



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**BRANQUEAMENTO DAS ESPÉCIES DE *Siderastrea* spp. DAS POÇAS
INTERMAREAIS DO RECIFE DE GUARAJUBA**

por

Carolina de Almeida Poggio

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geologia, Área de Concentração em Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar, da Universidade Federal da Bahia como um dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciências.

Orientadora: Dra. Zelinda Margarida de Andrade Nery Leão

Salvador

- 2007 -

Branqueamento do coral *Siderastrea* ssp. das poças
intermareais do recife de Guarajuba

por

Carolina de Almeida Poggio
Bióloga (Universidade Federal da Bahia - 2001)

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Submetida em satisfação parcial dos requisitos ao grau de

MESTRE EM CIÊNCIAS

- GEOLOGIA -

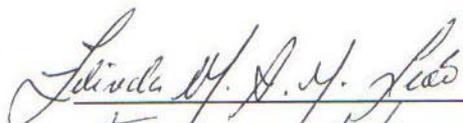
à

Câmara de Ensino de Pesquisa e Pós-Graduação

da

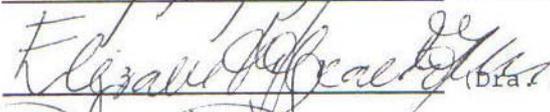
Universidade Federal da Bahia

COMISSÃO EXAMINADORA:

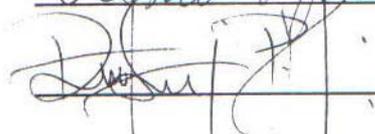


(Dra. Zelinda Margarida de A.N. Leão-UFBA)

(Orientadora)



(Dra. Elizabeth Neves - UFBA)



(Dr. Ruy Kenji Papa de Kikuchi - UFBA)

Data de aprovação: 15/03/2007 Grau conferido em ___/___/___

RESUMO

O fenômeno do branqueamento é caracterizado pela despigmentação do coral em consequência da desestabilização da relação existente entre o coral e suas zooxantelas simbiotes, resultando em perda de zooxantelas e/ou dos seus pigmentos fotossintetizantes. As causas e consequências desse fenômeno, no ecossistema recifal, vêm sendo discutidas no meio científico, apesar de não serem, ainda, totalmente esclarecidas. Diante disso o presente trabalho tem como objetivo avaliar se o branqueamento das colônias de *Siderastrea* spp., presentes nas poças intermareais do topo do recife de Guarajuba, ocorre em função das variações sazonais dos parâmetros da água do mar: temperatura, salinidade, pH e nutrientes. Essa avaliação foi realizada com base nas medidas da densidade das algas zooxantelas em amostras do coral, as quais foram coletadas nas poças de maré do topo recifal durante as marés baixas de sizígia, no início de cada uma das quatro estações, considerando o período de março de 2005 à março de 2006. Os parâmetros físico-químicos da água foram medidos a cada 15 dias, nesse mesmo espaço de tempo e, também, durante as marés baixas de sizígia. Dentre os parâmetros analisados, a temperatura da água das poças foi o que variou mais significativamente, enquanto os outros parâmetros praticamente não sofreram alteração. Em relação à densidade das zooxantelas simbiotes, os resultados obtidos indicaram que esta foi menor nas colônias coletadas na estação mais quente (verão), do que naquelas coletadas na estação mais fria (inverno), quando a temperatura da água das poças esteve mais baixa, caracterizando, assim, uma influencia sazonal no branqueamento das colônias. Pode-se concluir, dessa forma, que o branqueamento registrado entre as amostras de *Siderastrea* spp., ao longo de um ano (2005/2006), esteve associado às variações sazonais da temperatura da água das poças do topo do recife de Guarajuba.

ABSTRACT

The phenomenon of coral bleaching is characterized by the lack of pigmentation in the coral tissue in consequence of loss of the existing relationship between the coral and their symbiotic zooxanthellae, resulting in loss of zooxanthellae and/or its photosynthetic pigments. The causes and consequences of this phenomenon, in the reef ecosystem, have been argued scientifically, although not totally clarified. The objective of the present work is evaluate if bleaching of the colonies of *Siderastrea* spp. from the tidal pools of the Guarajuba Reef top occur in function of seasonal variations of the sea water parameters: temperature, salinity, pH and nutrients. This evaluation was based upon measurement of the density of the zooxanthellae in coral samples, which were collected in the tidal pools during low spring tides, at the beginning of each of the four seasons, from March 2005 to March 2006. The sea water parameters were measured fortnightly, also during low spring tides. Amongst the analyzed parameters, sea water temperature varied more significantly. Considering the density of the symbiotic zooxanthellae, the results indicated that it was lower in the coral colonies collected during summer and higher in samples collected during winter, when seawater temperature was lower, thus characterizing a seasonal influence in the coral bleaching colonies. Therefore, it can be concluded that the bleaching event registered among samples of *Siderastrea* (colonies), from the Guarajuba reef top (north Bahia) may be attributed to seasonal variations of seawater temperature observed from 2005 through 2006.

**Dedico este trabalho aos meus pais e
irmão, Jônea, Humberto e Carlos, e em
especial à Geraldo Marcelo Pereira Lima**

**"Recomeçar... hoje é um bom dia para começar novos desafios.
Onde você quer chegar? Ir alto...sonhe alto... queira o melhor do melhor... queira coisas boas para a vida... Pensando assim trazemos pra nós aquilo que desejamos... Se pensamos pequeno... coisas pequenas teremos... Já se desejarmos fortemente o melhor, e principalmente lutarmos pelo melhor... o melhor vai se instalar na nossa vida."**

Carlos Drummond de Andrade

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, que representa toda a força destinada às minhas realizações;

À Profa. Zelinda Leão, minha orientadora, pela oportunidade, atenção, compromisso e dedicação; e ao Prof. Ruy Kikuchi, também pela oportunidade e ajuda na vida acadêmica;

Aos demais professores, pela participação direta ou indireta na minha formação acadêmica, enquanto mestranda: José Maria Landim Dominguez, Guilherme Lessa, Abílio Bittencourt, Facelúcia Barros, Altair Machado, Tânia Araújo;

Ao coordenador e ao vice-coordenador do curso de Pós-Graduação em Geologia, Dr. Ruy Kenji Papa de Kukichi e Dr. Mauro Cirano;

Um agradecimento, em especial, à Dra. Marlene Campos Peso Aguiar, do Laboratório de Malacologia e Ecologia de Bentos (LAMEB) do IBIO-UFBA, pela disponibilização de instrumentos de pesquisa;

Ao CNPq pelo fomento ao projeto, a CAPES, pela concessão da bolsa de estudo e à FAPESB, pela concessão de auxílio à pesquisa;

À Gilzélío Nascimento, Maria, Nilton Santos, Nilton Silva e Joaquim Lago, pelo suporte logístico;

À doutoranda e amiga, Sheila Resende, da Universidade Estadual de Feira de Santana, pela ajuda essencial nas coletas dos corais, fotografias e apoio nas atividades de laboratório;

À doutora Elizabeth Neves do IBIO/UFBA, pelo auxílio na identificação das espécies de coral;

À doutoranda Marília Oliveira do IGEO/UFBA, pela contribuição nas atividades de laboratório relacionadas ao projeto de mestrado;

À doutora Cristiane Francisca da Costa, da Universidade Federal da Paraíba, pela grande atenção e paciência nas dúvidas sobre parte da metodologia do projeto;

Ao Dr. Francisco Barros pela ajuda na elaboração do desenho experimental do projeto e ao Dr. Paulo Mafalda pela ajuda nas análises estatísticas;

A todos os colegas participantes do Grupo de Pesquisa - Recifes de Corais e Mudanças Globais, pela imensa contribuição nas atividades relacionadas a esse trabalho, e pela amizade; e

Aos companheiros e colegas: Vanessa, Helisângela, Fabíola, Junia, Karina, Patrícia, Grace, Lucas, Adeylan, Juliana, Alephidaleth, Soraia, Renata, Taís, Cláudia, Moema, Edison, Francilena, Cristina, Ivana, Violeta.

Obrigada a todos!

ÍNDICE

1 – INTRODUÇÃO	1
1.1 – Justificativa	2
1.2 – Objetivo	3
2 – REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1 – Branqueamento dos corais construtores de recifes	4
2.1.1 – Branqueamento adaptativo e sazonal	7
2.1.2 – Tolerância e resiliência dos corais	9
2.1.3 – Branqueamento dos corais nos recifes brasileiros e em particular nos recifes da Bahia	10
2.2 – Relação simbiote coral-alga	12
3 – GÊNERO <i>Siderastrea</i> Blainville, 1830	16
4 – ÁREA DE ESTUDO	18
4.1 – Descrição geral	18
4.2 – Aspectos físicos	20
4.2.1 – Clima	20
4.2.2 – Parâmetros oceanográficos	22
4.2.2.1 – Salinidade e temperatura da água superficial do mar	22
4.2.2.2 – Correntes	22
4.3 – Recifes de coral de Guarajuba	22
4.3.1 – Recifes costeiros	23
4.3.2 – Recifes afastados da costa	27
5 – METODOLOGIA	28
5.1 – Procedimentos em campo	28
5.2 – Procedimentos em laboratório	31
5.2.1 – Extração do tecido vivo das amostras de coral	31

5.2.2 – Separação e conservação do material a ser analisado	32
5.2.3 – Contagem, cálculo da densidade e medida do diâmetro das zooxantelas	32
5.2.4 – Identificação das amostras dos corais estudados	34
5.3 – Dados pluviométricos	34
5.4 – Dados das anomalias da temperatura da água superficial do mar	35
5.5 – Análises estatísticas	36
6 – RESULTADOS	37
6.1 – Parâmetros físico-químicos	37
6.2 – Densidade das zooxantelas	40
6.3 – Diâmetro das zooxantelas	43
6.4 – Características das zooxantelas	46
6.5 – Padrão de cor das amostras de <i>Siderastrea</i> spp.	47
6.6 – Identificação das amostras de <i>Siderastrea</i> spp.	49
6.7 – Pluviometria	51
6.8 – Anomalias da temperatura da água superficial do mar	53
7 – DISCUSSÃO	54
7.1 – Variação sazonal dos parâmetros físico-químicos da água	54
7.2 – Branqueamento das colônias de <i>Siderastrea</i> spp.	56
7.3 – Resistência das espécies de <i>Siderastrea</i> spp. às variações ambientais	59
7.4 – Densidade de zooxantelas de <i>S. stellata</i> e <i>S. radians</i>	60
8 – CONCLUSÕES	61
9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
10 – ANEXOS	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Distribuição global de eventos de branqueamento, 1998 – 2000	4
Figura 2 – Densidade populacional de zooxantelas dos corais <i>Stylophora pistillata</i> e <i>Seriatopora hystrix</i>	5
Figura 3 – Densidade populacional de zooxantelas em <i>Stylophora pistillata</i> depois de expostos a adição de nitrogênio (+N) e fósforo (+P) em tratamentos separados e no mesmo tratamento (+N+P)	6
Figura 4 – Ciclo anual da densidade de zooxantelas no coral <i>Pocillopora damicornis</i> nos recifes da Baía de Kaneohe	8
Figura 5 – Tolerância dos organismos às temperaturas extremas	9
Figura 6 – Magnitude dos eventos de branqueamento ocorridos no Brasil entre os anos 1993 e 2000	11
Figura 7 – A - Seção transversal do coral, com camadas do tecido em destaque numeradas	12
Figura 8 – Modelo esquemático do fluxo de nutrientes na associação simbiote coral-alga	14
Figura 9 – Localização da área de estudo	19
Figura 10 – Modelo tridimensional da plataforma continental do Litoral Norte do Estado da Bahia, com a área de ocorrência dos recifes de coral	20
Figura 11 – Tipologia climática simplificada do Estado da Bahia (tipologia climática de <i>Thornthwaite</i> – SEI 1997)	21
Figura 12 – Regime pluviométrico das proximidades de Guarajuba	21
Figura 13 – Seção transversal da plataforma continental do Litoral Norte da Bahia ilustrando os principais tipos de recifes	23
Figura 14 – Fotografias ilustrativas da superfície do topo do recife de Guarajuba	25
Figura 15 – Vista aérea da praia de Guarajuba ilustrando a zona úmida, o cordão urbanizado e o recife (pontilhado em vermelho)	26
Figura 16 – Porção sul do recife da praia de Guarajuba no Litoral Norte da Bahia, exposta durante maré baixa de sizígia, com localização aproximada dos pontos de coleta, números 1 e 2	28
Figura 17 – Desenho esquemático ilustrando as etapas dos procedimentos em campo.	29
Figura 18 – Medição da temperatura e coleta da água para realização dos testes de pH, fosfato e nitrito, nas poças intermareais do topo do recife de Guarajuba	30
Figura 19 – Coleta do fragmento de uma colônia do coral <i>Siderastrea</i> spp. em uma poça intermareal do topo do recife de Guarajuba	31

Figura 20 – A – Extração do tecido superficial de uma amostra de <i>Siderastrea</i> spp utilizando jato de água produzido no <i>Water Pick</i>	32
Figura 21 – A – Câmara de <i>Fuchs-Rosenthal</i> ilustrando os dois compartimentos onde é realizada a contagem das células	33
Figura 22 – Contagem das zooxantelas utilizando o sistema de análise de imagens acoplado ao microscópio	34
Figura 23 – Ocorrências de anomalias da temperatura da água superficial do mar durante o final do verão e o início do outono de 2005	35
Figura 24 – Distribuição temporal da média e desvio padrão mensais da temperatura, salinidade e pH da água das poças do recife de Guarajuba	38
Figura 25 – Distribuição temporal da média e desvio padrão da temperatura, da salinidade e do pH da água das poças do recife de Guarajuba	39
Figura 26 – Variação temporal dos dados obtidos da densidade das zooxantelas, e respectivas médias, das amostras de <i>Siderastrea</i> spp. coletadas nas poças do recife de Guarajuba	41
Figura 27 – Dispersão dos pontos da correlação entre a temperatura da água e a densidade das zooxantelas das amostras de <i>Siderastrea</i> spp. do recife de Guarajuba	43
Figura 28 – Variação temporal dos dados obtidos do diâmetro das zooxantelas (μm), e respectivas médias, das amostras de <i>Siderastrea</i> spp. coletadas nas poças do recife de Guarajuba	44
Figura 29 – Dispersão dos pontos da correlação entre a temperatura da água e o diâmetro das zooxantelas (μm) das amostras de <i>Siderastrea</i> spp. do recife de Guarajuba	46
Figura 30 – Zooxantelas de uma amostra de <i>Siderastrea</i> spp. coletada nas poças intermareais do recife de Guarajuba no inverno de 2005	47
Figura 31 – Fotografias ilustrativas dos padrões de cor das amostras de <i>Siderastrea</i> spp. coletadas nas poças do topo do recife de Guarajuba	48
Figura 32 – Médias e respectivos desvios padrões da densidade das zooxantelas das amostras dos corais <i>Siderastrea stellata</i> e <i>Siderastrea radians</i> coletadas no recife de Guarajuba durante o verão de 2005 (A) e o outono de 2006 (B)	50
Figura 33 – Dados de precipitação pluviométrica (mm) registrados pela estação de Emboacica, localizada no município de Camaçari, litoral norte da Bahia	52
Figura 34 – Precipitação pluviométrica média (mm) registrada durante o período compreendido entre o outono de 2005 e o outono de 2006	52
Figura 35 – Índice de anomalias significativas da temperatura da água superficial do mar durante o final do verão de 2005 e o início do outono de 2005	53

ÍNDICE DE TABELAS E QUADRO

Tabela 1 – Média e desvio padrão mensais dos parâmetros físico-químicos da água das poças do recife de Guarajuba	38
Tabela 2 – Variações máximas e mínimas da temperatura diária da água das poças do recife de Guarajuba	39
Tabela 3 – Média (x) e desvio padrão (s) da temperatura, da salinidade e do pH da água das poças do recife de Guarajuba	39
Tabela 4 – Estatística descritiva da densidade das zooxantelas das amostras de <i>Siderastrea</i> spp. do recife de Guarajuba	40
Tabela 5 – Resultados do teste ANOVA, para a variabilidade da densidade das zooxantelas das amostras de <i>Siderastrea</i> spp. do recife de Guarajuba	41
Tabela 6 – Comparação múltipla entre as médias da densidade das zooxantelas das amostras de <i>Siderastrea</i> spp. do recife de Guarajuba obtidas durante as estações do ano	41
Tabela 7 – Matriz de correlação múltipla entre a temperatura e a salinidade da água das poças e a densidade das zooxantelas das amostras de <i>Siderastrea</i> spp. do recife de Guarajuba	42
Tabela 8 – Estatística descritiva das medidas do diâmetro das zooxantelas (μm) das amostras de <i>Siderastrea</i> spp. do recife de Guarajuba	44
Tabela 9 – Resultados do teste ANOVA para a variabilidade das medidas do diâmetro das zooxantelas (μm) das amostras de <i>Siderastrea</i> spp. do recife de Guarajuba	44
Tabela 10 – Comparação múltipla entre médias do diâmetro das zooxantelas (μm) das amostras de <i>Siderastrea</i> spp. do recife de Guarajuba obtidas durante as estações do ano	45
Tabela 11 – Matriz de correlação múltipla entre a temperatura e a salinidade da água das poças e o diâmetro das zooxantelas (μm) das amostras de <i>Siderastrea</i> spp.	46
Tabela 12 – Média (x) e desvio padrão (s) da densidade das zooxantelas das amostras dos corais do gênero <i>Siderastrea</i> coletadas no recife de Guarajuba. Os valores em vermelho são da espécie <i>S. radians</i> e os demais são da espécie <i>S. stellata</i>	50
Tabela 13 – Dados de precipitação pluviométrica (mm) registrados pela estação de Emboacica, localizada no município de Camaçari, litoral norte da Bahia	51
Quadro 1 - Diferenças básicas na morfologia do esqueleto das espécies de coral do gênero <i>Siderastrea</i> : <i>S. stellata</i> e <i>S. radians</i>	16

1 – INTRODUÇÃO

As estruturas recifais, dominadas por corais escleractíneos, ocorrem a mais de duzentos milhões de anos (Hoegh-Guldberg 1999a). Elas estão distribuídas por cerca de 600.000 km² ao longo da costa dos continentes dos oceanos Pacífico, Índico e Atlântico, geralmente entre as latitudes de 25° N e 25° S (Salvat 1992).

A capacidade de alguns corais escleractíneos de construir recifes está intimamente relacionada à sua associação com as zooxantelas simbiotes (Johnston 1980, Barnes & Chalker 1990, Carricart-Ganivet & Beltrán-Torres 1993, Muller-Parker & D'Elia 1997). Esta relação de simbiose com as zooxantelas permite que os corais cresçam rapidamente, num padrão que exceda a taxa de destruição biológica e a erosão marinha, além de possibilitar seu desenvolvimento em águas tropicais rasas, pobres em nutrientes. No entanto, devido, também, a essa associação, os corais construtores possuem exigências fisiológicas e ecológicas, que restringem a sua ocorrência em ambientes aquáticos rasos, claros e quentes, que atingem temperaturas entre 18 e 30°C, salinidade entre 32 e 40 psu e pH em torno de 8,0 (Hoegh-Guldberg 1999a). A luz é também essencial para a sobrevivência desses corais, por causa da fotossíntese realizada pelas zooxantelas simbiotes e, como consequência, sua distribuição está limitada às profundidades menores que 100 m, com rara ocorrência de algumas espécies em profundidades maiores (Achituv & Dubinsky 1990).

Os recifes de coral apresentam uma interessante contradição, por se tratar de ambientes biologicamente frágeis, porém geologicamente robustos (Buddemeier & Smith 1999). Eles constituem um dos mais diversos, complexos e produtivos ecossistemas marinhos (Birkeland 1997), atraindo a atenção do público em geral, principalmente dos gestores ambientais e dos cientistas. Associados aos recifes estão muitas espécies de interesse econômico, daí sua importância como fonte de proteínas para o consumo humano. Além disso, os recifes protegem as zonas costeiras do efeito da erosão marinha e proporcionam áreas balneáveis de grande potencial turístico, tornando-os, muitas vezes, vulneráveis as alterações ambientais provocadas pelo homem (Clark 1996).

Os ambientes recifais, de forma geral, têm sofrido diversos tipos de ameaças, sendo muitas delas comumente associadas ao fenômeno de branqueamento (Brown 1997b). O branqueamento é conhecido por provocar uma desestabilização da relação da simbiose coral-alga resultando, geralmente, em perda de zooxantelas e/ou dos seus pigmentos fotossintéticos, o que pode causar, algumas vezes, morte do hospedeiro coral (Muller-Parker & D'Elia 1997). O rompimento

dessa relação representa uma grave ameaça à estabilidade das populações escleractínias e, conseqüentemente, para o ecossistema recifal como um todo (Glynn 1993, Muller-Parker & D'Elia 1997). Alguns pesquisadores acreditam que o principal fator do branqueamento esteja relacionado às mudanças no padrão de temperatura e/ou na duração de temperaturas extremas (Glynn 1993, Brown 1997a), por isso as mudanças climáticas globais, que vêm ocorrendo, têm sido uma das principais preocupações de milhares de pesquisadores no mundo. Entretanto, pesquisadores como Glynn (1991) e Brown & Ogden (1993), acreditam que os impactos antropogênicos sejam, também, causa importante do branqueamento dos corais em escala local, caracterizando-se, muitas vezes, como as principais ameaças imediatas de destruição desses ecossistemas. Contudo, existe um consenso de que os mecanismos de respostas ao estresse e recuperação, a nível de organismo e de comunidade, ainda são mal compreendidos, principalmente do que diz respeito ao possível papel dos corais como indicadores climáticos (Buddemeier & Smith 1999).

1.1 – Justificativa

As algas zooxantelas são componentes essenciais para a compreensão da evolução, distribuição e destino dos ecossistemas recifais. Atualmente, têm-se dado muita atenção à importância da relação simbiote dos corais com essas algas, mas no Brasil, estudos das zooxantelas dos corais são raros, ainda.

A avaliação das variações no padrão de densidade das zooxantelas simbiotes é considerada, por muitos pesquisadores, tais como Glynn (1993), Stimson (1997) e Berkelmans & Willis (1999), uma das principais formas de diagnóstico do branqueamento dos corais. Apesar disso, os trabalhos existentes no Brasil, a respeito do branqueamento, utilizam apenas a avaliação visual para medir o seu grau e sua ocorrência. Apenas o trabalho de Costa *et al.* (2001) abordou a relação do fenômeno com as zooxantelas simbiotes, em estudo realizado com a espécie *Siderastrea stellata* nos recifes da praia de Gaibu, litoral do Estado de Pernambuco. Além disso, os registros de branqueamento no Brasil, na maioria das vezes, foram relacionados, principalmente, a ocorrência de temperaturas anômalas durante eventos El Niño. No entanto, Castro & Pires (1999) sugerem que o branqueamento dos corais observado em Abrolhos no ano de 1994 pode estar associado à ação conjunta de temperaturas anômalas e radiação ultravioleta medidas no período. Já Oliveira *et al.* (2004), acreditam que o branqueamento registrado na Baía de Todos os Santos, no ano de 2003, poderia estar associado aos impactos antropogênicos que ocorrem na área, além dos efeitos das variações da temperatura da água do mar. Diante de tais fatos é necessária a melhor compreensão das implicações que as variações dos parâmetros ambientais podem exercer nas

espécies de corais recifais, principalmente em relação ao branqueamento, pois ainda não está muito claro qual ou quais fatores podem estar, realmente, envolvidos nesse processo.

1.2 – Objetivo

O presente trabalho teve como objetivo investigar a ocorrência de branqueamento nas espécies de *Siderastrea* spp. presentes nas poças intermareais do topo do recife de Guarajuba e os parâmetros físico-químicos da água do mar que poderiam estar envolvidos no fenômeno, considerando um período de avaliação de um ano, de março de 2005 a março de 2006.

Para alcançar este objetivo as seguintes atividades foram cumpridas:

- O registro das variações dos parâmetros físico-químicos: temperatura, salinidade, pH e nutrientes da água das poças, durante as quatro estações do ano (outono, inverno, primavera e verão), em períodos de marés baixas de sizígia (lua nova e lua cheia), portanto quinzenalmente;
- A análise da relação do grau de branqueamento das espécies de *Siderastrea* spp. com a densidade das zooxantelas presentes em seus tecidos, em colônias coletadas durante as marés baixas de sizígia de lua cheia, no primeiro mês de cada estação do ano, compreendendo outono, inverno, primavera e verão do ano de 2005 e início do outono de 2006 (março, junho, setembro, dezembro de 2005 e março de 2006);
- A avaliação das variações do diâmetro das zooxantelas, nas colônias com diferentes graus de branqueamento; e
- A avaliação da presença de relação entre o grau de branqueamento das colônias dos corais coletados com variações sazonais porventura existentes nos parâmetros físico-químicos medidos.

2 – REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 – Branqueamento dos corais construtores de recifes

Os eventos de branqueamento têm sido registrados desde 1970 (Glynn 1993), mas apenas a partir da década de 1980 eles tornaram-se freqüentes e severos (Goreau & Hayes 1994). Esse fenômeno vem ocorrendo em recifes de coral de diversas regiões do globo (Figura 1), e em muitas delas já foi observada considerável mortalidade de corais (Brown 1997b). Ele é caracterizado pela despigmentação do coral em consequência da desestabilização da relação existente entre o coral e suas zooxantelas simbiotes (Muller-Parker & D'Elia 1997), resultando em perda de zooxantelas e/ou dos seus pigmentos fotossintetizantes (Fitt *et al.* 1993, Glynn 1993, Fagoonee *et al.* 1999).

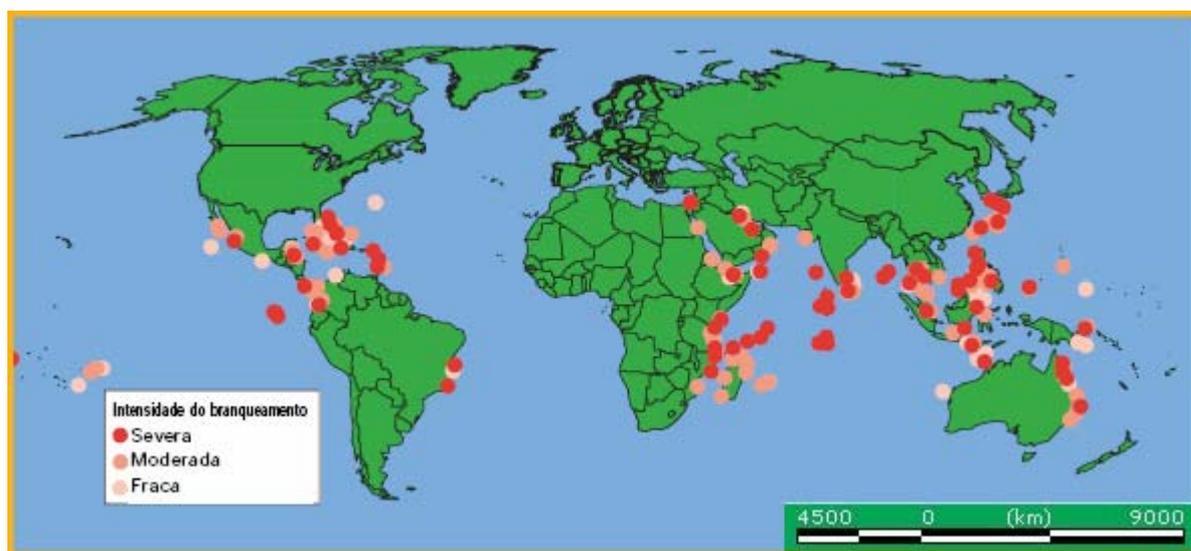


Figura 1 – Distribuição global de eventos de branqueamento, 1998 – 2000 (Fonte: <<http://reefgis.reefbase.org/mapper.asp>>)

Segundo Westmacott *et al.* (2000), o branqueamento ocorre em resposta a algum tipo de distúrbio ambiental ou a um conjunto deles, como mudanças nos parâmetros físicos ou químicos do ambiente marinho, podendo ser de ordem natural ou provocadas pelo homem. Muitos trabalhos apontam o aumento da temperatura da água superficial do mar (TSM) e da emissão de radiações UV como os principais fatores provocadores do branqueamento em massa, ou seja, em escala global (Glynn 1991, Salvat 1992, Souter & Lindén 2000, Woesik 2001, Douglas 2003). Entretanto, variações de parâmetros ambientais em pequena escala podem causar eventos de branqueamento isolados (Glynn 1996, Hoegh-Guldberg 1999a). Além da temperatura, variações

da salinidade da água e o excesso de nutrientes podem, também, estar envolvidos nesse processo (Hoegh-Guldberg & Smith 1989, Muller-Parker & D'Elia 1997, Brown 1997a).

A temperatura, ainda assim, é considerada como o principal fator responsável pelo branqueamento dos corais. Segundo Brown (1997b), o branqueamento tem sido registrado, em experimentos de campo e de laboratório, em condições de rápida exposição a temperaturas a partir de 3°C acima do normal para a sobrevivência dos corais, ou à longa exposição a temperaturas de 1 a 2°C acima desse normal. Em estudo de campo realizado por Hoegh-Guldberg & Salvat (1995), o aumento da TSM em 1°C, em Moorea (Oceano Pacífico), foi suficiente para causar branqueamento nos corais encontrados no local. Já em experimento realizado por Coles & Jokiel (1978), o aumento de temperatura de 27°C para 32°C, em curto tempo, foi suficiente para o coral *Montipora verrucosa* branquear (perder zooxantelas) e morrer, o mesmo ocorrendo no experimento realizado por Hoegh-Guldberg & Smith (1989), com as espécies *Stylophora pistillata* e *Seriatopora hystrix* (Figura 2). Observa-se na figura 2 que os valores da densidade das zooxantelas, nas duas espécies, durante o tratamento com temperatura de 32°C apresentaram-se menores em relação ao tratamento inicial com temperatura de 27°C.

