

PLANO PLURIANUAL DE GOVERNO - PPA PROGRAMA MUDANÇAS CLIMÁTICAS

RESULTADOS OBTIDOS

2005

Mudanças Climáticas Globais e o Branqueamento de Corais no Brasil



RELATÓRIO TÉCNICO FINAL

Projeto:

Mudanças Climáticas Globais e o Branqueamento de Corais no Brasil

Convênio:

MCT/UFBA/CPGG/FAPEX

Execução:

Universidade Federal da Bahia - UFBA

Coordenação-Geral do Projeto:

Profa. Zelinda Margarida de Andrade Nery Leão, PhD

Vice-Coordenação do Projeto:

Prof. Ruy Kenji Papa de Kikuchi, Dr

Cooperação Técnica:

Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia

Instituto de Geociências

Laboratório de Estudos Costeiros

Equipe de Técnica:

Doutoranda Marília de Dirceu Machado de Oliveira (2001-2006)

Mestrando Leo Ximenes Cabral Dutra (2001-2004)

Mestrando Saulo Spanó (2001-2004)

Mestranda Fabiana Okada (2003)

Mestranda Carolina Poggio (2004-2006)

Estagiária Thais Figueiredo Silva (2002)

Bolsista IC Igor C. Cruz (2001-2005) Mestrando (2006)

Bolsista IC Pedro Meireles (2005-2006)

Bolsista IC Eduardo Marocci (2005-2006)

Bolsista IC Lucas Bezerra (2005)

Publicação e Divulgação:

Ministério da Ciência e Tecnologia

Coordenação Geral de Mudança Global de Clima

Sítio: <http://www.mct.gov.br/clima>

Diagramação e Editoração Gráfica:

Pedro Renato Barbosa - pedrorenbarbosa@gmail.com



SINOPSE

Este relatório descreve as atividades que foram desenvolvidas dentro do projeto “Mudanças climáticas globais e o branqueamento de corais no Brasil”, as quais correspondem aos trabalhos relacionados às quatro metas inicialmente programadas que dizem respeito a três objetivos gerais: 1) A avaliação in situ e in vitro das alterações sofridas pelos corais expostos a diferentes graus de temperatura da água; 2) O monitoramento da ocorrência de branqueamento dos corais nos recifes da costa do estado da Bahia após a ocorrência de eventos de elevação da temperatura da água, e 3) A formação e o aperfeiçoamento de recursos humanos e a divulgação dos resultados sobre os efeitos das variações da temperatura global no ecossistema recifal da Bahia.

Sumário

Página

1. INTRODUÇÃO

13

2. ATIVIDADES REALIZADAS

14

2.1. A avaliação in vitro e in situ das alterações sofridas pelos corais expostos a diferentes graus de temperatura da água

14

2.1.1. Administração dos recursos humanos e financeiros e provimento de material para instalação dos aquários

15

2.1.2. Instalação e maturação do sistema de aquários

15

2.1.3. Avaliação das técnicas usadas nos experimentos

17

2.1.4. Planejamento e desenho dos experimentos

19

2.1.5. Realização dos experimentos

19

2.2. O monitoramento da ocorrência de branqueamento dos corais nos recifes do Estado da Bahia após a ocorrência de eventos de elevação da temperatura da água

27

2.2.1. Levantamento dos dados climáticos (ocorrência de hot spots) em agências meteorológicas e na internet

27

2.2.2. Treinamento de pessoal para trabalhos de campo

34

2.2.3. Coleta de dados de campo

38

2.2.4. Tabulação e análise dos dados de campo

46

2.3. A formação e o aperfeiçoamento de recursos humanos e a divulgação dos resultados sobre o efeito das mudanças da temperatura global no ecossistema recifal da Bahia

57

2.3.1. Treinamento de estudantes através da apresentação de seminários, palestras, painéis sobre o assunto do projeto

57

2.3.2. Preparação de material científico (Resumos, Abstracts, Painéis) para apresentação em Congressos Nacionais e Simpósios Internacionais e publicação de artigos em revistas de difusão científica.

57

2.3.3. Teses de Doutorado, Dissertações de Mestrado e Monografias de Bacharelado defendidas durante a realização do projeto e relacionadas com as condições dos recifes de corais da Bahia

61

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

- 3.1. Conclusões referentes aos resultados encontrados sobre os experimentos realizados e a ocorrência de branqueamento de corais na costa do Estado da Bahia 63
- 3.2. Projetos para dar continuidade aos estudos sobre branqueamento dos corais nos recifes do estado da Bahia 65

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

5. ANEXOS

- 5.1. Dados para cálculo da densidade das zooxantelas nas colônias dos corais das poças do topo do recife de Guarajuba, e durante experimentos em aquários usando 2 quadrados, etapas 1, 2 e 3 75
- 5.2. Dados para cálculo da densidade das zooxantelas nas colônias dos corais das poças do topo do recife de Guarajuba, e durante experimentos em aquários usando 4 quadrados, etapas 1, 2 e 3 80
- 5.3. Dados das anomalias térmicas das áreas de estudo para os anos de 2000 a 2005, coletados a partir dos mapas ilustrados nas imagens de satélite disponíveis na rede mundial INTERNET no portal:
<http://www.osdpd.noaa.gov/PSB/EPS/SST/climohot.html> 85
- 5.4. Alguns painés apresentados em Eventos Científicos durante a realização do projeto 92



1 - INTRODUÇÃO

Os recifes de corais constituem o mais diverso, mais complexo e mais produtivo dos ecossistemas marinhos costeiros. Eles fornecem alimento, e são a principal fonte de recursos econômicos para centenas de milhares de pessoas que vivem nas regiões tropicais do nosso planeta. Nestas últimas décadas é crescente a preocupação, sobretudo da comunidade técnico-científica, com a importância dos recifes para a humanidade e com a ameaça a que eles estão expostos, assim como há, também, um consenso geral sobre a necessidade de minimizar a sua deterioração. Estima-se que dentro de trinta a quarenta anos cerca de 70% das áreas recifais do mundo estejam totalmente degradadas, particularmente em consequência das mudanças climáticas globais e da depredação dos seus recursos naturais devido à ação indireta das atividades humanas.

Os ecossistemas recifais são extremamente sensíveis a pequenas variações da temperatura das águas oceânicas. Um aumento relativamente pequeno da temperatura das águas superficiais pode provocar a ocorrência do branqueamento que é um processo relacionado à perda, pelos corais, das algas fotossintetizadoras - as zooxantelas, que estão presentes no tecido dos corais e que participam de uma cooperação vital que beneficia ambos os organismos. As zooxantelas, além de dar a cor ao coral, produzem componentes orgânicos que lhes serve de alimento e, em contrapartida, o coral provê abrigo para as algas e lhes fornece elementos químicos necessários à sua sobrevivência. Distúrbios ambientais podem interromper esta delicada simbiose, causando dissociação entre as algas e os corais. Neste caso o coral perde a sua cor, exibindo o seu esqueleto calcário, originalmente branco.

Não somente no Brasil, mas em várias partes do globo, o fenômeno de branqueamento de corais parece coincidir com o aquecimento dos oceanos durante a ocorrência de eventos El-Niño (Glynn 1990), evidenciando que pequenas variações da temperatura das águas superficiais podem causar alterações dos padrões climáticos, os quais diretamente afetam os ecossistemas tropicais, particularmente os recifes de corais. A incidência e a severidade do fenômeno de branqueamento dos corais provocarão mudanças substanciais na estrutura das comunidades do ecossistema recifal, as quais necessitam serem cientificamente compreendidas para que se possa minimizar a deterioração desse frágil ecossistema.

O branqueamento extensivo pode causar a morte em massa dos corais resultando na degradação do ecossistema recifal, devido à perda da sua cobertura viva, da sua biodiversidade e da diminuição do crescimento linear dos corais (Goreau & Macfarlane 1990; Brown & Ogden 1993; Glynn 1993; Brown 1997; Wilkinson et al. 1999).

As referências publicadas sobre o branqueamento de coral no Brasil, anteriores aos eventos estudados durante a realização deste projeto, dizem respeito às seguintes ocorrências: i) um evento que ocorreu na costa do Estado de São Paulo no verão de 1993/1994 (Migotto 1997), o qual foi relacionado a um aumento anormal da temperatura das águas oceânicas; ii) um outro evento no litoral norte do estado da Bahia, no verão 1997/1998 (Dutra 2000, Dutra et al. 2000) e iii) duas ocorrências em Abrolhos, no sul



da Bahia, no verão 1993/1994 (Castro & Pires 1999) e no verão 1997/1998 (Kikuchi et al. 2003, Leão et al. 2003, Oliveira et al. 2004).

No Estado de São Paulo, o branqueamento mais intenso ocorreu nas espécies dos corais *Mussismilia hispida* e *Madracis decactis*. No litoral norte da Bahia, três espécies de corais, *Agaricia agaricites*, *Mussismilia hispida* e *Siderastrea stellata*, tiveram de 20 a 80% de suas colônias afetadas (Dutra 2000). Em Abrolhos, as duas ocorrências de branqueamento relacionam o fenômeno a um aumento da temperatura das águas superficiais: no primeiro, que ocorreu durante uma anomalia de temperatura no verão 1993/1994, 51 a 88% das colônias do gênero *Mussismilia* foram afetadas (Castro & Pires 1999), e no segundo fenômeno, o qual esteve relacionado com o forte evento El-Niño que se iniciou no final de 1997 no oceano Pacífico e causou, também, um aumento da temperatura das águas na costa do Brasil, cerca de nove espécies de corais apresentaram suas colônias parcial ou totalmente branqueadas com percentuais variados entre 10 e 90%, sendo que *Agaricia agaricites*, *Mussismilia hispida* e *Porites astreoides* foram as espécies de corais que apresentaram níveis mais elevados de branqueamento (Kikuchi et al. 2003, Leão et al. 2003).

Este relatório resume os dados obtidos durante os estudos realizados em campo (*in situ*) e os experimentos realizados em aquário (*in vitro*) com o objetivo de melhor compreender as relações existentes entre os processos ambientais e o branqueamento dos corais, e descreve a ocorrência do branqueamento dos corais em várias áreas recifais ao longo da costa do estado da Bahia, observado durante o período de final de verão (fevereiro a abril) dos anos 2000, 2001, 2002, 2003, 2004 e 2005, assim como relaciona algumas ocorrências de branqueamento anteriores a este período (verão 1997/1998 e 1999/2000).

2 - ATIVIDADES REALIZADAS

2.1 - Avaliação *in situ* e *in vitro* das alterações sofridas pelos corais

Equipe envolvida:

Profa. Zelinda Margarida de Andrade Nery Leão – Coordenação geral dos trabalhos

Prof. Ruy Kenji Papa de Kikuchi

Doutoranda Marília de Dirceu Machado de Oliveira (2001-2005)

Mestranda Fabiana Okada (2003)

Mestranda Carolina O. Poggio (2004-2005)

Estagiária Thais Figueiredo Silva (2002)



Etapas cumpridas:

- 2.1.1 - Administração dos recursos humanos e financeiros e provimento de material para instalação dos aquários
- 2.1.2 - Instalação e maturação do sistema de aquários
- 2.1.3 - Avaliação das técnicas usadas nos experimentos
- 2.1.4 - Planejamento e desenho dos experimentos
- 2.1.5 - Realização dos experimentos

2.1.1 - Administração dos recursos humanos e financeiros e provimento de material para instalação dos aquários:

Esta etapa teve início logo após a liberação dos recursos destinados à compra dos equipamentos e do material permanente, todos necessários para a montagem dos novos aquários, e a reinstalação do antigo, assim como alguns equipamentos a serem usados durante a pesquisa. A instalação dos equipamentos foi iniciada após o término dos serviços realizados para a reforma da sala onde foi montado o Laboratório abrangendo a instalação de ar condicionado, telefone, computador e rede para uso da internet.

2.1.2 - Instalação e maturação do novo sistema de aquários:

Esta etapa foi iniciada após a compra dos equipamentos para montagem do laboratório e para instalação dos aquários. Foram completadas as instalações de mais 02 aquários pequenos e reinstalado 01 aquário grande todos eles interconectados (Fig. 1). O aquário grande foi construído com vidro de espessura de 8 mm, enquanto que os dois menores foram construídos com vidro de espessura de 5 mm. As ligações entre os aquários e com a caixa de circulação foram feitas com tubos de PVC e mangueiras atóxicas. Todos os aquários estão equipados com um novo sistema de filtragem de areia, carvão e bio balls, um escumador e um reator de cálcio (Fig. 2). Para cada aquário foi feita uma cobertura vazada de compensado naval, onde estão montados os suportes para as lâmpadas. Em todos os aquários estão instalados sensores para medição dos parâmetros temperatura, salinidade, pH, teor de cálcio e nutrientes, os quais serão monitorados por microcomputador. Um sistema para aquecimento artificial da água está instalado em um dos aquários pequenos. Para dar suporte ao funcionamento dos aquários foram instalados equipamentos para destilação e deionização de água (Fig. 3).



Figura 1 - No fundo o aquário grande usado como controle e na frente os dois aquários menores onde são realizados os experimentos. Na caixa preta entre os dois aquários menores está instalado o aquecedor da água (Fotos: R. Kikuchi).



Figura 2 - Sob o aquário grande estão instalados: o reator de cálcio (à direita), no centro o escumador (branco) e os filtros de areia, carvão e bio balls (Foto: R. Kikuchi).





Figura 3 - No topo, o destilador, em vidro, sobre o depósito da água destilada. Abaixo, o deionizador e, à direita, o reservatório da água destilada e deionizada (Foto: R. Kikuchi).



2.1.3 - Avaliação e definição das técnicas usadas nos experimentos:

As algas zooxantelas que habitam o tecido vivo dos corais (Fig. 4), além de terem papel importante na manutenção das estruturas rochosas dos recifes, pois a fotossíntese que elas realizam resulta no incremento da taxa de calcificação do esqueleto do seu hospedeiro (Barnes & Chalker 1990), elas são responsáveis, também, pela coloração dos corais. A perda de pigmentação dessas algas e/ou sua ausência no tecido do coral, são os fatores causadores do fenômeno de branqueamento. Para avaliar o efeito do aumento da temperatura da água como causa do branqueamento dos corais, está sendo estudada a relação zooxantela x coral, de acordo como sugerido por Muller-Parker & D'Elia (1997). A medição do diâmetro e da densidade de zooxantelas no tecido vivo de colônias de corais branqueados ou não, foi a técnica selecionada para avaliar a existência ou não de relações entre graus de branqueamento e as variações dos parâmetros ambientais. Para isso, as zooxantelas estão sendo extraídas de fragmentos das colônias dos corais coletados, seguindo a metodologia descrita em Costa (2001). De um volume de cerca de 100ml de água com tecido vivo do coral, obtido da lavagem da colônia do coral com jato de água produzido em equipamento apropriado (Fig.4 A), é separado 1ml para quantificação da densidade populacional e determinação do diâmetro das células numa lâmina tipo “Câmara de Fuck-Rosenthal” (Fig. 4 B). Para estimar a densidade das zooxantelas (Fig. 5) são confeccionadas quatro lâminas as quais são analisadas em microscópio óptico com ocular micrométrica. O número total de zooxantelas é calculado e convertido em zooxantelas/cm² de área viva superficial do coral, de acordo com a



metodologia descrita em Dustan (1979). O diâmetro das zooxantelas é medido com ocular micrométrica em microscópio binocular.

Figura 4. A – “Water Pick” equipamento utilizado para retirada do tecido vivo dos corais. **B** - Câmara de Fuchs Rosenthal, instrumento utilizado para contagem das algas zooxantelas (Foto: M. Oliveira).

