X	0,74

O resultado demonstra que, por se aproximar de zero, a variação de temperatura não está relacionada à variação da salinidade. Em contrapartida, a variação de temperatura é diretamente proporcional à variação do branqueamento (quanto maior a temperatura, maior o branqueamento), o que ocorre da mesma forma quando relacionamos a salinidade com o branqueamento. É possível notar que a variável salinidade, quando correlacionada com o branqueamento, possui uma maior proximidade ao valor +1 do índice de correlação linear de Pearson do que a variável temperatura.

Esse resultado condiz com o trabalho de Poggio, Leão e Mafalda-Junior (2009), no recife de Guarajuba - BA, onde valores elevados de temperatura da água nas poças de marés geraram branqueamento em *Siderastrea spp.* no mês de maior temperatura (dezembro/05) atingindo 33,3 °C. Isto demonstra uma relação direta da variável temperatura e branqueamento. Também Lirman e Manzello (2009), em seu estudo com *Siderastrea radians*, na Flórida, demonstram a influência da salinidade extrema nas taxas de branqueamento e período de recuperação do coral para valores de salinidade de 15, 25 e 45. A salinidade teve influência na redução da taxa fotossintética do coral com posterior branqueamento, sendo dependente também do tempo de exposição aos valores de salinidade.

Soares et al. (2019) partem da hipótese de que esses corais possuem características de aclimação por estarem inseridos em um ambiente de reduzida variação térmica, porém com temperaturas sempre levadas (>26 °C), tornando a espécie resistente. Ainda de acordo com Soares et al. (2019), a sedimentação, unida à turbidez, é um fator que por afetar consideravelmente os corais, atua como característica seletiva do meio para espécies mais adaptadas às condições estressantes. A resistência de *S stellata* a estresses

crônicos (elevada temperatura, por exemplo) a faz um bioindicador de estresse ambiental nas comunidades coralíneas (Soares et al., 2019).

A ocupação de diferentes nichos ecológicos relacionado à simbiose específica entre o coral *Siderastrea* e o *Symbiodinium* tipo C, demonstra uma flexibilidade diante as condições oceanográficas submetidas (Costa, Sassi e Gorlach-Lira, 2008). Juntamente a isso, sua capacidade mixotrófica (autótrofo e heterótrofo), estrutura populacional e estratégias reprodutivas como: grande número de colônias de pequeno diâmetro e a reprodução precoce para o encubamento das larvas são táticas de sobrevivência que permitem sua alta taxa de cobertura em ambientes seletivos (Soares et al., 2019). Tais afirmações nos permitem compreender a pouca alteração dos valores médios de cobertura viva do coral *Siderastrea stellata* diante os valores dispostos de cobertura de alga filamentosa, sedimento, elevadas temperaturas e salinidade.

5. CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os componentes do ecossistema cobertura de alga filamentosa e sedimento permitem a ocorrência de um ambiente seletivo no recife da Volta da Jurema com predominância para o coral *S. stellata*. A taxa de branqueamento como indicador de saúde recifal indica que a *S. stellata* possui uma capacidade de recuperação a estresses relativamente alta. A temperatura e a salinidade influenciam significativamente no branqueamento dos corais.

Assim, nota-se a necessidade de um posterior estudo mais específico a respeito das causas do branqueamento na região, visto que, por ser uma espécie resistente às variações ambientais comprovada pela literatura, outras metodologias, como a contagem de zooxantelas no tecido no coral, poderiam ser mais eficientes quanto ao real motivo do branqueamento da *S. stellata*. Além dos fatores explanados no trabalho, a possibilidade da despigmentação do tecido do coral por tempo de exposição aos raios UV, pisoteio ou contaminação das poças por efluentes urbanos seriam outros fatores a se observar. Ademais, a realização de uma pesquisa em um espaço de tempo maior também traria a possibilidade de maior precisão e comparação dos dados.