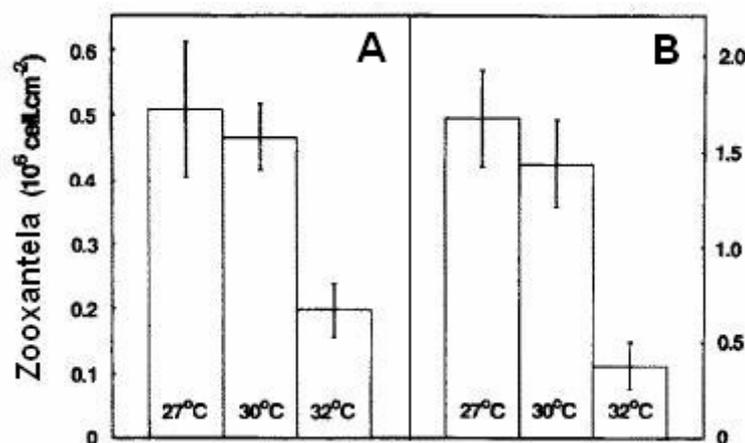


Figura 2 – Densidade populacional de zooxantelas dos corais *Stylophora pistillata* (A) e *Seriatopora hystrix* (B) mantidos sob três diferentes temperaturas durante quatro dias (nos gráficos estão representadas as médias e os desvios padrões) (Fonte: Hoegh-Guldberg & Smith 1989).

Alguns pesquisadores acreditam que o branqueamento dos corais pode, também, ser observado em condições de baixa salinidade (Egana & DiSalvo 1982). Em experimento realizado por Coles & Jokiel (1978), a sobrevivência do coral *Montipora verrucosa* foi reduzida com salinidade abaixo de 25 psu, em alta temperatura (32°C); em compensação, a resistência das colônias ao estresse térmico aumentou com aumento da salinidade (40 psu). Contudo, Hoegh-Guldberg (1999a), afirma

que a redução da salinidade pode causar perda de cor no coral, mas esta não está relacionada à perda de zooxantelas (branqueamento), e sim à perda de tecido, o que leva certamente à morte da colônia. Em vista disso, segundo o mesmo autor, é preciso ter cautela na interpretação dos efeitos da salinidade como fator causador do fenômeno de branqueamento.

Há evidências, ainda, de que excessos de determinados nutrientes dissolvidos na água do mar, como fósforo e nitrogênio inorgânico, desestabiliza a simbiose coral-alga por aumentar o padrão de desenvolvimento das zooxantelas (Marubini & Davies 1996, Stimson 1997, Koop *et al.* 2001), além de poder influenciar no tamanho do diâmetro das mesmas (Hoegh-Guldberg *et al.* 1997, Fitt *et al.* 1993, Muller-Parker & D'Elia 1997). No experimento realizado por Koop *et al.* (2001), foi observado o aumento da densidade das zooxantelas no coral *Stylophora pistillata* com a adição de fósforo e nitrogênio inorgânico na água, em diferentes tratamentos (Figura 3). A partir do momento em que o aumento populacional das zooxantelas se torna estressante para o coral, este é obrigado a gastar energia para expulsar o excesso das algas simbiotes ou elas são perdidas para o ambiente, sendo essa perda, muitas vezes, suficiente para causar branqueamento (Hoegh-Guldberg 1994, Zhu *et al.* 2004).

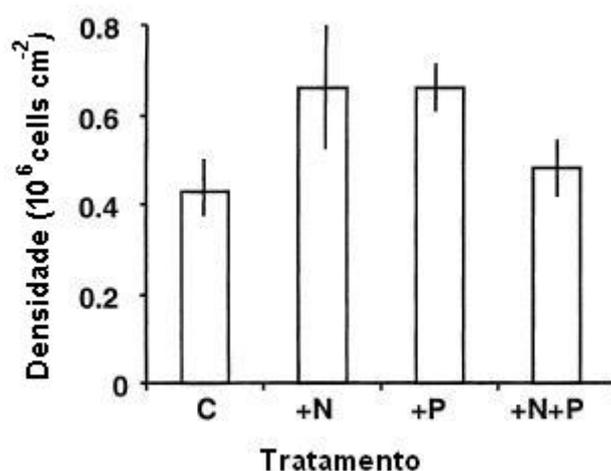


Figura 3 – Densidade populacional de zooxantelas em *Stylophora pistillata* no tratamento controle (C) e depois de expostos a adição de nitrogênio (+N) e fósforo (+P) em tratamentos separados e no mesmo tratamento (+N+P) (Fonte: Koop *et al.* 2001)

Os efeitos imediatos do branqueamento em corais são: diminuição da síntese de proteínas, lipídios e carboidratos; aumento da taxa respiratória dos corais e prejuízos na fotossíntese das zooxantelas (Hoegh-Guldberg & Smith 1989, Porter *et al.* 1989, Gleason & Wellington 1993, Brown 1997a). Em consequência disso pode ocorrer diminuição da taxa de crescimento e

calcificação, dano na reprodução, necrose do tecido e, eventualmente, morte (Goreau & Macfarlane 1990, Glynn 1993, Michalek-Wagner & Wills 2000). Dentre esses efeitos, a redução do padrão de calcificação e crescimento dos corais pode causar conseqüências muito graves na estrutura da comunidade recifal como, por exemplo: redução da capacidade competitiva dos corais por espaço com outros organismos bentônicos como algas foliáceas, algas calcáreas, esponjas, briozoários e outros cnidários (Glynn 1993); susceptibilidade a doenças, ataque por organismos bioerodidores e incapacidade de remover sedimento, levando ao entupimento dos pólipos (Wilkinson *et al.* 1999). Essas conseqüências são potencializadas quando ocorre excesso de nutrientes na água do mar, que beneficiam o crescimento de outros organismos, principalmente algas, em detrimento dos corais (Sammarco 1996, Brown 1997b, Edinger *et al.* 2000, Koop *et al.* 2001, Yap & Molina 2003, Kuguru *et al.* 2004).

2.1.1 – Branqueamento adaptativo e sazonal

Segundo Hoegh-Guldberg (1999b), alguns corais têm a habilidade de se recuperar dos prejuízos após um evento de branqueamento, quando as condições ambientais melhoram, e isso estaria relacionado à capacidade de aclimação. Esta capacidade varia não só com o grau de ação e duração do fator provocador do branqueamento mas, também, com a espécie de coral e a linhagem de zooxantela simbiote (Fitt & Warner 1995, Rowan & Knowlton 1995, Rowan *et al.* 1997, Paulay & Benayahu 1999, Bameah *et al.* 2004, Fabricius *et al.* 2004). Em vista disso, a resposta ao branqueamento pela colônia do coral pode ser altamente variável.

A “hipótese do branqueamento adaptativo” estabelecida por Buddemeier & Fautin (1993), propõe que o fenômeno do branqueamento pode promover uma oportunidade de recombinação entre os hospedeiros com tipos diferentes de algas simbiotes, que estejam mais adaptadas a uma nova circunstância. Eles sugerem que quando ocorrem mudanças ambientais relacionadas à temperatura, por exemplo, e com isso uma espécie particular de zooxantela atinge seu limite de tolerância à estas variações, o coral perderia ou expulsaria esses simbiotes dando oportunidade para novas associações com outras linhagens de zooxantelas compatíveis com o novo padrão ambiental. Dessa forma, surgiram questões do tipo: Qual fator poderia afetar mais a especificidade da simbiose, as condições ambientais ou a identidade dos parceiros? Qual dos parceiros iniciaria o branqueamento, a alga ou o hospedeiro? Segundo os autores, essas questões não interferem no princípio da hipótese.

Em vista disso, pesquisas têm sido realizadas com base na hipótese do branqueamento adaptativo. Acredita-se que alguns casos de branqueamento não são mecanismos patológicos

para os corais, pelo contrário, alguns desses eventos têm sido considerados um atributo fisiológico básico (natural) de muitos organismos que possuem zooxantelas simbiotes, em resposta à variabilidade ambiental. Dessa forma, o branqueamento manteria as populações de algas simbiotes estáveis nos corais e permitiria a melhor adaptação dos hospedeiros às novas situações (Baker 2001, Dunne & Brown 2001). O branqueamento parcial, caracterizado por uma perda moderada de cor pelo coral, observado em alguns estudos, não foi considerado letal e sim uma resposta natural às variações sazonais na temperatura da água do mar, sugerindo que podem ocorrer mudanças cíclicas na densidade de zooxantelas dos corais no decorrer do ano (Gates 1990, Berkelmans & Willis 1999, Fitt *et al.* 2000). Os resultados obtidos no trabalho realizado por Stimson (1997), por exemplo, mostraram que os valores da densidade de zooxantelas no coral *Pocillopora damicornis* apresentaram-se menores no verão do que no inverno, nos recifes da Baía de Kaneohe (Hawaii) (Figura 4).

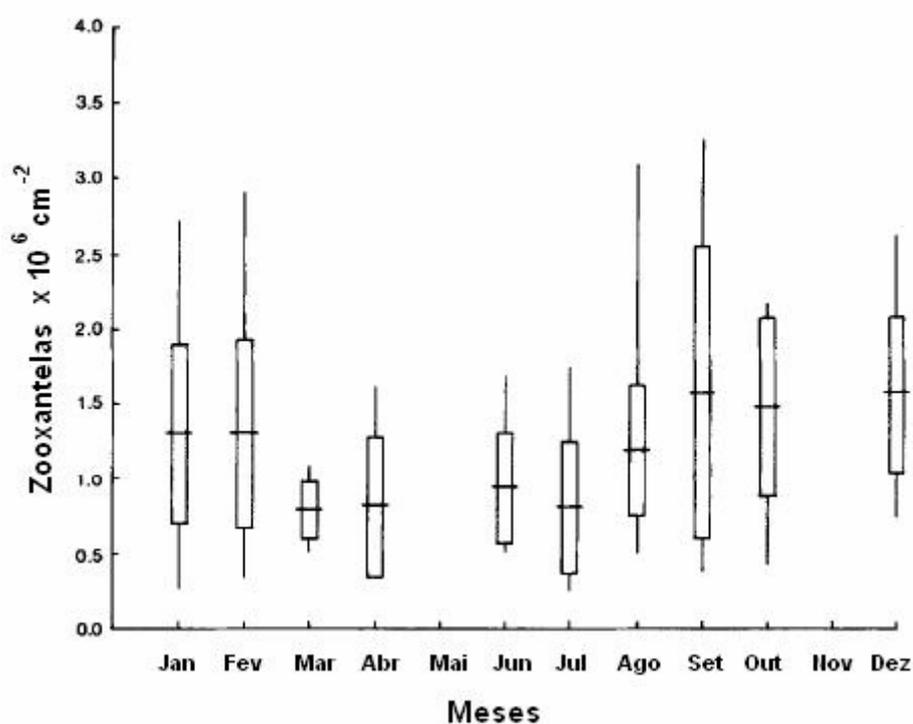


Figura 4 – Ciclo anual da densidade de zooxantelas no coral *Pocillopora damicornis* nos recifes da Baía de Kaneohe. Barras horizontais representam as médias, os blocos representam os desvios padrões e as linhas verticais são os valores extremos (Fonte: Stimson 1997).

De acordo com Fitt *et al.* (2001), esses eventos de branqueamento sazonal poderiam, assim, tornar os corais mais tolerantes às variações de temperatura através da aclimação. Por exemplo, quando ocorre aumento extremo de temperatura, os corais podem se tornar mais tolerantes a uma maior variação de temperatura sazonal por meio da sua capacidade de

aclimação (Figura 5). Além disso, corais que vivem em ambientes fisicamente instáveis têm maior tolerância térmica do que aqueles que vivem em ambientes com características físicas mais constantes (Cook *et al.* 1990, Hoekseman 1991). No entanto, apesar de acontecer branqueamento natural nos meses quentes do ano, a ocorrência de densidade de zooxantelas muito baixa em verões consecutivos pode impedir a recuperação total da biomassa tecidual do coral na primavera, podendo causar a morte da colônia (Fitt *et al.* 2000). Igualmente, quando acontecem eventos climáticos capazes de causar anomalias térmicas na água superficial do mar, como por exemplo o fenômeno El Niño, o branqueamento é potencializado ocasionando prejuízos, comumente irreparáveis, aos corais (Fitt *et al.* 2001).

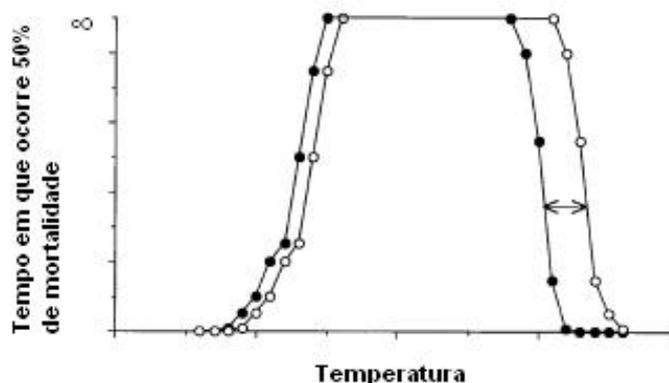


Figura 5 – Tolerância dos organismos às temperaturas extremas: efeito da exposição ao longo do tempo (tempo em que ocorrem 50% de mortalidade dos organismos), com aumento ou diminuição extrema da temperatura. A seta mostra diferença teórica na aclimação entre os períodos sazonais (bolazadas representam o inverno e bolazadas, o verão) ou entre espécies diferentes (bolazadas representam a espécie 1 e bolazadas, a espécie 2) (Fonte: Fitt *et al.* 2001).

2.1.2 – Tolerância e resiliência dos corais

Associados aos conceitos de adaptação e de aclimação dos corais existem outros relacionados à capacidade dos corais de sobreviver às mudanças ambientais, sejam estas de grande ou pequena escala. O conceito de tolerância (ou resistência) é um exemplo e se refere à habilidade dos corais, individualmente, de resistir ao branqueamento ou sobreviver após terem sido branqueados (West & Salm 2003). Tal capacidade pode estar relacionada a dois tipos de características: intrínsecas, relativas às características genéticas da espécie ou tolerância fisiológica específica da colônia; e extrínsecas, envolvendo fatores ambientais que contribuem para evitar condições de branqueamento. São alguns desses fatores: fatores que reduzem o estresse de aumento de temperatura como chuva, fatores que aumentam a circulação da água,

como correntes, topografia, energia de onda, vento; fatores que diminuem o estresse da luz como turbidez, cobertura de nuvens (West & Salm 2003).

O outro conceito é o de resiliência, que é a habilidade das comunidades de coral em um ecossistema recifal retornar a um estado prévio após significativa mortalidade de indivíduos, ou seja, capacidade de manutenção do sistema estável (Obura 2005). A resiliência assim como a tolerância, envolve dois níveis de fatores, intrínsecos e extrínsecos. Os fatores intrínsecos são aqueles determinados por características ecológicas de uma comunidade particular, tais como: a habilidade de diferentes corais de conseguir recrutamento bem sucedido; capacidade de evitar competidores, bioerodidores e predadores. Já os fatores extrínsecos são características físicas ambientais que conferem ao recife capacidade de receber larvas em função das correntes ou de favorecer a fixação dessas larvas, como, por exemplo, possibilitar conexões de correntes para distribuição das larvas para outros locais (West & Salm 2003).

2.1.3 – Branqueamento dos corais nos recifes brasileiros e em particular nos recifes da Bahia

No Brasil, as áreas recifais são pouco conhecidas (Castro & Pires 1999), porque, ainda, são pouco estudadas principalmente no que diz respeito a eventos de branqueamento e menos ainda no que diz respeito à relação dos corais com suas zooxantelas simbiotes (Costa 2001). As pesquisas relacionadas com o branqueamento foram iniciadas com o trabalho de Migotto (1997), realizadas com os corais da costa sudeste do Brasil, durante o verão de 1994. Este autor observou que o branqueamento do coral *Mussismilia hispida* aconteceu após alguns dias de ocorrência de anomalias térmicas na água superficial do mar, 2,4°C acima da média normal durante o verão.

Na Bahia, o branqueamento foi registrado em Abrolhos nos anos de 1994, de 1998 e de 2003, nas seguintes espécies: *Mussismilia braziliensis*, *Mussismilia harttii*, *Mussismilia hispida*, *Agaricia agaricites*, *Favia gravida*, *Montastrea cavernosa*, *Porites branneri*, *Porites astreoides* e *Siderastrea stellata* (Castro & Pires 1999, Leão *et al.* 2003, Kikuchi *et al.* 2004). E, em 1998, foi observado branqueamento em corais no Litoral Norte da Bahia, principalmente nas espécies *Agaricia agaricites*, *Mussismilia hispida* e *Siderastrea stellata* (Dutra 2000, Dutra *et al.* 2000). E no ano de 2003, Kikuchi *et al.* (2004) e Oliveira *et al.* (2004) registraram branqueamento nos corais *Siderastrea stellata*, *Montastrea cavernosa*, *Mussismilia braziliensis* e *Mussismilia hispida* na Ilha de Tinharé, e nos corais *Siderastrea stellata* e *Montastrea cavernosa* na Baía de Todos os Santos. Costa *et al.* (2001), observaram branqueamento na espécie *Siderastrea stellata* no recife da praia

de Gaibu (Pernambuco), no ano de 1996, avaliado através da densidade populacional das zooxantelas no tecido superficial das amostras do coral. Estes autores foram os primeiros a medir o branqueamento por meio da análise da densidade das zooxantelas dos corais, no Brasil. Todos os outros trabalhos avaliaram o branqueamento por meio da estimativa visual da coloração do coral.

Dados disponíveis no *Reef Base*, (<http://www.reefbase.org>), mostram a magnitude dos eventos de branqueamento que foram registrados entre os anos de 1993 a 2001 em pesquisas realizadas na costa brasileira. Estes registros, na maioria das vezes, foram relacionados à ocorrência de temperaturas anômalas durante eventos El Niño (Figura 6).

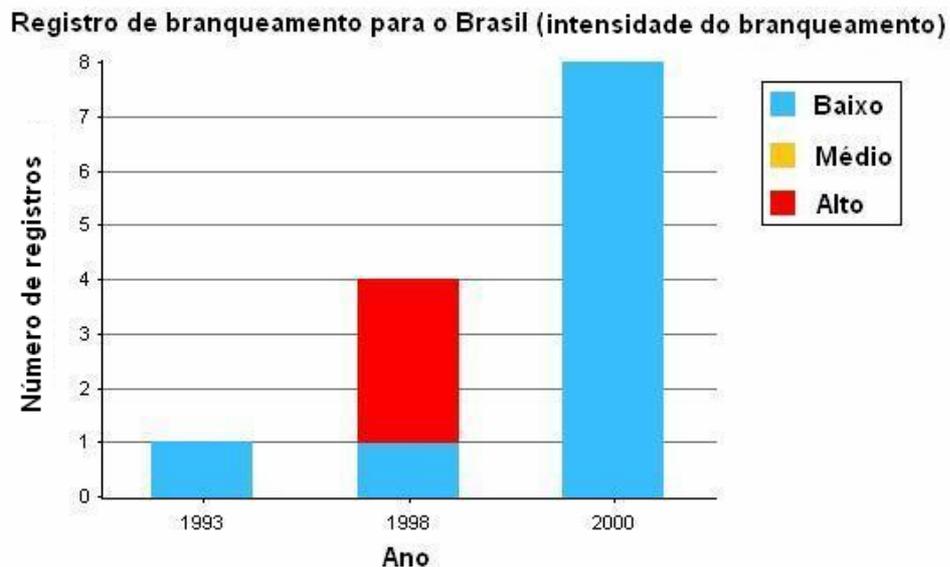


Figura 6 – Magnitude dos eventos de branqueamento ocorridos no Brasil entre os anos 1993 e 2000. (Fonte: <http://www.reefbase.org/threats/thr_bleaching.asp?display=graph>)

Em todos os trabalhos realizados no Brasil não foi registrada mortalidade em massa dos corais, sendo observada, portanto, a recuperação de todas as espécies branqueadas. Isso pode estar relacionado às características próprias das espécies. Segundo Souter & Lindén (2000) e McClanahan (2004), os corais escleractíneos maciços são muito mais resistentes a eventos severos de branqueamento do que aqueles com outro tipo de morfologia, sendo os ramificados os mais susceptíveis a esses eventos. No Brasil, não existem corais ramificados e a grande maioria deles é maciça, fato que pode contribuir para explicar a resistência deles ao branqueamento. No entanto, o período de recuperação após os eventos de branqueamento parece variar de acordo com as características próprias de cada espécie de coral, tais como características relacionadas

ao coralito e ao cálice, como foi registrado por Dutra (2000). O autor observou que, a 10m de profundidade, a espécie *Siderastrea stellata* se recuperou mais rapidamente (em 4 meses) do que as espécies *Mussismilia hispida* e *Agaricia agaricites* (6 a 8 meses) após o evento de branqueamento registrado em 1998 no Litoral Norte da Bahia.

2.2 – Relação simbiote coral-alga

As zooxantelas simbiotes são microalgas de cor amarelo-amarronzada que estão localizadas na gastroderme, a camada de tecido mais interna do pólipó do coral (Figura 7) (Muller-Parker & D'Elia 1997). Além de dar cor ao hospedeiro, elas são responsáveis por parte da nutrição dos mesmos através da disponibilização de produtos fotossintéticos que são utilizados como alimento. Em troca, os resíduos metabólicos dos corais são fonte de nitrogênio e fósforo que são disponibilizados para o metabolismo dessas algas (Delbeek & Sprung 1994, Muller-Parker & D'Elia 1997). Igualmente, as zooxantelas têm papel importante no processo da calcificação do esqueleto dos corais (Barnes & Chalker 1990).

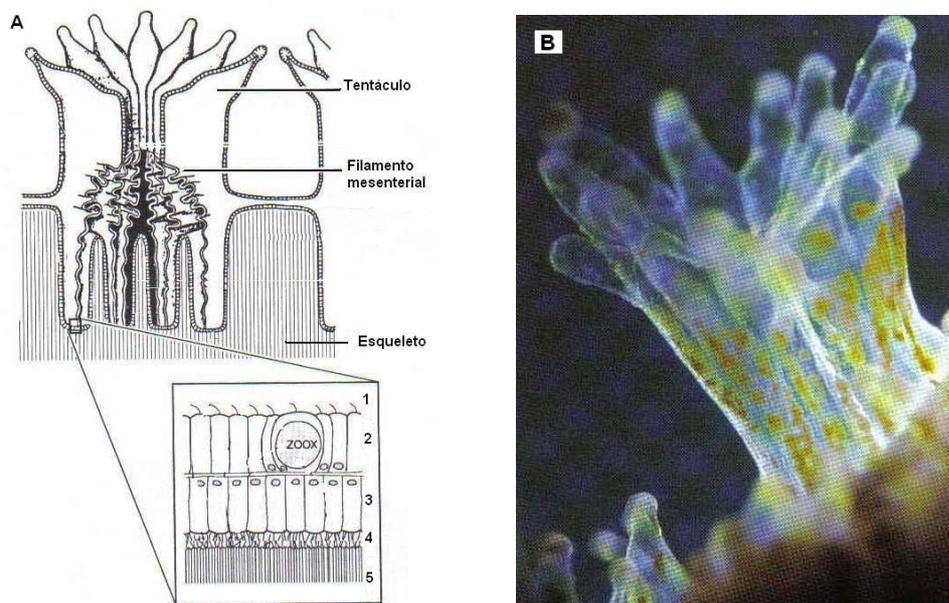


Figura 7 – A - Seção transversal do coral, com camadas do tecido em destaque numeradas: (1) cavidade gastrovascular com água do mar, (2) gastroderme com zooxantela, (3) epitélio calicoblástico, (4) matriz com cristais de carbonato de cálcio, (5) esqueleto (Fonte: Birkeland 1997); **B** - Fotografia das zooxantelas (pontos de coloração amarela) no pólipó do coral *Pocillopora sp.* do oceano Pacífico (Fonte: Wells & Hanna 1992)

As zooxantelas simbiotes foram classificadas durante muito tempo como sendo de uma única espécie, a *Symbiodinium microadriaticum*. No entanto, pesquisas mais recentes utilizando técnicas moleculares, realizadas, por exemplo, por Baker & Rowan (1997), LaJeunesse (2002) e Baker (2003), confirmaram a existência de uma grande variedade genética no gênero *Symbiodinium*. Foram encontradas diferentes linhagens de zooxantelas, inclusive, dentro de um único coral, e argumenta-se que isso poderia promover grandes vantagens adaptativas para o hospedeiro.

As linhagens ou clados de zooxantelas, comuns em corais, são cosmopolitas, ou seja, estão distribuídos por todos os oceanos e são classificados de A a D (Rowan 1998, Baker 2003, Visram & Douglas 2006). Estes clados respondem de forma diferente às mudanças ambientais. O clado D, por exemplo, é tido como um dos mais resistentes às variações ambientais, pois são caracterizados por permanecer no coral mesmo quando um estresse ambiental ocorre (Rowan 1998, Baker 2001). Segundo Fabricius *et al.* (2004), as espécies de corais dos recifes da República de Palau não sofreram mortalidade em massa durante o evento El Niño de 1998 por causa da associação com zooxantelas pertencentes ao clado D, mais tolerantes ao aumento da temperatura. A mesma explicação poderia ser atribuída, talvez, aos corais brasileiros, que branquearam durante o mesmo período citado mas, também, não sofreram mortalidade em massa como foi registrado por Dutra (2000) e Leão *et al.* (2003).

Acredita-se que o princípio da simbiose entre o coral e suas zooxantelas é que a relação evoluiu em resposta ao baixo suplemento de nutrientes em mares tropicais onde os corais normalmente se desenvolvem (Muscatine & Porter 1977). Tal situação, portanto, viria prover aos corais vantagem competitiva sobre outras espécies bentônicas neste tipo de ambiente (Muller-Parker & D'Elia 1997). A figura 8 ilustra como ocorrem as trocas de nutrientes entre os corais e as algas e entre estes dois e o meio ambiente.

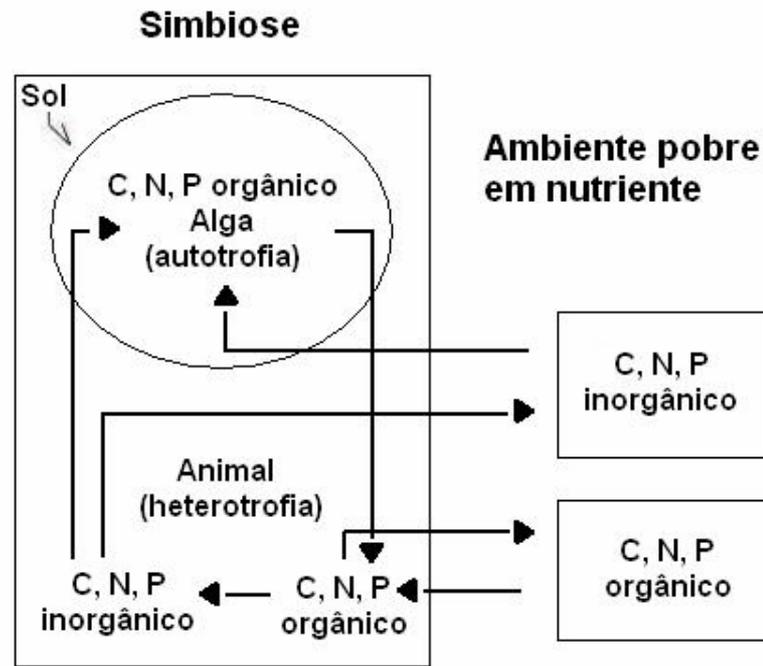


Figura 8 – Modelo esquemático do fluxo de nutrientes (C = carbono, N = nitrogênio, P = fósforo) na associação simbiótica coral-alga (Fonte: Muller-Parker & D’Elia 1997).

Evidências apontam as algas zooxantelas como as principais fornecedoras da maior parte de nutrientes orgânicos para os corais (Schlichter *et al.* 1983, Muscatine *et al.* 1985, Hinde 1988, Muscatine 1990). Delbeek & Sprung (1994) chegam a considerar que as algas simbióticas podem transportar mais de 98% de seus produtos fotossintéticos para o coral. Os estudos realizados por Muscatine *et al.* (1984), em espécies de águas rasas, mostraram que 100% do suplemento diário de componentes orgânicos são disponibilizados pelos simbiotes para o hospedeiro. Em contrapartida, os corais fornecem, através de produtos de seu metabolismo, nutrientes necessários à fotossíntese da alga. Por outro lado, os corais são incapazes de se adaptar em ambientes com alto nível de nutrientes e geralmente, nessas condições, perdem na competição com macroalgas (Brown 1997b, Koop *et al.* 2001, Yap & Molina 2003) e outros cnidários (Kuguru *et al.* 2004). Segundo Muller-Parker & D’Elia (1997), altos níveis de nutrientes na água do mar podem prejudicar a manutenção da relação coral-alga, uma vez que o excesso de nutrientes pode provocar aumento no padrão do crescimento da alga e nos níveis populacionais das mesmas, obrigando os corais a expulsar o excedente delas.

A estabilidade da simbiose coral-alga é definida quando a densidade de zooxantelas sofre pouca modificação sob um dado conjunto de condições ambientais, embora possa ocorrer certa variação natural na quantidade dessas algas em escalas temporal e espacial (Muller-Parker & D’Elia 1997). Segundo Baghdasarian & Muscatine (2000), fatores que interferem no padrão de divisão das zooxantelas, tais como a temperatura, interferem também no padrão de expulsão das mesmas.

Dessa forma a expulsão das zooxantelas pode ser considerada como um mecanismo básico do coral para a regulação da densidade desses simbiontes.

Via de regra, fatores físico-químicos ambientais que podem causar estresse associado à luz, temperatura, salinidade e nutrientes podem determinar mais custos do que benefícios para a relação da simbiose coral-alga, induzindo ao rompimento desta e podendo, inclusive, levar os corais à morte (Muller-Parker & D'Elia 1997). Ocorrendo mortalidade em massa de corais, a estrutura inteira do ecossistema recifal pode mudar substancialmente (Brown 1997b). Por esse motivo, a perda da estabilidade da simbiose pode ser considerada, atualmente, um importante indicador de mudanças ambientais em ecossistemas tropicais rasos (Hoegh-Guldberg 1999a) e as pesquisas relacionadas a esse assunto têm sido realizadas em diversas partes do mundo, dada a importância da função das zooxantelas na vida de seus hospedeiros.

3 – GÊNERO *Siderastrea* Blainville 1830

O gênero *Siderastrea* pertence à Subordem Fungiina, Família Siderastreidae, e é representado por cinco espécies: *S. radians* (Pallas 1766), *S. siderea* (Ellis & Solander 1786), *S. stellata* Verrill 1868, *S. savignyana* Milne Edwards & Haime 1849 e *S. glynni* Budd & Guzmán 1994. Todas elas são organismos zooxantelados, coloniais, apresentando morfologia maciça ou laminar (Veron, 2000). Possuem coralitos bem desenvolvidos, columela pequena e anéis sinapticulares numerosos, aptas a um crescimento acelerado e atividade construtora dos recifes (Foster 1980 *apud* Neves 2004). As espécies estão distribuídas do oceano Atlântico ao Indo-Pacífico, dentre as quais, *S. stellata* é endêmica do Brasil (Laborel 1969, Veron 2000).