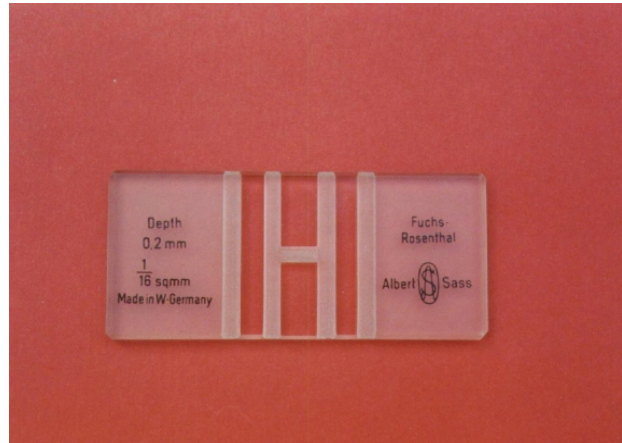
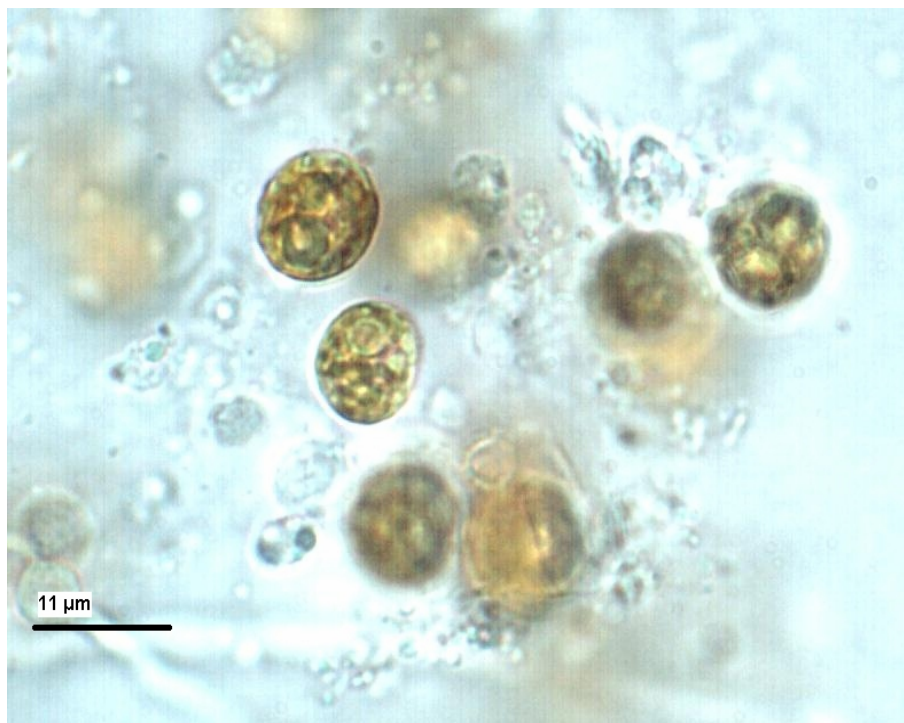


Figura 5 - Algas simbiotas zooxantelas isoladas de uma colônia do coral *Siderastrea* sp coletada no topo do recife de Guarajuba (Foto: C. Poggio).





2.1.4 - Planejamento e desenho dos experimentos:

Dois tipos de estudos foram iniciados para avaliar se há variação na densidade das algas zooxantelas em função das variações das condições ambientais: a) avaliações *in situ*, consistindo na medição dos parâmetros ambientais no campo, relativos a temperatura, salinidade e nutrientes, em zonas selecionadas do topo de um recife costeiro localizado no litoral norte da Bahia, durante um ano, e coleta de amostras de colônias de coral para avaliação da densidade de zooxantelas, no início de cada estação, e b) observação *in vitro* das variações desses mesmos parâmetros ambientais com acompanhamento de colônias de corais mantidas em aquários. Nos aquários a temperatura da água é controlada por um sistema de monitoramento contínuo através de eletrodos e um dispositivo de gerenciamento de aquisição de dados acoplado a um microcomputador. Um resfriador e um aquecedor, controlados por termostatos, regulam a temperatura da água em intervalos desejados.

2.1.5 - Estudos experimentais:

Os estudos no campo iniciaram no mês de março de 2005. A área de estudo selecionada é um recife costeiro, adjacente à praia de Guarajuba (Figs. 6 e 7). Nas poças intermareais do topo do recife foram selecionadas três setores onde foram medidos os parâmetros ambientais e coletados os fragmentos das colônias de coral para estudo. Os parâmetros temperatura, salinidade e nutrientes da água foram medidos a cada 15 dias, durante as marés baixas de sizígia, e as amostras das colônias de coral foram coletadas no início de cada estação do ano.

Figura 6 - Mapa de localização dos recifes de coral do litoral norte do estado da Bahia, com indicação do recife de Guarajuba, onde foram realizados os experimentos *in situ* (Fonte: Leão et al. 2003).

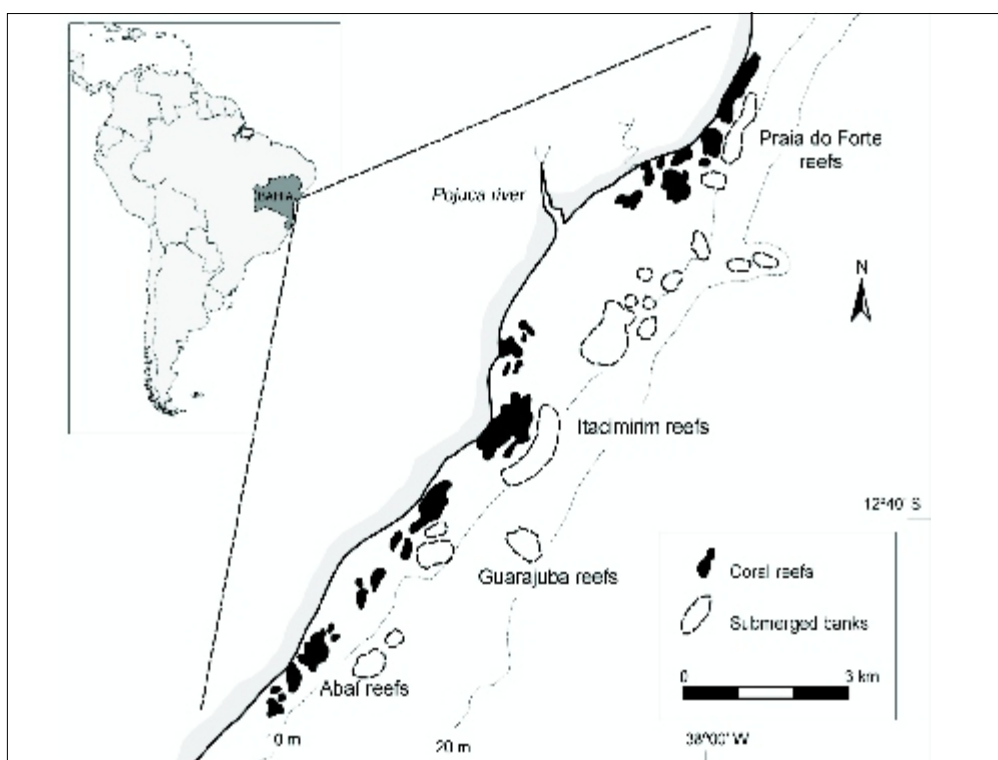




Figura 7 - Topo exposto do recife costeiro de Guarajuba durante maré baixa de sizígia, onde estão sendo realizados os experimentos de campo (Foto: R. Kikuchi).



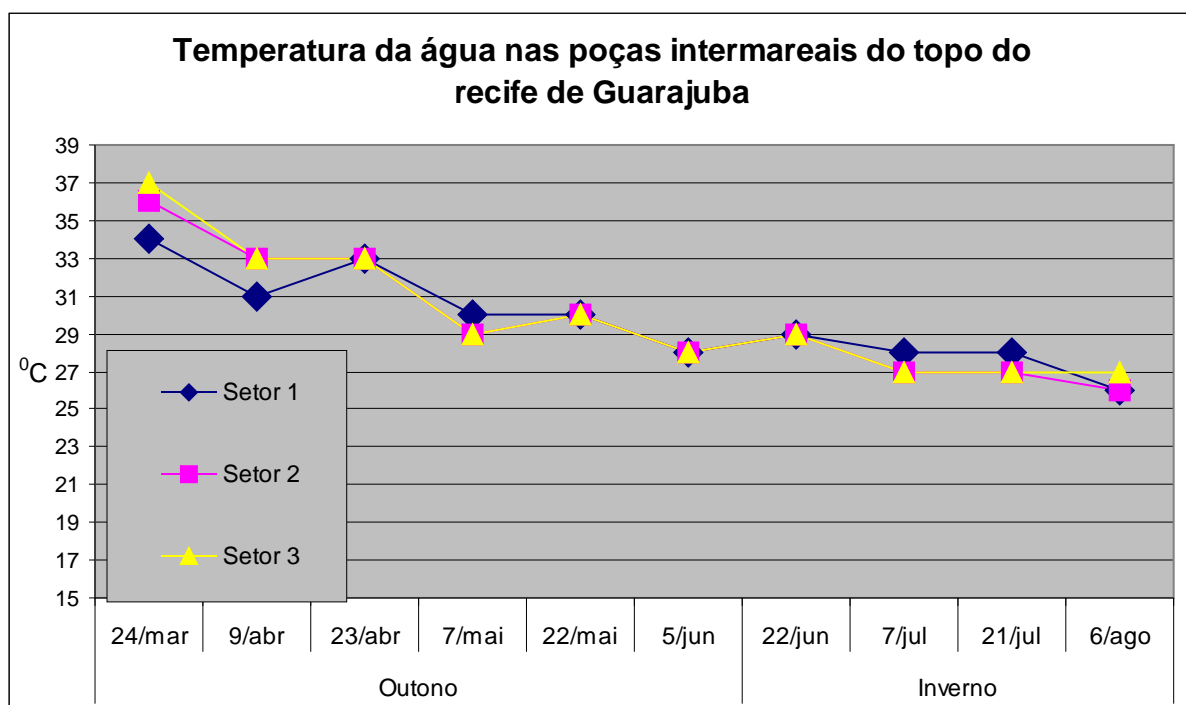
Os dados dos parâmetros ambientais medidos indicam que apenas a temperatura da água apresentou variações significativas entre as duas estações avaliadas, enquanto que os demais parâmetros não variaram ao longo do período de estudo (Tabela 1, Fig. 8). Os valores de salinidade variaram entre 35 e 37 (ver tabela 1), os valores de pH variaram entre 8,4 e 8,6, os de fosfato se mantiveram em 0,1 ppm, de nitrito em 0,05 ppm e de nitrato em 5,0 ppm.

Tabela 1 - Temperatura (T°C) e Salinidade (S) da água das poças intermareais de três setores do topo do recife de coral de Guarajuba (dados coletados em 2005).

	OUTONO												INVERNO							
	24		09		23		07		22		05		22		07		21		06	
	mar		abr		abr		mai		mai		jun		jun		jul		jul		ago	
	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S	T	S
Setor 1	34	36	31	35	33	37	30	35	30	36	28	36	29	37	28	36	28	37	26	35
Setor 2	36	37	33	35	33	37	29	35	30	36	28	36	29	36	27	36	27	37	26	35
Setor 3	37	37	33	35	33	37	29	35	30	36	28	36	29	36	27	36	27	37	27	35



Figura 8 - Gráfico ilustrativo da variação da temperatura da água medida durante as estações de outono e parte do inverno do ano de 2005, nas poças intermareais dos três setores selecionados no topo do recife de Guarajuba.



No que diz respeito à densidade de zooxantelas das colônias de coral estudadas, foram feitas análises para verificar se haveria diferenças significativas na técnica de avaliação, ou seja na quantidade de quadrados medidos em cada lâmina analisada, dois ou quatro quadrados. Os resultados encontrados mostram que não há diferença significativa entre as duas avaliações (Fig. 9, Tabela 2 e Anexos 1 e 2).

Quanto à avaliação da densidade das zooxantelas em três colônias de coral de cada um dos três setores selecionados no topo do recife, observa-se que há um aumento do número de células (zooxantelas) por cm^2 , durante as coletas de inverno, quando a temperatura da água diminui (comparar os gráficos das figuras 8 e 9). E esta variação está relacionada, também, com a coloração das colônias dos corais. As colônias mais claras, isto é, levemente branqueadas (Fig. 10), são aquelas que apresentam menores valores para a densidade de zooxantelas, e são as colônias coletadas no início da estação do outono, enquanto as colônias com coloração mais escura (Fig. 11) são aquelas com os maiores valores para a densidade de zooxantelas, e são aquelas colônias coletadas durante a estação do inverno.



Figura 9 - Gráfico ilustrativo da densidade de zooxantelas das colônias de coral coletadas nos três setores selecionados no topo do recife de Guarajuba, no início das estações de outono e de inverno do ano de 2005.

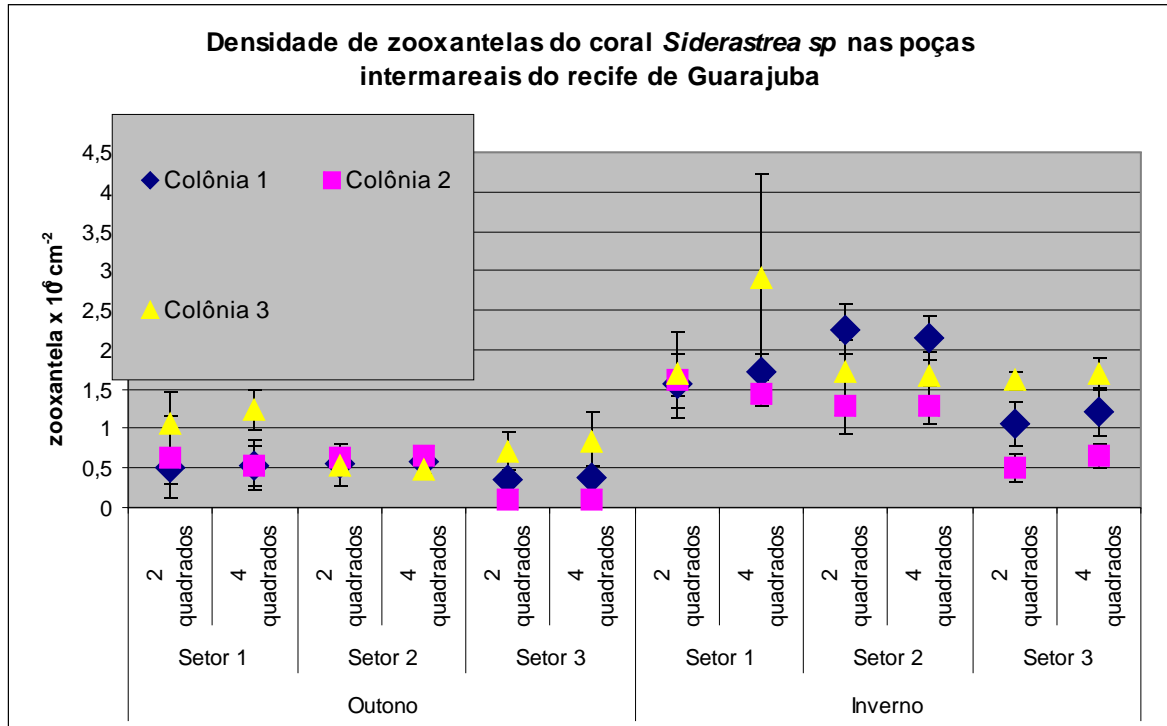


Figura 10 - Colônias do coral *Siderastrea sp*, levemente branqueadas, coletadas no topo do recife de Guarajuba no final do mês de março de 2005 (Foto: C. Poggio).

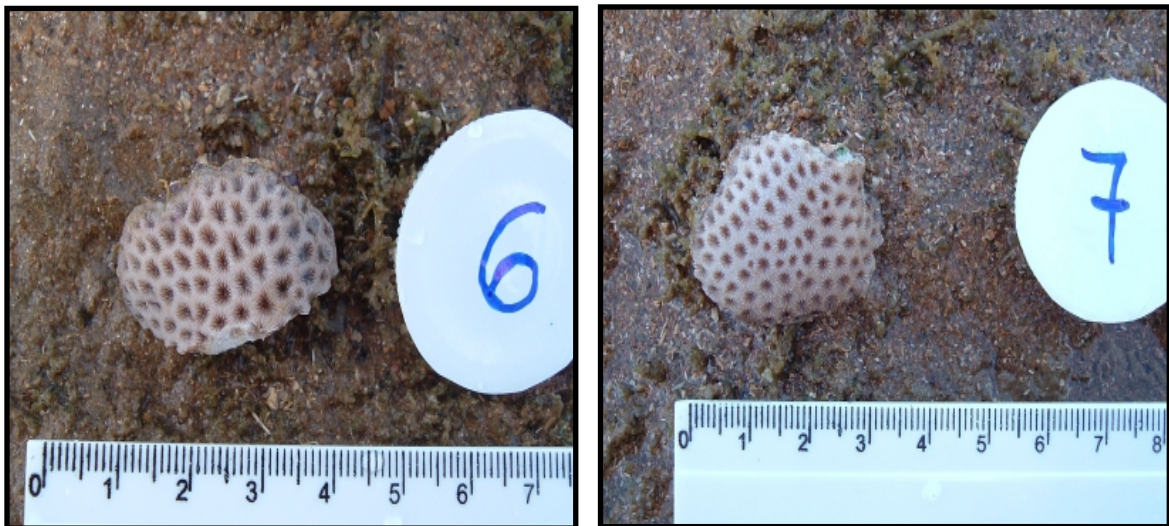




Figura 11 - Colônias do coral *Siderastrea sp* coletadas no topo do recife de Guarajuba no mês de junho de 2005 (Foto: C. Poggio).