BIBLIOGRAFIA

- ADEY, Walter H.. Coral Reef Ecosystems and Human Health: Biodiversity Counts!. **Ecosystem Health**, [s.l.], v. 6, n. 4, p.227-236, dez. 2000. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1526-0992.2000.006004227.x>.
- CARDONHA, Ângela M. S. et al. Monitoramento da Poluição da Água das Galerias Pluviais e do Mar por Meio de Avaliações Físico-Químicas e Microbiologia. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, n. 38, p.71-78, 2005.
- CARUSO JR. Estudos Ambientais e Engenharia LTDA; Companhia Docas do Ceará. **Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) Terminal Marítimo de Passageiros do Porto de Fortaleza –Ceará**. 2011.
- CASTRO, Clovis B.; PIRES, Débora O.. Brazilian Coral Reefs: What We Already Know and What is Still Missing. **Bulletin Of Marine Science**, Rio de Janeiro, v. 69, n. 2, p.357-371, 2001.
- CESAR, Herman; BURKE, Laretta; PET-SOEDE, Lida. **The Economics of Worldwide Coral Reef Degradation The Economics of Worldwide Coral Reef Degradation**. 3. ed. Netherlands: Cesar Environmental Eco- Nomics Consulting (ceec), 2003.
- CORNELL, H.V. & KARLSON, R.H. Coral species richness: ecological versus biogeographical influences. *Coral reefs*, v.19, p.37-49, 2000.
- COSTA, Cristiane Francisca; SASSI, Roberto; GORLACH-LIRA, Krystyna. Zooxanthellae genotypes in the coral *Siderastrea stellata* from coastal reefs in northeastern Brazil. **Journal Of Experimental Marine Biology And Ecology**, [s.l.], v. 367, n. 2, p.149-152, dez. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2008.09.012>.
- COSTANZA, Robert et al. Changes in the global value of ecosystem services. **Global Environmental Change**, [s.l.], v. 26, p.152-158, maio 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>.
- CRUZ, Igor C.s. et al. Marginal coral reefs show high susceptibility to phase shift. **Marine Pollution Bulletin**, [s.l.], v. 135, p.551-561, out. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.07.043>.
- DULLO, Wolf-christian. Coral growth and reef growth: a brief review. **Facies**, [s.l.], v. 51, n. 1-4, p.33-48, 26 maio 2005. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s10347-005-0060-y>.
- DURACK, P. J.; WIJFFELS, S. E.; MATEAR, R. J.. Ocean Salinities Reveal Strong Global Water Cycle Intensification During 1950 to 2000. **Science**, [s.l.], v. 336, n. 6080, p.455-458, 26 abr. 2012. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1212222>.
- DURACK, Paul J.; WIJFFELS, Susan E.. Fifty-Year Trends in Global Ocean Salinities and Their Relationship to Broad-Scale Warming. **Journal Of Climate**, [s.l.], v. 23, n. 16, p.4342-4362, ago. 2010. American Meteorological Society. <http://dx.doi.org/10.1175/2010jcli3377.1>.
- EDMUNDS, Peter J.; CARPENTER, Robert C.. Recovery of *Diadema antillarum* reduces macroalgal cover and increases abundance of juvenile corals on a Caribbean reef. **Pnas**, [s.l.], v. 98, n. 9, p.5067-5071, 24 abr. 2001.

FERREIRA, Beatrice Padovani; MAIDA, Mauro. **Monitoramento dos Recifes de Coral do Brasil Situação Atual e Perspectivas**. Brasília. Ministério do Meio Ambiente - MMA, 2006. 250 p. (Biodiversidade, 18).

FRANCINI FILHO, Ronaldo et al. Seasonal prevalence of white plague like disease on the endemic Brazilian reef coral *Mussismilia braziliensis*. **Latin American Journal Of Aquatic Research**, [s.l.], v. 38, n. 2, p.292-296, 10 jul. 2010. Pontificia Universidad Catolica de Valparaiso. <http://dx.doi.org/10.3856/vol38-issue2-fulltext-16>.

GENG, Xiaolong; BOUFADEL, Michel C.; JACKSON, Nancy L.. Evidence of salt accumulation in beach intertidal zone due to evaporation. *Scientific Reports*, [s.l.], v. 6, n. 1, 11 ago. 2016. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/srep31486>.