Até recentemente, não tinha sido registrada outra espécie do gênero *Siderastrea*, que não fosse a *S. stellata*, na costa brasileira. No entanto, Neves (2004) sugeriu também a ocorrência de *S. radians* e *S. siderea* para o Brasil. Em estudo baseado na taxonomia e sistemática do gênero *Siderastrea*, a autora identificou colônias de *S. radians* em amostras coletadas da costa do Rio Grande do Norte ao Rio de Janeiro, e colônias de *S. siderea* na costa da Bahia. No presente trabalho, foram identificados entre as amostras dos fragmentos, segundo a mesma autora, corais da espécie *S. stellata* e *S. radians* coletadas no recife de Guarajuba. O quadro 1 mostra algumas características morfológicas básicas para a identificação das espécies *S. stellata* e *S. radians*.

Quadro 1 - Diferenças básicas na morfologia do esqueleto das espécies de coral do gênero *Siderastrea*: *S. stellata* e *S. radians* (Neves 2004).

Caracteres	<i>Siderastrea stellata</i> Verrill 1868	<i>Siderastrea radians</i> (Pallas 1766)
Coralitos	Relativamente pequenos, ceriíodes ou subceriíodes, poligonais, levemente ovalados, eventualmente meandrenizados	Pequenos, ceriíode, hexagonais, eventualmente elípticos
Estrutura da columela	Pequena, arredondada ou alongada, papilosa (papilas de modo geral delgadas), sólida ou levemente trabecular	Larga, ovalada ou alongada, papilosa (papilas normalmente robustas) ou lisa, sólida, às vezes levemente trabecular
Fossa columelar	Rasa e estreita	Rasa e ampla
Septos	Numerosos, com o quarto ciclo completo e elementos do quinto e sexto	Quarto ciclo de septos incompleto

Considerada por Laborel (1967) uma forma arcaica e intermediária entre *S. radians* e *S. siderea*, a espécie *S. stellata* é comum no nordeste seguindo pela costa em direção ao sudeste do Brasil, ocorrendo desde o Parcel de Manuel Luís (Maranhão) até o norte do Rio de Janeiro, além do Atol das Rocas, Arquipélago de Fernando de Noronha, Arquipélago de Abrolhos e Trindade (Leão 1986, Neves 2004). É uma das espécies mais abundantes (Oigman-Pszczol *et al.* 2004), com ampla distribuição nos recifes onde ocorre, podendo ocupar poças intermareais de até alguns metros de profundidade (Veron 2000). É uma espécie considerada altamente resistente a exposição aérea (dessecação), às variações de temperatura, luminosidade, baixa salinidade e alta turbidez (Laborel 1969, Leão *et al.* 1988). Inclusive, acredita-se que ela utiliza como fonte de alimento partículas em suspensão na água em ambientes com alta turbidez onde comumente são encontradas (Echeverria *et al.* 1997).

A espécie *S. radians* possui a maior área de distribuição em sítios de ocorrência de toda a família Siderastreidae, sendo particularmente abundante no Caribe. Ocorre preferencialmente em áreas próximas à arrebentação e sobre bancos arenosos, com pouca contribuição à estrutura recifal (Foster 1980 *apud* Neves 2004). É tipicamente caracterizada como uma espécie de infralitoral (Warner *et al.* 1996) e é considerada como uma das espécies mais resistentes a estresses ambientais no Caribe, sendo reconhecida, também, como uma espécie altamente resiliente (Lirman *et al.* 2002).

4 – ÁREA DE ESTUDO

4.1 – Descrição geral

O Litoral Norte do Estado da Bahia possui uma extensão de aproximadamente 200 km, entre o limite dos municípios de Salvador e Lauro de Freitas, até a divisa do Estado com Sergipe (Rio Real). Esse trecho da costa possui alinhamento no sentido NE – SO, com praias formadas de areia quartzosa, campos de dunas, restingas, manguezais, estuários, desembocaduras de rios de diferentes dimensões, observando-se, também, recifes de coral. Esses recifes encontram-se confinados em uma pequena faixa litorânea de cerca 18 km de extensão, que compreende os recifes de Abaí, Guarajuba, Itacimirim e Praia do Forte (de sul para norte) (Leão *et al.* 1997, Leão *et al.* 2003), trecho este, inserido entre a foz dos rios Jacuípe e Pojuca (Figura 9A). Estes recifes ocorrem entre as isobatas de 0 a 20 metros de profundidade (Figura 9B) (Kikuchi 2000) .

Os recifes de coral do Litoral Norte encontram-se numa das partes mais estreitas da plataforma continental brasileira (Figura 10), com largura média de 15 km (Leão & Dominguez 2000). As principais construções recifais da praia de Guarajuba encontram-se na zona interna deste trecho da plataforma continental, ocorrendo tanto ao longo da linha de costa quanto distribuídos na plataforma continental.

Via de regra, um ambiente recifal necessita de lâmina d'água para existir. Estas condições foram encontradas com a última transgressão marinha, onde o nível do mar esteve cerca de cinco metros acima do nível atual, a 5100 anos antes do presente (A.P.), favorecendo a colonização dos recifes do Litoral Norte (Martin *et al.* 1979). Especificamente, o topo do recife de Guarajuba foi datado entre 2500 e 4010 anos A.P (Nolasco 1988), evidenciando os períodos durante os quais este recife atingiu ou ultrapassou a altura do nível atual do mar no Litoral Norte da Bahia. Com o abaixamento do nível relativo do mar o topo dos recifes mais próximos da costa ficaram expostos a ação dos raios solares e a constante erosão pela ação das ondas (ver figura 9D) (Martin *et al.* 1979).

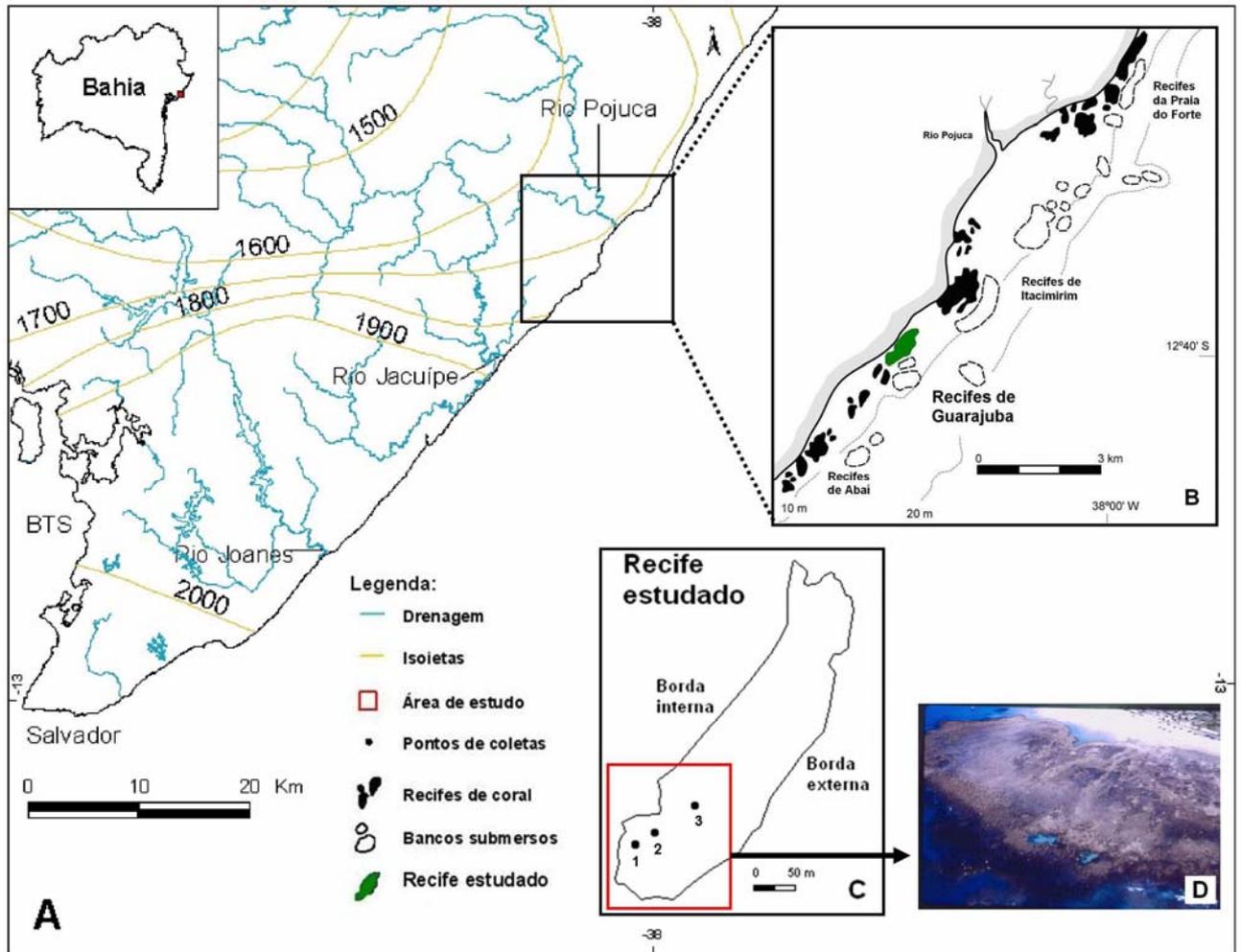


Figura 9 – Localização da área de estudo. **A** – Área de estudo em relação ao Estado da Bahia e distribuição das isoietas e drenagens principais (base digital do SRH 2003); **B** – Detalhe da costa do Litoral Norte da Bahia onde estão inseridos os recifes de coral (recife estudado em verde) (Fonte: Leão *et al.* 2003); **C** – Contorno da área recifal emersa em Guarajuba, com os respectivos pontos de coleta (levantamento com GPS), **D** – Imagem aérea ilustrando a extremidade sul do recife onde foi realizado o estudo (Foto: R. Kikuchi).

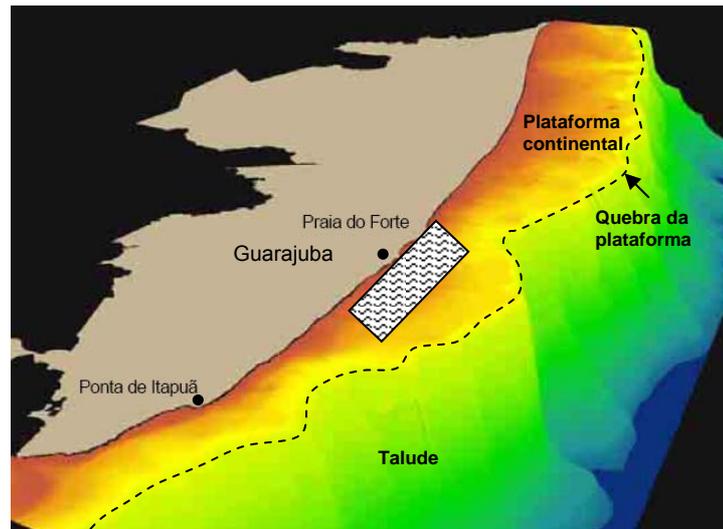


Figura 10 – Modelo tridimensional da plataforma continental do Litoral Norte do Estado da Bahia, com a área de ocorrência dos recifes de coral – retângulo (Adaptado de CRA 2003). Ponta de Itapuã a praia de Guarajuba = 46 km.

4.2 – Aspectos físicos

4.2.1 – Clima

O clima da área de estudo é quente e úmido com estações bem definidas, sendo seco no verão e chuvoso no inverno (segundo a tipologia climática de *Thornthwaite* – SEI 1997), tornando-se cada vez mais úmido em direção ao litoral sul da Bahia (Figura 11). A precipitação pluviométrica diminui de Salvador para Guarajuba, de 2000 mm/ano para 1700 mm/ano, respectivamente. Esta redução na precipitação é interceptada na proximidade de Subáuma (distância intermediária entre a Bahia e Sergipe), reduzindo-se novamente até a divisa interestadual (Figura 11). Em segundo plano, observa-se, também, a redução da precipitação ocorrendo da faixa litorânea, para o interior do continente, na altura da praia de Guarajuba (ver Figura 9).

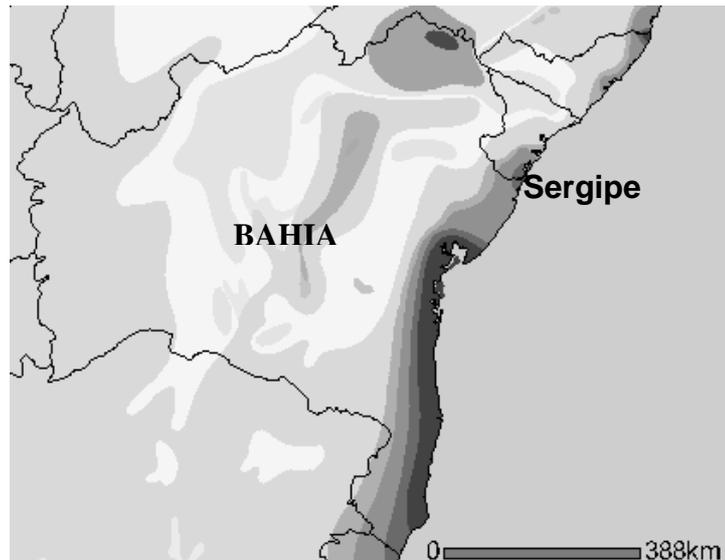


Figura 11 – Tipologia climática simplificada do Estado da Bahia (tipologia climática de Thornthwaite – SEI 1997). Observar com detalhe a diminuição da precipitação na proximidade de Salvador em direção ao Litoral Norte, até a sua distância intermediária e, elevando-se novamente até o Estado de Sergipe. Cores claras indicam menor volume de precipitação, enquanto que cores escuras indicam o contrário, com espaçamento de 300mm.

A estação pluviométrica em atividade operacional mais próxima de Guarajuba é a de Emboacica, localizada a aproximadamente 13 km de distância da praia. Nesta estação o regime hidrológico tem período úmido concentrado entre os meses de março e agosto, e o período seco ocorre entre os meses de setembro e fevereiro (Figura 12). As variações na taxa de maior e menor pluviosidade (média acumulada) são observadas, respectivamente, nos meses de maio (235 mm) e janeiro (64 mm).

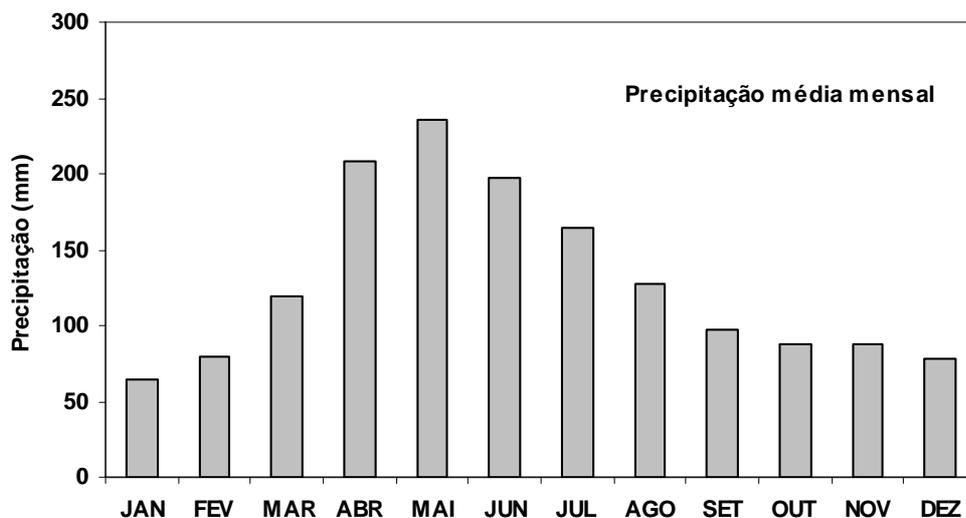


Figura 12 – Regime pluviométrico das proximidades de Guarajuba. Dados da estação pluviométrica de Emboacica, localizada no município de Camaçari, litoral norte da Bahia.

4.2.2 – Parâmetros oceanográficos

4.2.2.1 – Salinidade e temperatura da água superficial do mar

Não existem dados de medições contínuas da salinidade oceânica, da temperatura da água superficial e de correntes, documentando as oscilações diárias neste trecho da costa. As medições são pontuais. A salinidade da água nas proximidades da praia de Guarajuba varia entre 36,5 e 37,7 psu (DHN 1993). Contudo, Kikuchi & Leão (1998), obtiveram valores de salinidade entre 35 e 39 psu. Dados da DHN 1993 da temperatura da água superficial do mar (águas abertas) indicam uma média de 26,2°C, com o valor mínimo de 24°C no mês de julho e o máximo de 28°C nos meses de março e abril.

4.2.2.2 – Correntes

As correntes de deriva litorânea são responsáveis pela migração sazonal de sedimento longitudinal à costa (Bittencourt *et al.* 2000). Estas correntes têm relação direta com a direção dos ventos. No Litoral Norte da Bahia variam diariamente, porém sua predominância ocorre de acordo com a estação do ano. Quando oriundas dos quadrantes NE e E impulsionam as correntes que atuam paralelas à linha de costa (sentido NE - SO), e quando os ventos de SE (frontais à costa) são dominantes, a água se empilha rapidamente na linha de costa, gerando a deriva para SO. Em Guarajuba, a corrente de deriva predominante ocorre para SO. Grande parte desta zona sofre influência de migração sazonal de areia, proveniente da costa, resultante da morfodinâmica praiial, relacionada à variação sazonal da energia das ondas e das direções preferenciais do transporte longitudinal de sedimento. Parte da superfície do recife permanece soterrada por, pelo menos, uma estação do ano (Santa-Isabel 2001).

4.3 – Recifes de coral de Guarajuba

O acesso ao recife de Guarajuba se dá através da BA-099, conhecida como estrada do Coco. Ele está localizado no ponto de confluência das coordenadas 12°30'S e 37°30'O. A vila de Guarajuba dista cerca de 60 km da cidade de Salvador. Em Guarajuba ocorrem dois tipos de recifes: os recifes costeiros, adjacentes à praia, formados por bancos rasos e descontínuos, e os recifes afastados da costa, que são bancos recifais isoladas, de formato irregular e que raramente emergem (Nolasco 1988).

4.3.1 – Recifes costeiros

A figura 9 ilustra a localização da área de estudo deste trabalho, em relação ao Estado da Bahia e a distribuição das isoietas e drenagens principais próximas a Guarajuba (A); detalhes da costa do Litoral Norte da Bahia onde estão inseridos os recifes de coral da Praia do Forte, de Guarajuba e de Abaí (B); e a área recifal exposta (C e D) durante a baixamar de sizígia (nível de redução zero - DHN), com aproximadamente 0,13 km² de área, e os respectivos pontos de coleta. Nestas condições, sua maior extensão longitudinal é de 800 m de comprimento e largura máxima de 220 m.

A área recifal estudada compreende uma faixa do cordão litorâneo recente formada por bancos recifais adjacentes à linha de costa que, segundo Kikuchi (2000), são característicos em toda a plataforma continental norte da Bahia (Figura 13). A barlamar, à frente recifal mergulha suavemente até 3 m e depois abruptamente podendo atingir uma profundidade de 6 a 7 m abaixo do nível do mar (Kikuchi 2000).

De acordo com Leão *et al.* (1982), os bancos recifais adjacentes à costa em Guarajuba têm forma de crescimento semelhante aos recifes do arco costeiro de Abrolhos, ou seja, eles são formados, também, pela coalescência de chapeirões, embora tenham dimensões menores e estejam muito mais próximos à praia.

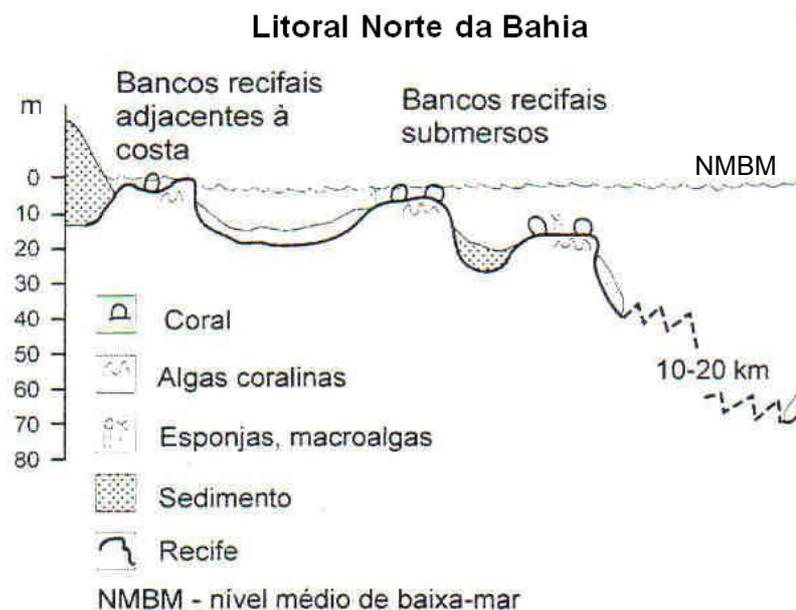


Figura 13 – Seção transversal da plataforma continental do Litoral Norte da Bahia ilustrando os principais tipos de recifes (Fonte: Kikuchi 2000)

No topo recifal truncado podem ser observadas duas zonas distintas que foram descritas por Santa-Isabel (2001). A zona interna que está voltada para a praia, onde ocorrem colônias mortas de corais e incrustações de algas calcárias, e a zona externa voltada para o oceano, que é caracterizada pela presença de densa cobertura de algas foliáceas, além de ser mais diversificada em termos de micro-ambientes e, conseqüentemente, de organismos marinhos.

Sobre o topo do recife de Guarajuba ocorre uma camada de arenito de praia, disposta como uma faixa alongada e descontínua (Figura 14A). Na parte interna do recife, adjacente à face da praia, o topo exhibe colônias truncadas do coral *Mussismilia braziliensis* (Figura 14B), com a superfície bastante desgastada. Essas estruturas estão descritas em Leão *et al.* (1988) e Leão *et al.* (1997). A topografia da parte superficial do recife atual, na sua porção sul é plana, característica esta que permite um maior tempo de inundação do recife durante as marés baixas. Esta superfície plana do recife sofre influência do pisoteio de banhistas (Figura 14C), atraídos pelas piscinas naturais (poças) que ficam expostas durante a baixamar (Figura 14D). Isoladamente, encontram-se terraços recifais, causados pelo processo de erosão diferencial (Figura 14E). A porção norte (Figura 14F), mais elevada, fica exposta durante tempo mais longo do que a porção sul do recife.

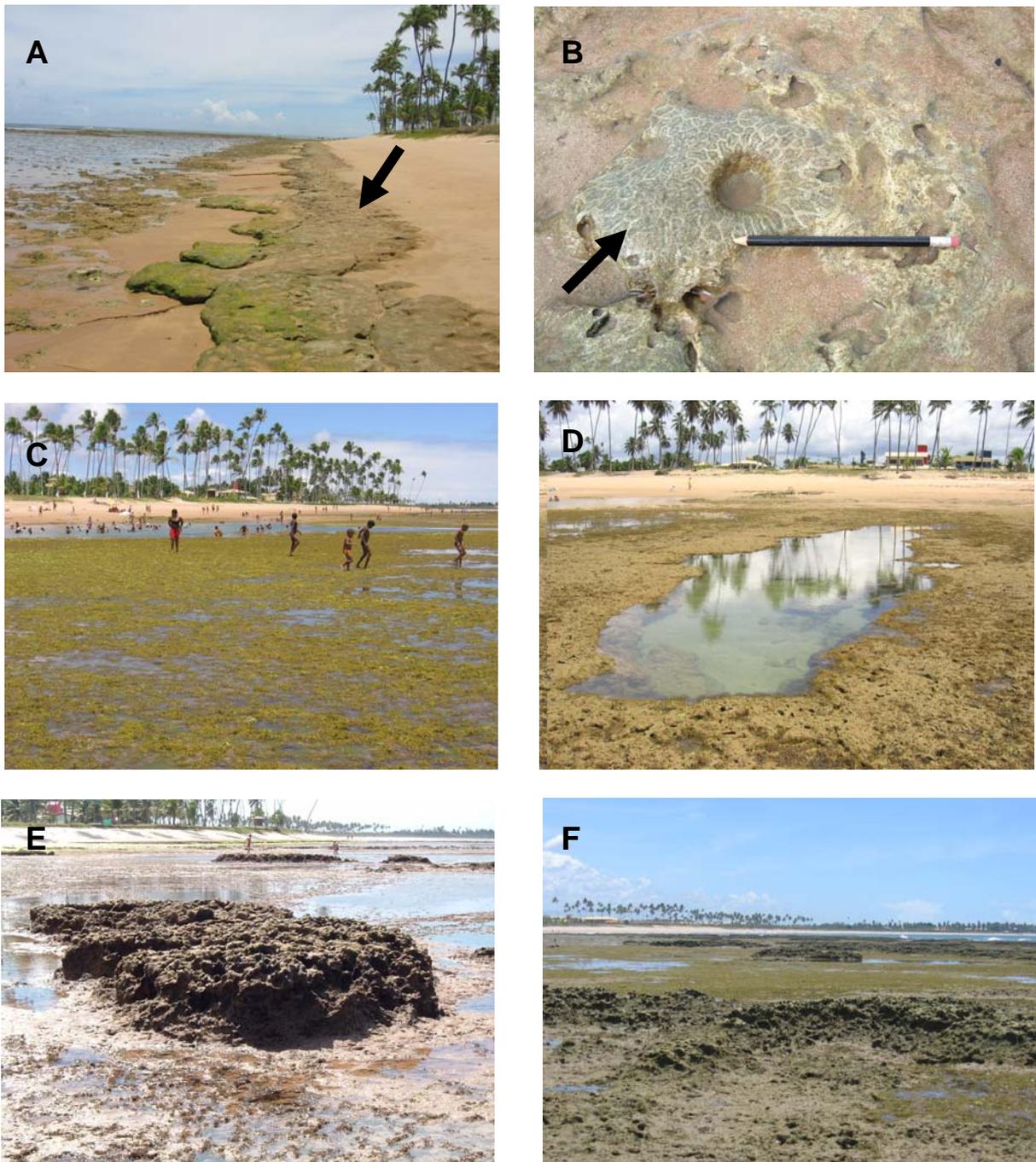


Figura 14 – Fotografias ilustrativas da superfície do topo do recife de Guarajuba. **A** – Arenito de praia sobre o topo do recife; **B** – Colônias truncadas do coral *Mussismilia braziliensis* (tamanho do lápis = 15 cm) **C** – Presença de banhistas no topo do recife; **D** – Poças naturais que ocorrem na maré baixa; **E** – Terraços recifais; **F** – Porção norte do recife que fica exposta durante tempo mais longo.

Observa-se, também, a influência de água rica em nutrientes, proveniente do afloramento do nível freático sobre o recife, favorecendo a proliferação de algas verdes filamentosas na sua zona interna (Figura 15 C). A origem desse afloramento foi identificada por meio do perfil topográfico, realizado em Guarajuba por Costa Jr. *et al.* (2000), com início na lagoa (zonas úmidas) seguindo até 600 m sobre o recife (Figura 15 A e B).

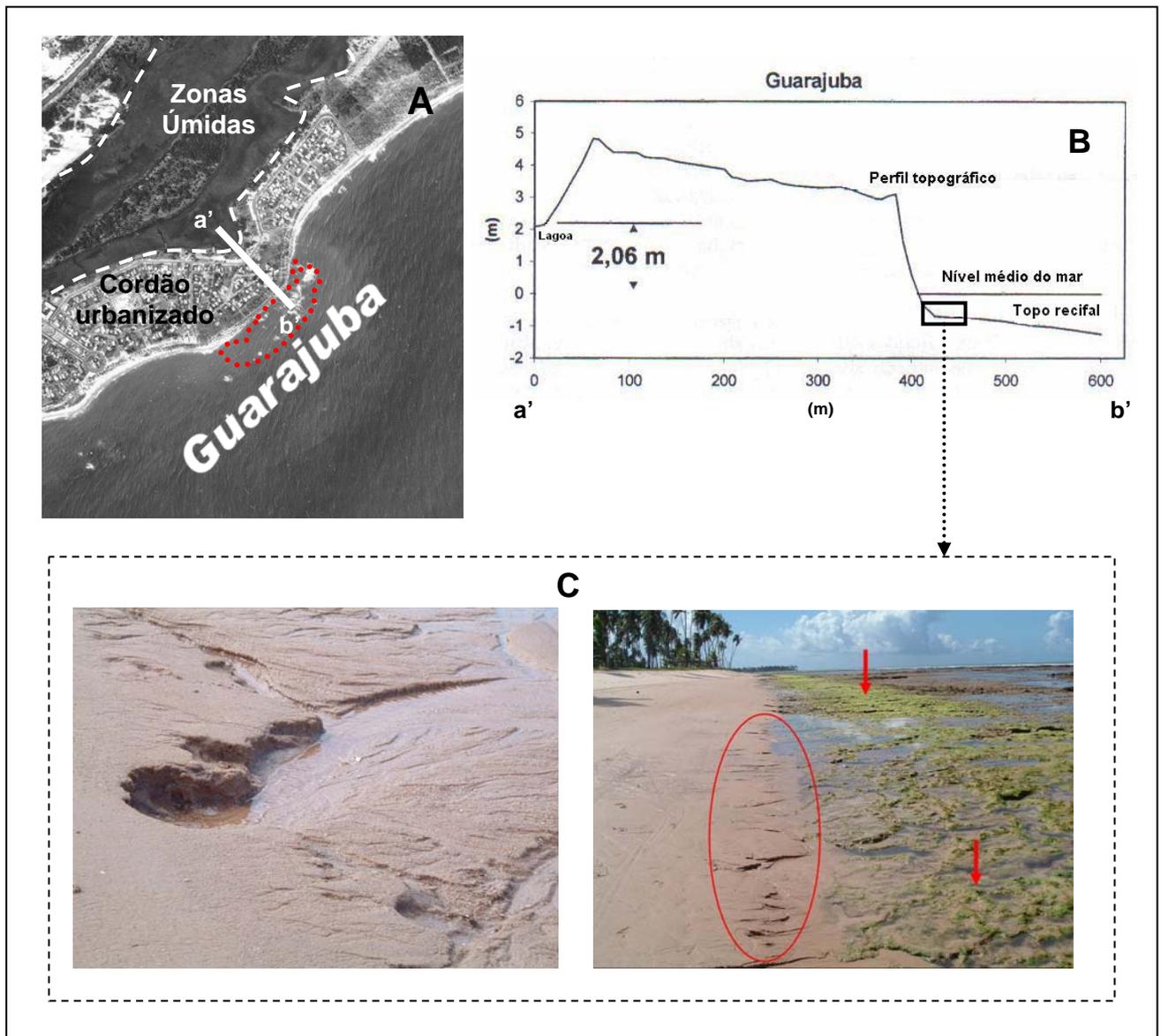


Figura 15 – Vista aérea da praia de Guarajuba ilustrando a zona úmida, o cordão urbanizado e o recife (pontilhado em vermelho) (A) (Fonte: CONDER 1998), onde foi realizado um perfil topográfico (a' – b') (B). Segundo Costa Jr. *et al.* (2000), o lençol freático alcança o recife levando água rica em nutrientes (círculo vermelho e detalhe na foto à esquerda), que tem favorecido a proliferação de algas verdes filamentosas (setas) (C).