Quanto à avaliação da densidade de duas colônias da mesma espécie de coral mantidas em aquário, foram realizadas contagens de zooxantelas à semelhança do que foi feito com as amostras coletadas no campo e os resultados encontrados foram, também, similares. A colônia com menor densidade de zooxantelas é aquela com coloração mais esbranquiçada, enquanto que a colônia com uma coloração mais escura é a que apresenta um maior número de zooxantelas por cm^2 (Tabela 3, Figs. 12 e 13 Anexos 1e 2).

No aquário os parâmetros da água (temperatura, salinidade, pH, fósforo, nitrito, nitrato, cálcio e oxigênio dissolvido) foram medidos diariamente e os resultados encontrados estão ilustrados na Tabela 4. A exceção da temperatura que foi elevada artificialmente até 30°C , os valores mínimos e máximos dos demais elementos não variaram significativamente. Cerca de 72 horas após o aquecimento da água do aquário até 30°C , observou-se o início de branqueamento das colônias de *Siderastrea sp*. Em um outro experimento em aquário com amostras do hidróide calcário *Millepora alcicornis* cerca de 72 horas após a temperatura do aquário ter alcançado 30°C , foi observado, também, o início do branqueamento nas extremidades dos ramos da colônia, como está ilustrado na figura 14. Ambas as observações coincidem com dados relatados na literatura (Jokiel & Coles 1990, Brown & Ogden 1993, Brown 1997, Abramovitch-Gottlib *et al.* 2002), de que a elevação da temperatura da água de 3 a 6°C nos experimentos *in vitro* pode provocar o início do branqueamento. A temperatura da água nos aquários foi sendo aquecida gradativamente de 25°C até 30°C quando foi observado início de branqueamento nos espécimes analisados.

Segundo Brown & Ogden (1993), para iniciar o branqueamento no ambiente natural seriam necessários pelo menos 2°C acima de 30°C durante algumas semanas. Nos experimentos nas poças intermareais do recife de Guarajuba não foi possível observar o início do branqueamento, uma vez que só é possível ter acesso ao topo dos recifes durante as marés baixas de sizígia que ocorrem a cada 15 dias,



durante as quais o topo recifal fica exposto. No nosso estudo quando as colônias de *Siderastrea sp* foram amostradas (24 março), a temperatura da água das poças já havia atingido temperaturas entre 34 e 37°C (Tabela 1, Fig. 8).

Tabela 2 - Densidade das zooxantelas do coral *Siderastrea sp* coletado nas poças intermareais de três setores do topo do recife de Guarajuba, litoral norte da Bahia. Média de 04 lâminas por amostras utilizando dois e quatro quadrados em cada lâmina. Resultado em número de zooxantelas por cm² (média e desvio padrão).

	2 quadrados Zooxantela x 10 ⁶ cm ⁻²	4 quadrados Zooxantela x 10 ⁶ cm ⁻²
<i>Siderastrea sp</i> 1	0,90 ± 0,14	1,04 ± 0,10
<i>Siderastrea sp</i> 2	1,09 ± 0,22	1,22 ± 0,12

Tabela 3 - Densidade das zooxantelas de duas colônias do coral *Siderastrea sp* mantidas em aquário. Média de 04 lâminas por amostras utilizando dois e quatro quadrados em cada lâmina. Resultado em número de zooxantelas por cm² (média e desvio padrão)

	Outono		Inverno	
	2 quadrados	4 quadrados	2 quadrados	4 quadrados
	Zooxantela x 10 ⁶ cm ⁻²	Zooxantela x 10 ⁶ cm ⁻²	Zooxantela x 10 ⁶ cm ⁻²	Zooxantela x 10 ⁶ cm ⁻²
<i>Siderastrea sp</i> 1.1	0,50 ± 0,20	0,53 ± 0,25	1,57 ± 0,15	1,71 ± 0,24
<i>Siderastrea sp</i> 1.2	0,64 ± 0,52	0,54 ± 0,31	1,61 ± 0,34	1,43 ± 0,15
<i>Siderastrea sp</i> 1.3	1,07 ± 0,39	1,24 ± 0,26	1,69 ± 0,54	2,91 ± 1,30
<i>Siderastrea sp</i> 2.1	0,55 ± 0,12	0,57 ± 0,15	2,26 ± 0,31	2,14 ± 0,28
<i>Siderastrea sp</i> 2.2	0,62 ± 0,08	0,66 ± 0,10	1,28 ± 0,34	1,30 ± 0,25
<i>Siderastrea sp</i> 2.3	0,54 ± 0,26	0,47 ± 0,10	1,73 ± 0,40	1,68 ± 0,30
<i>Siderastrea sp</i> 3.1	0,35 ± 0,14	0,37 ± 0,15	1,06 ± 0,27	1,21 ± 0,30
<i>Siderastrea sp</i> 3.2	0,09 ± 0,03	0,09 ± 0,02	0,51 ± 0,18	0,65 ± 0,15
<i>Siderastrea sp</i> 3.3	0,70 ± 0,27	0,83 ± 0,39	1,61 ± 0,12	1,70 ± 0,20



Tabela 4 - Valores máximos e mínimos dos parâmetros químicos da água do aquário, medidos através de testes químicos, durante os experimentos

Parâmetros	Valor máximo	Valor mínimo
Temperatura (°C)	30	25
Salinidade (ppm)	35	35
PO ₄ (ppm)	0,2	0,1
pH	8,4	8,2
NO ⁻² (ppm)	0,0	0,0
NO ⁻³ (ppm)	<2,5	<2,5
Ca ⁺² (ppm)	400	400
OD (ppm)	8,0	7,5

PO₄ = fosfato; NO⁻² = nitrito; NO⁻³ = nitrato; Ca⁺² = cálcio; OD = oxigênio dissolvido.

Figura 12 - Gráfico ilustrativo da densidade de zooxantelas de duas colônias do coral *Siderastrea sp* mantidas em aquário. Medida realizada em dois e quatro quadrados de cada lâmina analisada.

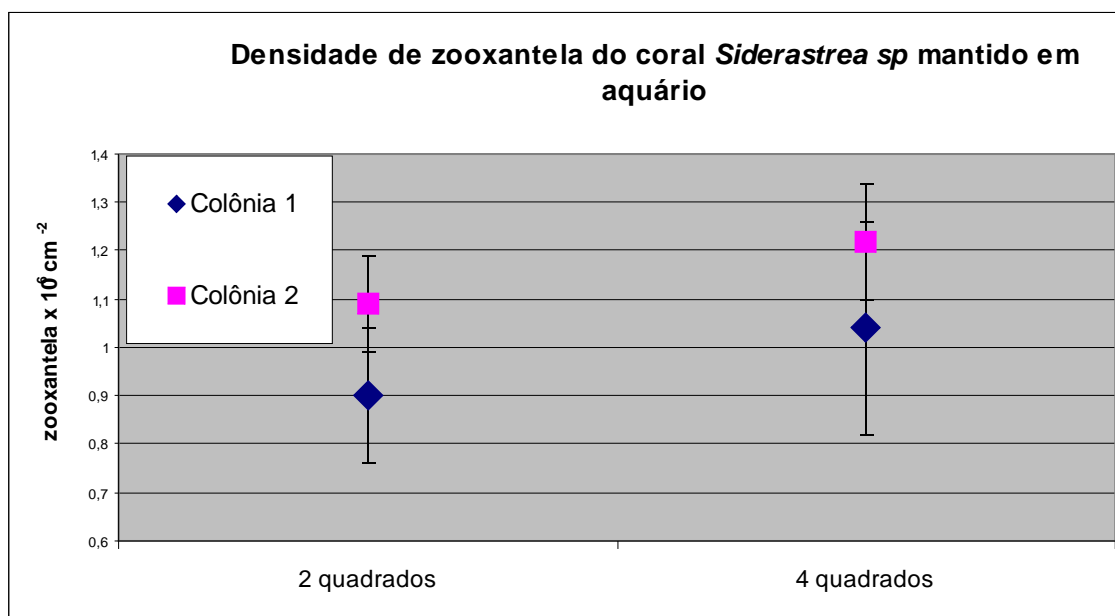




Figura 13 - Colônias do coral *Siderastrea sp* mantidas em aquário. A colônia 1, levemente branqueada, apresenta um menor valor para a densidade de zooxantelas, e a colônia 2 apresenta um maior número de zooxantelas por cm^2 (Foto: C. Poggio).

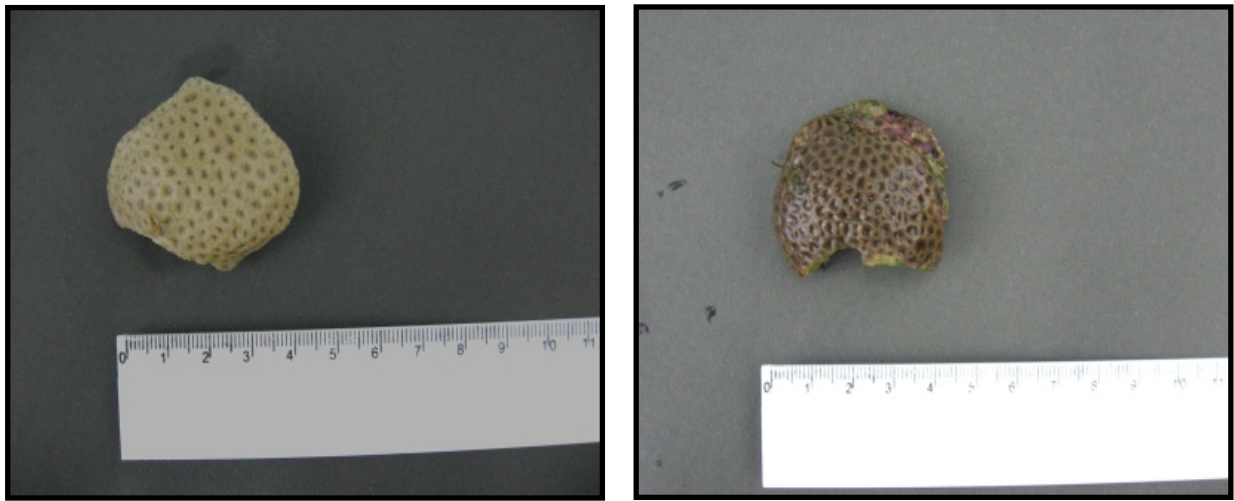


Figura 14 - Colônias do hidróide calcário *Millepora alcicornis* mantidas em aquário durante experimento de aumento da temperatura da água para observar branqueamento. A – início do branqueamento nas extremidades dos ramos da colônia. B e C – detalhes da colônia ilustrada no centro da fotografia A. (Fotos: M. Oliveira).





2.2 - Monitoramento da ocorrência de branqueamento dos corais nos recifes da costa do estado da Bahia após a ocorrência de eventos de elevação da temperatura da água

Equipe envolvida:

Profa. Zelinda Margarida de Andrade Nery Leão – Coordenação geral dos trabalhos

Prof. Ruy Kenji Papa de Kikuchi – Coordenação dos trabalhos de campo

Mestrando Leo X. C. Dutra

Mestrando Saulo Spanó

Doutoranda Marília de Dirceu Machado de Oliveira

Bolsista IC Igor Cruz

Bolsista IC Pedro Meireles

Bolsista IC Eduardo Marocci

Etapas cumpridas:

2.2.1. Levantamento dos dados climáticos (ocorrência de hot spots) na internet

2.2.2. Treinamento de pessoal para trabalhos de campo

2.2.3. Coleta de dados de campo.

2.2.4. Tabulação dos dados de campo

2.2.5. Acompanhamento da ocorrência do branqueamento de coral no caso de se verificar um evento de grande escala no campo

2.2.1 - Levantamento dos dados climáticos (ocorrência de hot spots) na internet:

O acompanhamento das variações da temperatura da água, na costa do estado da Bahia, foi feito utilizando-se as cartas de anomalias térmicas da superfície do mar e as indicações dos “hot spots” para branqueamento de corais, produzidas pela equipe ORA/OSDPD/NOAA, e disponíveis na rede mundial INTERNET, no seguinte portal:

<<http://www.osdpd.noaa.gov/PSB/EPS/SST/climohot.html>>. (Ver algumas dessas cartas nas figuras 15 a 18).

Os dados de anomalias térmicas (hot spots) foram obtidos para os anos de 2000 a 2005, no período entre os meses correspondente ao final do verão e ao outono, quando há ocorrência das temperaturas mais elevadas das águas superficiais dos oceanos. Os gráficos das figuras 19 a 24 ilustram as indicações de anomalias da temperatura da água. Estas anomalias tiveram início sempre a partir do



mês de fevereiro, com ocorrências alternadas até a segunda quinzena do mês de abril. Segundo Goreau & Hayes (1994) um hot spot é uma área onde a temperatura das águas superficiais excede o máximo anual previsto (a temperatura anual mais alta calculada a média num período de 10 anos) para aquele local. Se a anomalia de 1°C persistir por 6 a 10 semanas ou mais, prevê-se o branqueamento de coral (Wilkinson et al. 1999). Este valor foi atingido, no ano de 2003, em Abrolhos, na área de Tinharé - Boipeba e no litoral norte do estado. Valores iguais a 0,75°C foram obtidos, no ano de 2003, na Baía de Todos os Santos (BTS) e na região de Camamu, e nos anos de 2001, 2002 e 2005, na região de Abrolhos. No ano de 2005, anomalias com valor de 0,50°C ocorreram nas regiões de Tinharé-Boipeba, Porto-Seguro e Baía de Todos os Santos. Nos anos de 2000 e 2004, as anomalias da temperatura da água tiveram valores máximos de 0,25°C nas regiões de Tinharé-Boipeba e de Abrolhos.

As indicações de anomalias térmicas (hot spots) são calculadas pela NOAA (National Oceanographic Atmospheric Administration) para todo o globo terrestre e apresentadas na forma de cartas para consulta, em imagens que são lançadas a cada três a quatro dias (ver exemplos de algumas destas imagens nas figuras 15, 16, 17 e 18). A partir dessas imagens foram coletados os dados para nossas áreas de estudo, os quais estão ilustrados nos gráficos das figuras de números 19 a 24 e nas tabelas que se encontram no Anexo 3. Nós só levantamos os dados das áreas que apresentaram anomalias térmicas. Para se ter idéia do número de imagens observadas neste trabalho, tomar como exemplo as anomalias térmicas para a costa do estado da Bahia, durante o verão e o outono de 2003. A partir do dia 2 de fevereiro até o dia 13 de maio, observamos imagens a cada 3 ou 4 dias, o que somou um total de 35 imagens. Multiplicando-se estas 35 imagens por seis anos de observação (2000 a 2005) chega-se a um total de cerca de 200 imagens, das quais foram retirados os dados para as cinco áreas de estudo (Litoral Norte, Baía de Todos os Santos, Tinharé-Boipeba, Porto Seguro e Abrolhos), resultando num total de cerca de 800 dados aferidos à partir das imagens analisadas.



Figura 15 - Imagem de anomalia térmica do dia 17 de fevereiro de 2003. Observa-se indicação de anomalia de 1°C na região sul da Bahia (Abrolhos).