HAMYLTON, Sarah M. et al. Estimating regional coral reef calcium carbonate production from remotely sensed seafloor maps. *Remote Sensing Of Environment*, [s.l.], v. 201, p.88-98, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2017.08.034>.

HAMYLTON, Sarah M. et al. Linking pattern to process in reef sediment dynamics at Lady Musgrave Island, southern Great Barrier Reef. *Sedimentology*, [s.l.], v. 63, n. 6, p.1634-1650, 20 maio 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/sed.12278>.

HUGHES, T. P. et al. Climate Change, Human Impacts, and the Resilience of Coral Reefs. *Science*, [s.l.], v. 301, n. 5635, p.929-933, 15 ago. 2003. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.1085046>.

HUGHES, Terry P. et al. Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene. *Science*, [s.l.], v. 359, n. 6371, p.80-83, 4 jan. 2018. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.aan8048>.

LABOREL-DEGUEN, Françoise et al. **Recifes Brasileiros: O Legado de Laborel**: “Les Peuplements de Madréporaires des Côtes Tropicales du Brésil” Jacques Laborel, 1970 (traduzido e comentado). Tradução de Clóvis B. Castro e Débora O. Pires. Rio de Janeiro: Gráfica Stamppta Ltda. 2019, 2019. 376 p. (Livros 64. Museu Nacional). Disponível em: <<http://coralvivo.org.br/arquivos/documentos/Recifes-Brasileiros-o-Legado-de-Laborel-2019.pdf>>.

LAMB, Joleah B. et al. Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science*, [s.l.], v. 359, n. 6374, p.460-462, 25 jan. 2018. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.aar3320>.

LEÃO, Zelinda M. A. N. et al. Brazilian coral reefs in a period of global change: A synthesis. *Brazilian Journal Of Oceanography*, [s.l.], v. 64, n. 2, p.97-116, 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1679-875920160916064sp2>.

LINS-DE-BARROS, Monica; PIRES, Débora O.. Comparison os the Reproductive Status os the Scleractinian Coral *Siderastrea stellata* Throughout a Gradient of 20° od Latitude. **Brazilian Journal Of Oceanography**, [s.l.], v. 55, n. 1, p.67-69, 2007.

LIRMAN, Diego; MANZELLO, Derek. 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*, [s.l.], v. 369, n. 1, p.72-77, fev. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2008.10.024>.

LUBIN, Dan et al. Spectral Signatures of Coral Reefs: Features from Space. **Remote Sensing Of Environment**, [s.l.], v. 75, p.127-137, 2001.