4.3.2 – Recifes afastados da costa

Os recifes afastados da costa de Guarajuba (ver figura 9) são bancos recifais isolados, alinhados em uma direção paralela à linha de costa (Kikuchi & Leão 1998) e caracterizados por uma superfície relativamente plana (Leão *et al.* 1997). Eles estão afastados de 1 a 4 km da costa, possuem formas irregulares e dimensões que variam entre 0,5 e 2 km de extensão. Raramente emergem e a área entre eles e a linha da costa não se caracteriza como uma zona de laguna recifal típica (Nolasco 1988). Seus topos podem ser encontrados em profundidades entre 3 e 15 m e apresentam cobertura de corais vivos, variando entre 3 e 4%, cujas colônias não ultrapassam 30 cm de diâmetro (Leão *et al.* 1997). As espécies mais comuns são: *Mussismilia braziliensis*, *M. hispida*, *M. harttii*, *Siderastrea stellata*, *Favia grávida*, *Porites astreroides*, *Porites branneri*, *Agaricia agaricites* e *Montastraea cavernosa* (Kikuchi 2000).

5 – METODOLOGIA

5.1 – Procedimentos em campo

Estes procedimentos foram realizados na porção sul do recife da praia de Guarajuba (Figura 16), onde foram selecionados três pontos ou setores de coleta, considerando a presença das espécies de *Siderastrea* spp. nas poças intermareais do topo emerso do recife, durante as marés baixas de sizígia. Foi levado em consideração que nessa porção do recife as colônias de *Siderastrea* spp. se encontravam mais abundantes, provavelmente porque essa porção fica exposta durante um menor espaço de tempo, proporcionando um habitat mais favorável para esses corais.



Figura 16 – Porção sul do recife da praia de Guarajuba no Litoral Norte da Bahia, exposta durante maré baixa de sizígia, com localização aproximada dos pontos de coleta, números 1, 2 e 3.

Todo o trabalho de campo foi desenvolvido no período compreendido entre março de 2005 e março de 2006, para contemplar informações ao longo de um ano e, assim, atender aos objetivos da pesquisa. O trabalho foi realizado em duas etapas, conforme ilustrado na figura 17.

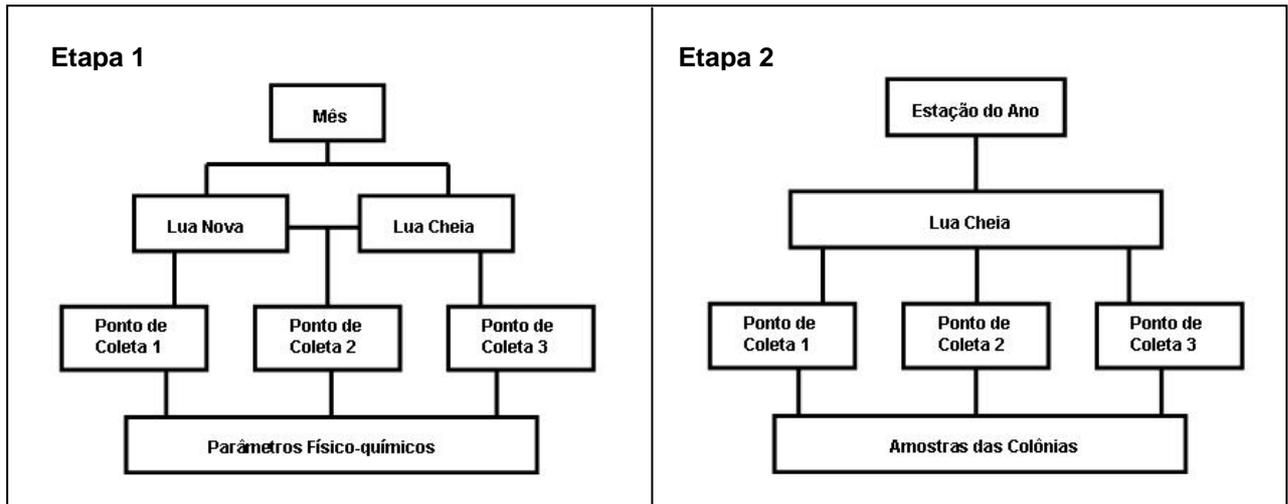


Figura 17 – Desenho esquemático ilustrando as etapas dos procedimentos em campo. A etapa 1 refere-se às coletas de dados dos parâmetros físico-químicos (parâmetros ambientais) e a etapa 2 refere-se às coletas de amostras de *Siderastrea* spp.

a) Etapa 1 – Coleta dos dados dos parâmetros físico-químicos

Na primeira etapa foram coletados dados dos seguintes parâmetros: temperatura da água, utilizando termômetro de álcool com escala de -10°C à $+50^{\circ}\text{C}$ (precisão de $0,1^{\circ}\text{C}$); salinidade, utilizando refratômetro portátil com escala de 0 a 100 (precisão de 0,5); e pH, fosfato (PO_4) e nitrito (NO_2), com o uso de testes químicos do tipo *Mini – Lab Test for Marine Aquariums da Red Sea*, com escala de 7,4 a 8,6 ppm (precisão de 0,2) para pH, escala de 0 a 2,0 ppm (precisão de 0,1) para fosfato e escala de 0 a 1,0 ppm (precisão de 0,05) para nitrito.

A coleta desses dados foi realizada na água das poças de maré do topo emerso do recife (Figura 18), durante as marés baixas de sizígia, duas vezes ao mês. A temperatura da água das poças foi monitorada, nos dias de coleta, desde o início da maré baixa até o recife ser inundado, com o objetivo de verificar a oscilação deste parâmetro nesse intervalo de tempo.



Figura 18 – Medição da temperatura e coleta da água para realização dos testes de pH, fosfato e nitrito, nas poças intermareais do topo do recife de Guarajuba, no litoral norte da Bahia (Foto: S. Resende).

b) Etapa 2 – Coleta de amostras de colônias de *Siderastrea* spp.

A segunda etapa dos procedimentos em campo correspondeu à coleta dos fragmentos das colônias de *Siderastrea* spp., nas mesmas poças de maré (pontos de coleta) onde foram realizadas as coletas dos parâmetros físico-químicos da água. Esta amostragem foi efetuada no início de cada uma das quatro estações do ano, ou seja, nos meses de março/05, junho/05, setembro/05, dezembro/05 e março/06, durante a maré baixa de sizígia, sempre em lua cheia. Em cada poça foram coletados, aleatoriamente, três fragmentos de colônias do coral (Figura 19) que se encontravam submersas, totalizando uma amostragem de 9 colônias por estação do ano. O tamanho de cada fragmento coletado foi de cerca de 3 cm de diâmetro. Os fragmentos foram fotografados utilizando-se régua de 30 cm como escala e, logo em seguida, acondicionados em vasilhas plásticas etiquetadas, contendo água do mar, para serem conduzidos ao laboratório.



Figura 19 – Coleta do fragmento de uma colônia de *Siderastrea* spp. em uma poça intermareal do topo do recife de Guarajuba (Foto: M. Lima).

5.2 – Procedimentos em laboratório

Os procedimentos realizados em laboratório consistiram das seguintes etapas:

5.2.1 – Extração do tecido vivo das amostras de coral

De cada fragmento de coral foi realizada a extração do tecido superficial para contagem das algas zooxantelas, em aproximadamente quatro horas após a coleta dos fragmentos. Em se tratando de uma metodologia destrutiva, com a qual os organismos são sacrificados, justifica-se o tamanho pequeno dos fragmentos das colônias e do tamanho da amostragem (9 fragmentos por estação). Esta etapa do trabalho foi realizada no Laboratório de Estudos dos Recifes de Coral do Instituto de Geociências da UFBA.

O procedimento foi realizado utilizando um jato de água salgada sob compressão a ar produzido no aparelho denominado *Water Pick* (Figuras 20 A e B). Esta técnica é amplamente utilizada com este objetivo e está descrita em diversos trabalhos (Berkelmans & Willis 1999, Fitt *et al.* 2000, Costa 2001, Edmunds *et al.* 2003). Ela é bem aceita no meio científico por se tratar de um processo simples e que preserva as zooxantelas intactas após sua extração.

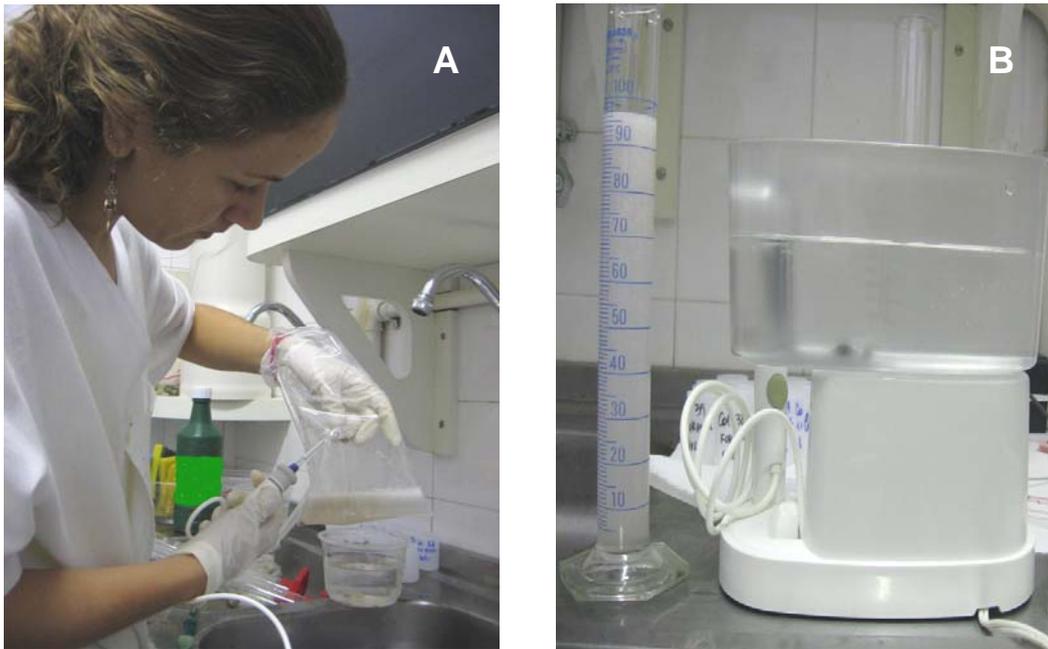


Figura 20 – A – Extração do tecido superficial de uma amostra de *Siderastrea* spp. utilizando jato de água produzido no *Water Pick* (Foto: S. Resende); **B** – O equipamento *Water Pick*, e o material extraído do coral em uma proveta.

5.2.2 – Separação e conservação do material a ser analisado

Após a extração do tecido vivo superficial do coral o material removido foi colocado em uma proveta para medir o seu volume (Figura 20-B). Este procedimento é necessário para calcular a densidade de zooxantelas existente em cada fragmento do coral. Em seguida, alíquotas da solução com tecido extraído foram separadas em recipientes de plástico e conservadas em formol a 4%, para posterior contagem e medição do diâmetro das zooxantelas. Feito isso, os esqueletos dos fragmentos do coral foram colocados em vasilhas plásticas contendo água e hipoclorito de sódio (água sanitária) para remoção total de qualquer resíduo de tecido para, posteriormente, serem utilizados no cálculo da área do coral onde foram extraídas as zooxantelas, aplicando-se o método de Marsh (1970), descrito a seguir.

5.2.3 – Contagem, cálculo da densidade e medida do diâmetro das zooxantelas

As zooxantelas foram contadas em uma câmara de *Fuchs-Rosenthal*, sob microscópio óptico (40X) (*Olympus Optical Co. Ltda*). Essa câmara possui dois compartimentos, cada um com 4 mm de lado (Figura 21-A), subdivididos em dezesseis quadrados, cada um com 1mm de lado, que são, por sua vez, subdivididos em dezesseis quadrículas (Figura 21-B).

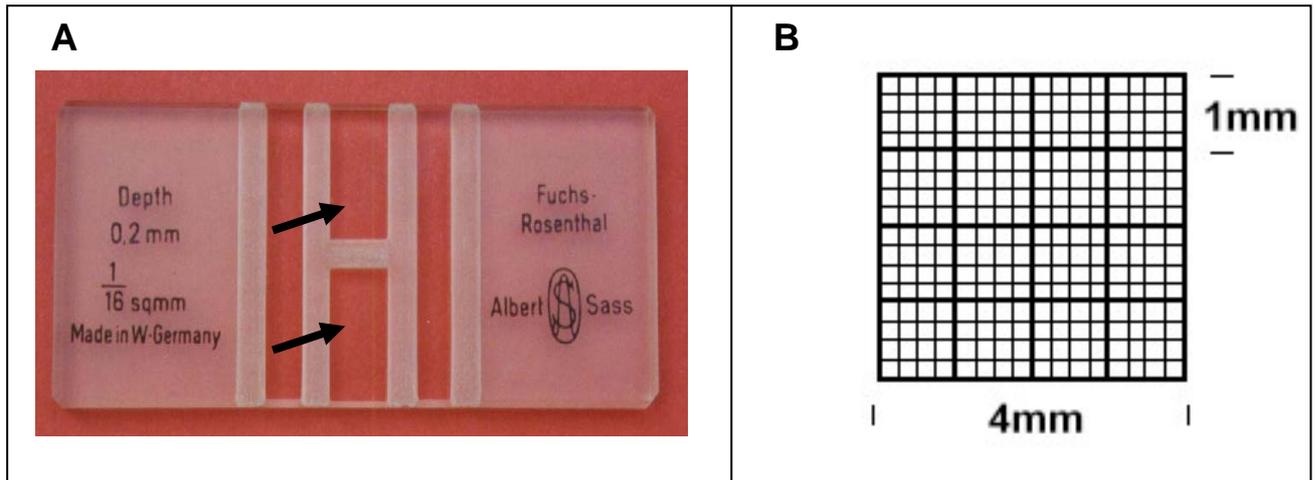


Figura 21 – A – Câmara de *Fuchs-Rosenthal* ilustrando os dois compartimentos (setas) onde é realizada a contagem das células ; **B** – Um dos quadrados da câmara com 16 quadrículas, onde foram contadas as zooxantelas sob microscópio óptico.

O resultado da contagem das zooxantelas, utilizando-se esse tipo de câmara, se dá em número de zooxantelas por mililitro, que é calculado pela multiplicação do número de zooxantelas contadas nas quadrículas pelo valor proporcional ao número de quadrículas utilizadas. Neste trabalho, foram utilizadas todas as quadrículas de quatro quadrados da câmara, selecionados aleatoriamente, para a contagem. Portanto, multiplicou-se o número de zooxantelas encontradas em 64 quadrículas por 1250, de acordo com a regra de contagem de células na câmara *Fuchs Rosenthal* (ver Anexo 1). Foram realizadas quatro réplicas para o cálculo da média, ou seja, quatro lâminas para cada colônia do coral. Os resultados encontrados foram, então, multiplicados pelos valores do volume (mL) obtido após extração do tecido das amostras (Figura 20-B), para obter a densidade de zooxantelas na área superficial viva do coral, através do método de calibração do alumínio, descrito em Marsh (1970). Neste método, são utilizadas folhas de alumínio para moldar a superfície das amostras de coral, considerando as depressões e projeções do seu esqueleto. Foram feitos, então, moldes do fragmento do esqueleto das amostras de *Siderastrea* spp. coletadas, os quais foram pesados em balança analítica digital (da marca *Marte*®). Para converter os valores do peso do molde em área superficial, vários pedaços de folha de alumínio, com área superficial conhecida, foram pesados e os valores obtidos foram usados para calcular a área superficial das amostras do coral e, assim, obter a densidade de zooxantelas (zooxantelas/cm²) (ver etapas do cálculo no Anexo 2).

Por fim, foi medido o diâmetro de cinquenta células (zooxantelas) de cada colônia de *Siderastrea* spp. (ver médias no Anexo 3) com a utilização de um sistema de análise de imagens (*Evolution LC-color*), acoplado a um microscópio óptico (*Olympus Optical Co. Ltda*), empregando o programa

Image Pro Express (versão 4.5.1 for *Windows XP Professional*), disponibilizado pelo Laboratório de Malacologia e Ecologia de Bentos (LAMEB) do Instituto de Biologia da UFBA (Figura 22).



Figura 22 – Contagem das zooxantelas utilizando o sistema de análise de imagens acoplado ao microscópio (Foto: F. Pires).

5.2.4 – Identificação das amostras dos corais estudados

Os corais foram identificados no Laboratório de Crustáceos e Cnidários, do Instituto de Biologia da UFBA com auxílio de lupa, segundo Neves (2004), que sugere a ocorrência de três espécies de coral do gênero *Siderastrea* (*Siderastrea stellata*, *Siderastrea radians* e *Siderastrea siderea*) na costa brasileira.

5.3 – Dados pluviométricos

Os dados pluviométricos foram obtidos do Sistema de Informações Hidrológicas (SIH), junto a Agência Nacional das Águas (ANA). A estação escolhida foi a de Emboacica (01238046 – código SIH), por se tratar da estação mais próxima da área de estudo (13 km em linha reta), localizada no município de Camaçari, Bahia.

5.4 – Dados das anomalias da temperatura da água superficial do mar

Os dados das anomalias da temperatura da água superficial do mar (TSM) do Litoral Norte foram obtidos através de imagens disponíveis na home page do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) (Figura 23). Estas imagens correspondem ao monitoramento climático global realizado pelo *National Oceanic & Atmospheric Administration* (NOAA), com escala de cores mostrando as oscilações das anomalias, com seus respectivos valores numéricos, com os quais foi construído um gráfico (ver figura 36) das anomalias ocorridas durante o período em que foi realizada a pesquisa.

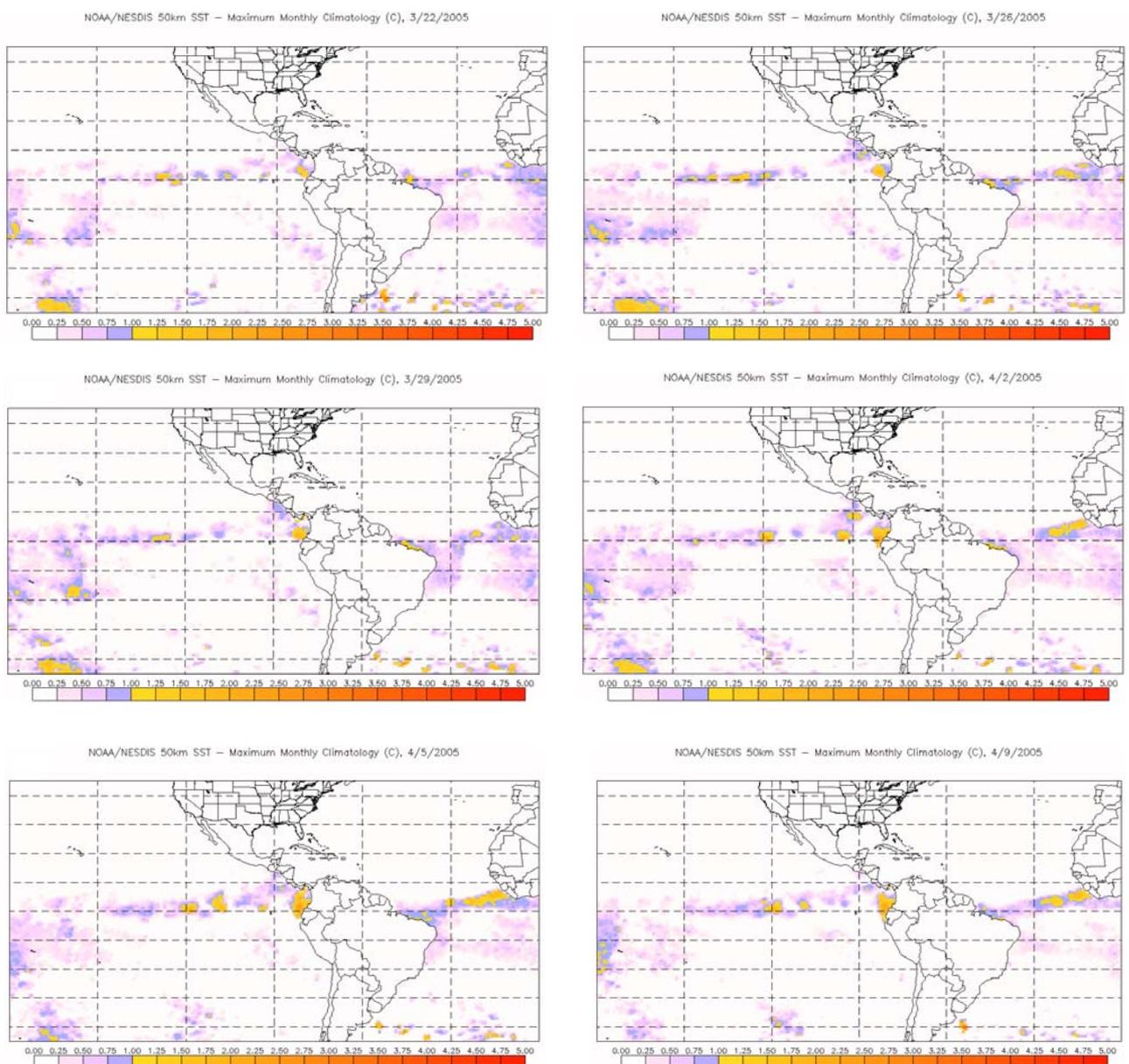


Figura 23 – Ocorrências de anomalias da temperatura da água superficial do mar durante o final do verão e o início do outono de 2005 (para os dias 22, 26 e 29 de março e 2, 5 e 9 de abril de 2005) (Fonte: <<http://www.osdpd.noaa.gov/PSB/EPS/SST/climohot.html>>).

5.5 – Análises estatísticas

Foi realizada uma análise estatística descritiva para estimar as médias sazonais, o desvio padrão e o intervalo de confiança das médias, para interpretação da flutuação dos dados dos parâmetros físico-químicos, densidade e diâmetro das zooxantelas ao longo do período estudado. Foram utilizados, também, os coeficientes de correlação de Pearson entre os parâmetros para explicar a intensidade e o tipo (positiva ou negativa) de associação existente entre duas variáveis quantitativas, sendo a densidade e o tamanho das zooxantelas as variáveis dependentes e os fatores físico-químicos as variáveis independentes. E, para avaliar a existência de diferença significativa dos dados (densidade e diâmetro das zooxantelas) durante as estações do ano foi realizado o teste ANOVA, utilizando o programa estatístico *Graph Pad Instat 3 for Windows*, juntamente com os testes de Bartlett para verificar a igualdade das variâncias, o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade dos dados e o teste de Tukey-Kramer para realizar comparação múltipla das médias.

6 – RESULTADOS

6.1 – Parâmetros físico-químicos

A tabela 1 apresenta as médias mensais dos parâmetros físico-químicos da água das poças onde as colônias de *Siderastrea* spp. foram coletadas durante o período de março/05 a março/06 (os dados diários estão no Anexo 4). E a figura 24 ilustra a oscilação das médias dos parâmetros (temperatura, salinidade, pH) que tiveram alguma variação durante os meses de coleta.

O menor valor de temperatura média mensal registrada ($27,4^{\circ}\text{C}$) ocorreu em agosto/05, e o maior valor ($35,5^{\circ}\text{C}$) ocorreu em março/05. Em relação à variação diária da temperatura da água nas poças, no dia 06/agosto/05 ocorreu a menor temperatura registrada de toda a coleta, 26°C , atingindo máxima, neste dia, de 28°C . Já no dia 14/fevereiro/05 foi registrada a maior variação de temperatura (5°C), com mínima diária de 32°C e máxima de 37°C (máxima temperatura encontrada em toda coleta) (Tabela 2).

A salinidade média da água variou pouco durante os meses de coleta, com valor mínimo de 35,5 psu, em maio/05, e valor máximo de 38,5 psu, em março/06. Os valores das médias do pH variaram menos ainda, apresentando uma variação máxima de até 0,2 durante o período de coleta, com valor mínimo de 8,4 e máximo de 8,6.

Observa-se, ainda, que as médias dos parâmetros referentes às concentrações de fosfato (PO_4) e nitrito (NO_2) na água, praticamente não sofreram variações durante o período de coleta. As médias das concentrações de fosfato mantiveram-se constantes, com valores de 0,1 ppm, e as concentrações de nitrito também apresentaram valores de 0,1 ppm praticamente durante todos os meses de coleta, com exceção de março/05, quando não foi detectada a presença de nitrito na água. Isso pode ter acontecido, provavelmente, porque os testes químicos utilizados não possuem precisão suficiente para detectar quantidades muito pequenas.

A tabela 3 mostra os resultados das variações da temperatura, da salinidade e do pH, considerado as estações do ano, e a figura 25 o comportamento temporal das variações desses parâmetros. A salinidade e o pH apresentaram médias mínimas no outono/05 (35,9 psu e 8,4, respectivamente) e máximas no outono/06 (38 psu e 8,6, respectivamente). Já a temperatura variou em torno de 5°C , com menor média ($28,3^{\circ}\text{C}$) ocorrendo no inverno/05 e a maior ($33,3^{\circ}\text{C}$), no verão/05.

Tabela 1 – Média e desvio padrão mensais dos parâmetros físico-químicos da água das poças do recife de Guarajuba durante o período compreendido entre março de 2005 a março de 2006.

Meses	T (°C)		Sal (psu)		pH		PO ₄ (ppm)		NO ₂ (ppm)	
	X	s	X	s	X	s	X	s	X	s
mar/05	35,5 ±	1,0	36,7 ±	0,6	8,4 ±	0,0	0,1 ±	0,0	0,0 ±	0,0
abr/05	32,3 ±	1,1	36,0 ±	1,1	8,4 ±	0,0	0,1 ±	0,0	0,1 ±	0,0
mai/05	29,3 ±	1,2	35,5 ±	0,5	8,5 ±	0,1	0,1 ±	0,0	0,1 ±	0,0
jun/05	29,1 ±	0,6	36,2 ±	0,4	8,5 ±	0,1	0,1 ±	0,0	0,1 ±	0,0
jul/05	27,6 ±	0,6	36,5 ±	0,5	8,4 ±	0,0	0,1 ±	0,0	0,1 ±	0,0
ago/05	27,4 ±	0,4	36,0 ±	1,1	8,6 ±	0,0	0,1 ±	0,0	0,1 ±	0,0
set/05	30,7 ±	0,7	37,5 ±	0,5	8,4 ±	0,0	0,1 ±	0,0	0,1 ±	0,0
out/05	31,8 ±	0,6	36,0 ±	1,1	8,5 ±	0,1	0,1 ±	0,0	0,1 ±	0,0
nov/05	31,0 ±	1,0	37,0 ±	0,0	8,5 ±	0,1	0,1 ±	0,0	0,1 ±	0,0
dez/05	33,5 ±	0,9	36,0 ±	1,1	8,4 ±	0,0	0,1 ±	0,0	0,1 ±	0,0
jan/06	32,8 ±	0,9	36,7 ±	1,3	8,5 ±	0,1	0,1 ±	0,0	0,1 ±	0,0
fev/06	33,7 ±	1,4	36,0 ±	0,0	8,6 ±	0,0	0,1 ±	0,0	0,1 ±	0,0
mar/06	33,3 ±	0,8	38,5 ±	0,5	8,6 ±	0,0	0,1 ±	0,0	0,1 ±	0,0

(T = temperatura, Sal = salinidade, pH = potencial hidrogeniônico, PO₄ = fosfato, NO₂ = nitrito)

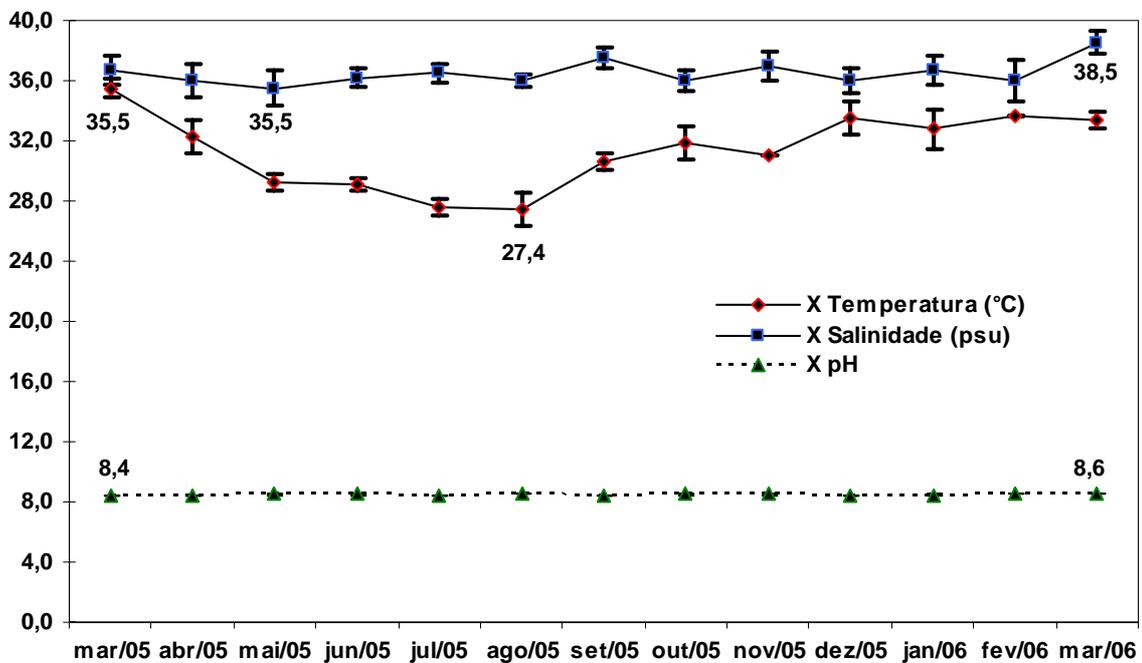


Figura 24 – Distribuição temporal da média e desvio padrão mensais da temperatura, salinidade e pH da água das poças do recife de Guarajuba durante o período compreendido entre março de 2005 e março de 2006.