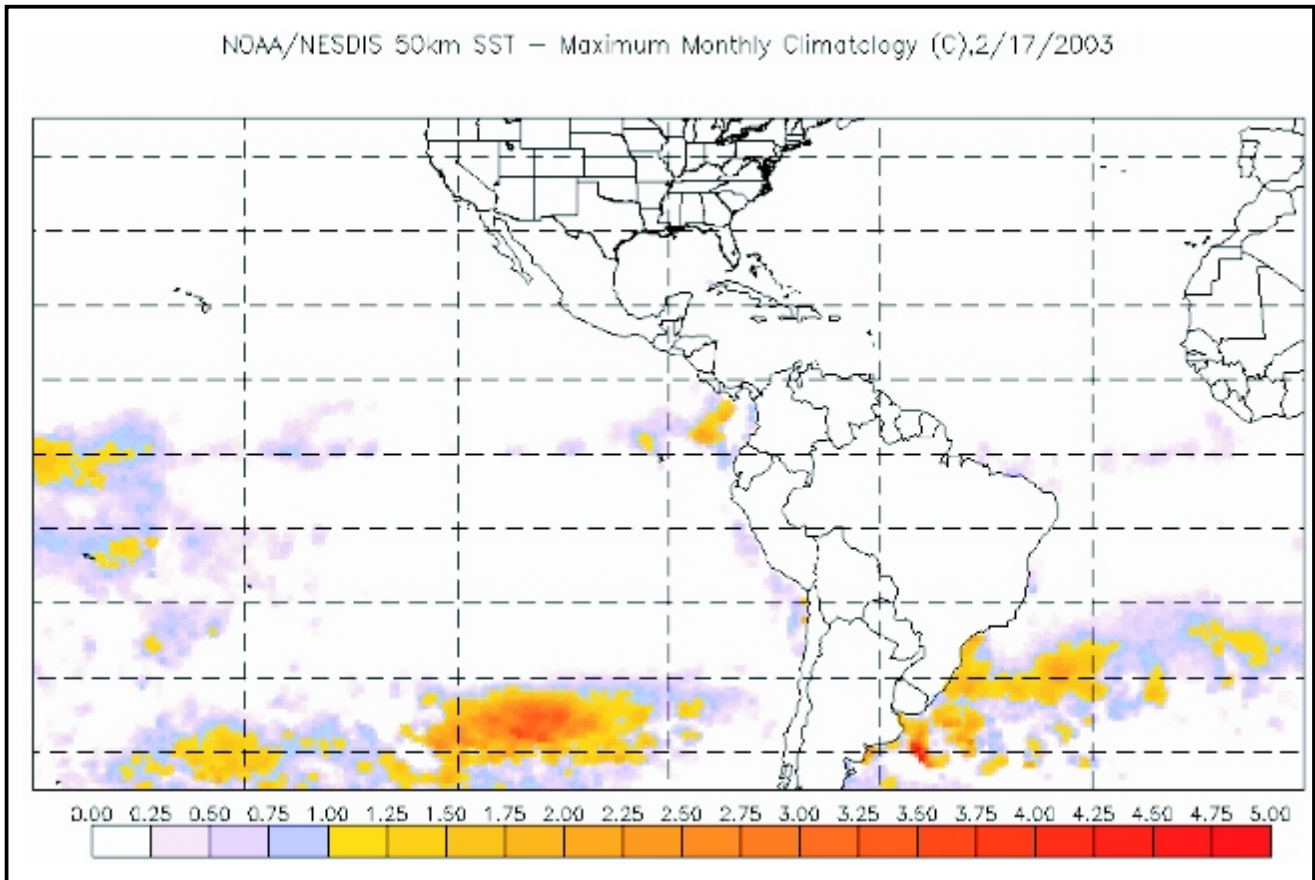


Figura 16 - Imagem de anomalia térmica do dia 17 de março de 2003. Observa-se indicação de anomalia de 1°C na região sul da Bahia (Abrolhos) e de 0,50°C até o litoral norte do estado.

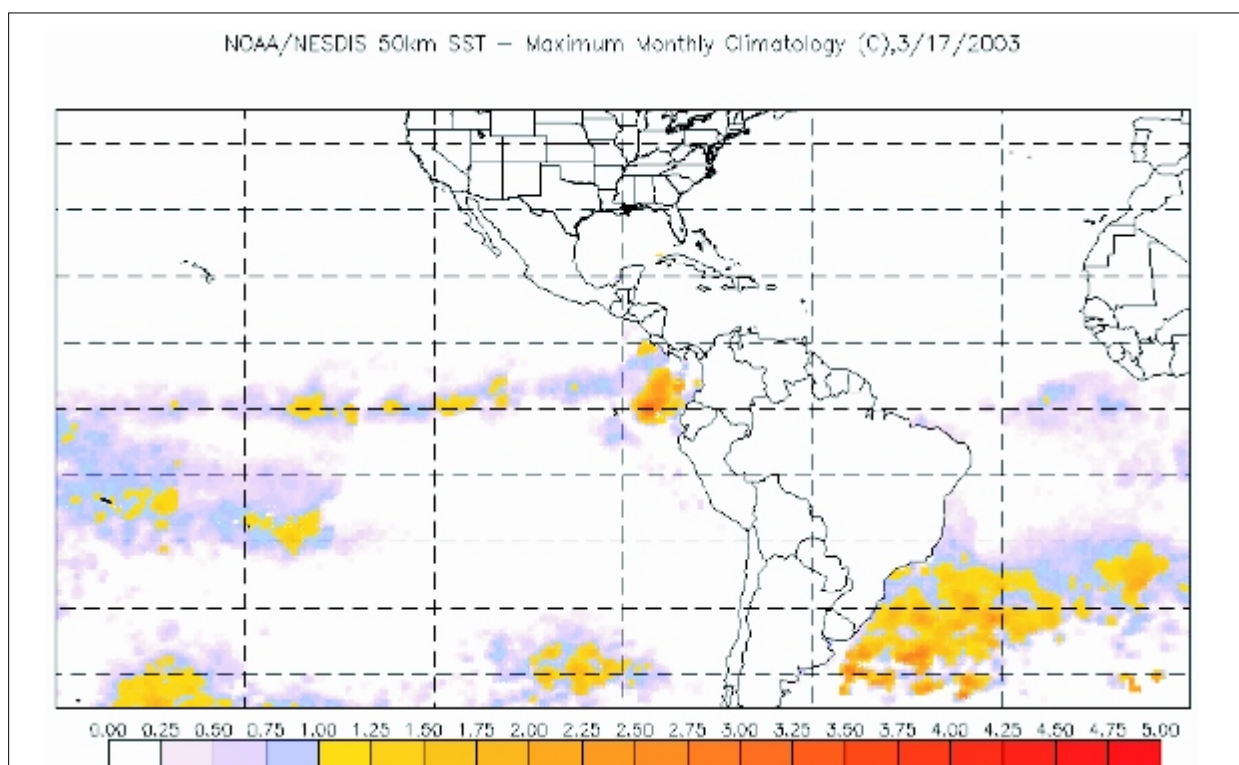




Figura 17 - Imagem de anomalia térmica do dia 25 de março de 2003. Observa-se indicação de anomalia de 1°C na região sul da Bahia (Abrolhos).

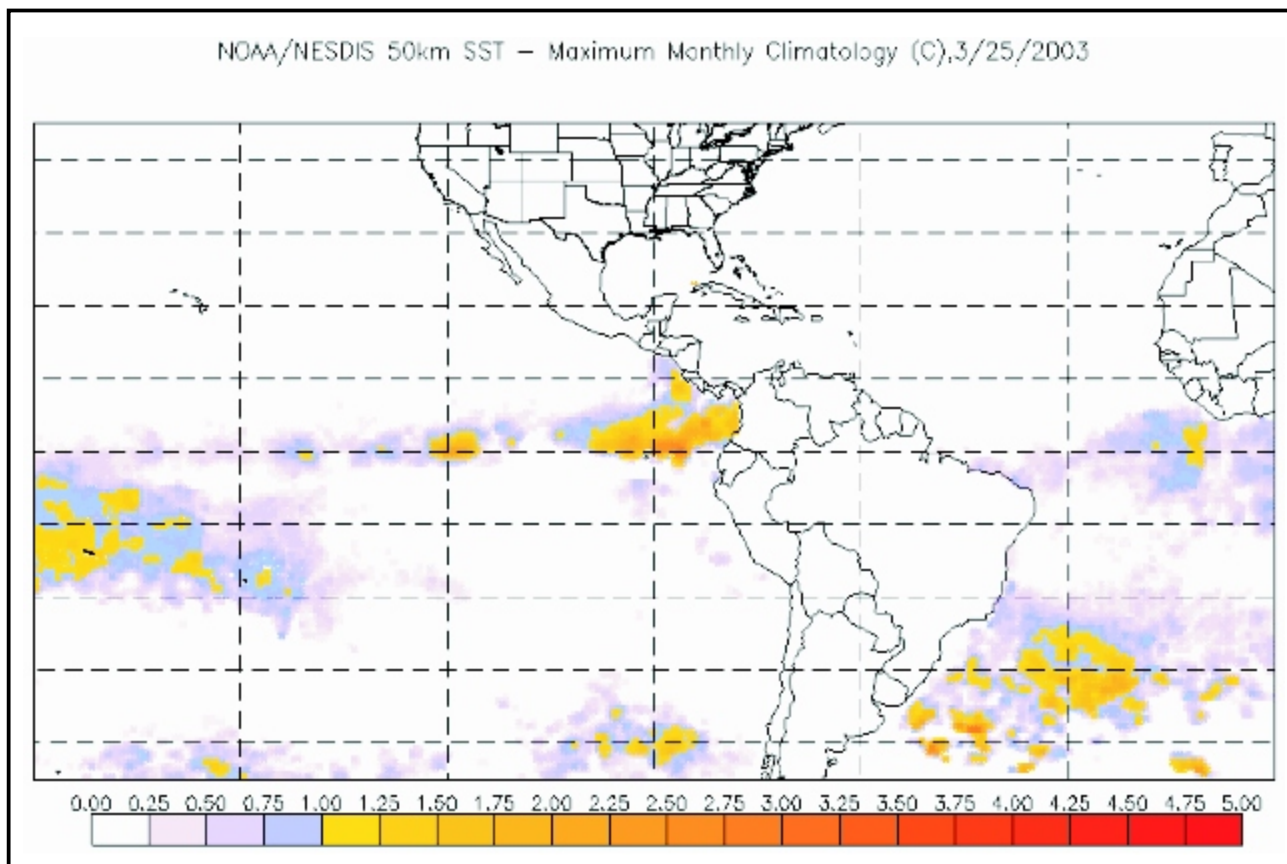


Figura 18 - Imagem de anomalia térmica do dia 29 de março de 2003. Observa-se indicação de anomalia $\geq 0,50^{\circ}\text{C}$ em grande parte da costa do estado da Bahia.

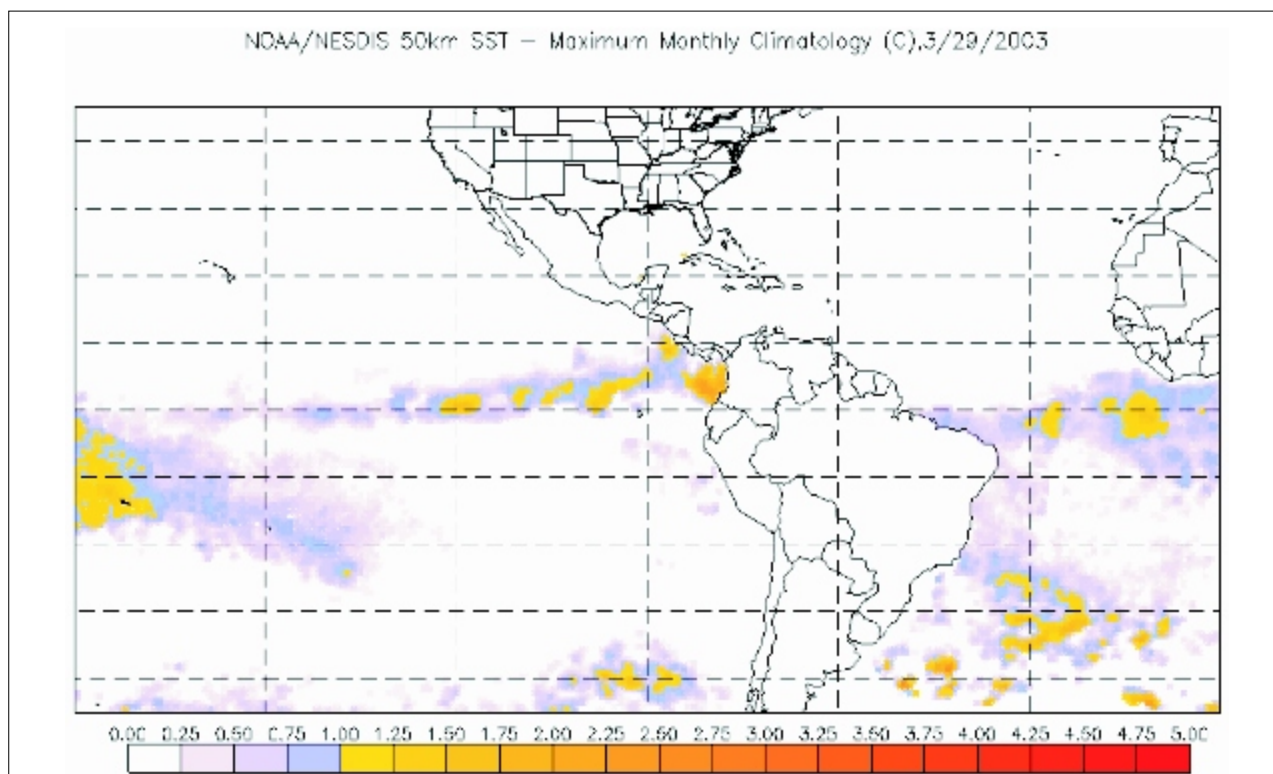




Figura 19 - Índices de anomalias da temperatura das águas superficiais oceânicas, em graus centígrados, para branqueamento de corais na costa do estado da Bahia, durante o verão e o outono de 2000, obtidos a partir de imagens orbitais do portal: <<http://www.osdpd.noaa.gov/PSB/EPS/SST/climohot.html>>.

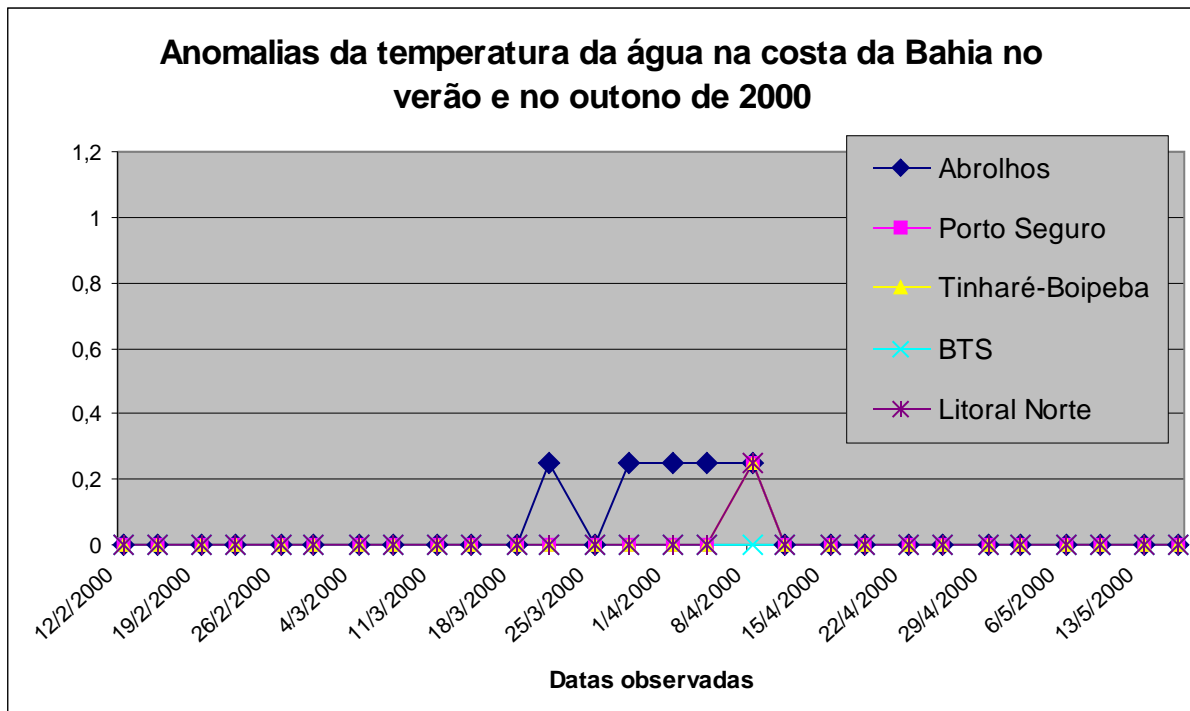


Figura 20 - Índices de anomalias da temperatura das águas superficiais oceânicas, em graus centígrados, para branqueamento de corais na costa do estado da Bahia, durante o verão e o outono de 2001.