- MAIDA, Mauro; FERREIRA, Beatrice Padovani. Coral Reefs of Brazil: Overview and Field Guide. **The 8th International Coral Reef Symposium**, Recife, p.263-274, jan. 1997.
- MCCOOK, L.. Competition between corals and algal turfs along a gradient of terrestrial influence in the nearshore central Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, [s.l.], v. 19, n. 4, p.419-425, maio 2001. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s003380000119>.
- MORAIS, Jader O. et al. Preliminary Results on Holocene Sea-level changes on Ceará Coast / Brazil. **Journal Of Coastal Research**, SI 56, Lisbon, Portugal, n. 56, p.646-649, 2009.
- MOURA, Rodrigo L. et al. An extensive reef system at the Amazon River mouth. **Science Advances**, [s.l.], v. 2, n. 4, abr. 2016. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/sciadv.1501252>.
- MUMBY, Peter J.. Phase shifts and the stability of macroalgal communities on Caribbean coral reefs. *Coral Reefs*, [s.l.], v. 28, n. 3, p.761-773, 9 maio 2009. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s00338-009-0506-8>.
- MUMBY, Peter J.; HASTINGS, Alan; EDWARDS, Helen J.. Thresholds and the resilience of Caribbean coral reefs. *Nature*, [s.l.], v. 450, n. 7166, p.98-101, nov. 2007. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/nature06252>.
- ODUM, Howard T.; ODUM, Eugene P.. Trophic Structure and Productivity of a Windward Coral Reef Community on Eniwetok Atoll. *Ecological Monographs*, [s.l.], v. 25, n. 3, p.291-320, fev. 1955. Wiley. <http://dx.doi.org/10.2307/1943285>.
- PEREIRA, R. S. Identificação e Caracterização das Fontes de Poluição em Sistemas Hídricos. *Revista Eletrônica de Recursos Hídricos*. IPH-UFRGS. v. 1, n. 1, p. 20-36. 2004. <https://www.vetorial.net/~regissp/pol.pdf>.
- PEREIRA-FILHO, Guilherme H et al. The southernmost Atlantic coral reef is off the subtropical island of Queimada Grande (24°S), Brazil. *Bulletin Of Marine Science*, [s.l.], v. 95, n. 2, p.277-287, 1 abr. 2019. *Bulletin of Marine Science*. <http://dx.doi.org/10.5343/bms.2018.0056>.
- POCKLEY, Peter. Global warming 'could kill most coral reefs by 2100'. **Nature**, [s.l.], v. 400, n. -, p.98, jul. 1999.
- POGGIO, Carolina; LEÃO, Zelinda; MAFALDA-JUNIOR, Paulo. Registro de Branqueamento Sazonal em *Siderastrea spp.* em Poças Intermareais do Recife de Guarajuba, Bahia, Brasil. **Interciencia**, [s.l.], v. 34, n. 7, p.502-506, jul. 2009.
- PORTUGAL, Adriana Brizon et al. Increased anthropogenic pressure decreases species richness in tropical intertidal reefs. *Marine Environmental Research*, [s.l.], v. 120, p.44-54, set. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.07.005>.
- RAMOS, Carla Alecrim Colaço et al. A test of herbivory-mediated coral–algae interaction on a Brazilian reef during a bleaching event. *Journal Of Experimental Marine Biology And Ecology*, [s.l.], v. 456, p.1-7, jul. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2014.03.005>.
- REICHERT, Jessica et al. Impacts of microplastics on growth and health of hermatypic corals are species-specific. *Environmental Pollution*, [s.l.], v. 254, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113074>.

SMITH, Alec James; MORAIS, Jáder Onofre de. Estudos preliminares sobre a geologia ambiental costeira do estado do Ceará, Nordeste do Brasil. **Arquivos de Ciências do Mar**, Fortaleza, v. 23, p.85-96, jul. 1984.

SOARES, Marcelo de Oliveira et al. Thermal stress and tropical reefs: mass coral bleaching in a stable temperature environment?. *Marine Biodiversity*, [s.l.], v. 49, n. 6, p.2921-2929, 17 ago. 2019. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12526-019-00994-4>.

SOARES, Marcelo de Oliveira; RABELO, Emanuelle Fontenele. Primeiro Registro de Branqueamento de Corais no Litoral do Ceará (NE, Brasil): Indicador das Mudanças Climáticas? **Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 1, p.1-10, 2014.

SOARES, Marcelo de Oliveira; RABELO, Emanuelle Fontenele; MATHEWS-CASCON, Helena. Intertidal Anthozoans from the coast of Ceará (Brazil). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 4, n. 9, p.437-443, dez. 2011.

TITLYANOV, E. A.; TITLYANOVA, T. V.. Coral-algal competition on damaged reefs. *Russian Journal Of Marine Biology*, [s.l.], v. 34, n. 4, p.199-219, jul. 2008. Pleiades Publishing Ltd. <http://dx.doi.org/10.1134/s1063074008040019>.

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*, [s.l.], v. 424-425, p.99-108, ago. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2012.04.018>.

TUNALA, Layla Poubel et al. Stress factors in the photobiology of the reef coral *Siderastrea stellata*. *Journal Of Experimental Marine Biology And Ecology*, [s.l.], v. 519, out. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jembe.2019.151188>.

VILLAÇA, Roberto C.. Recifes Biológicos. In: PEREIRA, Renato Crespo; GOMES, Abilio Soares. **Biologia Marinha**. 2. ed. [s.l.]: Interciência, 2009. Cap. 17. p. 399-420.