Tabela 2 – Variações máximas e mínimas da temperatura diária da água das poças do recife de Guarajuba de março de 2005 e março de 2006.

Data de coleta	Temperatura mínima (°C)	Temperatura máxima (°C)	Varição diária (°C)
06/08/05	26	28	2
14/02/05	32	37	5

Tabela 3 – Média (x) e desvio padrão (s) da temperatura, da salinidade e do pH da água das poças do recife de Guarajuba durante o período compreendido entre o outono de 2005 e o outono de 2006.

Estação do ano	Temperatura (°C)		Salinidade (psu)		pH	
	x	s	x	s	x	s
Out 05	31,2 ± 2,7		35,9 ± 0,8		8,4 ± 0,1	
Inv 05	28,3 ± 1,3		36,4 ± 0,8		8,5 ± 0,1	
Pri 05	31,6 ± 1,0		36,5 ± 1,2		8,5 ± 0,1	
Ver 05	33,3 ± 1,0		37,0 ± 1,3		8,5 ± 0,1	
Out 06	33,0 ± 1,0		38,0 ± 0,0		8,6 ± 0,0	

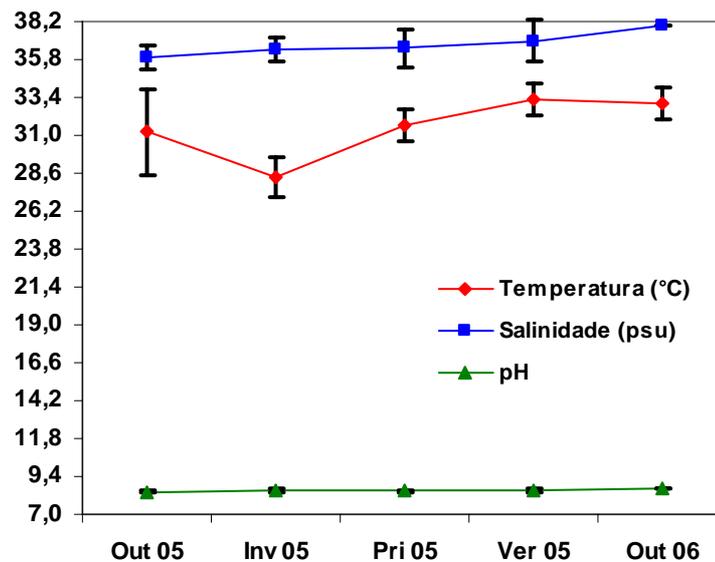


Figura 25 – Distribuição temporal da média e desvio padrão da temperatura, da salinidade e do pH da água das poças do recife de Guarajuba durante o período compreendido entre o outono de 2005 e o outono de 2006.

6.2 – Densidade das zooxantelas

Os parâmetros estatísticos descritivos estimados para a densidade das zooxantelas ($\text{Zoox} \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$) das amostras de *Siderastrea* spp. estão expostos na tabela 4. Observa-se que o valor mínimo da densidade das zooxantelas (0,09) ocorreu no outono/05, e a menor média (0,57) ocorreu no verão/05. Os maiores valores de média e desvio padrão (1,64 e 0,63, respectivamente) foram encontrados durante o inverno/05, juntamente com o valor máximo da densidade das zooxantelas (2,92).

A figura 26 mostra a variação dos dados da densidade das zooxantelas obtidos durante as estações do ano, juntamente com a variação temporal das respectivas médias. Nota-se que a maior média da densidade das zooxantelas das amostras ocorreu no inverno/05, quando aconteceu, também, a maior variação dos dados, com valor máximo da densidade das zooxantelas de 2,92 e mínimo de 0,65.

Foi realizado o teste ANOVA para mostrar o nível de significância da variabilidade da densidade das zooxantelas em função do tempo (estações do ano), cujos resultados estão expressos na tabela 5. Observa-se que a diferença temporal entre os valores da densidade das zooxantelas é altamente significativa ($\alpha = 0,05$; $p < 0,001$). Já na tabela 6 estão os resultados do teste de comparação múltipla de Tukey-Kramer entre as médias os dados da densidade das zooxantelas obtidos durante as estações do ano. Ocorreram diferenças significativas apenas quando a média do inverno/05 foi comparada com as médias das outras estações.

Tabela 4 – Estatística descritiva da densidade das zooxantelas ($\text{Zoox} \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$) das amostras de *Siderastrea* spp. do recife de Guarajuba durante o período compreendido entre o outono de 2005 e o outono de 2006.

Coleta	N	x	s	Int Conf x		Min	Max
				Li	Ls		
Out 05	9	0,59 ± 0,32	0,35	0,83	0,09	1,24	
Inv 05	9	1,64 ± 0,63	1,15	2,13	0,65	2,92	
Pri 05	9	1,06 ± 0,27	0,85	1,26	0,68	1,61	
Ver 05	9	0,57 ± 0,30	0,34	0,80	0,24	1,18	
Out 06	9	0,78 ± 0,38	0,49	1,07	0,28	1,47	

(N = número de amostras, x = média, s = desvio padrão, Int Conf x = Intervalo de confiança da média (95%), Li = limite inferior, Ls = limite superior, Min = valor mínimo encontrado, Max = valor máximo encontrado)

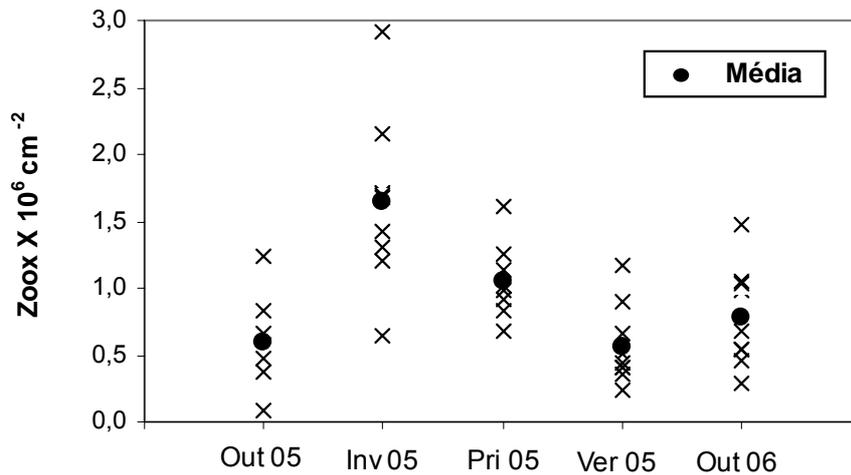


Figura 26 – Variação temporal dos dados obtidos da densidade das zooxantelas ($\text{Zoox} \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$), e respectivas médias, das amostras de *Siderastrea* spp. coletadas nas poças do recife de Guarajuba durante o período compreendido entre o outono de 2005 e o outono de 2006.

Tabela 5 – Resultados do teste ANOVA ($\alpha = 0,05$), para a variabilidade da densidade das zooxantelas ($\text{Zoox} \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$) das amostras de *Siderastrea* spp. do recife de Guarajuba durante o período compreendido entre o outono de 2005 e o outono de 2006.

Causas de variação	SQ	GL	QM	F	Sig.
Entre tratamentos	7,088	4	1,772	11,0007	<0,0001
Dentro (resíduo)	6,439	40	0,1610		
Total	13,527	44			

(SQ = soma dos quadrados, GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio, F = razão de variâncias, Sig. = significância estatística)

Tabela 6 – Comparação múltipla (Teste de Tukey-Kramer) entre as médias da densidade das zooxantelas ($\text{Zoox} \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$) das amostras de *Siderastrea* spp. do recife de Guarajuba obtidas durante as estações do ano, durante o período compreendido entre o outono de 2005 e o outono de 2006.

Comparações	Diferença entre médias	<i>p</i>
Out/05 vs Inv/05	-1,0480	$p < 0,001$ ***
Out/05 vs Pri/05	-0,4656	$p > 0,05$ ns
Out/05 vs Ver/05	0,0244	$p > 0,05$ ns
Out/05 vs Out/06	-0,1900	$p > 0,05$ ns
Inv/05 vs Pri/05	0,5822	$p < 0,05$ *
Inv/05 vs Ver/05	1,0720	$p < 0,001$ ***
Inv/05 vs Out/06	0,8578	$p < 0,001$ ***
Pri/05 vs Ver/05	0,4900	$p > 0,05$ ns
Pri/05 vs Out/06	0,2756	$p > 0,05$ ns
Ver/05 vs Out/06	-0,2144	$p > 0,05$ ns

(ns = não significativa, *** = altamente significativa, * = significativa)

A regressão múltipla realizada entre os dados da densidade das zooxantelas e dos fatores físico-químicos da água das poças do recife de Guarajuba que variaram, temperatura e salinidade, mostrou por meio do coeficiente de determinação múltiplo (r^2) que, aproximadamente, 75% da variação observada na densidade das zooxantelas pode ser explicada em função da variação sazonal dessas variáveis ambientais. E, o coeficiente de correlação múltiplo (r), com valor determinado de 0,86, indicou que existe uma correlação alta entre as variáveis, e esta correlação mostrou-se altamente significativa ($p < 0,001$).

A tabela 7 mostra a matriz de correlação múltipla com os coeficientes de correlação (r) calculados independentemente entre duas variáveis. Nota-se que houve correlação apenas entre a temperatura e a densidade das zooxantelas, e esta foi caracterizada como altamente significativa ($p < 0,001$) e negativa ($r = -0,8512$), ou seja, quando a temperatura aumenta a densidade tende a diminuir. A figura 27 mostra a dispersão dos pontos desta correlação, juntamente com o coeficiente de Pearson (r), a linha de tendência linear e o intervalo de confiança de 95%.

Tabela 7 – Matriz de correlação múltipla entre a temperatura e a salinidade da água das poças e a densidade das zooxantelas ($Zoox \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$) das amostras de *Siderastrea* spp. do recife de Guarajuba durante o período compreendido entre o outono de 2005 e o outono de 2006.

	Densidade	Temperatura	Salinidade
Densidade	1		
Temperatura	-0,8512 ***	1	
Salinidade	-0,1907 ns	0,0496 ns	1

O nível de significância foi determinado pelo coeficiente de correlação de Pearson (r)
 (***) = altamente significativa com $p < 0,001$, ns = não significativa com $p > 0,05$)

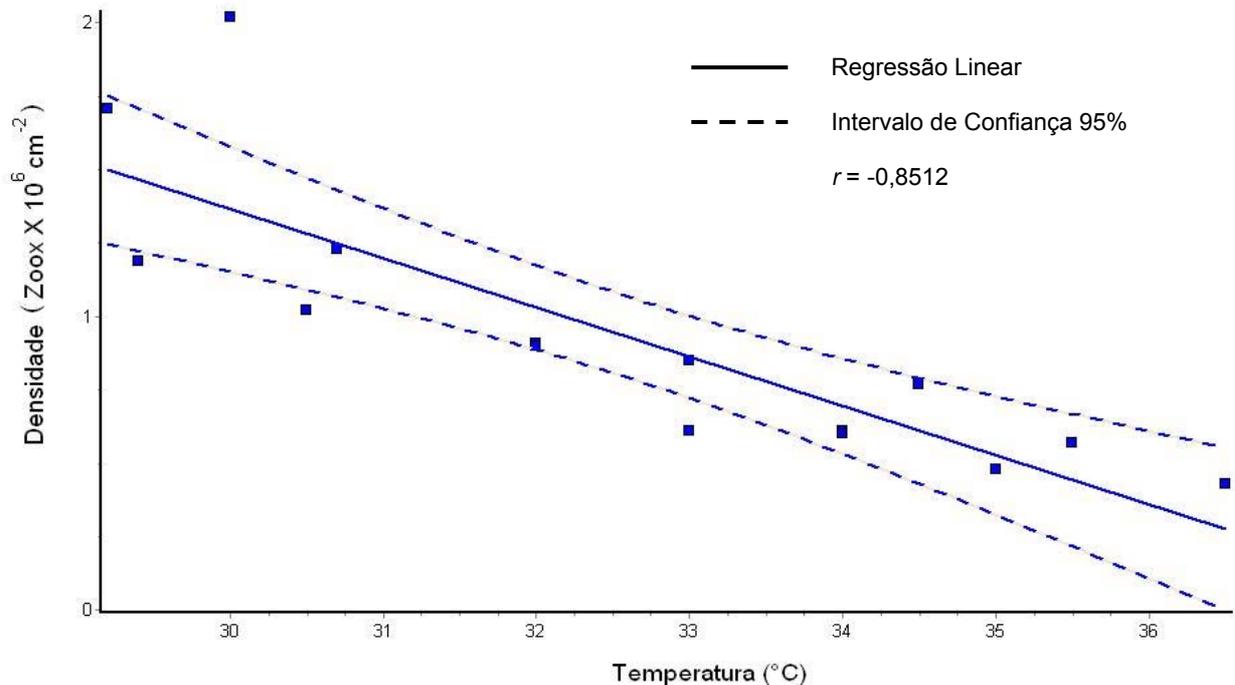


Figura 27 – Dispersão dos pontos da correlação entre a temperatura da água e a densidade das zooxantelas (Zoox X 10⁶ cm⁻²) das amostras de *Siderastrea* spp. do recife de Guarajuba durante o período compreendido entre o outono de 2005 e o outono de 2006 (r = coeficiente de Pearson).

6.3 – Diâmetro das zooxantelas

Os parâmetros estatísticos descritivos estimados para as medidas do diâmetro das zooxantelas das amostras de *Siderastrea* spp. estão apresentados na tabela 8. Nota-se que o diâmetro mínimo das zooxantelas (8,73 μm) ocorreu no outono/05, juntamente com a menor média (9,81 μm). Já o valor máximo do diâmetro (12,39 μm) ocorreu no outono/06, igualmente com a maior média registrada para o período analisado (11,75 μm).

A figura 28 descreve a variação temporal dos dados do diâmetro das zooxantelas. Ocorreu um aumento gradativo do diâmetro no outono/05 até a primavera/05, com uma diminuição no verão/05, voltando a aumentar no outono/06. O teste ANOVA foi realizado para mostrar o nível de significância da variabilidade do diâmetro das zooxantelas em função do tempo (estações do ano). Observa-se que a diferença temporal do diâmetro das zooxantelas é altamente significativa ($\alpha = 0,05$; $p < 0,001$) (Tabela 9). Foi realizado, também, o teste de comparação múltipla de Tukey-Kramer entre as médias dos dados do diâmetro das zooxantelas obtidos durante as estações do ano, cujos resultados estão expressos na Tabela 10. Ocorreram diferenças significativas em quase todas as comparações, sugerindo uma variação temporal grande entre as médias sazonais.

Tabela 8 – Estatística descritiva das medidas do diâmetro das zooxantelas (μm) das amostras de *Siderastrea* spp. do recife de Guarajuba durante o período compreendido entre o outono de 2005 e o outono de 2006.

Coleta	N	x	s	Int Conf x		Min	Max
				Li	Ls		
Out 05	9	9,81 \pm 0,57		9,37	10,25	8,73	10,67
Inv 05	9	10,68 \pm 0,26		10,48	10,88	10,26	10,99
Pri 05	9	10,97 \pm 0,35		10,71	11,24	10,57	11,72
Ver 05	9	10,33 \pm 0,24		10,14	10,51	10,09	10,73
Out 06	9	11,75 \pm 0,44		11,42	12,10	11,10	12,39

(N = número de amostras, x = média, s = desvio padrão, Int Conf x = Intervalo de confiança da média (95%), Li = limite inferior, Ls = limite superior, Min = valor mínimo encontrado, Max = valor máximo encontrado)

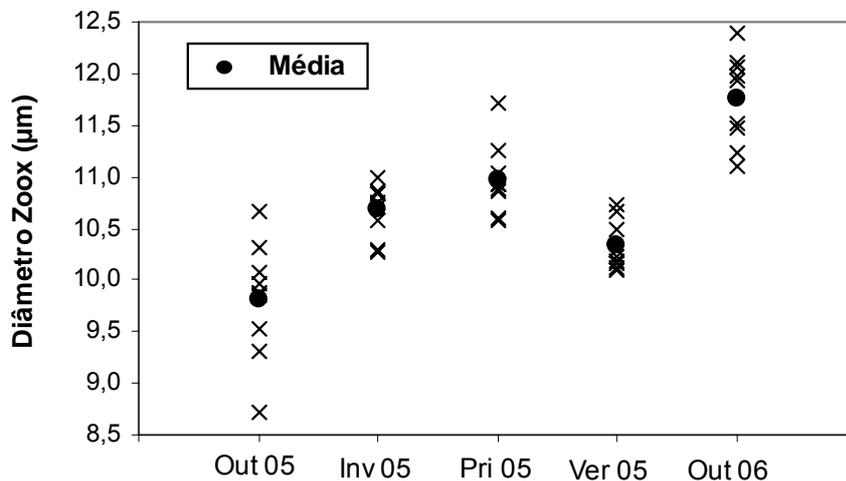


Figura 28 – Variação temporal dos dados obtidos do diâmetro das zooxantelas (μm), e respectivas médias, das amostras de *Siderastrea* spp. coletadas nas poças do recife de Guarajuba durante o período compreendido entre o outono de 2005 e o outono de 2006.

Tabela 9 – Resultados do teste ANOVA ($\alpha = 0,05$) para a variabilidade das medidas do diâmetro das zooxantelas (μm) das amostras de *Siderastrea* spp. do recife de Guarajuba durante o período compreendido entre o outono de 2005 e o outono de 2006.

Causas de variação	SQ	GL	QM	F	Sig.
Entre tratamentos	19,037	4	4,759	31,334	<0,0001
Dentro (resíduo)	6,075	40	0,1519		
Total	25,112	44			

(SQ = soma dos quadrados, GL = graus de liberdade, QM = quadrado médio, F = razão de variâncias, Sig. = significância estatística)

Tabela 10 – Comparação múltipla (Teste de Tukey-Kramer) entre médias do diâmetro das zooxantelas (μm) das amostras de *Siderastrea* spp. do recife de Guarajuba obtidas durante as estações do ano, durante o período compreendido entre o outono de 2005 e o outono de 2006.

Comparações	Diferença entre médias	<i>p</i>
Out/05 vs Inv/05	-0,8689	$p < 0,001$ ***
Out/05 vs Pri/05	-1,1620	$p < 0,001$ ***
Out/05 vs Ver/05	-0,5167	$p > 0,05$ ns
Out/05 vs Out/06	-1,9430	$p < 0,001$ ***
Inv/05 vs Pri/05	-0,2933	$p > 0,05$ ns
Inv/05 vs Ver/05	0,3522	$p > 0,05$ ns
Inv/05 vs Out/06	-1,0740	$p < 0,001$ ***
Pri/05 vs Ver/05	0,6456	$p < 0,01$ **
Pri/05 vs Out/06	-0,7811	$p < 0,01$ **
Ver/05 vs Out/06	-1,4270	$p < 0,001$ ***

Foi realizada, também, a regressão múltipla entre os dados do diâmetro das zooxantelas e os fatores físico-químicos da água das poças do recife, temperatura e salinidade. Os resultados indicam que, por meio do coeficiente de determinação múltiplo (r^2), aproximadamente 68% da variação observada no diâmetro das zooxantelas pode ser explicada em função da variação sazonal dessas variáveis ambientais. E, o coeficiente de correlação múltiplo (r), com valor determinado de 0,82, indica que existe uma correlação alta entre as variáveis, e esta correlação mostrou-se muito significativa ($p < 0,01$).

A matriz de correlação múltipla (tabela 11) mostra que houve correlação apenas entre a salinidade e o diâmetro das zooxantelas, e esta foi caracterizada como muito significativa ($p < 0,01$) e positiva ($r = 0,7033$), ou seja, quando a salinidade aumenta o diâmetro também aumenta. A figura 29 mostra a dispersão dos pontos desta correlação, juntamente com o coeficiente de Pearson (r), a linha de tendência linear e o intervalo de confiança de 95%.

Tabela 11 – Matriz de correlação múltipla entre a temperatura e a salinidade da água das poças e o diâmetro das zooxantelas (μm) das amostras de *Siderastrea* spp. do recife de Guarajuba durante o período compreendido entre o outono de 2005 e o outono de 2006.

	Diâmetro	Temperatura	Salinidade
Diâmetro	1		
Temperatura	-0,3941 ns	1	
Salinidade	0,7033 **	0,0496 ns	1

O nível de significância foi determinado pelo coeficiente de correlação de Pearson (r)
 (** = muito significativa com $p < 0,01$, ns = não significativa com $p > 0,05$)

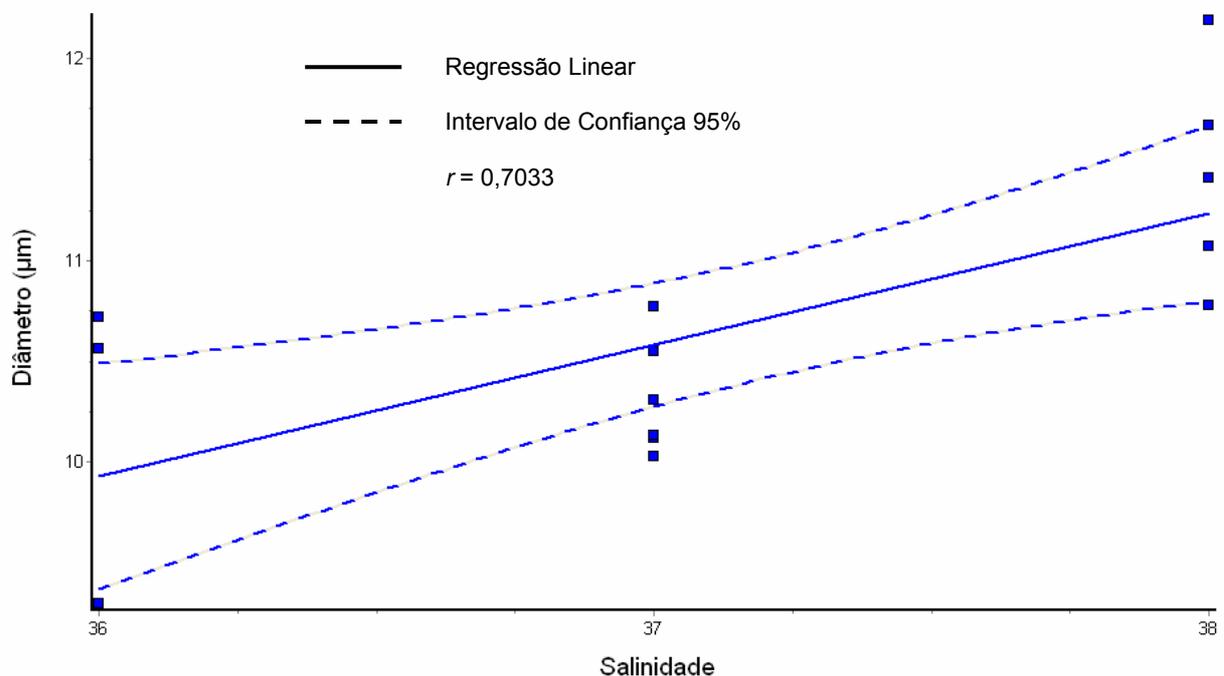


Figura 29 – Dispersão dos pontos da correlação entre a temperatura da água e o diâmetro das zooxantelas (μm) das amostras de *Siderastrea* spp. do recife de Guarajuba durante o período compreendido entre o outono de 2005 e o outono de 2006 (r = coeficiente de Pearson).

6.4 – Características das zooxantelas

As zooxantelas das amostras coletadas dos corais não apresentaram diferenças em sua morfologia (Figura 30). Todas apresentaram coloração amarelo-amorronzada, formato esférico, membrana transparente e lisa, vacúolo visível, semelhantes às espécies de *Symbiodinium* spp., descrita por Freudenthal (1962).

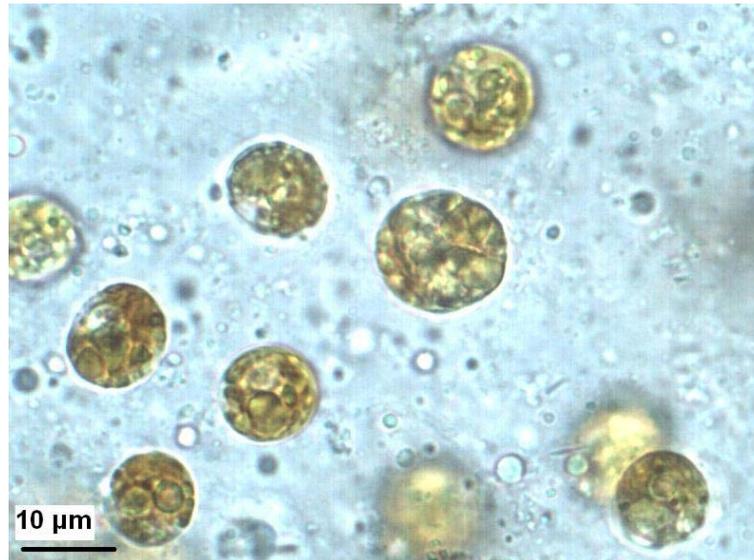


Figura 30 – Zooxantelas de uma amostra de *Siderastrea* spp. coletada nas poças intermareais do recife de Guarajuba no inverno de 2005.

6.5 – Padrão de cor das amostras de *Siderastrea* spp.

A figura 31 ilustra o padrão de cor das amostras de *Siderastrea* spp. coletadas durante as estações do ano (outono/05 a outono/06). Observa-se que a amostra do coral coletada no inverno/05 (período mais frio e úmido) possui um padrão de cor mais escuro do que as demais. Nota-se que ocorre a recuperação da cor das colônias do outono/05 para o inverno/05 e uma perda gradual de coloração do inverno/05 para a primavera/05 e para o verão/05, quando a colônia se apresenta mais clara. A colônia coletada no outono/06 apresenta coloração menos pálida que a colônia do outono/05. Não foram observadas colônias de *Siderastrea* spp. totalmente branqueadas nas poças do recife de Guarajuba durante o período de coleta, caracterizando o branqueamento ocorrido nas estações mais quentes do ano, de intensidade baixa.

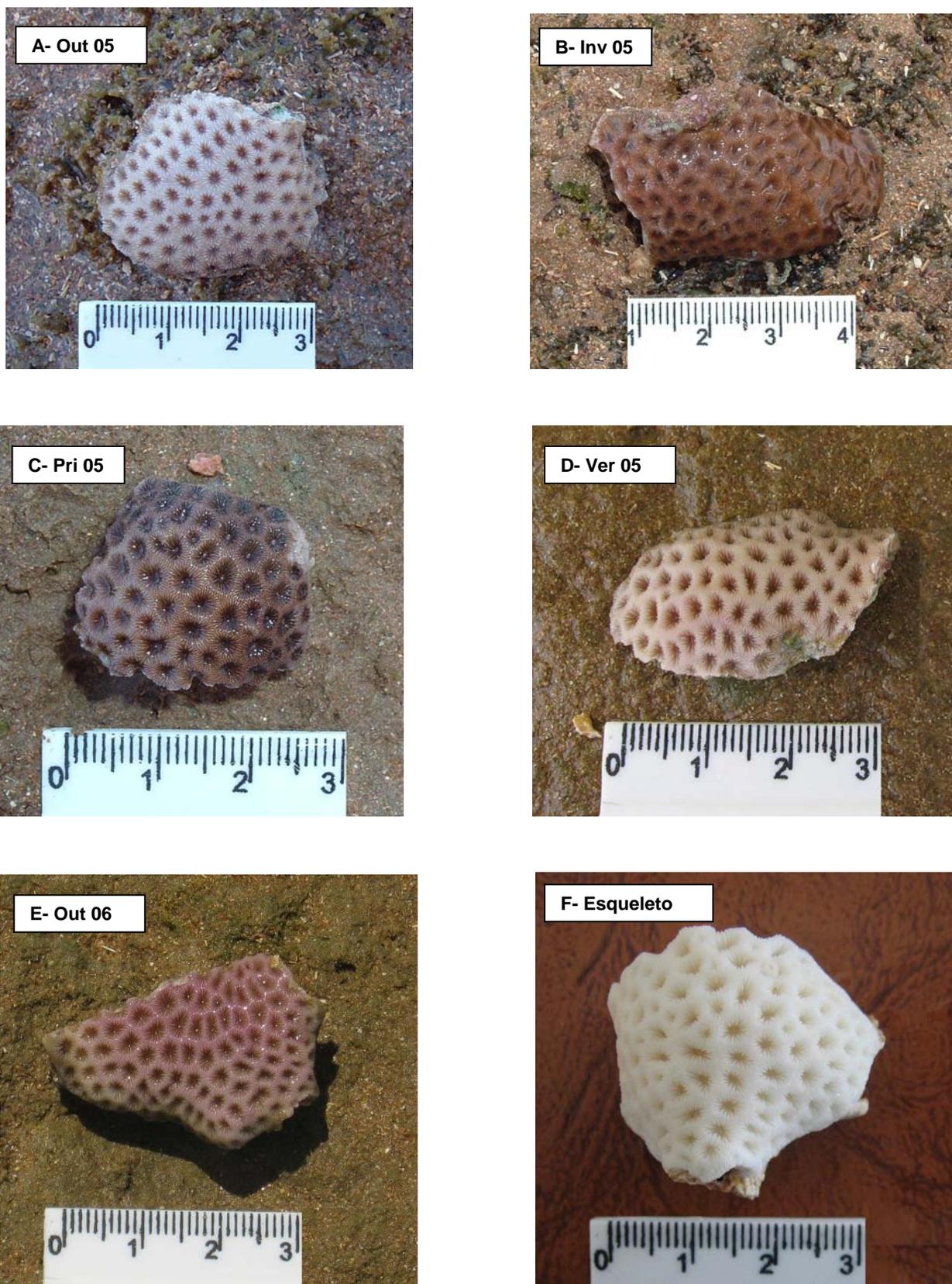


Figura 31 – Fotografias ilustrativas dos padrões de cor das amostras de *Siderastrea* spp. coletadas nas poças do topo do recife de Guarajuba durante o período compreendido entre o outono de 2005 (A- Out 05) e o outono de 2006 (E- Out 06). F- representa o esqueleto do coral branqueado artificialmente.