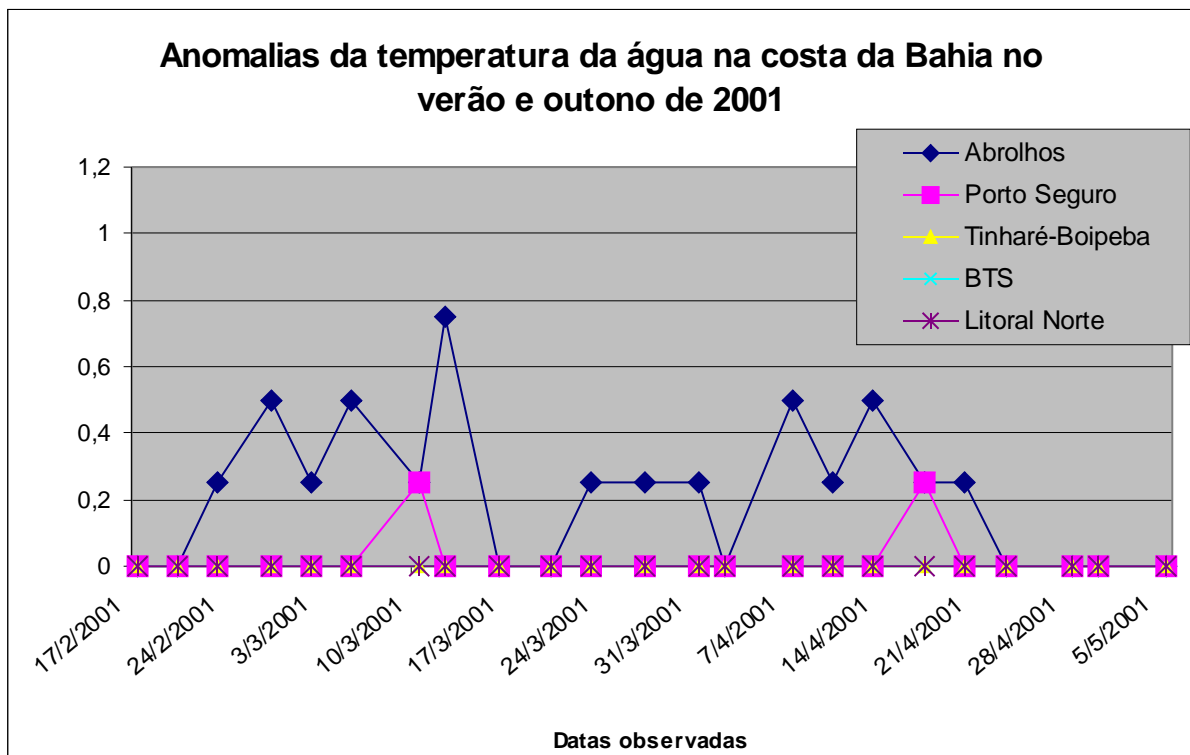




Figura 21 - Índices de anomalias da temperatura das águas superficiais oceânicas, em graus centígrados, para branqueamento de corais na costa do estado da Bahia, durante o verão e o outono de 2002.

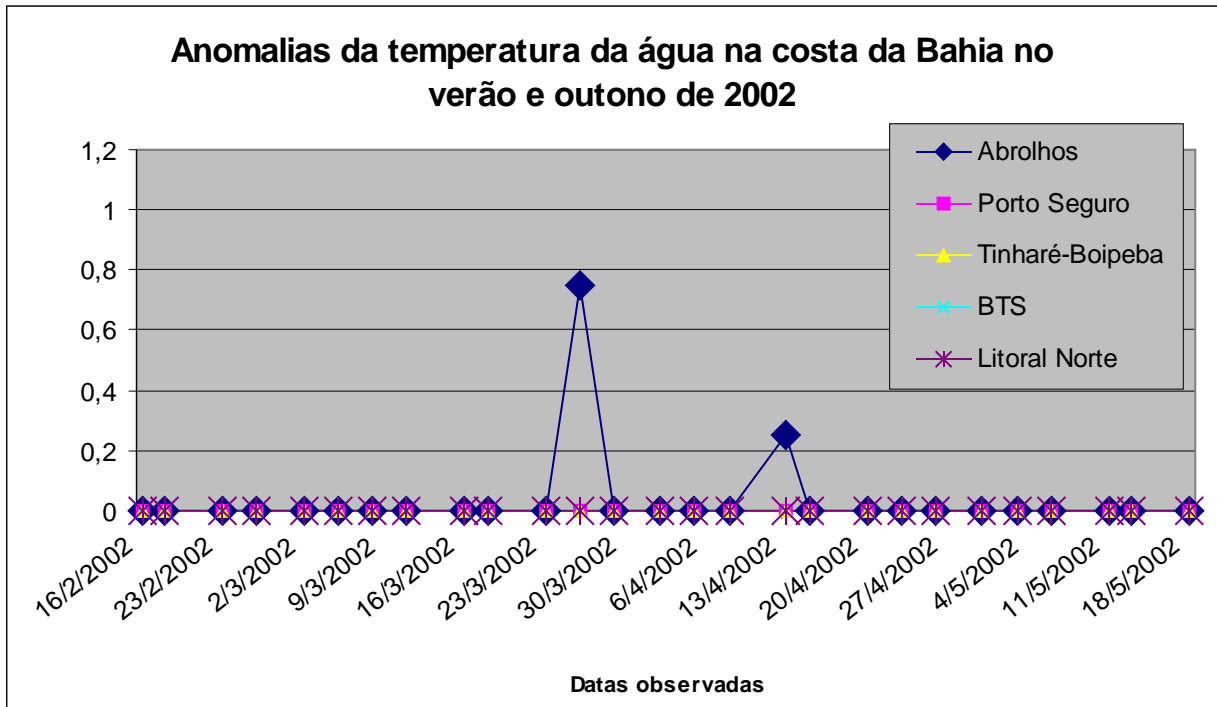


Figura 22 - Índices de anomalias da temperatura das águas superficiais oceânicas, em graus centígrados, para branqueamento de corais na costa do estado da Bahia, durante o verão e o outono de 2003.

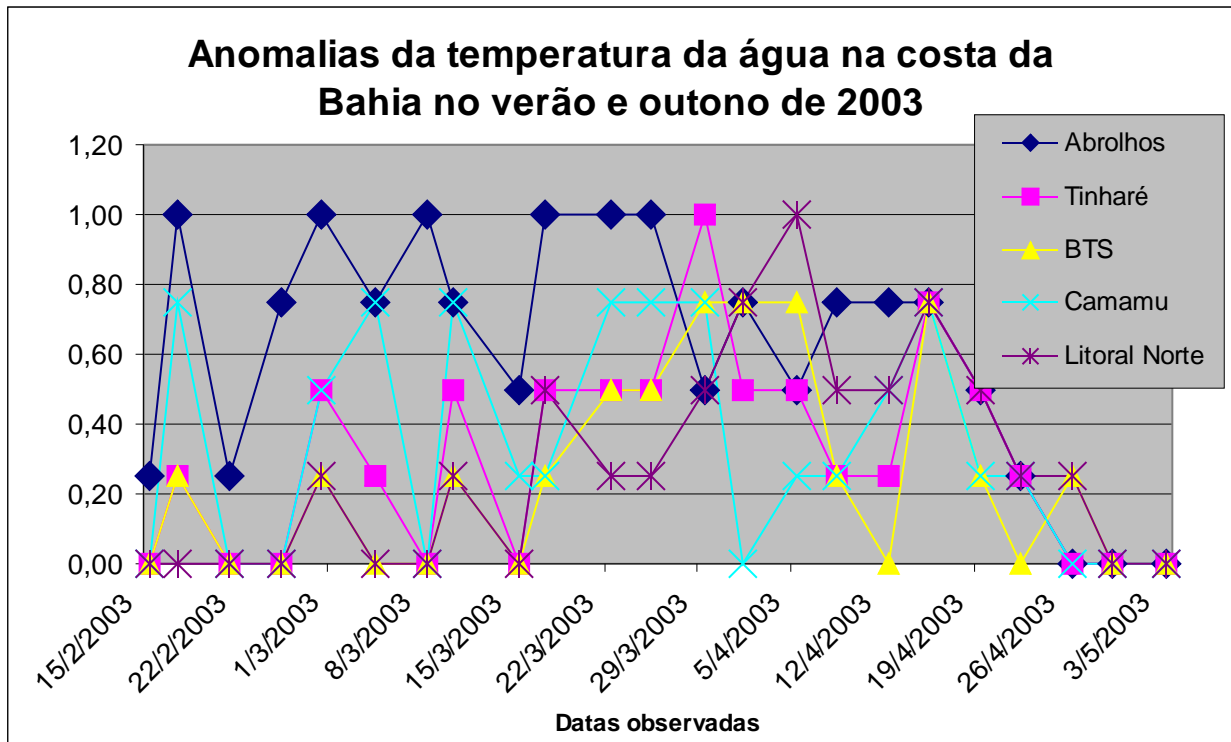




Figura 23 - Índices de anomalias significativas da temperatura das águas superficiais oceânicas, em graus centígrados, para branqueamento de corais na costa do estado da Bahia, durante o verão e o outono de 2004.

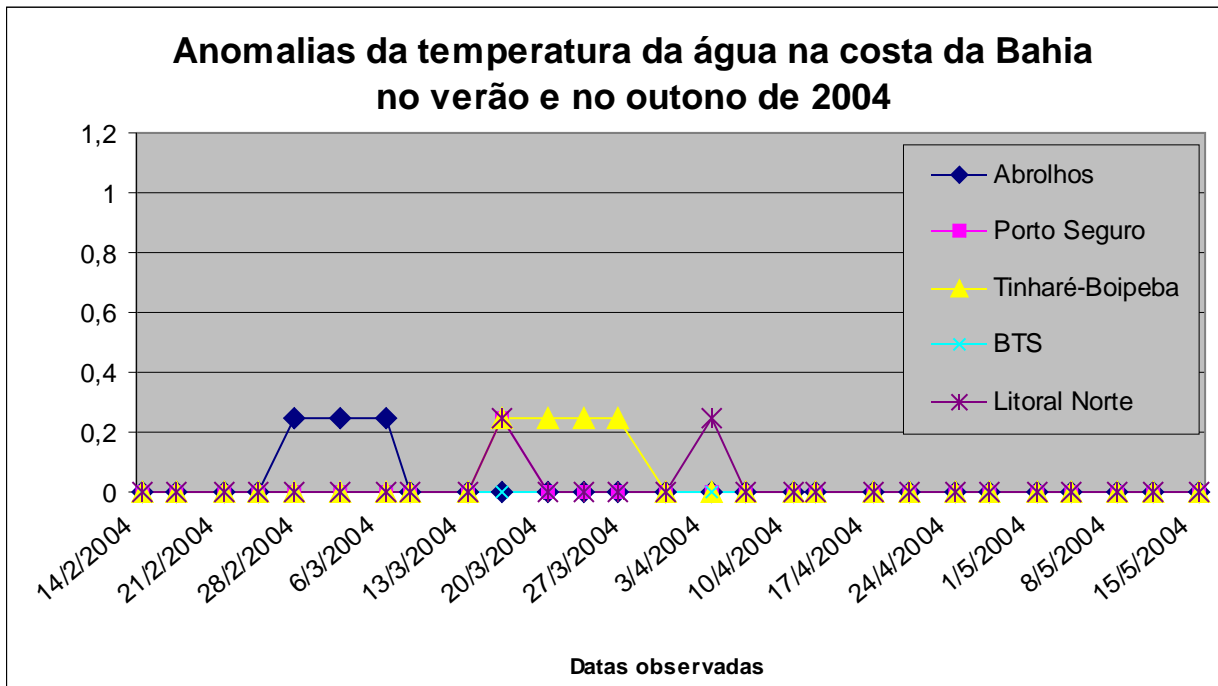
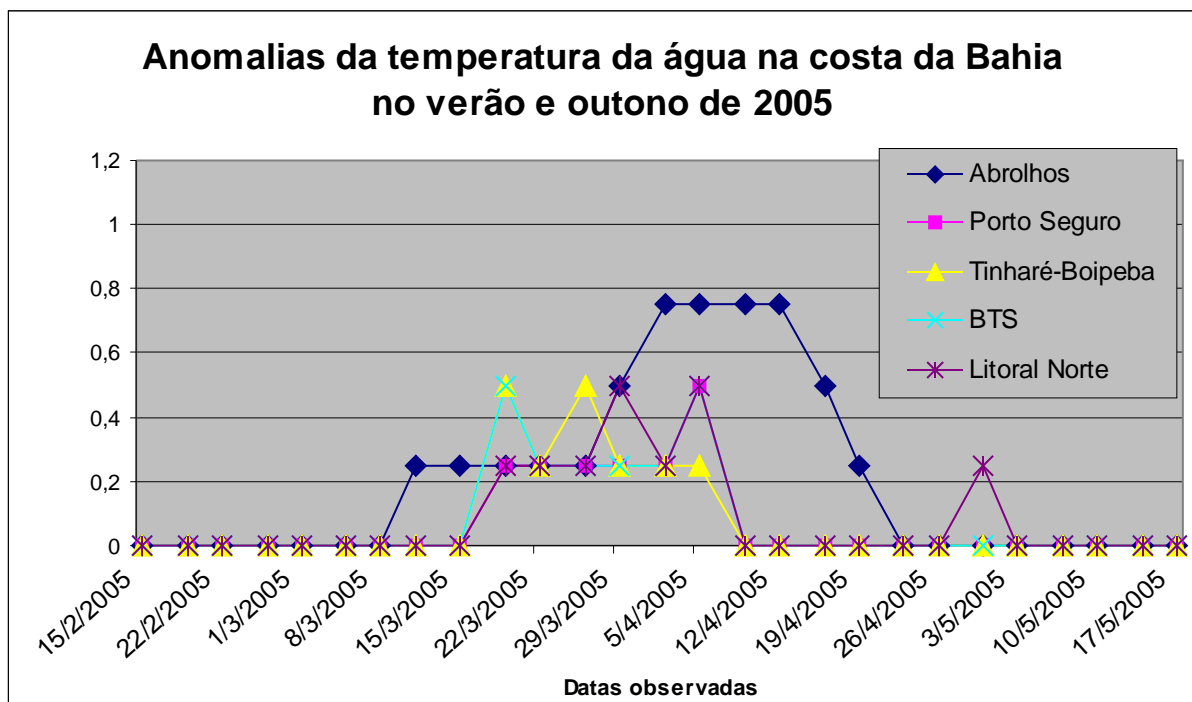


Figura 24 - Índices de anomalias significativas da temperatura das águas superficiais oceânicas, em graus centígrados, para branqueamento de corais na costa do estado da Bahia, durante o verão e o outono de 2005.





2.2.2 - Treinamento de pessoal para trabalhos de campo:

Para realizar os trabalhos de campo, os participantes foram treinados com a técnica proposta no Protocolo AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment, Ginsburg *et al.* 1998) e a técnica do vídeo transécto.

A técnica utilizada para a coleta dos dados descrita no protocolo AGRRA tem como princípio a utilização de senso visual ao longo de transéctos e quadrados (Figs. 25 a 28), e atende a quatro focos principais: i) determina a condição vital dos corais – os principais organismos construtores da estrutura recifal; ii) analisa a composição da comunidade algal; iii) estima a composição da fauna ictiológica, e iv) avalia o grau de recrutamento pelos corais. Para esta pesquisa foram utilizados os dados referentes, apenas, à comunidade dos corais e dos hidróides calcários.

O senso visual baseia-se no seguinte: para os transéctos estende-se, aleatoriamente, a trena graduada, de 10 m de comprimento, paralelamente ao eixo maior dos recifes (Figs. 25 e 26), e estima-se o percentual de cobertura de coral vivo, medindo-se a extensão da superfície viva de cada colônia de coral presente sob o transécto com o auxílio de uma régua graduada. Em seguida avalia-se cada colônia de coral maior que 20 cm que ocorre até 50 cm de cada lado da linha do transécto, registrando-se: nome (gênero e espécie), diâmetro máximo e altura máxima da colônia; porcentagem (%) morta da superfície da colônia (morte recente e morte antiga) vista em planta, e a presença de doenças e/ou branqueamento. Dentro dos quadrados (Fig. 27), os quais são colocados aleatoriamente ao longo dos transéctos, estima-se o percentual de cada tipo de alga: filamentosa (turf), foliácea (macro) e coralinácea, e conta-se o número de recrutas de coral (colônias ≤ 2 cm) (Fig. 28).



Figura 25 - Diagrama ilustrativo do transsecto, mostrando quais colônias acima de 20 cm são contempladas (medidas) na metodologia do protocolo AGRRA - Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (Ginsburg *et al.*, 1998) (Fonte: S. Spanó, 2004).

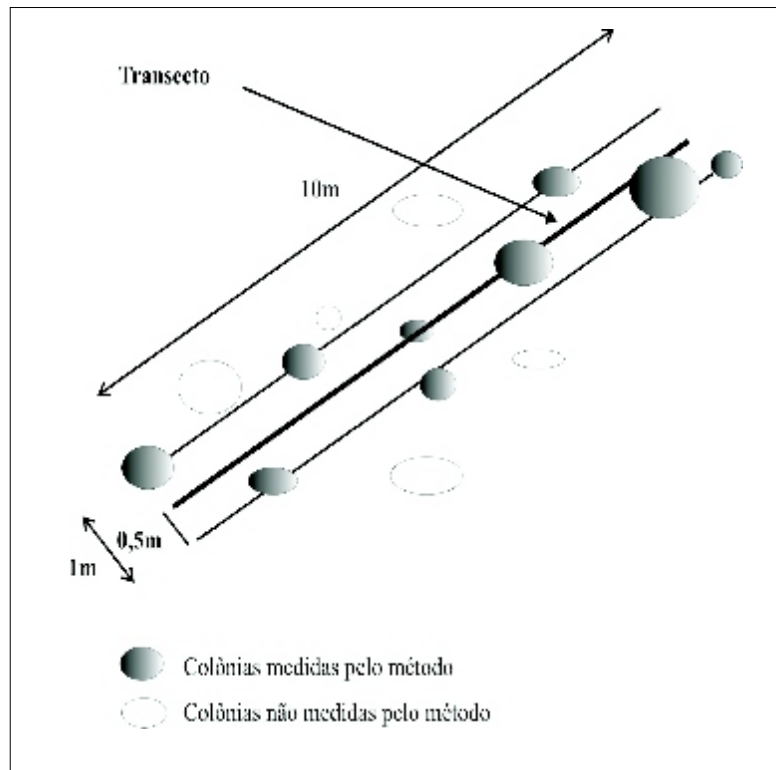


Figura 26 - Mergulhador efetuando medidas no campo - estendendo a trena para delimitar a área do transsecto (Foto: R. Kikuchi).