WILLIAMS, Ivor D.; POLUNIN, Nicholas V. C.; HENDRICK, Vicki 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**, [s.l.], v. 222, p.187-196, 5 nov. 2001.

ZHANG, Ruijie et al. Occurrence, sources and transport of antibiotics in the surface water of coral reef regions in the South China Sea: Potential risk to coral growth. *Environmental Pollution*, [s.l.], v. 232, p.450-457, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2017.09.064>.

APÊNDICE A – COMPONENTES DO ECOSSITEMA. TAXAS DE COBERTURA.

	CV (%)	AF (%)	SED (%)	Colônias Branqueadas			N° de Colônias
				Leve (%)	Forte (%)	Total (%)	
OUTUBRO	20,78	35,38	9,03	62,5	0	62,5	8
	6,13	35,50	16,89	0	9	9	11
	8,40	45,50	11,20	20	0	20	10
	9,53	16,95	3,45	38,4	0	38,4	13
	27,72	32,92	11,01	42,8	0	42,8	14
	23,87	31,54	3,37	52,9	0	52,9	17
	0,47	43,11	34,28	0	0	0	1
	8,66	9,94	56,94	0	60	60	5
	24,73	9,74	12,17	10	25	35	20
	41,72	31,90	8,24	44,4	0	44,4	9
	13,97	29,68	36,24	85,7	0	85,7	7
	46,37	6,70	27,56	33,3	16,6	49,9	12
	Média	17,37	31,72	11,69	42,8	20,8	44,4
NOVEMBRO	9,55	30,83	4,75	60	0	60	5
	48,67	27,55	2,43	16,6	0	16,6	6
	35,10	13,09	27,15	50	0	50	2
	10,57	30,28	5,53	25	0	25	4
	27,26	25,91	2,40	28,5	0	28,5	7
	10,02	32,72	2,35	33,3	0	33,3	6
	60,08	13,20	1,93	16,6	0	16,6	6

	24,35	21,59	7,05	20	0	20	10
	4,08	41,04	1,83	0	0	0	1
	7,73	3,55	5,17	0	0	0	4
	4,30	2,68	8,20	0	0	0	6
	1,13	35,76	8,55	0	0	0	2
Média	10,30	26,73	4,96	26,75	-	26,75	6
	8,70	29,90	1,73	25,00	0	25	4
	27,35	34,21	13,00	33,3	0	33,3	9
	4,97	43,79	16,03	50	33,3	83,3	6
	3,83	52,10	8,60	0	0	0	5
	2,38	62,84	6,89	0	0	0	3
DEZEMBRO	21,70	28,76	5,25	0	0	0	8
	5,15	61,57	7,10	25,00	0	25	4
	56,29	17,34	9,95	31,25	0	31,25	16
	15,03	51,85	7,46	0	0	0	4
	12,10	41,76	26,30	0	0	0	6
	28,62	38,21	13,18	0	0	0	7
	6,93	52,30	11,47	66,7	33,3	100	3
Média	10,40	42,78	9,27	32,28	33,3	32,28	5,00
	5,40	43,67	14,91	28,57	14,28	42,85	7
	53,80	28,60	5,00	20	20	40	5
	25,67	33,65	5,00	50	0	50	4
	23,59	35,37	11,17	50	0	50	8
JANEIRO	15,00	43,48	2,79	28,57	0	28,57	7
	3,95	83,48	2,30	100	0	100	2
	26,03	28,96	10,47	60	0	60	10
	43,19	22,83	14,02	40	0	40	15