6.6 – Identificação das amostras de *Siderastrea* spp.

Usando como referência a tese de doutorado de Neves (2004) a qual trata da identificação das espécies do gênero *Siderastrea* presentes nos recifes do Brasil, foram identificadas nas amostras coletadas, duas espécies pertencentes ao gênero *Siderastrea*: *S. stellata* e *S. radians*. Vale ressaltar que o objetivo principal deste projeto não propôs a análise das diferenças entre os padrões de branqueamento das espécies encontradas, porém em se tratando de organismos distintos, foi feita uma comparação dos resultados da densidade das zooxantelas das duas espécies registradas.

Na tabela 12 estão os valores das médias e respectivos desvios padrões da densidade das zooxantelas de nove amostras, em cada estação e em três pontos de coleta, totalizando 45 colônias. Destas, 39 colônias (87%) são da espécie *S. stellata*, enquanto que apenas 6 são de *S. radians* (13%) (em vermelho). Comparando apenas as estações em que as duas espécies estão presentes, ainda assim o número de indivíduos de *S. stellata* (12), supera o de *S. radians* (6). Considerando, então, o verão/05 e o outono/06, quando as duas espécies foram registradas, é possível notar que os valores das médias da densidade das zooxantelas de *S. radians* são, geralmente, um pouco menores do que os de *S. stellata*, em cada uma dessas estações, sendo que no outono/06 os dois menores valores da média (0,46 e 0,28) são também de *S. radians*. Observando-se ainda a tabela 10, valores pequenos da densidade das zooxantelas foram encontrados também para a espécie *S. stellata* (outono/05, por exemplo), no entanto estes não devem ser comparados aos de *S. radians*, uma vez que foram registrados em outra época do ano em que a espécie *S. radians* não estava presente nas amostras coletadas.

A figura 32 ilustra a oscilação ocorrida entre as estações verão/05 e outono/06, das médias da densidade das zooxantelas das duas espécies.

Tabela 12 – Média (x) e desvio padrão (s) da densidade das zooxantelas (Zoox X 10⁶ cm⁻²) das amostras dos corais do gênero *Siderastrea* coletadas no recife de Guarajuba durante o período compreendido entre o outono de 2005 e o outono de 2006. Os valores em vermelho são da espécie *S. radians* e os demais são da espécie *S. stellata*.

Estações do ano	Out 05		Inv 05		Pri 05		Ver 05		Out 06	
	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s
<i>Siderastrea</i> 1.1	0,53 ± 0,26		1,71 ± 0,25		1,07 ± 0,16		0,51 ± 0,19		0,98 ± 0,34	
<i>Siderastrea</i> 2.1	0,54 ± 0,31		1,43 ± 0,15		0,99 ± 0,19		0,90 ± 0,18		1,03 ± 0,19	
<i>Siderastrea</i> 3.1	1,24 ± 0,26		2,92 ± 1,31		0,68 ± 0,22		0,41 ± 0,18		0,68 ± 0,07	
<i>Siderastrea</i> 1.2	0,57 ± 0,15		2,14 ± 0,29		0,91 ± 0,11		0,41 ± 0,13		0,54 ± 0,15	
<i>Siderastrea</i> 2.2	0,67 ± 0,10		1,30 ± 0,25		1,02 ± 0,18		0,24 ± 0,05		0,54 ± 0,11	
<i>Siderastrea</i> 3.2	0,47 ± 0,11		1,69 ± 0,30		1,14 ± 0,33		1,18 ± 0,07		1,47 ± 0,36	
<i>Siderastrea</i> 1.3	0,38 ± 0,15		1,21 ± 0,30		1,25 ± 0,72		0,66 ± 0,39		0,46 ± 0,40	
<i>Siderastrea</i> 2.3	0,09 ± 0,03		0,65 ± 0,15		1,61 ± 0,40		0,35 ± 0,15		1,05 ± 0,30	
<i>Siderastrea</i> 3.3	0,83 ± 0,39		1,70 ± 0,20		0,84 ± 0,19		0,44 ± 0,18		0,28 ± 0,10	

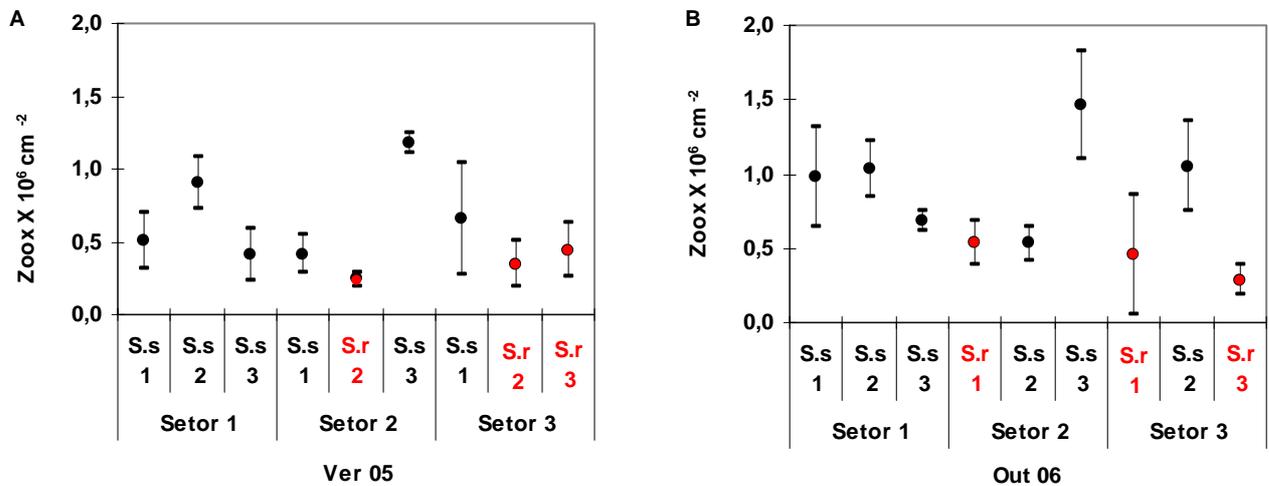


Figura 32 – Médias e respectivos desvios padrões da densidade das zooxantelas (Zoox X 10⁶ cm⁻²) das amostras dos corais *Siderastrea stellata* e *Siderastrea radians* coletadas no recife de Guarajuba durante o verão de 2005 (A) e o outono de 2006 (B). Os valores em vermelho são da espécie *S. radians*.

6.7 – Pluviometria

Os dados de precipitação pluviométrica dos anos de 2005 e 2006, juntamente com a série histórica estão expostos na tabela 13. A análise gráfica comparativa (Figura 33) dos dados pluviométricos do período de estudo (março/05 a março/06) com a série histórica (1969 a 2006), permite observar que tanto o ano 2005 quanto o ano 2006 apresentaram o período úmido (abril, maio, junho, julho) bastante chuvoso, com exceção do mês de maio/05 que foi mais seco (195 mm, com série histórica de 235 mm). O mês de abril/05, em particular, apresentou 450 mm de chuva acumulada, enquanto que a série histórica ficou em torno de 208 mm. No início da estação seca do ano 2005, os meses de setembro (35 mm) e outubro (15 mm) apresentaram dados de pluviometria abaixo do normal para o local (normal de 97 e 87 mm, respectivamente), enquanto o mês de novembro/05 choveu acima do normal esperado (220 mm, normal de 87 mm). O mês de fevereiro, caracterizado como um mês seco, apresentou, em 2005, chuva acima do normal (183 mm, normal de 79 mm), enquanto que em 2006, foi mais seco que o esperado (24mm). A figura 34 mostra que a precipitação pluviométrica média registrada durante o período de estudo foi maior no inverno/05 (291,1 mm) e menor no verão/05 (73,7 mm).

Tabela 13 – Dados de precipitação pluviométrica (mm) registrados pela estação de Emboacica, localizada no município de Camaçari, litoral norte da Bahia.

Mês	Série Histórica	2005	2006
JAN	64	56	46
FEV	79	183	24
MAR	119	136	41
ABR	208	450	289
MAI	235	195	421
JUN	197	393	521
JUL	164	330	80
AGO	128	151	
SET	97	35	
OUT	87	15	
NOV	87	220	
DEZ	78	80	

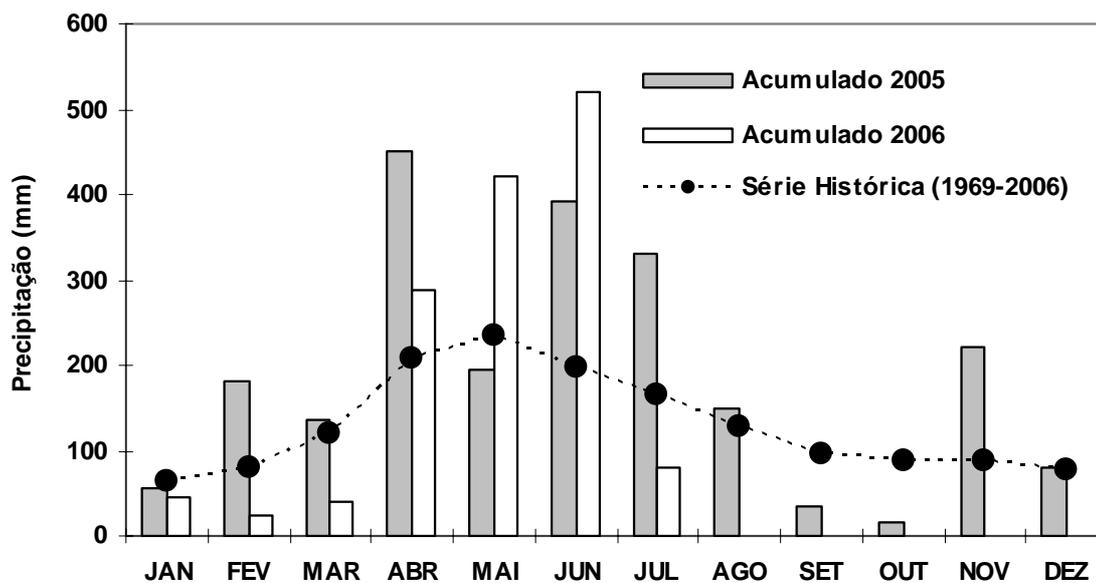


Figura 33 – Dados de precipitação pluviométrica (mm) registrados pela estação de Emboacica, localizada no município de Camaçari, litoral norte da Bahia.

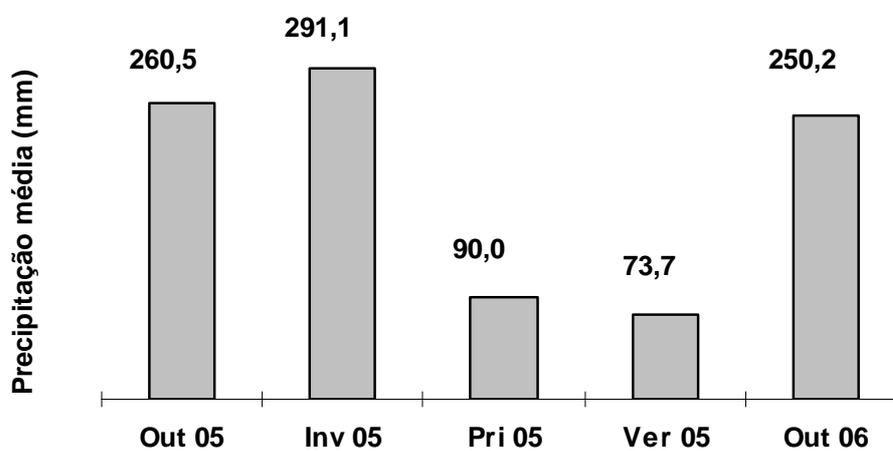


Figura 34 – Precipitação pluviométrica média (mm) registrada durante o período compreendido entre o outono de 2005 e o outono de 2006 com dados da estação de Emboacica, localizada no município de Camaçari, litoral norte da Bahia.

6.8 – Anomalias da temperatura da água superficial do mar

Durante o período de estudo foram registradas anomalias da temperatura da superfície do mar apenas entre os dias 15 de março/05 e 12 de abril/05, com anomalia máxima de 0,50°C e mínima de 0,25°C (Figura 35). Estes dados foram retirados das imagens orbitais onde estão ilustradas as anomalias ocorridas preferencialmente na zona equatorial (ver figura 23).

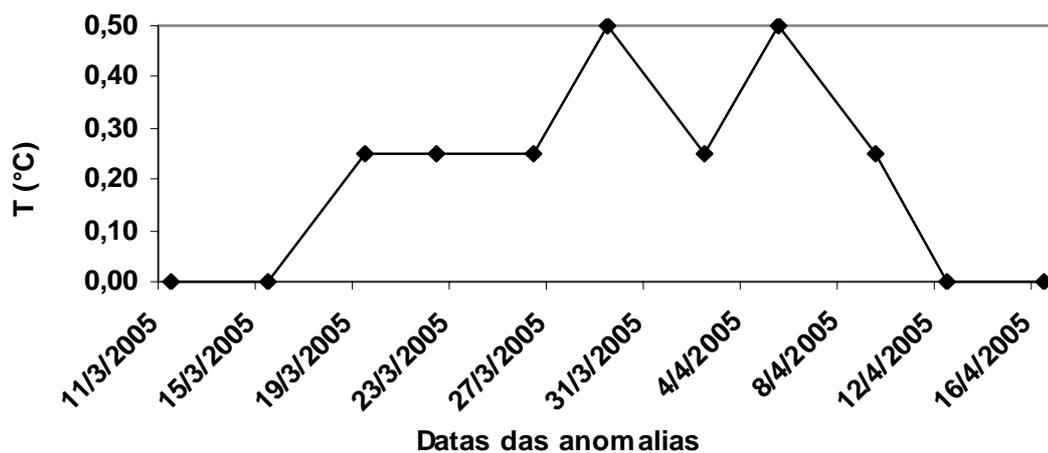


Figura 35 – Índice de anomalias significativas da temperatura da água superficial do mar durante o final do verão de 2005 e o início do outono de 2005, obtidos a partir de imagens orbitais do portal: <<http://www.osdpd.noaa.gov/PSB/EPS/SST/climohot.html>>

7- DISCUSSÃO

7.1 – Variação sazonal dos parâmetros físico-químicos da água

As características climáticas da região onde está localizado o recife de Guarajuba permitem separar dois períodos distintos: período chuvoso, que corresponde aos meses de março a agosto (outono e inverno), e período seco, que vai de setembro a fevereiro (primavera e verão). Via de regra, as características físico-químicas da água de ambientes recifais rasos costumam acompanhar o regime de chuvas da região em que se encontram inseridos. No entanto, no recife de Guarajuba, nem todos os parâmetros físico-químicos monitorados na água das poças sofreram variações mensais consideráveis.

A salinidade, o pH, o fosfato e o nitrito, não variaram de forma expressiva na água das poças do topo do recife de Guarajuba durante o período sazonal estudado. Resultados semelhantes relacionados à variação de salinidade e pH foram encontrados no trabalho de Costa Jr. (1998), realizado no mesmo recife em 1997, quando foram registradas, no período seco, salinidade mínima de 31,2 psu e máxima de 36,0 psu e variações de pH entre 7,8 e 8,4; e no período chuvoso a salinidade variou entre 31 e 36,5 psu e o pH entre 7,7 e 8,6. O mesmo ocorreu no trabalho realizado em 1996/97, no mesmo recife, por Santa-Isabel (2001), durante o qual a salinidade média encontrada foi de 36,7 psu e o pH de 8,4, na estação seca; enquanto na estação chuvosa, o valor médio de salinidade foi 35,6 psu e o de pH manteve-se em 8,4. Isso mostra que neste ambiente recifal, geralmente, esses fatores parecem não sofrer variações sazonais expressivas, provavelmente porque esse local tem características climáticas estáveis. Somando-se a isso os rios adjacentes a área de estudo (ao norte, o Rio Pojuca, ao sul, o Rio Jacuípe), por possuírem pouca competência em suas vazões, não devem ter influência na água oceânica (Lessa & Lima 2003).

Além de não terem variado significativamente na água do recife de Guarajuba durante o período amostral, as médias mensais de salinidade e o pH tiveram valores condizentes com as características normais de ambientes recifais, em que a salinidade varia entre 32 e 40 psu e o pH oscila em torno de 8,0 (Hoegh-Guldberg 1999a).

Diferente do presente trabalho, entretanto, Costa Jr. (1998) encontrou variações dos valores das médias de fosfato durante a estação seca e a chuvosa na água das poças do recife de Guarajuba (0,32 e 0,20 $\mu\text{mol/L}$, respectivamente), o mesmo acontecendo com os valores de nitrito (0,34 e 0,16 $\mu\text{mol/L}$). Neste trabalho as médias mensais de fosfato (0,1 ppm ou 1,05 $\mu\text{mol/L}$) e nitrito (0,1

ppm ou $2,17 \mu\text{mol/L}$) não apresentaram variações durante todo o período de coleta. Esses resultados mostram que os testes utilizados para medir tais parâmetros, no presente trabalho, não possuem precisão suficiente para detectar variações sazonais muito pequenas que ocorressem na água das poças.

O excesso de nutrientes na água do mar em ambientes recifais pode causar a proliferação e o crescimento não habitual das algas zooxantelas simbiotes, provocando uma desestabilização da relação coral-alga, levando os corais a expulsá-las ou perdê-las, podendo, inclusive, ocorrer o branqueamento (Hoegh-Guldberg 1994, Marubini & Davies 1996, Zhu *et al.* 2004). Segundo Muller-Parker & D'Elia (1997), existem evidências de que níveis acima de $10 \mu\text{mol}$ de nitrogênio inorgânico dissolvido na água pode prejudicar a relação simbiote coral-alga. Ainda segundo os autores, níveis acima de $1 \mu\text{mol}$ de fosfato podem causar, também, danos irreparáveis para os corais, como, por exemplo, interferir na formação de cristais de aragonita durante o processo de calcificação do esqueleto (Barnes & Chalker 1990), tornando-os fracos e susceptíveis ao ataque de bioerodidores e predadores em geral (Sammarco 1996).

A estrutura da comunidade recifal pode sofrer, também, conseqüências com o excesso de nutrientes na água do mar. Segundo Costa Jr. *et al.* (2000), o aumento da densidade de bioerodidores no recife de Guarajuba reflete a condição eutrófica da água do mar, neste local. Da mesma forma, Reis (2001), sugere que o enriquecimento da água por nutrientes, nesse recife, deve ter induzido a proliferação de organismos bioerodidores, principalmente esponjas, podendo ocorrer, também, moluscos e vermiformes (poliquetas), provocando uma mudança no balanço carbonático do recife de coral. Além disso, pode ocorrer, também, o favorecimento do crescimento de macroalgas em detrimento dos corais, causando-lhes prejuízos tais como a dificuldade de sedimentação das larvas e o sombreamento das colônias (Brown 1997b, Yap & Molina 2003). Segundo Costa Jr. *et al.* (2000), a abundante presença de algas foliáceas no recife de Guarajuba pode ser considerada resultado direto desse fator. As quantidades dos nutrientes encontradas nesse recife, segundo estes autores, provem da água percolada das lagoas que ocorrem próximas ao recife. Essa nutrição deve-se ao fato da topografia do local, que permite o escoamento da água rica em nutrientes das lagoas até os recifes.

É importante ressaltar que o fato de não terem sido encontradas variações de nitrito e fosfato na água das poças, durante o período trabalhado, não quer dizer que estes nutrientes não tenham influência sobre os organismos, uma vez que foi detectada a presença deles no local. Apesar disso, os resultados obtidos mostraram que os níveis de nitrito ($2,17 \mu\text{mol/L}$) e fosfato ($1,05 \mu\text{mol/L}$) estão abaixo ou no limite quando comparados aos níveis de compostos inorgânicos, nitrogênio ($10 \mu\text{mol}$) e fósforo ($1 \mu\text{mol}$), que pudessem causar prejuízos ao ambiente recifal,

sugeridos por Muller-Parker & D'Elia (1997). Entretanto, sabendo-se de todas as conseqüências que o excesso de nutrientes pode causar aos corais, e no ambiente recifal como um todo, seria precipitado afirmar, de forma definitiva, que esses nutrientes não seriam responsáveis, em algum momento, por um possível branqueamento dos corais no recife de Guarajuba.

Dentre os parâmetros físico-químicos, a temperatura média da água das poças foi o que mais variou de acordo com a sazonalidade do período estudado, apresentando no inverno/05 a temperatura média mais baixa (28,3°C) e no verão/05 a mais alta (33,28°C). Santa-Isabel (2001), encontrou resultados semelhantes trabalhando na mesma área recifal, no ano de 1996/97, com temperatura mínima encontrada no inverno (27,9°C) e máxima no verão (31,2°C). No presente estudo, a ocorrência da temperatura média mais baixa no inverno/05 coincidiu com o registro de maior precipitação (291,1 mm) nesta mesma estação, e a ocorrência da temperatura média mais alta no verão/05 coincidiu com o registro de menor precipitação (73,7 mm).

7.2 – Branqueamento das colônias de *Siderastrea* spp.

O branqueamento de coral pode ser caracterizado pela perda das zooxantelas simbiotes em resposta a um estresse ambiental (Fitt *et al.* 1993, Glynn 1993, Muller-Parker & D'Elia 1997, Fagoonee *et al.* 1999). Em vista disso, a densidade das zooxantelas pode ser considerada uma medida útil para avaliar o grau de branqueamento em corais. Em geral, a densidade normal das zooxantelas nos tecidos de corais zooxantelados fica em torno de um milhão por centímetro quadrado de área superficial do coral ($1,0 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$) (Muscatine *et al.* 1985, Hoegh-Guldberg & Smith 1989, Glynn 1996, Muller-Parker & D'Elia 1997). No presente trabalho foram encontrados valores das médias da densidade das zooxantelas abaixo do normal acima citado, durante as estações do ano, caracterizando, portanto, a ocorrência do branqueamento das colônias de *Siderastrea* spp. no recife de Guarajuba. Com isso, foi possível fazer uma associação entre a densidade das zooxantelas e o grau de branqueamento das colônias levando em conta a coloração que apresentavam. Aquelas colônias que apresentaram a menor média da densidade das zooxantelas faziam parte do grupo onde se encontravam as colônias com coloração mais clara. Esse resultado é importante para validação da avaliação visual do grau de branqueamento sofrido pelas espécies de *Siderastrea* spp., em Guarajuba, uma vez que a técnica utilizada para obter a densidade das zooxantelas é caracterizada como destrutiva, pois é necessário sacrificar as colônias durante o procedimento. Vale ressaltar que nenhuma das amostras de coral coletadas neste trabalho se mostrou totalmente branqueada, podendo-se sugerir que o branqueamento ocorrido não foi severo.

O aumento anormal da temperatura da água superficial do mar tem sido considerado um dos fatores mais influentes na densidade das zooxantelas e, conseqüentemente, no grau de branqueamento dos corais (Brown 1997a). Muitos trabalhos apontam eventos climáticos globais como os principais causadores dessas anomalias (Glynn 1993). Apesar disso, existem evidências de que a densidade das zooxantelas pode ser altamente variável em escala temporal e espacial (Muller-Parker & D'Elia 1997), e a perda ou expulsão das algas pode ser considerada como um mecanismo básico do coral para regular a densidade das mesmas em seus tecidos (Fagoonee *et al.* 1999, Baghdasarian & Muscatine 2000). Inclusive, o branqueamento pode ser considerado, também, como um meio pelo qual o coral tem de se associar com zooxantelas mais resistentes a um determinado fator ambiental estressante, proporcionando a adaptação do coral às novas condições do ambiente (Buddemeier & Fautin 1993).

Para que ocorra o branqueamento em massa e em escala global é necessário que a temperatura da água superficial do mar (TSM) aumente 1 a 2°C acima da média da máxima temperatura sazonal (Goreau & Hayes 1994, Brown 1997a). Nessas condições, muitas colônias podem branquear e até morrer. Durante a realização do presente trabalho as anomalias da TSM não chegaram a atingir 1°C, ocorrendo um aumento máximo de 0,50°C. Dessa forma, o branqueamento das colônias de *Siderastrea* spp., no recife de Guarajuba, não pode ser associado a um estresse térmico climático global.

A densidade das zooxantelas nas amostras variou de acordo com a sazonalidade local, com média significativamente maior ($1,64 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$) no inverno/05, quando comparada às outras estações do ano. Essa estação foi caracterizada como sendo a mais úmida e também foi quando a temperatura da água se apresentou mais fria, refletindo efeitos da sazonalidade, característicos da região no ano 2005/2006. Assim, a densidade das zooxantelas se portou de forma inversa à temperatura da água das poças do recife durante as estações do ano, ou seja, quando a temperatura aumentou a densidade das zooxantelas diminuiu, apresentando uma correlação negativa e alta ($r = -0,85$) e estatisticamente significativa ($p < 0,001$). Como não ocorreram variações expressivas dos parâmetros físico-químicos avaliados na água das poças do recife de Guarajuba, a não ser de temperatura, o grau de branqueamento registrado nas amostras de *Siderastrea* spp. somente pode ser associado às variações sazonais desse último fator. Costa (2001), também associou a relação da densidade das zooxantelas, nas espécies de coral *Siderastrea stellata*, *Montastraea cavernosa*, *Mussismilia harttii* e *Mussismilia hispida*, no recife do Picãozinho (Paraíba), com a sazonalidade ocorrida no local, em que os menores valores das médias da densidade ocorreram no período mais seco e quente do ano, igualmente como ocorreu no presente trabalho.

Segundo Glynn (1996), durante eventos de branqueamento o coral pode perder de 60 a 90% de suas zooxantelas. No entanto, de acordo com Fitt *et al.* (2000), o percentual de zooxantelas perdidas vai depender muito da espécie de coral em questão e da intensidade do evento de branqueamento. No presente estudo, se o valor médio da densidade das zooxantelas encontrado no período mais frio registrado (inverno/05) for considerado como característico de colônias saudáveis e se esse valor for comparado com a menor média da densidade encontrada durante o período estudado, verifica-se que as amostras de *Siderastrea* spp. perderam 65% de suas zooxantelas durante a estação mais quente do ano, mas nenhuma delas se apresentou totalmente branca. Essa perda pode caracterizar a ocorrência de um evento de branqueamento, porém de baixa intensidade, como o branqueamento que ocorre naturalmente durante as variações de temperatura da água relacionadas à sazonalidade, registrado da mesma forma por Fitt *et al.* (2000). Esses autores encontraram valores mínimos de densidade das zooxantelas nos períodos mais quentes do ano e perda, em torno, de 60% de zooxantelas na espécie *Acropora palmata* nas Bahamas entre a estação mais quente e a mais fria.

As medidas do diâmetro das zooxantelas apresentaram correlação muito significativa ($p < 0,01$) com os dados de salinidade encontrados na água das poças ($r = 0,70$), ou seja, o aumento do diâmetro acompanhou o aumento da salinidade. No entanto, não foram encontrados, na literatura pertinente, trabalhos que tratassem da influência da salinidade da água no diâmetro das zooxantelas, que permitissem uma comparação com os resultados do presente estudo. O trabalho de Fitt *et al.* (1993), porém, sugeriu que além da densidade, o diâmetro das zooxantelas, também, pode ser influenciado pela variação sazonal da temperatura da água do mar, tendo encontrado zooxantelas maiores durante as estações mais frias. Em Guarajuba, as medidas do diâmetro das zooxantelas não apresentaram correlação com a temperatura da água ($r = -0,39$).

É possível encontrar trabalhos que sugerem que o diâmetro das zooxantelas pode variar em função da presença de nutrientes na água (Hoegh-Guldberg *et al.* 1997, Muller-Parker & D'Elia 1997), no entanto esse tipo de análise não pode ser aplicado no presente trabalho uma vez que não foram detectadas variações dos nutrientes medidos na água das poças do recife de Guarajuba, portanto não tem como fazer uma associação com a variação dos valores do diâmetro das zooxantelas. Vale ressaltar que o valor de nitrito ($2,17 \mu\text{mol/L}$) encontrado neste trabalho, apesar de não ter variado durante o ano, apresentou-se menor do que o nível de concentração do composto inorgânico nitrogênio ($10 \mu\text{mol}$) que pudesse causar o crescimento exagerado das zooxantelas prejudicando os corais, como sugerido por Muller-Parker & D'Elia (1997). Um outro fator que deve ser comentado é que as médias dos dados do diâmetro das zooxantelas diferiram-se muito significativamente, na maioria das vezes, quando foram comparadas entre si. Talvez isso

possa ser um indício de que um outro fator possa influenciar sazonalmente o tamanho desses simbiontes, mas que não foi identificado neste estudo.

7.3 – Resistência das espécies de *Siderastrea* spp. às variações ambientais

No presente trabalho, as colônias de *Siderastrea* spp. chegaram a apresentar densidade das zooxantelas menor do que $0,50 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$ em seus tecidos, na estação mais quente do ano (verão/05), e chegaram a suportar variações diárias de temperatura da água das poças de até 5°C , com máxima chegando a 37°C no verão durante a baixa mar. De acordo com Costa (2001), *Siderastrea stellata* parece portar uma menor densidade das zooxantelas, quando comparada a outras espécies de corais brasileiros, tais como *Mussismilia hispida*, *Mussismilia harttii* e *Montastraea cavernosa*. Essa característica, segundo Costa *et al.* (2001), poderia proporcionar a espécie *Siderastrea stellata* melhores condições de adaptabilidade frente às perturbações ambientais, já que a mesma sobrevive com tão baixa densidade de seus simbiontes ($< 1,0 \times 10^6 \text{ cm}^{-2}$). Ainda segundo os autores, o fenômeno de branqueamento de *S. stellata* poderia ter um papel menos traumático nas colônias, uma vez que parece que a baixa densidade das zooxantelas confere a esta espécie um maior nível de resistência ao estresse térmico. No entanto, uma das possíveis conseqüências para essa baixa densidade das zooxantelas é a limitação do tamanho (relacionado à calcificação) da espécie *Siderastrea stellata* quando comparado às outras espécies de corais, *Mussismilia hispida*, *Mussismilia harttii* e *Montastraea cavernosa* (Costa 2001).