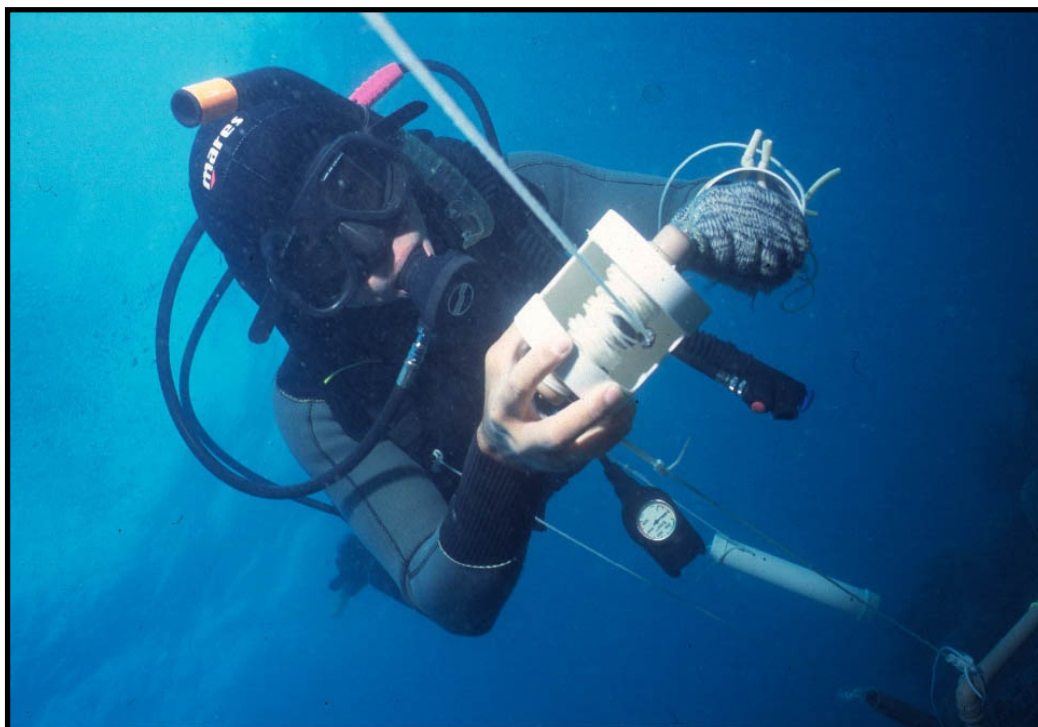
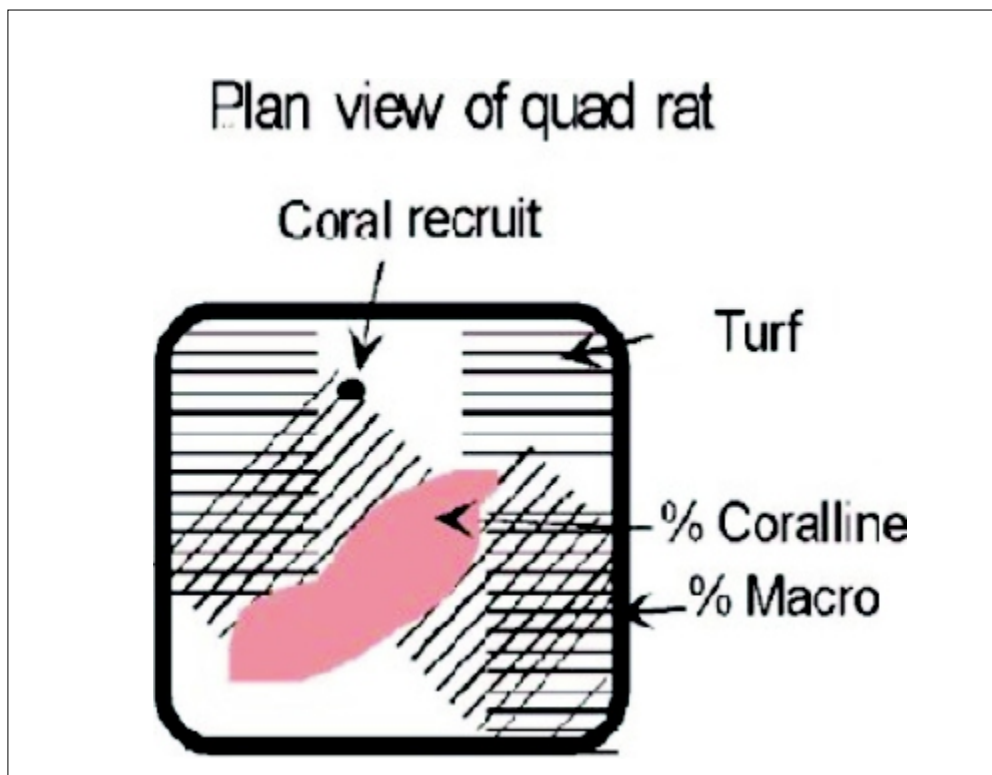




Figura 27 - Mestrando Saulo Spanó efetuando medidas de campo dentro dos quadrados, ao longo dos transsectos (cabo de 10 m). Na planilha presa no braço do pesquisador são anotados os dados coletados (Foto: L. Dutra).



Figura 28 - Desenho esquemático ilustrando o método de avaliação, dentro dos quadrados, da composição da flora algal e da comunidade de recrutas dos corais, de acordo com o protocolo AGRRA - Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (Ginsburg *et al.*, 1998).

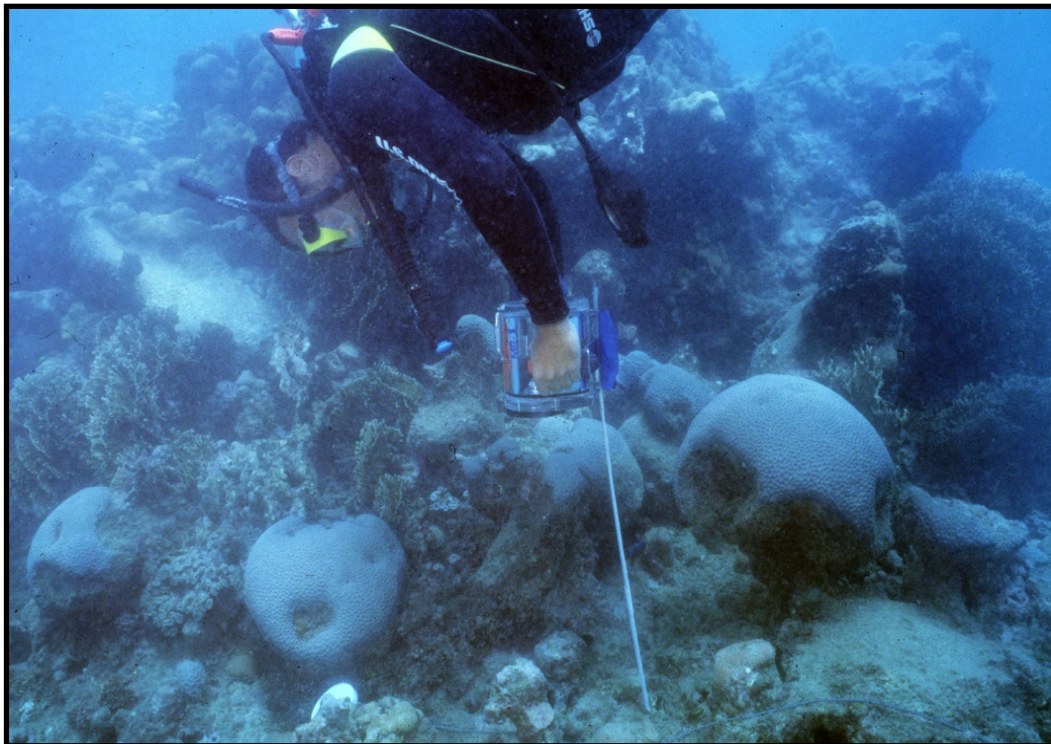




A técnica de vídeo transécto é relativamente recente, tendo sido usada para diagnosticar e monitorar os recifes da Grande Barreira de Corais (GBC) na Austrália há pouco mais de 10 anos. Esta técnica é uma inovação que visa reduzir o tempo despendido em campo (talvez a parte mais cara de todo o trabalho em recifes de coral), com um alto grau de confiabilidade dos resultados. Ela satisfaz os requisitos necessários para qualquer tipo de diagnóstico, pois é muito simples, rápida, não existe a necessidade de calibrar os observadores no campo, os sistemas de filmagem de hoje são simples e leves e podem ser operados e mantidos por pessoas com pouco treinamento (Carleton & Done, 1995). Além disso, esta técnica possui as vantagens de: (i) requerer um tempo bem menor de mergulho, o que permite que uma grande área seja avaliada em um menor tempo; (ii) fornecer um registro permanente das comunidades bentônicas recifais (através da fita de vídeo), que pode ser revista sempre que necessário; (iii) ser aplicada na maioria das condições de mergulho, mesmo quando a visibilidade é limitada, menos de um metro até cerca de 50 cm, (menos de 50 cm de visibilidade é impossível trabalhar no mar), e (iv) é uma técnica relativamente fácil de ser conduzida no campo e não necessita de mergulhadores qualificados na identificação dos organismos recifais para realizar as filmagens, pois a identificação é feita em laboratório (Page *et al.*, 2001). No Brasil a metodologia do vídeo transécto é uma iniciativa pioneira e utilizada pela primeira vez no trabalho de diagnóstico dos recifes de coral da Baía de Todos os Santos (BTS) e posteriormente nos recifes costeiros de Tinhaaré / Boipeba. Para a filmagem submarina é usada uma câmera de vídeo digital de alta resolução, Sony MINI DV, modelo DCR-PC115, dentro de uma caixa estanque CHROMA, desenvolvida especificamente para este modelo de câmera de vídeo. Uma régua em alumínio é acoplada à caixa estanque, definindo o comprimento da haste que pode variar de 20 cm (Page *et al.* 2001), 40 cm (Aronson & Swanson, 1997) a até 1 m (Moore *et al.*, 2003) do substrato (Fig. 29). Esta haste permite que a câmera permaneça a uma distância constante do substrato, evitando problemas de distorção no tamanho dos organismos registrados, definindo uma área do quadro de filmagem de 0,04 m². Definiu-se o comprimento de um transécto de 20 m, pois as extensões dos recifes da Baía de Todos os Santos raramente ultrapassam esta dimensão. Dessa forma, a área total investigada de cada recife foi de 6 transéctos x 20 m x 0,04 m², ou seja, 4,8 m². Os transéctos foram aleatoriamente localizados dentro do habitat de interesse onde um mergulhador, operando a câmera, pode nadar a uma velocidade constante de 03 m/min (que se mostrou a melhor velocidade para reproduzir uma imagem de boa qualidade), com a câmera posicionada perpendicularmente ao substrato. Desta forma é possível produzir imagens que ao serem congeladas oferecem uma ótima resolução para as análises no laboratório. No laboratório as imagens são transferidas para o disco rígido do computador através do programa MGI VideoWave III, onde é gerado um clipe em formato .avi. A partir deste clipe são selecionados os quadros que não se sobrepõem e a imagem é congelada. O conceito de quadro não sobreposto é o de serem quadros seqüenciados do transécto, ou seja, se forem colocados em linha todas as imagens geradas elas irão reproduzir toda a extensão do transécto. Sobre cada quadro aberto em tela cheia, é colocada, sobre o monitor, uma transparência onde se diagramou uma malha de 100 pontos equidistantes. São sorteados 10 pontos em cada quadro e são identificados os organismos que se encontram abaixo deles. Em cada transécto são adquiridos cerca de 100 quadros, com identificação de organismos em aproximadamente 1.000 pontos em cada transécto de 20 m.



Figura 29 - Mestrando Leo Dutra realizando levantamento das condições dos recifes através da técnica do vídeo transécto. A seta branca ilustra a haste acoplada a caixa estanque para manter a distância constante entre a câmara e o fundo ao longo de todo o transécto. (Foto: R. Kikuchi).



2.2.3 - Coleta de dados de campo:

Para se fazer a coleta dos dados de campo, aplicando-se as técnicas de coleta descritas no item anterior, foram realizadas 14 expedições oceanográficas, com duração de 10 a 30 dias, aproximadamente, a depender da área a ser estudada, e todas elas entre os meses de fevereiro e maio, ou seja durante e/ou imediatamente após a ocorrência das anomalias térmicas das águas superficiais do mar. Na região de Abrolhos foram realizadas cinco expedições: nos anos de 2000, 2001 e 2002 com duração de cerca de 30 dias cada, no ano de 2003 foi realizada uma viagem de poucos dias, abortada devido às condições climáticas, e no ano de 2005 foi realizada uma expedição com 10 dias de duração. Na Baía de Todos os Santos foram realizadas duas expedições no ano de 2003, na região de Tinharé / Boipeba foram realizadas quatro expedições, uma no ano de 2002, duas no ano de 2003 e uma em 2004, apenas uma expedição foi realizada no ano de 2004 para os recifes da região de Camamu e uma para Cabrália e, também, uma expedição foi realizada para os recifes dos Itacolomis no ano de 2005. Em cada uma das expedições foram utilizados diferentes tipos de embarcação, a depender das condições oceanográficas. Na região de Abrolhos, onde foram estudados os recifes localizados cerca de 60 km para fora da linha de costa foi usada uma embarcação de maior porte, que ofereceu maior segurança para os mergulhadores (Fig. 30). Nas outras áreas foram utilizadas embarcações menores.



Figura 30 - Embarcação utilizada para os trabalhos de campo na região dos recifes de corais de Abrolhos (Foto: L. Dutra).



A equipe dos trabalhos de campo teve composição variada. Na região de Abrolhos, onde foi aplicada a metodologia do protocolo AGRRA (*Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment*, Ginsburg *et al.* 1998), no ano de 2002 ela esteve composta por dois professores, três alunos de pós-graduação e dois mergulhadores de segurança (Fig. 31), e composição semelhante foi mantida nos demais anos. Na região de Tinharé / Boipeba, Camamu, Cabrália e na Baía de Todos os Santos, onde foi aplicada a metodologia do vídeo transécto, trabalharam os mestrandos Leo Dutra e Saulo Spanó, chefiados pelo professor Ruy Kikuchi, e nos recifes estudados nos anos de 2005 (Itacolomis e ilhas do arquipélago dos Abrolhos) houve participação, também, do estagiário Igor Cruz chefiado pelo Prof. Ruy Kikuchi. Os bolsistas Pedro Meirelles e Eduardo Marocci iniciaram seus trabalhos nos recifes da Baía de Todos os Santos, no ano de 2005.



Figura 31 - Parte da equipe durante trabalhos de campo no ano de 2002. Topo a partir da esquerda: Profa. Zelinda Leão, mestrando Saulo Spanó, doutorando Marcelo Telles, mergulhador Rafael Silva. Base a partir da esquerda: Prof. Ruy Kikuchi e mergulhador Antonio Bonicci (Foto: L. Dutra).



Na região de Abrolhos os dados foram coletados em três áreas distintas de recifes: nos recifes que compõem o Arco Interno, os recifes em franja que bordejam as ilhas do Arquipélago dos Abrolhos e nos chapirões gigantes que compõem o Arco Externo de recifes - o Parcel dos Abrolhos (Figs. 32, 33 e 34).



Figura 32 - Localização dos recifes avaliados na região de Abrolhos. O mapa maior ilustra os recifes dos arcos interno e externo, no detalhe estão assinalados os recifes que bordejam as ilhas do arquipélago dos Abrolhos.