	35,77	16,75	5,90	0	0	0	9
	11,60	42,18	24,88	33,3	0	33,3	6
	28,98	39,29	13,86	57,14	0	57,14	7
	14,70	56,90	11,25	30,76	0	30,76	13
Média	24,63	37,33	10,82	40	17,14	42,85	7
	9,18	30,89	7,65	71,42	0	71,42	7
	17,20	34,65	8,50	42,85	14,28	57,13	7
	54,55	30,67	2,30	25,00	0	25	4
	18,87	37,64	13,16	33,3	0	33,3	12
	2,14	16,70	4,20	100	0	100	1
FEVEREIRO	24,00	30,08	8,10	40	0	40	10
	6,45	75,31	3,00	20	0	20	5
	17,00	38,15	2,75	42,85	0	42,85	7
	53,88	15,30	9,70	31,25	0	31,25	16
	29,50	6,49	41,67	28,57	0	28,57	14
	35,09	25,76	14,48	30	0	30	10
	11,25	42,66	24,54	12,5	0	12,5	8
Média	18,04	30,78	8,30	32,28	14,28	32,28	7,5
	4,90	17,20	14,59	0,00	100	100	2
	54,69	26,60	3,60	40	0	40	5
	10,45	29,13	6,19	33,3	50	83,3	6
	19,27	23,77	10,99	71,42	0	71,42	7
MARÇO	1,00	7,15	4,70	25	75	100	4
	22,88	33,90	5,55	28,57	28,57	57,14	7
	16,95	30,13	13,14	60	0	60	5
	5,60	66,11	1,88	75	0	75	4
	54,83	14,00	9,75	53,3	0	53,3	15

	22,96	4,50	51,72	54,54	0	54,54	11
	3,55	56,81	22,40	100	0	100	2
	4,90	40,26	12,25	28,57	71,42	100	7
Média	13,70	27,87	10,37	53,3	100	73,21	5,5

Legenda: CV – Coral Vivo; AF – Alga Filamentosa; SED – Sedimento.

APÊNDICE B – PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

	Temperatura (°C)	Salinidade
OUTUBRO	33,6	42,5
	34,2	42,6
	34,3	42,6
	35,2	42,8
	34,3	42,3
	32,6	42,4
	32,7	42,5
	33,2	43
	32,2	42,6
	33,4	42,9
	33,4	42,8
	33	42,2
Média	33,4	42,6
NOVEMBRO	32,9	43,3
	32,2	42,9
	32,8	43,1
	32,3	43
	32,6	43,2

	32,5	42,8
	31,6	43,1
	32,1	43,3
	32,6	43,5
	31,2	43
	32,7	43,9
	32,6	43
Média	32,55	43,1
DEZEMBRO	30,9	31,8 *
	31,7	42,5
	32,3	42,9
	32,4	42,8
	32,2	42,8
	32,8	42,6
	32,6	42,9
	32,7	39,7
	31,5	42,8
	33,3	43
	33,4	42,9
	33,3	42,9
Média	32,5	42,8
JANEIRO	29,2	41,7
	29,4	42
	29,3	41,8
	29,5	41,7
	29,8	42,2
	30	41,6

	30,2	41,7
	30,5	42
	30,4	42,1
	31,1	42,4
	31,5	42,3
	33,3	41,7
Média	30,1	41,9
FEVEREIRO	29,3	37,7
	29,6	39,2
	28,8	32,8
	30,2	40,8
	30,9	37,1
	30,8	30,6
	29,9	28,5
	30,1	32,4
	29,8	29
	30,3	37,1
	31,8	40,9
	32,1	40,8
Média	30,15	37,1
	33,8	35,7
	32,2	39,6
	32,8	39,7
MARÇO	32,8	39,7
	32,6	39
	31,8	38,9
	32	38,9

	32,1	39,2
	32	39
	31,8	39,3
	30,9	39,1
	32,2	39,2
Média	32,15	39,15

*Ponto outlier

APÊNDICE C – VALORES DE P PARA ANÁLISE DE VARIÂNCIA (ANOVA)

TEMPERATURA						
	out./18	nov./18	dez./18	jan./19	fev./19	mar./19
out./18		0,01679	0,03257	0,00E+00	0,00E+00	0,007725
nov./18	4,719		0,9999	4,49E-06	2,56E-06	0,9998
dez./18	4,382	0,3371		1,76E-06	9,97E-07	0,996
jan./19	12,78	8,057	8,394		1	1,24E-05
fev./19	12,98	8,259	8,596	0,2023		7,14E-06
mar./19	5,09	0,3708	0,7079	7,686	7,888	

Valores acima da diagonal para $p < 0.05$ são relevantes. Os valores em rosa indicam que houve diferença significativa entre os meses.