No recife de Guarajuba, as médias mensais de salinidade da água das poças mantiveram-se acima de 35 psu durante o período estudado. Provavelmente, essa característica do ambiente onde se encontravam as colônias possa ter contribuído, também, para a resistência térmica das colônias de *Siderastrea* spp, principalmente quando foram registradas temperaturas altas na água das poças. Algumas espécies de coral são mais resistentes que outras devido a algumas características próprias, que as tornam fisiologicamente resistentes a um estresse ambiental. Além da resistência da espécie, acredita-se que algumas características ambientais podem, também, contribuir nesse sentido (Obura 2005). Segundo Coles & Jokiel (1978), a condição hipersalina pode conferir ao coral uma maior resistência ao estresse térmico. De acordo com os resultados do trabalho desses autores, colônias do coral *Montipora verrucosa* expostas por duas horas a 33°C , em salinidade de 40 psu, sobreviveram de um a três dias a mais do que colônias da mesma espécie igualmente estressadas (33°C), em salinidade de 35 psu.

Segundo Paulay & Benayahu (1999), a resposta dos corais ao branqueamento parece estar parcialmente relacionada à resistência das espécies às variações ambientais. Ainda segundo

estes autores, corais que vivem em ambientes expostos a grandes flutuações de temperatura, salinidade e a radiação solar intensa, tais como o topo dos recifes, são geralmente menos afetados pelo branqueamento. Esse argumento pode vir a explicar a capacidade de resistência das colônias de *Siderastrea* spp. Inclusive, durante o severo branqueamento registrado em 1998 no recife de Guarajuba, a espécie *S. stellata* foi a que apresentou o menor percentual de branqueamento em relação às outras espécies estudadas, além disso, ela é reconhecidamente a espécie dominante do local (Dutra 2000), podendo tudo isso estar relacionado à resistência da espécie às variações ambientais.

Tanto a espécie *S. stellata* quanto a *S. radians* são reconhecidas como espécies resistentes a estresses ambientais (Leão *et al.* 1988, Lirman *et al.* 2002). Segundo West & Salm (2003), a exposição constante, ou a longo prazo, dos corais a um estresse pode influenciar na sua capacidade de resistência, pois através da aclimatação eles podem vir a se adaptar e sobreviver sob aquele estresse. Esse aspecto, no entanto, precisa ser melhor estudado e compreendido sobretudo para não cair em generalizações perigosas, principalmente em relação a *S. stellata* que é uma espécie endêmica, embora a possibilidade dessa espécie possuir um maior nível de resistência a fenômenos como o branqueamento, venha ser um aspecto interessante a ser considerado.

7.4 – Densidade de zooxantelas de *S. stellata* e *S. radians*

Considerando o aspecto diferencial da densidade das zooxantelas entre as espécies *S. stellata* e *S. radians* ocorrido no recife de Guarajuba, o fato da *S. radians* ter apresentado as menores médias da densidade, parece ser indício de um possível diagnóstico para a espécie. Neves (2004) sugere que a *S. radians* tem seu limite de ocorrência no Estado do Espírito Santo, pois a influência de ressurgências, que diminuem a temperatura da água do mar no Rio de Janeiro, impede a instalação dessa espécie na região. Supõe-se, então, que essa espécie não suporta temperatura muito baixa, pelo contrário, ela seria mais apta a viver em ambientes com temperatura mais elevada, inclusive, mais apta que *S. stellata*, vindo a contribuir o fato de possivelmente apresentarem menor densidade das zooxantelas, como característica, durante ocorrência de branqueamento, quando compara a *S. stellata*. No entanto, devido ao número baixo de colônias de *S. radians* na amostra deste trabalho (6, no total de 45 colônias coletadas), não é possível afirmar a suposição feita em relação à densidade das zooxantelas desta espécie, mas não se descarta a possibilidade de que esta possa ser verdadeira. Esse aspecto precisa ser melhor investigado.

8 – CONCLUSÕES

Este trabalho analisou as relações existentes entre o branqueamento dos corais do gênero *Siderastrea* com as variações sazonais dos parâmetros físico-químicos da água das poças intermareais do recife de Guarajuba, no litoral norte do Estado da Bahia. Os dados obtidos comparados com as informações da literatura pertinente leva-nos a concluir o seguinte:

- Entre os parâmetros medidos da água (temperatura, salinidade, pH e nutrientes) nas poças intermareais do topo do recife de Guarajuba, a temperatura foi aquele que mais variou durante o período de estudo. Considerando que o branqueamento observado nos corais estudados acompanhou as variações sazonais da temperatura da água ele pode ser considerado como uma resposta natural a estas mudanças, acompanhado, também, de variações cíclicas na densidade das zooxantelas no decorrer do ano, com valores menores no verão do que no inverno;
- O grau de branqueamento observado nas amostras estudadas das colônias de *Siderastrea* spp., coloração mais pálida, foi caracterizado, também, pela densidade mais baixa das suas algas zooxantelas. Esta observação evidencia que a medida da densidade das zooxantelas pode ser usada para caracterizar o grau de branqueamento dos corais, mesmo que não tenha sido feita a quantificação de pigmentos das mesmas;
- Considerando que não foram observadas colônias completamente brancas, assim como não houve diminuição acentuada da média da densidade das zooxantelas nas colônias branqueadas, o branqueamento observado nas colônias de *Siderastrea* spp. foi caracterizado como sazonal e de ocorrência natural;
- Levando em consideração que os dados da literatura sugerem que o branqueamento sazonal pode tornar os corais mais tolerantes às condições de estresse ambiental através da aclimação, pode-se concluir que os corais das poças intermareais dos recifes costeiros do Brasil, um ambiente fisicamente variável, sejam mais resistentes às variações das condições ambientais do que aqueles que vivem em ambientes com condições mais constantes. Esta afirmativa corrobora sugestões da literatura de que a espécie *Siderastrea stellata* é um dos corais brasileiros mais resistentes às variações de temperatura e salinidade das águas costeiras do Brasil.

9 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achituv Y. & Dubinsky Z. 1990. Evolution and zoogeography of coral reefs. *In: Z. Dubinsky (ed.) Ecosystems of the world. Coral Reefs*, Elsevier, pp.:1-10.
- Baghdasarian G. & Muscatine L. 2000. Preferential expulsion of dividing algal cells as a mechanism for regulating algal-cnidarian symbiosis. *Biol. Bull.*, 199:278-286.
- Baker A.C. 2001. Reef corals bleach to survive change. *Nature*, 411:765-766
- Baker A.C. 2003. Flexibility and specificity in coral - alga symbiosis: Diversity Ecology and Biogeography of *Symbiodinium*. *Ann. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 34:661-678.
- Baker A.C. & Rowan R. 1997. Diversity of symbiotic dinoflagellates (zooxanthellae) in scleractinian corals of the Caribbean and Eastern Pacific. *Proc. 8th Intern. Coral Reefs Symp.*, 2:1301-1306.
- Bameah O., Weis V.M., Perez S., Benayahu Y. 2004. Diversity of dinoflagellate symbionts in Red Sea soft corals: mode of symbiont acquisition matters. *Mar. Ecol Prog. Ser.*, 275:89-95.
- Barnes D.J. & Chalker B.E. 1990. Calcification and photosynthesis in reef-building corals and algae. *In: Z. Dubinsky (ed.) Ecosystems of the world. Coral Reefs*. Elsevier, pp.:109-131.
- Berkelmans R. & Willis B.L. 1999. Seasonal and local spatial patterns in the upper thermal limits of corals on the inshore Central Great Barrier Reef. *Coral Reefs*, 18:219-228.
- Birkeland C. 1997. Implications for resource management. *In: C. Birkeland (ed.) Life and death of coral reefs*. Chapman & Hall, pp.: 411-435.
- Bittencourt A.C.S.P., Dominguez J.M.L., Martin L., Silva I.R. 2000. Patterns of sediment dispersion coastwise the State of Bahia - Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.*, 72:271-287.
- Brown B.E. 1997a. Coral bleaching: causes and consequences. *Coral Reefs*, 16(suppl):s129-s138.
- Brown B.E. 1997b. Disturbances to reefs in recent times. *In: C. Birkeland (ed.) Life and death of coral reefs*. Chapman & Hall, pp.: 354-379.

- Brown B.E. & Ogden J. C. 1993. Coral bleaching. *Sci. Am.*, 268:64-70.
- Buddemeier R.W. & Fautin D.G. 1993. Coral bleaching as an adaptative mechanism. *Bio. Sci.*, 43:320-326.
- Buddemeier R.W. & Smith S.V. 1999. Coral adaptation and acclimatization: a most ingenious paradox. *Am. Zool.*, 39:1-9.
- Carricart-Ganivet J.P. & Beltrán-Torres A.U. 1993. Zooxanthellae and chlorophyll a response in the scleractinian coral *Montastrea cavernosa* at Triangulos - W Reef Campeche Bank Mexico. *Rev. Biol. Trop.*, 41:491-494.
- Castro C.B. & Pires D.O. 1999. A bleaching event on a Brazilian coral reef. *Rev. Bras. Oceanogr.*, 47:87-90.
- Clark J.R. 1996. *Coastal zone management handbook*. Boca Raton Lewis Publishers, 694 pp.
- Coles S.L. & Jokiel P.L. 1978. Synergistic effects of temperature, salinity and light on the hermatypic coral *Montipora verrucosa*. *Mar. Bio.*, 49:187-195.
- CONDER 1998. Fotografia aérea do Litoral Norte do Estado da Bahia, FX-12/003. Escala original 1:40.000. Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia. Salvador-BA.
- Cook C.B., Logan A., Ward J., Luckhurst B., Berg C.J. 1990. Elevated temperatures and bleaching on a high-latitude coral reef: the 1988 Bermuda event. *Coral Reefs*, 9:45-49.
- Costa C.F. 2001. *Zooxantelas (dinoflagelados simbióticos) hospedados por corais (Cnidária Scleractinia) dos recifes do Picãozinho João Pessoa, Paraíba, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, 89 p.
- Costa C.F., Amaral F.D., Sassi R. 2001. Branqueamento de *Siderastrea stellata* da praia de Gaibu Pernambuco Brasil. *Rev. Nord. Biol.*, 15:15-22.
- Costa Jr. O. S. 1998. Efeito da percolação de água do lençol freático na região de recifes de coral do Litoral Norte do Estado da Bahia. Dissertação de Mestrado em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 114 p.

- Costa Jr. O. S., Leão Z. M. A., Nimmo M., Attrill 2000. Nutrifcation impacts on coral reefs from northern Bahia Brazil. *Hydrobiologia*, 440:307-315.
- CRA 2003. *Diagnóstico oceanográfico e proposição de disciplinamento de usos da faixa marinha do Litoral Norte do Estado da Bahia*. Centro de Recursos Ambientais, Salvador, Bahia, 128 p.
- Delbeek J.C. & Sprung J. 1994. *The reef aquarium. A comprehensive guide to the identification and care of tropical marine invertebrates*. Miami Ricordea Publishing, 544p.
- DHN 1993. *Atlas da Carta Piloto*. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação, 83 pp.
- Douglas A.E. 2003. Coral bleaching - how and why? *Mar. Poll. Bull.*, 46:385-392.
- Dunne R.P. & Brown B.E. 2001. The influence of solar radiation on bleaching of shallow water reef corals in the Andaman Sea 1993 - 1998. *Coral Reefs*, 20:201-210.
- Dutra L.X.M. 2000. *O branqueamento de corais hermatípicos no litoral norte da Bahia associado ao evento de El Niño/1998*. Monografia, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, 78 p.
- Dutra L.X.M., Kikuchi R.K.P., Leão Z.M.A.N. 2000. Thirteen months monitoring coral bleaching on Bahia's north coast, Brazil. *Proc. 9th Intern. Coral Reefs Symp. Bali*, p. 373.
- Echeverria C.A. Pires D.O. Medeiros M.S. Castro C.B. 1997. Cnidarians of the Atol das Rocas Brazil. *Proc 8th Intern. Coral Reefs Symp.*, 1:443-446.
- Edinger E.N., Limmon G.V., Jompa J., Widjatmoko W., Heikoop J.M., Risk M.J. 2000. Normal coral growth rates on dying reefs: are coral growth rates good indicators of reef health? *Mar. Poll. Bull.*, 40:404-425.
- Edmunds P.J., Gates R.D., Gleason D.F. 2003. The tissue composition of *Montastrea franksi* during a natural bleaching event in the Florida Keys. *Coral Reefs*, 22:54-62.

- Egana A.C. & DiSalvo L.H. 1982. Mass expulsion of zooxanthellae by Easter Island corals. *Pac. Sci.*, 36:61-63.
- Fabricius K.E., Mieog J.C., Colin P.L., Idip D., Van Oppen M.J.H. 2004. Identity and diversity of coral endosymbionts from three Palauan reefs with contrasting bleaching. *Mol. Ecol.*, 13: 2445-2458.
- Fagoonee I.H.B., Wilson M.P., Hassell B., Turner J.R. 1999. The dynamics of zooxanthellae populations: a long-term study in the field. *Science*, 283:843-845.
- Fitt W.K. & Warner M.E. 1995. Bleaching patterns of four species of Caribbean reef corals. *Biol. Bull.*, 189:298-307.
- Fitt W.K., Brown B.E., Warner M.E., Dunne R.P. 2001. Coral bleaching: interpretation of thermal tolerance limits and thermal thresholds in tropical corals. *Coral Reefs*, 20:51-65.
- Fitt W.K., McFarland F.K., Warner M.E., Chilcoat G.C. 2000. Seasonal patterns of tissue biomass and densities of symbiotic dinoflagellates in reef corals and relation to coral bleaching. *Limnol. Oceanogr.*, 45:677-685.
- Fitt W.K., Spero H.J., Halas J., White M.W., Porter J.W. 1993. Recovery of the coral *Montastrea annularis* in the Florida Keys after the 1987 Caribbean "Bleaching event". *Coral Reefs*, 12:57-64.
- Freudenthal H. 1962. *Symbiodinium* gen. nov. and *Symbiodinium microadriaticum* sp. nov. a zooxanthelle: taxonomy life cycle and morphology. *J. Protozool.*, 9:45-52.
- Gates R.D. 1990. Seawater temperature and sublethal coral bleaching in Jamaica. *Coral Reefs*, 8:193-197.
- Gleason D.F. & Wellington G.M. 1993. Ultraviolet radiation and coral bleaching. *Nature*, 365:836-838.
- Glynn P.W. 1991. Coral reef bleaching in the 1980s and possible connections with global warming. *Tree*, 6:175-179.
- Glynn P. 1993. Coral reef bleaching: ecological perspectives. *Coral Reefs*, 12:1-17.

- Glynn P. 1996. Coral reef bleaching: facts, hypotheses and implications. *Glob. Chan. Biol.*, 2:495-509.
- Goreau T.J. & Hayes R.L. 1994. Coral bleaching and ocean hotspots. *Ambio*, 23:176-180.
- Goreau T.J. & Macfarlane A.H. 1990. Reduced growth rate of *Montastrea annularis* following the 1987 - 1988 coral-bleaching event. *Coral Reefs*, 8:211-215.
- Hinde R. 1988. Symbiotic nutrition and nutrient limitation. *Proc. 6th Intern. Coral Reefs Symp.*, 1:199-204.
- Hoegh-Guldberg O. 1994. Population dynamics of symbiotic zooxanthellae in the coral *Pocillopora damicornis* exposed to elevated ammonium [(NH₄)₂SO₄] concentrations. *Pac. Sci.*, 48:263-272.
- Hoegh-Guldberg O. 1999a. Climate change coral bleaching and the future of the world's corals reefs. *Mar. Fresh. Res.*, 50:839-866.
- Hoegh-Guldberg O.J.R. 1999b. Photoinhibition and photoprotection in symbiotic dinoflagellates from reef-building corals. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 183:73-86.
- Hoegh-Guldberg O. & Smith G.J. 1989. The effects of sudden changes in temperature irradiance and salinity on the population density and export of zooxanthellae from the reef corals *Stylophora pistillata* and *Seriatopora hystrix*. *J. Exp Mar. Biol. Ecol.*, 129:279-303.
- Hoegh-Guldberg O. & Salvat B. 1995. Periodic mass-bleaching and elevated sea temperatures: bleaching of outer reef slope communities in Moorea, French Polynesia. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 121:181-190.
- Hoegh-Guldberg O., Takabayashi M., Moreno G. 1997. The impact of long-term nutrient enrichment on coral calcification and growth. *Proc. 8th Intern. Coral Reefs Symp.* 1:861-866.
- Hoeksema B.W. 1991. Control of bleaching in mushroom coral populations in the Java Sea: stress tolerance and interference by life history strategy. *Mar Ecol. Prog. Ser.*, 74:225-237.

- Johnston I.S. 1980. The ultrastructure of skeletogenesis in hermatypic corals. *Rev. Cytol.*, 67:171-214.
- Kikuchi R.K.P. 2000. *Evolução dos recifes e das comunidades de corais hermatípicos da plataforma continental norte da Bahia durante o Holoceno*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 147p.
- Kikuchi R.K.P. & Leão Z.M.A.N. 1998. The effects of Holocene sea level fluctuation on reef development and coral community structure, Northern Bahia, Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.*, 70:159-171.
- Kikuchi R.K.P., Leão Z.M.A.N., Oliveira M.D.M., Dutra L.X.C., Cruz I.C. 2004. Branqueamento de corais nos recifes da Bahia associado aos efeitos do El Niño 2003. *In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Resumos*, p. 1-3.
- Koop K., Booth D., Broadbent A., Brodie J., Bucher D., Capone D., Coll J., Dennison W., Erdmann M., Harrison P., Hoegh-Guldberg O., Huytchings P., Jones G.B., Larkum A.W.D., O'Neil J., Steven A., Tentori E., Ward S., Williamson J., Yellowlees D. 2001. ENCORE: The effect of nutrient enrichment on coral reefs. Synthesis of result and conclusions. *Mar. Poll. Bull.*, 42:91-120.
- Kuguru B.L., Mgaya Y.D., Öhman M.C. 2004. The reef environment and competitive success in the Corallimorpharia. *Mar. Biol.*, 145:875-884.
- Laborel J. 1967. *Leus Peuplements de madreporaires de cotes tropicales du Bresil*. Tese. *Faculte des Sciences de l'Universite d'Aix-Marseille*, parte I, 162 p.
- Laborel J. 1969. Madreporaires et hydrocoralliaires recifaux des cotes bresiliennes: systematique, ecologie, repartition verticales et geographieque. Campagne de la Calypso au large des cotes atlantiques de l'Amerique du Sud. *Ann. Inst. Ocean.*, 47:15-229.
- LaJeunesse T.C. 2002. Diversity and community structure of symbiotic dinoflagellates from Caribbean coral reefs. *Mar. Biol.*, 141:387-400.
- Leão Z.M.A.N. 1986. *Guia para identificação dos corais do Brasil*. Universidade Federal da Bahia, PPGG/UFBA, 57 p.

- Leão Z.M.A.N. & Dominguez J.M.L. 2000. Tropical coast of Brazil. *Mar. Poll. Bull.*, 41:112-122.
- Leão Z.M.A.N., Araújo T.M.F., Nolasco M.C. 1982. Recifes de coral do Estado da Bahia. *In: Atas do IV Simpósio do Quaternário do Brasil*, p.225-258.
- Leão Z.M.A.N., Araújo T.M.F., Nolasco M.C. 1988. The coral reefs off the coast of Eastern Brazil. *Proc 6th Intern. Coral Reefs Symp.* 3:339-346.
- Leão Z.M.A.N., Kikuchi R.K.P., Maia M.P., Lago R.A.L. 1997. A catastrophic coral cover decline since 3000 years B.P. northern Bahia Brazil. *Proc. 8th Intern. Coral Reefs Symp.*, 1:583-588.
- Leão Z.M.A.N., Kikuchi R.K.P., Testa V. 2003. Corals and coral reefs of Brazil. *In: J. Cortês (edt). Latin America Coral Reefs*, Elsevier Publ, pp.:9-52.
- Lessa G.C. & Lima G.M.P. 2003. Long-term trends of fluvial discharge in the northern coast of Bahia and its potential impact to mangrove forest. *In: 4th International Congress of Mangroves and Stuarine Ecosystems. Resumos*, p. 339.
- Lirman D., Manzello D., Macia S. 2002. Back from the dead: the resilience of *Siderastrea radians* to severe stress. *Coral Reefs*, 21:291-292.
- Marsh J.A. 1970. Primary productivity of reef-building calcareous red algae. *Ecol.*, 51:255-263.
- Martin L., Flexor J.M., Vilas Boas G.M., Bittencourt A.C.S.P., Guimarães M.M.M. 1979. Courbe de variations du niveau relatif de la mer au cours des 7000 dernières années sur un secteur homogène du littoral brésilien (Nord de Salvador-Bahia). *Proc. Intern. Coastal Evol. Quatern*, São Paulo, Brazil, p. 264-274.
- Marubini F. & Davies P.S. 1996. Nitrate increases zooxanthellae population density and reduces skeletogenesis in coral. *Mar. Biol.*, 127:319-328.
- McClanahan T.R. 2004. The relationship between bleaching and mortality of common corals. *Mar. Biol.* 144:1239-1245.
- Michalek-Wagner K. & Wills B.L. 2000. Impacts of coral bleaching on the soft coral *Lobophytum compactum*. I. Fecundity fertilization and offspring viability. *Coral Reefs*, 19:231-239.

- Migotto A.E. 1997. Anthozoan bleaching on the southeastern coast of Brazil in the summer of 1994. *Proc. 6th Intern. Conf. Coel. Biol.* Leeuwenhorst, p. 329-335.
- Muller-Parker G. & D'Elia C.F. 1997. Interactions between corals and their symbiotic algae. *In: Birkeland C. Life and death of coral reefs.* Chapman & Hall, pp.: 96-113.
- Muscatine L. 1990. The role of simbiotic algae in carbon and energy flux in reef corals. *In: Z. Dubinsky (edt.) Ecosystems of the world. Coral Reefs,* Elsevier, pp.: 75-88.
- Muscatine L. & Porter J.W. 1977. Reef corals: mutualistic symbioses adapted to nutrient -poor environments. *Bio. Sci.*, 27:454-460.
- Muscatine L., McCloskey L.R., Loya Y. 1985. A comparison of the growth rates of zooxanthellae and animal tissue in the Red Sea coral *Stylophora pistillata*. *Proc. 5th Intern. Coral Reefs Cong. Tahiti*, 6:119-123.
- Muscatine L., Falkowski P.G., Porter J.W., Dubinsky Z. 1984. Fate of photosynthetic fixed carbon in light and shade-adapted colonies of the symbiotic coral *Stylophora pistillata*. *Proc. R. Soc. Lond. B*, 222:181-202.
- Neves E.G. 2004. *Complexo Siderastrea: espécies distintas? Significado da variabilidade do gênero Siderastrea de Blainville 1830 no Brasil.* Tese de Doutorado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 458 p.
- Nolasco M.C. 1988. *Construções carbonáticas da costa norte do Estado da Bahia (Salvador a Subaúma).* Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 143 p.
- Obura D.O. 2005. Resilience and climate change: lessons from coral reefs and bleaching in the Western Indian Ocean. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 63:353-372.
- Oigman-Pszczol S.S., Figueredo M.A.O. Creed J.C. 2004. Distribution of benthic communities on the tropical rocky subtidal of Armação dos Búzios, Southeastern Brazil. *Mar. Ecol.*, 25:173-190.
- Oliveira M.D.M., Kikuchi R.K.P., Leão Z.M.A.N., Dutra L.X.C 2004. Coral bleaching in Brazil, Western South Atlantic. *In: 10th Intern. Coral Reefs Symp. Okinawa, Abstracts*, p. 321.

- Paulay G. & Benayahu Y. 1999. Patterns and consequences of coral bleaching in Micronesia (Majuro and Guam) in 1992 - 1994. *Micronesica*, 31:109-124.
- Porter J.W., Fitt W.K., Spero H.J., Rogers C.S., White M.W. 1989. Bleaching in reef corals: physiological and stable isotopic responses. *Proc. Natl. Acad. USA*, 86:9342-9346.
- Reis, M.A.C. 2001. *A ação bioerosiva da esponja Cliona celata (Grant 1826) (Porifera - Desmospongiae) no coral Siderastrea stellata (Verril 1868) dos recifes do Litoral Norte do Estado da Bahia*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 159p.
- Rowan R. 1998. Diversity and ecology of zooxanthellae on coral reefs. *J. Phycol.*, 34:44-417.
- Rowan R. & Knowlton N. 1995. Intraspecific diversity and ecological zonation in coral-algal symbiosis. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 92:2850-2853.
- Rowan R., Knowlton N., Baker A., Jara J. 1997. Landscape ecology of algal symbionts creates variation in episodes of coral bleaching. *Nature*, 388:265-269.
- Salvat B. 1992. Coral reefs - a challenging ecosystem for human societies. *Global Environmental Change*, March:12-18.
- Sammarco P.W. 1996. Comments on coral reef regeneration, bioerosion, biogeography and chemical ecology: future directions. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 200:135-168.
- Santa-Isabel L.M. 2001. *Caracterização da bioerosão interna dos recifes de Guarajuba com ênfase nos macroperfuradores bivalvos sipunculídeos e poliquetas - Litoral Norte do Estado da Bahia*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 141p.
- SEI 1997. Tipologia climática segundo Thornthwaite do Estado da Bahia. URL: www.sei.ba.gov.br
- Schlichter D., Kremer B.P., Svoboda A. 1983. Functional autotrophy of *Heteroxenia fuscescens* (Anthozoa: Alcyonaria): carbon assimilation and translocation of photosynthates from symbionts to host. *Mar. Biol.*, 78:29-38.
- Souter D.W. & Lindén O. 2000. The health and future of coral reef systems. *Ocean & Coastal Management*, 43:657-688.

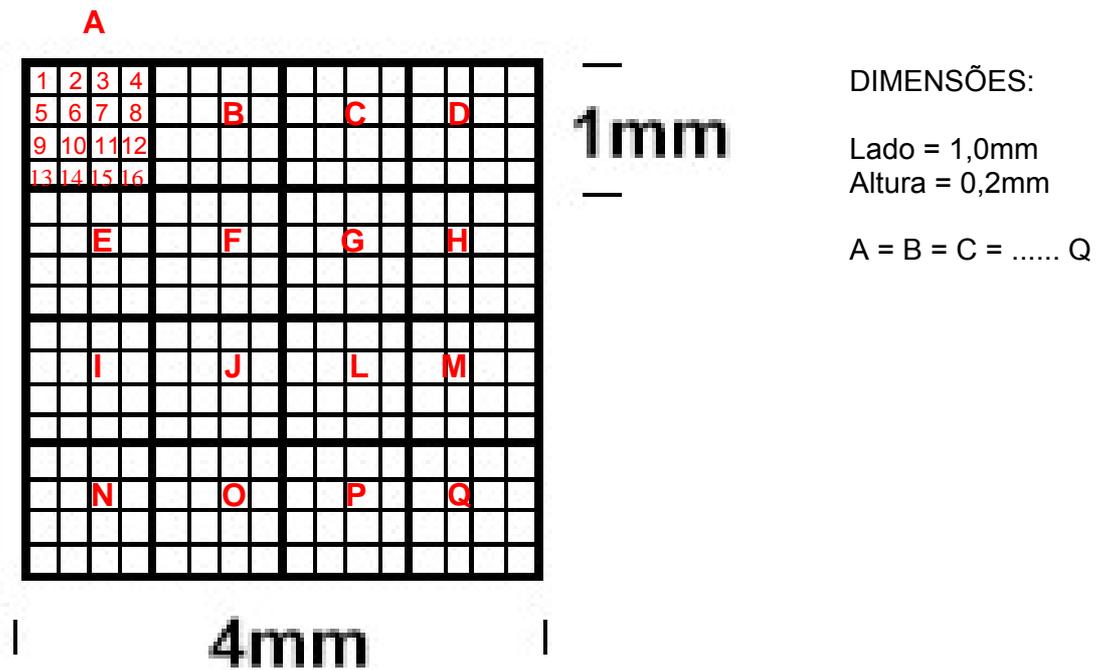
- SRH 2003. Programa Estadual de Recursos Hídricos – PERH. Sistema de Informações Georreferenciadas da Superintendência de Recursos Hídricos do Estado da Bahia. Salvador – BA. Divulgação digital.
- Stimson J. 1997. The annual cycle of density of zooxanthellae in the tissues of field and laboratory-held *Pocillopora damicornis*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 214:35-48.
- Veron J.E.N. 2000. *Corals of the World*. Australian Institute of Marine Science and CRR Qld Pty Ltd., vol. 2: 133-167.
- Visram S. & Douglas A.E. 2006. Molecular diversity of symbiotic algae (zooxanthellae) in scleractinian corals of Kenya. *Coral Reefs*, 25:172-176.
- Warner M.E., Fitt W.K., Schmidt G.W. 1996. The effects of elevated temperature on the photosynthetic efficiency of zooxanthellae in hospite from four different species of reef coral: a novel approach. *Plant. Cell. Env.*, 19:291-299.
- Wells S. & Hanna N. 1992. *The Greenpeace book of coral reefs*. Sterling Publ., New York, 160p.
- West J.M. & Salm R.V. 2003. Resistance and resilience to coral bleaching: implications for coral reef conservation and management. *Conserv. Biol.*, 17:956-967.
- Westmacott S., Teleki K., Wells S., West J. 2000. *Gestão de recifes de coral branqueados ou severamente danificados*. IUCN Gland UK, 36 pp.
- Wilkinson C.R., Linden O., Cesar H.S.J., Hodgson G., Rubens J., Strong A.E. 1999. Ecological and socio-economic impacts of the 1998 coral mortality in the India Ocean: an Enso impact and a warning of future change? *Ambio.*, 28:1888-196.
- Woesik R. 2001. Coral bleaching: transcending spatial and temporal scales. *Trends in Ecology & Evolution*, 16:119-121.
- Yap H.T. & Molina R.A. 2003. Comparison of coral growth and survival under enclosed, semi-natural conditions and in the field. *Mar. Poll. Bull.*, 46:858-864.
- Zhu B.H., Wang G.C., Huang B., Tseng C.K. 2004. Effects of temperature, hypoxia, ammonia and nitrite on the bleaching among three coral species. *Chin. Sci. Bull.*, 49:1923-1928.