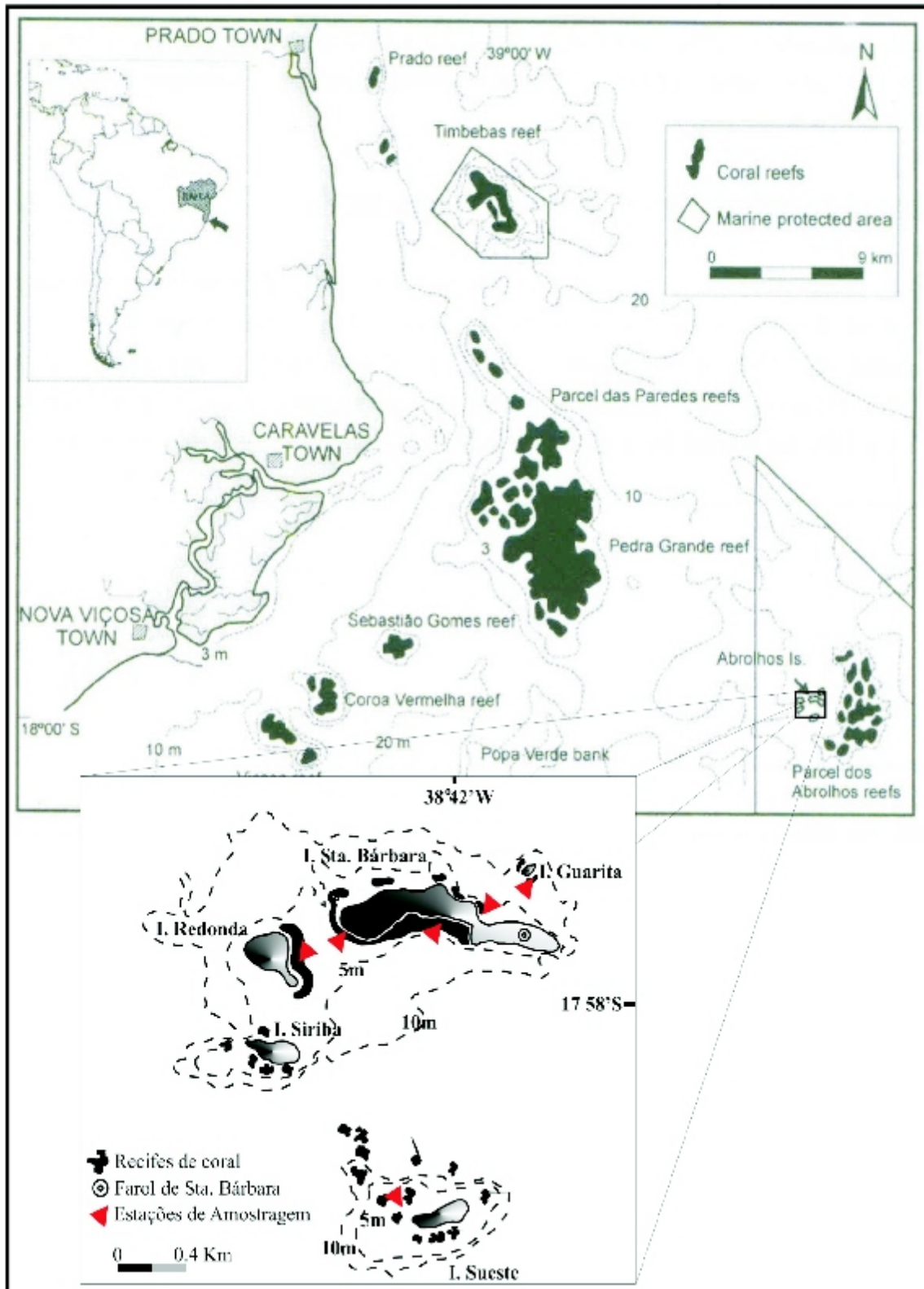




Figura 33 - Vista aérea das ilhas e dos recifes em franja do Arquipélago dos Abrolhos. SB = Santa Bárbara, G = Guarita, R = Redonda, Si = Siriba, Su = Sueste (Foto: M. Skaff).



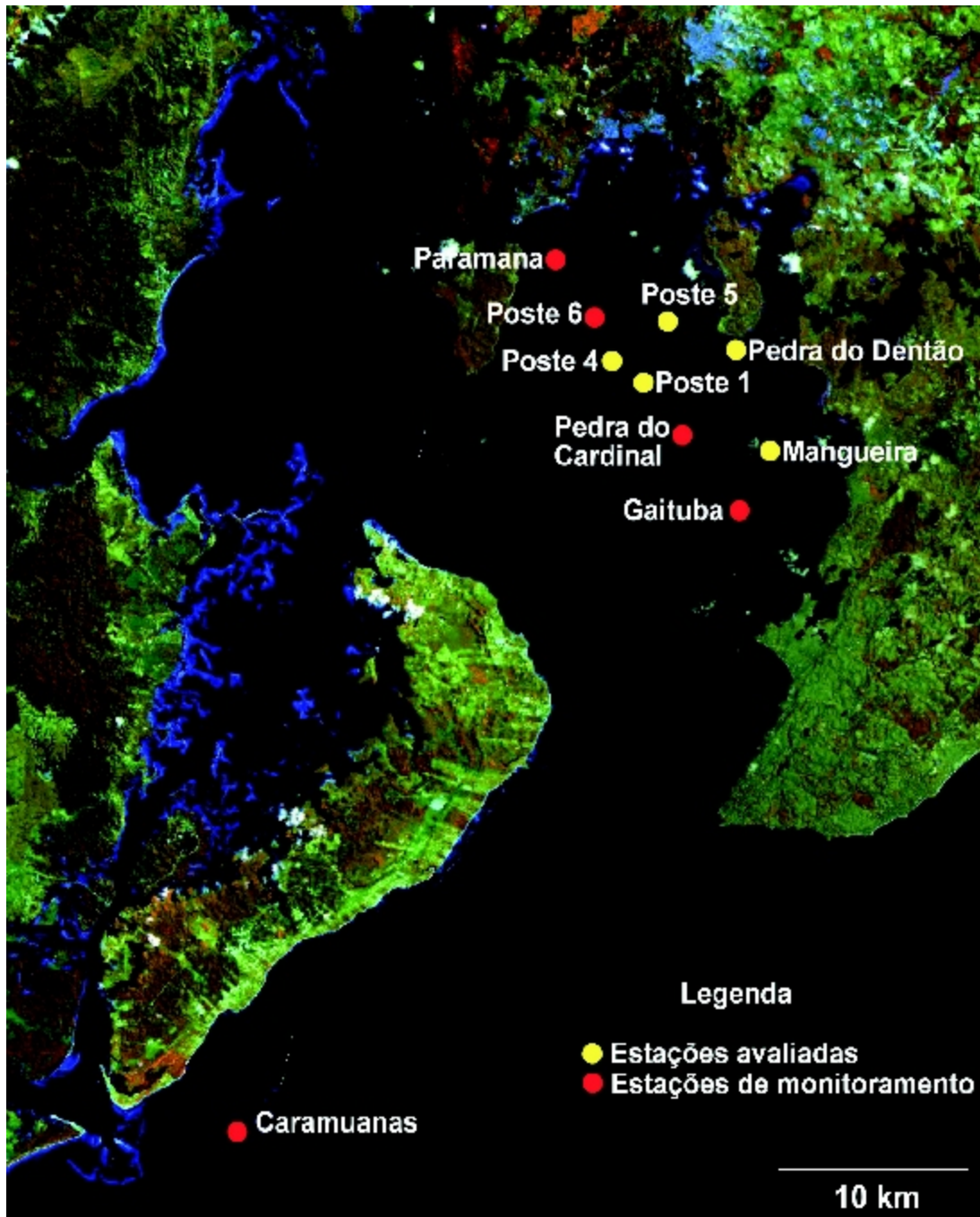
Figura 34 - Vista aérea ilustrando o topo dos chapeirões gigantes que compõem os recifes do Arco Externo, o Parcel dos Abrolhos (Foto: Z. Leão).





Na Baía de Todos os Santos (BTS) foram coletados dados em dez estações, nove delas localizadas na região centro-leste da baía, e uma (Caramuanas) em frente à ilha de Itaparica, próximo ao canal na entrada da baía (Fig. 35), porém somente em quatro estações foi avaliado o branqueamento. Dentro da baía as seguintes localidades foram estudadas: Pedra do Dentão, Gaituba, Pedra do Cardinal e a localidade denominada de Poste 6.

Figura 35 - Localização das estações de coleta de dados nos recifes da Baía de Todos os Santos (BTS). Para localização da baía ver figura 36.





As ilhas de Tinharé e de Boipeba estão localizadas entre as baías de Todos os Santos e de Camamu (Fig. 36). Nos recifes em franja que bordejam estas ilhas foram avaliadas 04 estações no ano de 2002, 03 no ano de 2003 e 03 no ano de 2004. As estações do ano de 2004 foram avaliadas pelo método do vídeo-transécto.

Em Camamu foi avaliado, em 2004, o recife de Taipús de Fora (Fig. 37) na península de Marau, utilizando-se, mais uma vez, a técnica do vídeo-transécto.

Figura 36 - Localização das estações de coleta de dados nos recifes situados costa - afora das ilhas de Tinharé e Boipeba – estrelas em vermelho (Fonte: Leão *et al.* 2003). Fotografia do recife emerso adjacente à praia (Foto: R. Kikuchi).

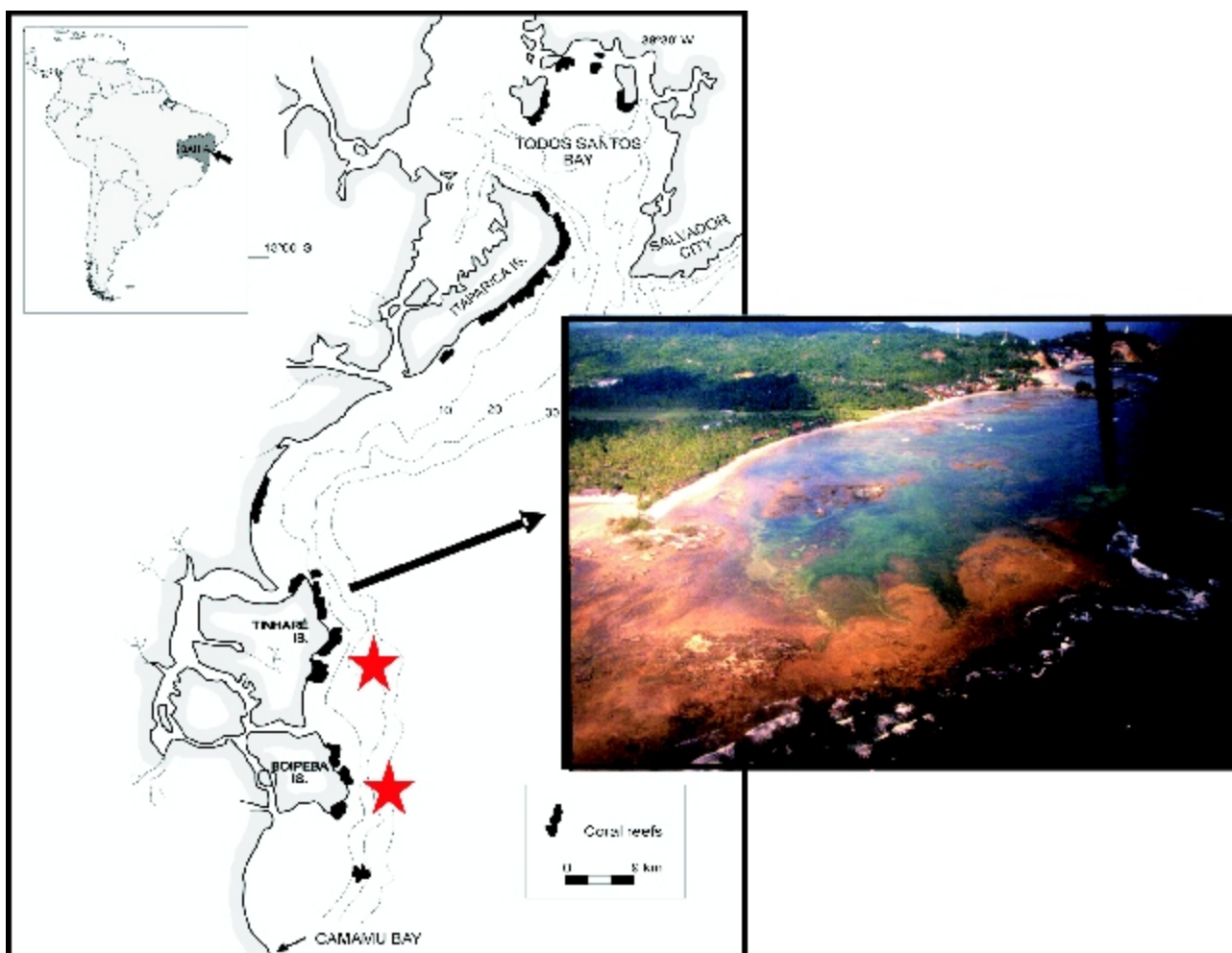




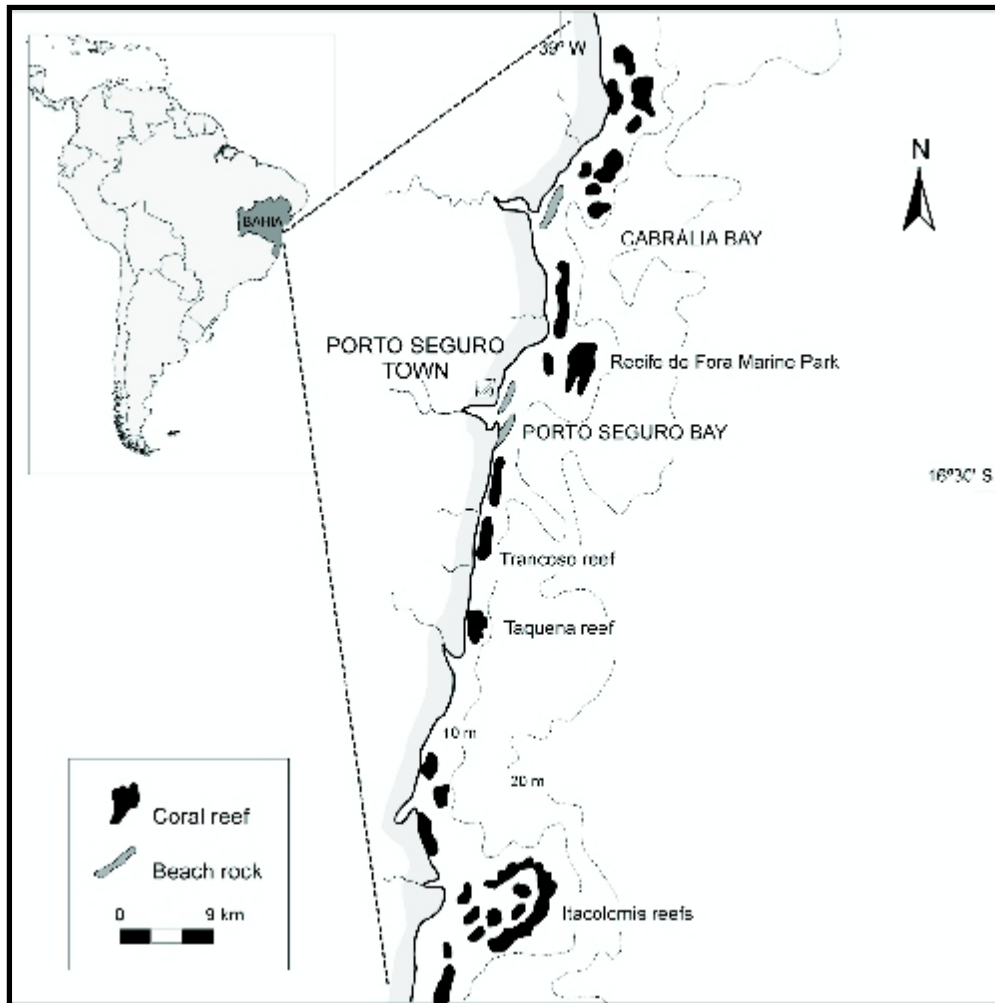
Figura 37 - Recife de Taipús de Fora na península de Marau, na região de Camamu (Foto: R. Kikuchi).



Os recifes dos Itacolomis estão localizados em frente à Ponta de Corumbau, entre as regiões de Porto-Seguro e Abrolhos (Fig. 38). Eles fazem parte da Reserva Extrativista de Corumbau, a qual abrange áreas dentro dos municípios de Prado e Porto-Seguro, estendendo-se das praias em direção costa - afora. No mês de abril de 2005 foram avaliados, por ambas as técnicas do vídeo-transécto e do protocolo AGRRA, 03 estações localizadas nos recifes de Canudos, Pedra do Silva e Pedra do Cavalo (Cruz 2005). O percentual de branqueamento dos corais foi calculado pelo método proposto no protocolo AGRRA.



Figura 38 - Localização dos recifes dos Itacolomis na Ponta de Corumbau, no sul do estado da Bahia. A seta vermelha indica os recifes avaliados. (Fonte: Leão *et al.* 2003).



2.2.4 - Tabulação dos dados de campo:

Os dados coletados no campo foram registrados, durante os mergulhos, em uma planilha de papel poliéster (Fig. 39), afixada em um cilindro de PVC preso ao braço do mergulhador (ver figura 27). As anotações são feitas com lápis grafite nas planilhas de campo e posteriormente transferidas para planilhas Excel, para compor o banco de dados sobre os recifes de coral da Bahia.