SALINIDADE						
	out./18	nov./18	dez./18	jan./19	fev./19	mar./19
out./18		0,9816	1	0,9649	5,28E-11	0,0004959
nov./18	0,9867		0,9718	0,6613	4,51E-12	3,96E-05
dez./18	0,1221	1,087		0,9807	1,58E-10	0,0009348

jan./19	1,144	2,131	0,9968		1,40E-09	0,00709
fev./19	12,05	13,04	11,67	10,91		0,001656
mar./19	6,278	7,264	6,017	5,134	5,777	

Valores acima da diagonal para $p < 0.05$ são relevantes. Os valores em rosa indicam que houve diferença significativa entre os meses.

CORAL VIVO

	out./18	nov./18	dez./18	jan./19	fev./19	mar./19
out./18		1	0,9987	0,9729	0,9859	1
nov./18	0,2569		0,992	0,992	0,9969	0,9999
dez./18	0,5629	0,8198		0,8539	0,8971	0,9992
jan./19	1,078	0,8207	1,641		1	0,9656
fev./19	0,929	0,6721	1,492	0,1486		0,9813
mar./19	0,06137	0,3183	0,5015	1,139	0,9904	

Valores acima da diagonal para $p < 0.05$ são relevantes. Os valores em rosa indicam que houve diferença significativa entre os meses.

ALGA FILAMENTOSA

	out./18	nov./18	dez./18	jan./19	fev./19	mar./19
out./18		0,9856	0,1636	0,4067	0,9784	0,9998
nov./18	0,9342		0,03397	0,1198	0,7366	0,9372
dez./18	3,426	4,36		0,9954	0,537	0,274
jan./19	2,698	3,632	0,7279		0,8425	0,577
fev./19	1,022	1,957	2,403	1,676		0,9975
mar./19	0,3817	1,316	3,044	2,316	0,6407	

Valores acima da diagonal para $p < 0.05$ são relevantes. Os valores em rosa indicam que houve diferença significativa entre os meses.

SEDIMENTO

	out./18	nov./18	dez./18	jan./19	fev./19	mar./19
out./18		0,05712	0,3831	0,3263	0,5359	0,7348
nov./18	4,076		0,9361	0,9603	0,8442	0,6681
dez./18	2,755	1,322		1	0,9999	0,9932
jan./19	2,899	1,178	0,1441		0,9993	0,9853
fev./19	2,406	1,67	0,3487	0,4928		0,9996
mar./19	1,961	2,115	0,7938	0,9379	0,4451	

Valores acima da diagonal para $p < 0.05$ são relevantes. Os valores em rosa indicam que houve diferença significativa entre os meses.

BRANQUEAMENTO

	out./18	nov./18	dez./18	jan./19	fev./19	mar./19
out./18		0,7495	0,9991	0,9996	0,9967	0,03569
nov./18	1,925		0,6591	0,577	0,932	0,001309
dez./18	0,5108	2,136		1	0,972	0,25
jan./19	0,4282	2,318	0,151		0,9684	0,07675
fev./19	0,6774	1,34	1,084	1,115		0,007513
mar./19	4,366	5,952	3,126	3,928	5,156	

Valores acima da diagonal para $p < 0.05$ são relevantes. Os valores em rosa indicam que houve diferença significativa entre os meses.

APÊNDICE D – DIAS DE COLETA, HORÁRIOS E MARÉS

Dia de Coleta	Maré do Dia	Hora da Maré mais Baixa	Hora da Coleta
29/10/2018	0.5	14:34	12:30
26/11/2018	0.4	13:34	13:10
24/12/2018	0.3	12:40	10:30
31/01/2019	0.9	08:18	07:10
21/02/2019	0.0	12:04	10:57
25/03/2019	0.3	13:37	13:27