ANEXOS

ANEXO 1

Fórmula para cálculo de células utilizando câmara de Fuchs-Rosenthal

FUCHS-ROSENTHAL



Área (A) = 1,0mm x 1,0mm = 1,0mm²

Volume (A) = 1,0mm² x 0,2mm = 0,2mm³

Volume total (A a P) = 16 x 0,2mm³ = 3,2mm³ = 0,0032mL ou 3,2 x 10⁻³mL

CONTAGEM

Nº DE CÉLULAS/mL

Área → A1 (1/16 de A)	N x 80.000
Área → A2 (1/8 de A)	N x 40.000
Área → A4 (1/4 de A)	N x 20.000
Área → A8 (1/2 de A)	N x 10.000
Área → A16 (= A)	N x 5.000
Área → 2A	N x 2.500
Área → 4A	N x 1.250
Área → 8A	N x 625
Área → 16A	N x 312,5

N = número de células contadas

ANEXO 2

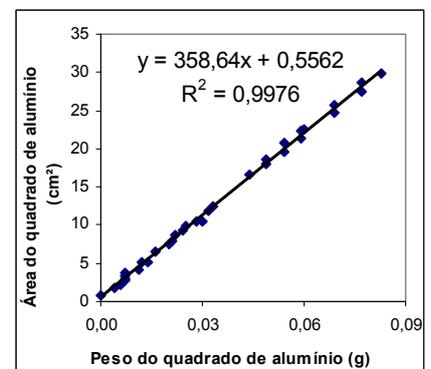
Cálculo da densidade das zooxantelas nas colônias dos corais das poças do topo do recife de Guarajuba: etapas 1, 2, 3.

Etapa 1 – Calibração do papel de alumínio (método Marsh 1970)

Quadrado	Lado 1 quadrado (cm)	Lado 2 quadrado (cm)	Lado 3 quadrado (cm)	Lado 4 quadrado (cm)	Média lados 1 e 3	Média lados 2 e 4	Peso do quadrado (g)	Área do quadrado (cm ²)
1	2,238	2,288	2,244	2,258	2,241	2,273	0,014	5,093793
2	4,486	4,394	4,430	4,348	4,458	4,371	0,054	19,48592
3	2,284	2,254	2,280	2,258	2,282	2,256	0,012	5,148192
4	3,526	3,518	3,510	3,520	3,518	3,519	0,033	12,37984
5	4,738	4,744	4,726	4,730	4,732	4,737	0,059	22,41548
6	1,508	1,550	1,404	1,530	1,456	1,540	0,006	2,24224
7	4,236	4,230	4,254	4,222	4,245	4,226	0,049	17,93937
8	3,300	3,242	3,230	3,208	3,265	3,225	0,030	10,52963
9	4,286	4,292	4,362	4,308	4,324	4,300	0,049	18,5932
10	1,814	1,860	1,844	1,874	1,829	1,867	0,007	3,414743
11	4,548	4,596	4,530	4,586	4,539	4,591	0,054	20,83855
12	1,322	1,310	1,348	1,362	1,335	1,336	0,004	1,78356
13	3,040	3,022	3,042	3,026	3,041	3,024	0,024	9,195984
14	2,066	2,024	2,034	2,020	2,050	2,022	0,011	4,1451
15	1,736	1,762	1,744	1,716	1,740	1,739	0,007	3,02586
16	2,800	2,836	2,806	2,808	2,803	2,822	0,021	7,910066
17	4,142	4,008	4,106	4,000	4,124	4,004	0,044	16,5125
18	0,906	1,030	0,806	1,040	0,856	1,035	0,000	0,88596
19	4,592	4,658	4,606	4,662	4,599	4,660	0,059	21,43134
20	2,724	2,746	2,744	2,750	2,734	2,748	0,020	7,513032
21	1,916	1,910	1,942	1,910	1,929	1,910	0,007	3,68439
22	2,538	2,572	2,542	2,542	2,540	2,557	0,016	6,49478
23	3,266	3,222	3,300	3,222	3,283	3,222	0,028	10,57783
24	2,952	2,936	2,984	2,956	2,968	2,946	0,022	8,743728
25	1,644	1,670	1,648	1,644	1,646	1,657	0,007	2,727422
26	3,128	3,142	3,148	3,146	3,138	3,144	0,025	9,865872
27	3,412	3,452	3,388	3,472	3,400	3,462	0,032	11,7708
28	4,728	4,870	4,696	4,726	4,712	4,798	0,060	22,60818
29	5,026	4,914	5,016	4,900	5,021	4,907	0,069	24,63805
30	5,352	5,340	5,478	5,272	5,415	5,306	0,077	28,73199
31	5,040	5,142	5,000	5,078	5,020	5,110	0,069	25,6522
32	5,458	5,446	5,452	5,500	5,455	5,473	0,083	29,85522
33	5,160	5,296	5,216	5,276	5,188	5,286	0,077	27,42377

Etapa 2 – Obtenção da área da superfície viva do coral (cm²) através da fórmula de regressão linear entre peso e área dos quadrados de papel de alumínio (etapa 1).

Amostra <i>Siderastrea spp.</i>	Peso da cobertura de alumínio da superfície do coral (g)	Área da superfície viva do coral (cm ²)
		$y = 358,64(\text{peso}) + 0,5562$
1	0,025	8,4098
2	0,031	10,56164
3	0,027	9,12708
4	0,024	8,05116
5	0,036	12,35484
6	0,025	8,4098
7	0,022	7,33388
8	0,016	5,18204
9	0,03	10,203
10	0,017	5,54068
11	0,015	4,8234
12	0,013	4,10612
13	0,016	5,18204
14	0,018	5,89932
15	0,013	4,10612
16	0,026	8,76844
17	0,014	4,46476
18	0,015	4,8234
19	0,014	4,46476
20	0,019	6,25796
21	0,025	8,4098
22	0,021	6,97524
23	0,018	5,89932
24	0,014	4,46476
25	0,021	6,97524
26	0,015	4,8234
27	0,016	5,18204
28	0,023	7,69252
29	0,036	12,35484
30	0,029	9,84436
31	0,021	6,97524
32	0,044	15,22396
33	0,017	5,54068
34	0,019	6,25796
35	0,026	8,76844
36	0,026	8,76844
37	0,026	8,76844
38	0,015	4,8234
39	0,017	5,54068
40	0,025	8,4098
41	0,025	8,4098
42	0,02	6,6166
43	0,017	5,54068
44	0,02	6,6166
45	0,02	6,6166



Etapa 3 – Cálculo da densidade das zooxantela (Zoox. X 10^6 cm^{-2}) das colônias coletadas durante o período compreendido entre o outono/05 e o outono/06.

Outono/05

Siderastrea spp.	Lâmina	Volume do Filtrado (ml)	No. Zoox.	Cálculo da Fuchs Rosenthal	Zoox X Vol. Filt.	Área da superfície viva do coral (cm^2)	Zoox./ cm^2	Zoox. X 10^6 cm^{-2}	Médias Zoox. X 10^6 cm^{-2}	Desvio Padrão
				No. Zoox X 1250/ml	Calc F. Rosenthal X Vol. Filt.		Zoox X Vol. Filt. / Área coral			
1	1	94	12	15000	1410000	8,4098	167661,5377	0,17	0,53	0,26
	2	94	42	52500	4935000	8,4098	586815,3821	0,59		
	3	94	43	53750	5052500	8,4098	600787,1769	0,60		
	4	94	55	68750	6462500	8,4098	768448,7146	0,77		
2	1	79	44	55000	4345000	10,56164	411394,4425	0,41	0,54	0,31
	2	79	42	52500	4147500	10,56164	392694,6951	0,39		
	3	79	38	47500	3752500	10,56164	355295,2004	0,36		
	4	79	108	135000	10665000	10,56164	1009786,359	1,01		
3	1	92	114	142500	13110000	9,12708	1436384,912	1,44	1,24	0,26
	2	92	77	96250	8855000	9,12708	970189,8088	0,97		
	3	92	119	148750	13685000	9,12708	1499384,25	1,50		
	4	92	85	106250	9775000	9,12708	1070988,75	1,07		
4	1	70	35	43750	3062500	8,05116	380379,9701	0,38	0,57	0,15
	2	70	55	68750	4812500	8,05116	597739,953	0,60		
	3	70	69	86250	6037500	8,05116	749891,941	0,75		
	4	70	52	65000	4550000	8,05116	565135,9556	0,57		
5	1	94	72	90000	8460000	12,35484	684751,8867	0,68	0,67	0,10
	2	94	66	82500	7755000	12,35484	627689,2295	0,63		
	3	94	59	73750	6932500	12,35484	561116,1294	0,56		
	4	94	84	105000	9870000	12,35484	798877,2012	0,80		
6	1	75	38	47500	3562500	8,4098	423612,9278	0,42	0,47	0,11
	2	75	55	68750	5156250	8,4098	613123,9744	0,61		
	3	75	32	40000	3000000	8,4098	356726,676	0,36		
	4	75	44	55000	4125000	8,4098	490499,1795	0,49		
7	1	79	25	31250	2468750	7,33388	336622,6336	0,34	0,38	0,15
	2	79	17	21250	1678750	7,33388	228903,3908	0,23		
	3	79	27	33750	2666250	7,33388	363552,4443	0,36		
	4	79	44	55000	4345000	7,33388	592455,8351	0,59		
8	1	76	7	8750	665000	5,18204	128327,84	0,13	0,09	0,03
	2	76	3	3750	285000	5,18204	54997,64571	0,05		
	3	76	5	6250	475000	5,18204	91662,74286	0,09		
	4	76	5	6250	475000	5,18204	91662,74286	0,09		
9	1	88	129	161250	14190000	10,203	1390767,421	1,39	0,83	0,39
	2	88	74	92500	8140000	10,203	797804,5673	0,80		
	3	88	59	73750	6490000	10,203	636087,4253	0,64		
	4	88	47	58750	5170000	10,203	506713,7117	0,51		
Média (out/05)									0,59	
Desvio Padrão									0,32	

Inverno/05

<i>Siderastrea</i> <i>spp.</i>	Lâmina	Volume do Filtrado (ml)	No. Zoox.	Cálculo da Fuchs Rosenthal	Zoos X Vol. Filt.	Área da superfície viva do coral (cm ²)	Zoos./cm ²	Zoos. X 10 ⁶ cm ⁻²	Médias Zoos. X 10 ⁶ cm ⁻²	Desvio Padão
				No. Zoos X 1250/ml	Calc F. Rosenthal X Vol. Filt.		Zoos X Vol. Filt. / Área coral			
10	1	73	108	135000	9855000	5,54068	1778662,547	1,78	1,71	0,25
	2	73	85	106250	7756250	5,54068	1399873,301	1,40		
	3	73	121	151250	11041250	5,54068	1992760,816	1,99		
	4	73	102	127500	9307500	5,54068	1679847,961	1,68		
11	1	72	78	97500	7020000	4,8234	1455404,901	1,46	1,43	0,15
	2	72	67	83750	6030000	4,8234	1250155,492	1,25		
	3	72	75	93750	6750000	4,8234	1399427,79	1,40		
	4	72	87	108750	7830000	4,8234	1623336,236	1,62		
12	1	102	116	145000	14790000	4,10612	3601940,518	3,60	2,92	1,31
	2	102	51	63750	6502500	4,10612	1583611,779	1,58		
	3	102	142	177500	18105000	4,10612	4409272,013	4,41		
	4	102	67	83750	8542500	4,10612	2080431,161	2,08		
13	1	76	138	172500	13110000	5,18204	2529891,703	2,53	2,14	0,29
	2	76	107	133750	10165000	5,18204	1961582,697	1,96		
	3	76	120	150000	11400000	5,18204	2199905,829	2,20		
	4	76	103	128750	9785000	5,18204	1888252,503	1,89		
14	1	89	56	70000	6230000	5,89932	1056053,918	1,06	1,30	0,25
	2	89	66	82500	7342500	5,89932	1244634,975	1,24		
	3	89	66	82500	7342500	5,89932	1244634,975	1,24		
	4	89	88	110000	9790000	5,89932	1659513,3	1,66		
15	1	116	54	67500	7830000	4,10612	1906909,686	1,91	1,69	0,30
	2	116	42	52500	6090000	4,10612	1483151,978	1,48		
	3	116	39	48750	5655000	4,10612	1377212,551	1,38		
	4	116	56	70000	8120000	4,10612	1977535,971	1,98		
16	1	85	136	170000	14450000	8,76844	1647955,623	1,65	1,21	0,30
	2	85	94	117500	9987500	8,76844	1139028,151	1,14		
	3	85	79	98750	8393750	8,76844	957268,3396	0,96		
	4	85	91	113750	9668750	8,76844	1102676,189	1,10		
17	1	83	31	38750	3216250	4,46476	720363,4686	0,72	0,65	0,15
	2	83	34	42500	3527500	4,46476	790076,0623	0,79		
	3	83	28	35000	2905000	4,46476	650650,8749	0,65		
	4	83	19	23750	1971250	4,46476	441513,0936	0,44		
18	1	110	70	87500	9625000	4,8234	1995480,367	2,00	1,70	0,20
	2	110	55	68750	7562500	4,8234	1567877,431	1,57		
	3	110	59	73750	8112500	4,8234	1681904,88	1,68		
	4	110	55	68750	7562500	4,8234	1567877,431	1,57		
Média (inv/05)									1,64	
Desvio Padrão									0,63	

Primavera/05

<i>Siderastrea</i> <i>spp.</i>	Lâmina	Volume do Filtrado (ml)	No. Zoox.	Cálculo da Fuchs Rosenthal	Zoos X Vol. Filt.	Área da superfície viva do coral (cm ²)	Zoos./cm ²	Zoos. X 10 ⁶ cm ⁻²	Médias Zoos. X 10 ⁶ cm ⁻²	Desvio Padão
				No. Zoos X 1250/ml	Calc F. Rosenthal X Vol. Filt.		Zoos X Vol. Filt. / Área coral			
19	1	57	57	71250	4061250	4,46476	909623,3616	0,91	1,07	0,16
	2	57	78	97500	5557500	4,46476	1244747,758	1,24		
	3	57	73	91250	5201250	4,46476	1164956,235	1,16		
	4	57	60	75000	4275000	4,46476	957498,2754	0,96		
20	1	56	109	136250	7630000	6,25796	1219247,167	1,22	0,99	0,19
	2	56	87	108750	6090000	6,25796	973160,5827	0,97		
	3	56	89	111250	6230000	6,25796	995532,0903	1,00		
	4	56	68	85000	4760000	6,25796	760631,26	0,76		
21	1	88	64	80000	7040000	8,4098	837118,5997	0,84	0,68	0,22
	2	88	67	83750	7370000	8,4098	876358,5341	0,88		
	3	88	45	56250	4950000	8,4098	588599,0154	0,59		
	4	88	31	38750	3410000	8,4098	405479,3217	0,41		
22	1	73	58	72500	5292500	6,97524	758755,2543	0,76	0,91	0,11
	2	73	76	95000	6935000	6,97524	994231,0229	0,99		
	3	73	75	93750	6843750	6,97524	981149,0357	0,98		
	4	73	70	87500	6387500	6,97524	915739,1	0,92		
23	1	82	71	88750	7277500	5,89932	1233616,756	1,23	1,02	0,18
	2	82	63	78750	6457500	5,89932	1094617,685	1,09		
	3	82	50	62500	5125000	5,89932	868744,1942	0,87		
	4	82	50	62500	5125000	5,89932	868744,1942	0,87		
24	1	82	60	75000	6150000	4,46476	1377453,659	1,38	1,14	0,33
	2	82	42	52500	4305000	4,46476	964217,5615	0,96		
	3	82	33	41250	3382500	4,46476	757599,5126	0,76		
	4	82	63	78750	6457500	4,46476	1446326,342	1,45		
25	1	106	44	55000	5830000	6,97524	835813,5347	0,84	1,25	0,72
	2	106	116	145000	15370000	6,97524	2203508,41	2,20		
	3	106	30	37500	3975000	6,97524	569872,8646	0,57		
	4	106	73	91250	9672500	6,97524	1386690,637	1,39		
26	1	106	64	80000	8480000	4,8234	1758095,949	1,76	1,61	0,40
	2	106	39	48750	5167500	4,8234	1071339,719	1,07		
	3	106	58	72500	7685000	4,8234	1593274,454	1,59		
	4	106	74	92500	9805000	4,8234	2032798,441	2,03		
27	1	130	32	40000	5200000	5,18204	1003465,817	1,00	0,84	0,19
	2	130	20	25000	3250000	5,18204	627166,1353	0,63		
	3	130	32	40000	5200000	5,18204	1003465,817	1,00		
	4	130	23	28750	3737500	5,18204	721241,0556	0,72		
Média (pri/05)									1,06	
Desvio Padrão									0,27	

Verão/05

<i>Siderastrea</i> <i>spp.</i>	Lâmina	Volume do Filtrado (ml)	No. Zoox.	Cálculo da Fuchs Rosenthal	Zoos X Vol. Filt.	Área da superfície viva do coral (cm ²)	Zoos./cm ²	Zoos. X 10 ⁶ cm ⁻²	Médias Zoos. X 10 ⁶ cm ⁻²	Desvio Padrão
				No. Zoos X 1250/ml	Calc F. Rosenthal X Vol. Filt.		Zoos X Vol. Filt. / Área coral			
28	1	114	39	48750	5557500	7,69252	722455,0602	0,72	0,51	0,19
	2	114	33	41250	4702500	7,69252	611308,1279	0,61		
	3	114	17	21250	2422500	7,69252	314916,3083	0,31		
	4	114	21	26250	2992500	7,69252	389014,2632	0,39		
29	1	126	66	82500	10395000	12,35484	841370,6693	0,84	0,90	0,18
	2	126	68	85000	10710000	12,35484	866866,7502	0,87		
	3	126	58	72500	9135000	12,35484	739386,3458	0,74		
	4	126	91	113750	14332500	12,35484	1160071,68	1,16		
30	1	126	34	42500	5355000	9,84436	543966,2914	0,54	0,41	0,18
	2	126	34	42500	5355000	9,84436	543966,2914	0,54		
	3	126	24	30000	3780000	9,84436	383976,2057	0,38		
	4	126	10	12500	1575000	9,84436	159990,0857	0,16		
31	1	98	22	27500	2695000	6,97524	386366,634	0,39	0,41	0,13
	2	98	33	41250	4042500	6,97524	579549,951	0,58		
	3	98	24	30000	2940000	6,97524	421490,8734	0,42		
	4	98	15	18750	1837500	6,97524	263431,7959	0,26		
32	1	152	25	31250	4750000	15,22396	312008,1766	0,31	0,24	0,05
	2	152	19	23750	3610000	15,22396	237126,2142	0,24		
	3	152	18	22500	3420000	15,22396	224645,8871	0,22		
	4	152	16	20000	3040000	15,22396	199685,233	0,20		
33	1	106	49	61250	6492500	5,54068	1171787,578	1,17	1,18	0,07
	2	106	45	56250	5962500	5,54068	1076131,45	1,08		
	3	106	52	65000	6890000	5,54068	1243529,675	1,24		
	4	106	51	63750	6757500	5,54068	1219615,643	1,22		
34	1	124	14	17500	2170000	6,25796	346758,3685	0,35	0,66	0,39
	2	124	24	30000	3720000	6,25796	594442,9175	0,59		
	3	124	49	61250	7595000	6,25796	1213654,29	1,21		
	4	124	19	23750	2945000	6,25796	470600,643	0,47		
35	1	130	23	28750	3737500	8,76844	426244,5771	0,43	0,35	0,15
	2	130	19	23750	3087500	8,76844	352115,0855	0,35		
	3	130	26	32500	4225000	8,76844	481841,6959	0,48		
	4	130	7	8750	1137500	8,76844	129726,6104	0,13		
36	1	152	33	41250	6270000	8,76844	715064,4813	0,72	0,44	0,18
	2	152	17	21250	3230000	8,76844	368366,5509	0,37		
	3	152	14	17500	2660000	8,76844	303360,689	0,30		
	4	152	18	22500	3420000	8,76844	390035,1716	0,39		
Média (ver/05)									0,57	
Desvio Padrão									0,30	

Outono/06

Siderastrea spp.	Lâmina	Volume do Filtrado (ml)	No. Zoox.	Cálculo da Fuchs Rosenthal	Zoos X Vol. Filt.	Área da superfície viva do coral (cm ²)	Zoos./cm ²	Zoos. X 10 ⁶ cm ⁻²	Médias Zoos. X 10 ⁶ cm ⁻²	Desvio Padrão
				No. Zoos X 1250/ml	Calc F. Rosenthal X Vol. Filt.		Zoos X Vol. Filt. / Área coral			
37	1	122	84	105000	12810000	8,76844	1460921,213	1,46	0,98	0,34
	2	122	40	50000	6100000	8,76844	695676,768	0,70		
	3	122	55	68750	8387500	8,76844	956555,5561	0,96		
	4	122	46	57500	7015000	8,76844	800028,2833	0,80		
38	1	97	30	37500	3637500	4,8234	754136,0866	0,75	1,03	0,19
	2	97	47	58750	5698750	4,8234	1181479,869	1,18		
	3	97	44	55000	5335000	4,8234	1106066,26	1,11		
	4	97	43	53750	5213750	4,8234	1080928,391	1,08		
39	1	78	41	51250	3997500	5,54068	721481,8398	0,72	0,68	0,07
	2	78	43	53750	4192500	5,54068	756676,0759	0,76		
	3	78	37	46250	3607500	5,54068	651093,3676	0,65		
	4	78	34	42500	3315000	5,54068	598302,0135	0,60		
40	1	126	40	50000	6300000	8,4098	749126,0196	0,75	0,54	0,15
	2	126	27	33750	4252500	8,4098	505660,0633	0,51		
	3	126	26	32500	4095000	8,4098	486931,9128	0,49		
	4	126	22	27500	3465000	8,4098	412019,3108	0,41		
41	1	140	33	41250	5775000	8,4098	686698,8513	0,69	0,54	0,11
	2	140	26	32500	4550000	8,4098	541035,4586	0,54		
	3	140	20	25000	3500000	8,4098	416181,122	0,42		
	4	140	24	30000	4200000	8,4098	499417,3464	0,50		
42	1	140	63	78750	11025000	6,6166	1666263,64	1,67	1,47	0,36
	2	140	35	43750	6125000	6,6166	925702,0222	0,93		
	3	140	63	78750	11025000	6,6166	1666263,64	1,67		
	4	140	61	76250	10675000	6,6166	1613366,382	1,61		
43	1	86	7	8750	752500	5,54068	135813,6546	0,14	0,46	0,40
	2	86	15	18750	1612500	5,54068	291029,2599	0,29		
	3	86	18	22500	1935000	5,54068	349235,1119	0,35		
	4	86	54	67500	5805000	5,54068	1047705,336	1,05		
44	1	132	35	43750	5775000	6,6166	872804,7638	0,87	1,05	0,30
	2	132	29	36250	4785000	6,6166	723181,09	0,72		
	3	132	52	65000	8580000	6,6166	1296738,506	1,30		
	4	132	53	66250	8745000	6,6166	1321675,785	1,32		
45	1	90	8	10000	900000	6,6166	136021,5216	0,14	0,28	0,10
	2	90	18	22500	2025000	6,6166	306048,4237	0,31		
	3	90	22	27500	2475000	6,6166	374059,1845	0,37		
	4	90	19	23750	2137500	6,6166	323051,1139	0,32		
Média (out/06)									0,78	
Desvio Padrão									0,38	

ANEXO 3

Dados das médias (\bar{x}) do diâmetro das zooxantelas de cada colônia coletada durante o período compreendido entre o outono/05 e o outono/06. Os valores em negrito são de *S. radians* e o restante de *S. stellata*.

Estações do ano	Out 05		Inv 05		Pri 05		Ver 05		Out 06	
	n° col	X	n° col	X						
<i>Siderastrea</i> 1.1	1	9,31	10	10,83	19	11,03	28	10,73	37	12,39
<i>Siderastrea</i> 2.1	2	9,85	11	10,76	20	11,25	29	10,23	38	12,11
<i>Siderastrea</i> 3.1	3	8,73	12	10,71	21	10,93	30	10,67	39	12,07
<i>Siderastrea</i> 1.2	4	10,31	13	10,86	22	11,72	31	10,28	40	11,24
<i>Siderastrea</i> 2.2	5	9,97	14	10,99	23	10,88	32	10,17	41	11,47
<i>Siderastrea</i> 3.2	6	10,07	15	10,29	24	10,61	33	10,49	42	11,51
<i>Siderastrea</i> 1.3	7	9,53	16	10,58	25	10,92	34	10,09	43	11,98
<i>Siderastrea</i> 2.3	8	10,67	17	10,26	26	10,86	35	10,12	44	11,10
<i>Siderastrea</i> 3.3	9	9,87	18	10,85	27	10,57	36	10,18	45	11,93
Média por estação	9,81		10,68		10,97		10,33		11,75	

ANEXO 4

Dados diários dos parâmetros físico-químicos coletados na água das poças do topo do recife de Guarajuba durante o período estudado. Os valores de temperatura são as médias diárias originadas do monitoramento realizado durante o início e o final da maré baixa.

Dias de coleta	Setor 1					Setor 2					Setor 3				
	T (°C)	Sal	pH	PO ₄ (ppm)	NO ₂ (ppm)	T (°C)	Sal	pH	PO ₄ (ppm)	NO ₂ (ppm)	T (°C)	Sal	pH	PO ₄ (ppm)	NO ₂ (ppm)
24/mar	34,5	36,0	8,4	0,1	0,0	35,5	37,0	8,4	0,1	0,0	36,5	37,0	8,4	0,1	0,0
9/abr	30,5	35,0	8,4	0,1	0,1	32,0	35,0	8,4	0,1	0,1	32,0	35,0	8,4	0,1	0,1
23/abr	33,0	37,0	8,4	0,1	0,1	33,0	37,0	8,4	0,1	0,1	33,5	37,0	8,4	0,1	0,1
7/mai	28,5	35,0	8,6	0,1	0,1	28,0	35,0	8,6	0,1	0,1	28,0	35,0	8,6	0,1	0,1
22/mai	30,0	36,0	8,4	0,1	0,1	30,5	36,0	8,4	0,1	0,1	30,5	36,0	8,4	0,1	0,1
5/jun	28,3	36,0	8,4	0,1	0,1	28,7	36,0	8,4	0,1	0,1	28,7	36,0	8,4	0,1	0,1
22/jun	30,0	37,0	8,6	0,1	0,1	29,2	36,0	8,6	0,1	0,1	29,4	36,0	8,6	0,1	0,1
7/jul	27,3	36,0	8,4	0,1	0,1	27,0	36,0	8,4	0,1	0,1	27,2	36,0	8,4	0,1	0,1
21/jul	28,8	37,0	8,4	0,1	0,1	27,5	37,0	8,4	0,1	0,1	27,8	37,0	8,4	0,1	0,1
6/ago	27,5	35,0	8,6	0,1	0,1	26,7	35,0	8,6	0,1	0,1	27,5	35,0	8,6	0,1	0,1
20/ago	27,6	37,0	8,6	0,1	0,1	27,6	37,0	8,6	0,1	0,1	27,6	37,0	8,6	0,1	0,1
5/set	30,8	37,0	8,4	0,1	0,1	30,0	37,0	8,4	0,1	0,1	30,0	37,0	8,4	0,1	0,1
17/set	32,0	38,0	8,4	0,1	0,1	30,5	38,0	8,4	0,1	0,1	30,7	38,0	8,4	0,1	0,1
5/out	32,0	37,0	8,4	0,1	0,1	31,0	37,0	8,4	0,1	0,1	31,7	37,0	8,4	0,1	0,1
17/out	32,7	35,0	8,6	0,1	0,1	31,3	35,0	8,6	0,1	0,1	32,3	35,0	8,6	0,1	0,1
1/nov	31,0	37,0	8,4	0,1	0,1	30,0	37,0	8,4	0,1	0,1	29,7	37,0	8,4	0,1	0,1
17/nov	32,2	37,0	8,6	0,1	0,1	31,5	37,0	8,6	0,1	0,1	31,5	37,0	8,6	0,1	0,1
3/dez	32,7	35,0	8,4	0,1	0,1	33,3	35,0	8,4	0,1	0,1	33,0	35,0	8,4	0,1	0,1
15/dez	33,0	37,0	8,4	0,1	0,1	34,0	37,0	8,4	0,1	0,1	35,0	37,0	8,4	0,1	0,1
2/jan	32,0	37,0	8,4	0,1	0,1	33,3	37,0	8,4	0,1	0,1	32,7	37,0	8,4	0,1	0,1
15/jan	31,5	35,0	8,4	0,1	0,1	32,5	35,0	8,4	0,1	0,1	32,0	35,0	8,4	0,1	0,1
31/jan	33,3	38,0	8,6	0,1	0,1	34,7	38,0	8,6	0,1	0,1	33,0	38,0	8,6	0,1	0,1
14/fev	33,0	36,0	8,6	0,1	0,1	35,3	36,0	8,6	0,1	0,1	32,7	36,0	8,6	0,1	0,1
1/mar	33,3	39,0	8,6	0,1	0,1	33,7	39,0	8,6	0,1	0,1	34,0	39,0	8,6	0,1	0,1
15/mar	32,0	38,0	8,6	0,1	0,1	33,0	38,0	8,6	0,1	0,1	34,0	38,0	8,6	0,1	0,1

ANEXO 5**Conversão de medidas dos nutrientes: nitrito (NO₂) e fosfato (PO₄)**

ppm para μMol

ppm = mg/L

0,1 ppm = 0,1 mg/L

NITRITO

N = 14

O = 16

Peso molecular do NO₂ = 46g/mol

1 mol NO₂ → 46g

0,1 mg NO₂ → 2,17x10⁻⁶ mol → 2,17 μmol/L

0,1 ppm de NO₂ → 2,17 μmol/L de NO₂

FOSFATO

P = 31

O = 16

Peso molecular do PO₄ = 95g/mol

1 mol PO₄ → 95g

0,1 mg PO₄ → 1,05x10⁻⁶ mol → 1,05 μmol/L

0,1 ppm de PO₄ → 1,05 μmol/L de PO₄