Figura 39 - Esquema ilustrativo da planilha usada na coleta dos dados de campo, confeccionada em papel poliéster. Tradução da planilha proposta no protocolo AGRRA (*Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment*, Ginsburg *et al.* 1998).

AGRRA BR																												
Planilha de campo (Bentos)																												
Local:			Hora descida:			Zona recifal:																						
Investigador:			Hora subida:			Latitude:																						
Data:			Outras inform:			Longitude:																						
Visibilidade:			Tipo de estação:			<input type="checkbox"/> acaso <input type="checkbox"/> representativa <input type="checkbox"/> estratégica																						
Seção:		CORAIS						QUADRATS																				
Diadema, #10x2m		Coral > 5cm			Morte			Bran			Cobertura % estimada (resolução 5%)																	
Outros		Esp Coral		Máx (cm)		H Máx (cm)		% Rec		% Ant		% afet.		Tipo substrato		Macr		Filam		Cor		Outr		Alt. méd		Recr < 2 cm (#esp)		

2.2.5 - Acompanhamento da ocorrência do branqueamento dos corais:

Com exceção dos recifes da região de Cabralia, em todas as áreas avaliadas foi verificada a presença de colônias de coral com algum grau de branqueamento. Nos gráficos das figuras 38 a 45 e 47 e 49 estão ilustrados os percentuais de colônias de coral identificadas com algum sinal de branqueamento, seja ele de grau leve até fortemente branqueadas, avaliado através da técnica descrita no protocolo AGRRA. As figuras 46 e 48 ilustram a média dos percentuais da superfície de coral branqueada em cada estação, avaliada através da técnica do vídeo-transsecto.

Abrolhos – A avaliação quantitativa das condições dos recifes da região de Abrolhos iniciou-se no ano de 2000, antes do início deste projeto. Nos anos de 2000, 2001 e 2002 foram realizadas três expedições de cerca de 30 dias cada uma, durante as quais foram avaliados cinco recifes costeiros que fazem parte do Arco Interno de recifes (Leste, Lixa, Timbebas, Pedra Sul e Popa Verde), os recifes que bordejam as ilhas do Arquipélago (Santa Bárbara, Guarita, Redonda, Siriba e Sueste), as quais estão localizadas a cerca de 60 km para fora da linha da costa e os chapeirões que compõem o Arco Externo de recifes que bordeja o lado leste das ilhas, constituindo o chamado Parcel dos Abrolhos. Observa-se nas figuras de número 40 a 45 que o percentual máximo de colônias branqueadas atingido nestes três anos, em algumas estações avaliadas nos recifes do Arco Interno, está em torno de 20%, porém na maioria dos recifes estes percentuais são inferiores a 5%. Até mesmo no ano de 2003, quando ocorreram anomalias



térmicas da água com valores de até 1°C, durante uma expedição rápida no período de ocorrência dessas anomalias térmicas, observou-se que o percentual de colônias branqueadas não ultrapassou de 20%. Nos recifes das ilhas no ano de 2000 o valor máximo não atingiu 4% e no ano de 2001 não alcançou 1%, porém em 2005 as estações avaliadas apresentaram valores superiores a 20%, quando ocorreram anomalias com valores de até 0,75°C. Durante todas as expedições realizadas não foi observada morte em massa de corais branqueados.

Figura 40 - Branqueamento observado nos corais dos recifes que bordejam a ilha de Santa Bárbara e dos chapeirões do Arco Externo que compõe o Parcel dos Abrolhos durante expedição realizada no mês de março de 2000.

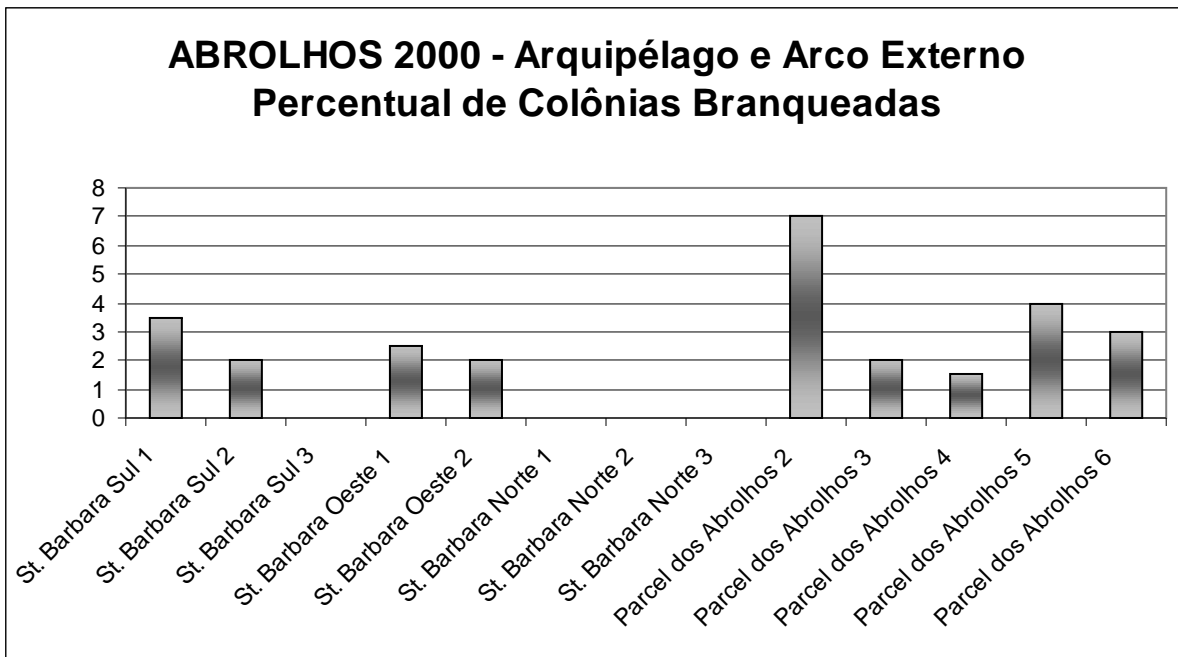




Figura 41 - Branqueamento observado nos corais dos recifes que compõem o Arco Interno da região de Abrolhos. Foram avaliadas 05 estações em cada recife, durante expedição realizada no mês de março de 2001.

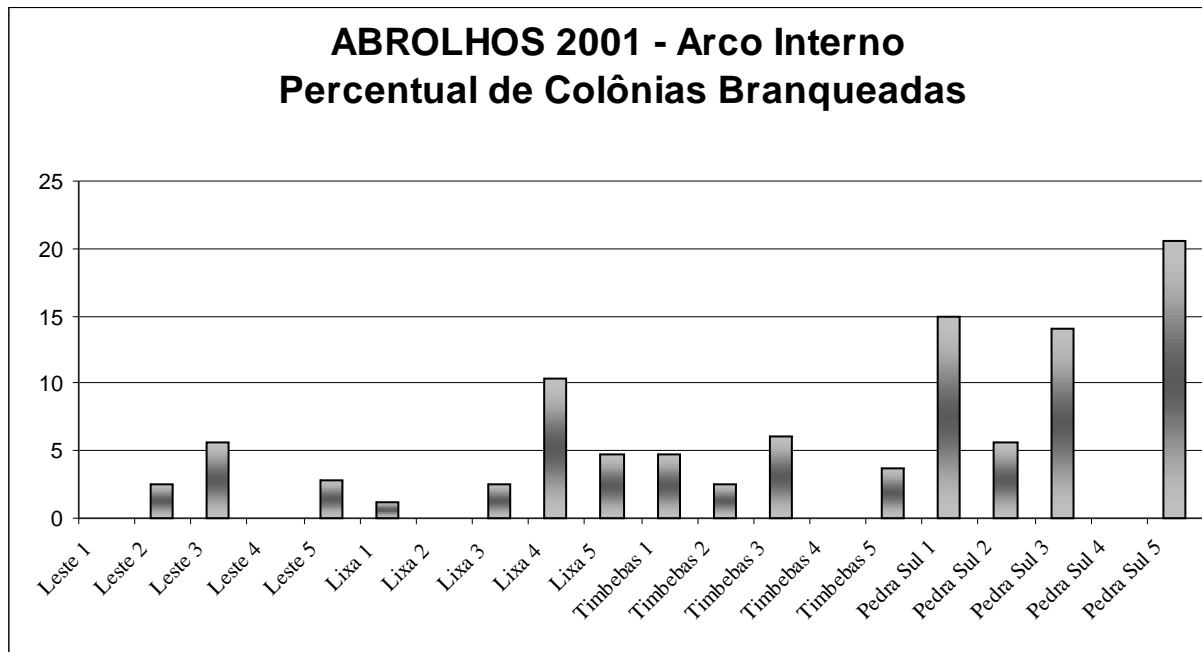


Figura 42 - Branqueamento observado nos corais dos recifes em franja que bordejam as ilhas Santa Bárbara e Redonda e dos chapeirões do Arco Externo - o Parcel dos Abrolhos, durante expedição realizada no mês de março de 2001.

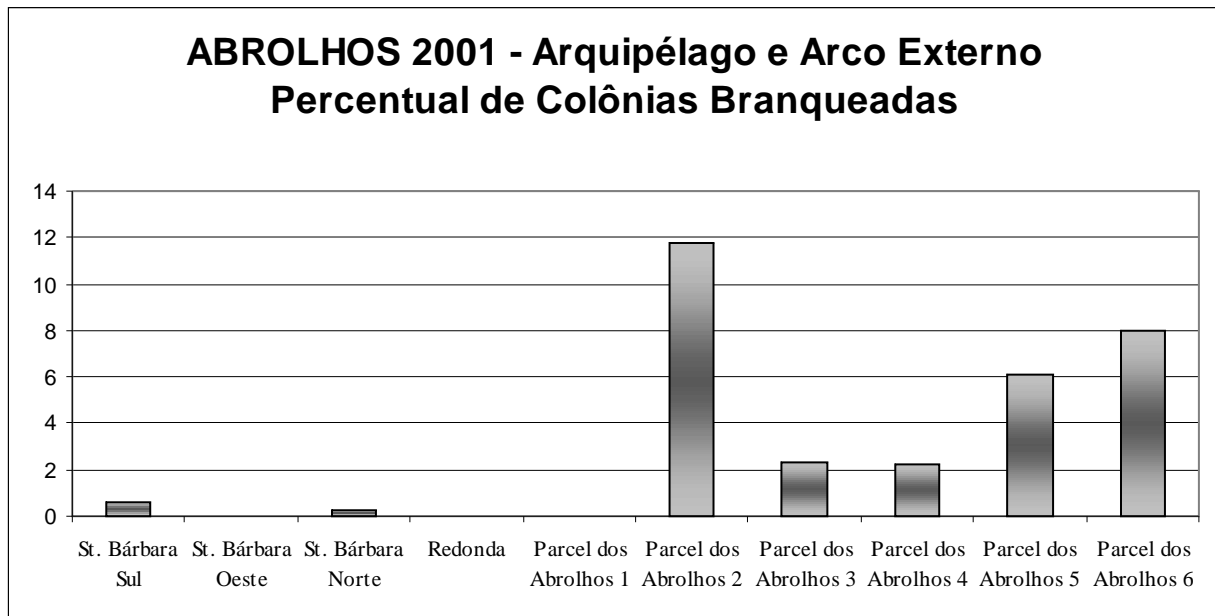




Figura 43 - Branqueamento dos corais observado nos recifes do Arco Interno de Abrolhos. No recife Leste foram avaliadas duas estações e nos demais recifes cinco estações. Expedição realizada no mês de março de 2002.

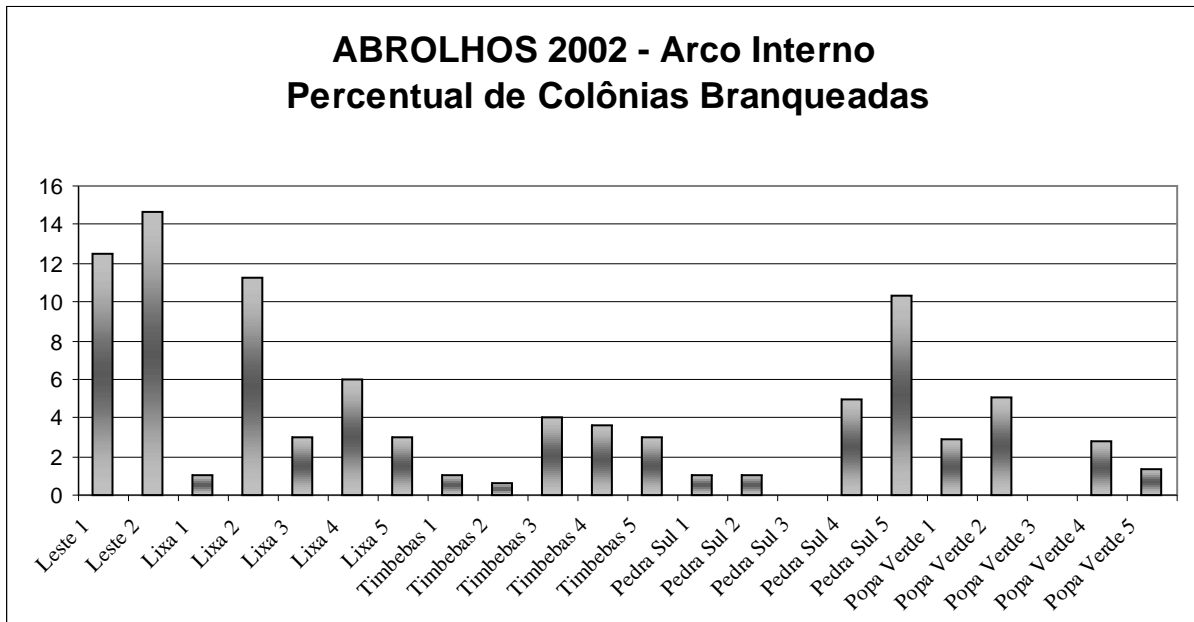


Figura 44 - Branqueamento observado nos corais dos recifes em franja das ilhas Santa Bárbara, Redonda, Guarita e Sueste, e nos chapeirões do Parcel dos Abrolhos, no mês de março de 2002.

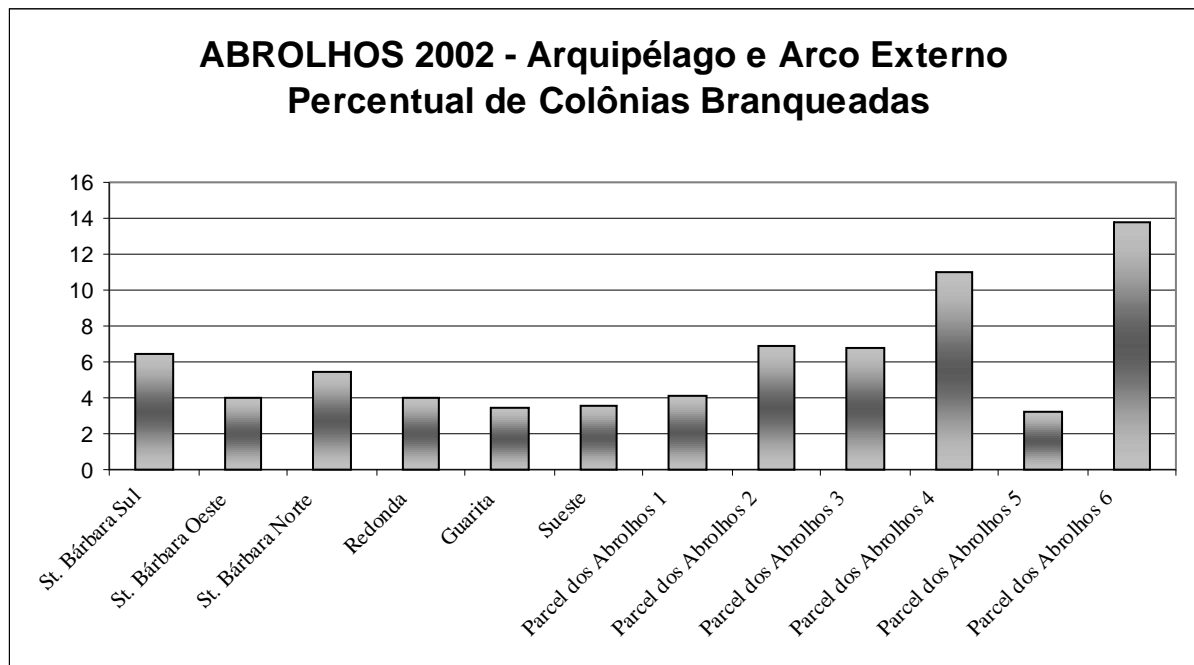
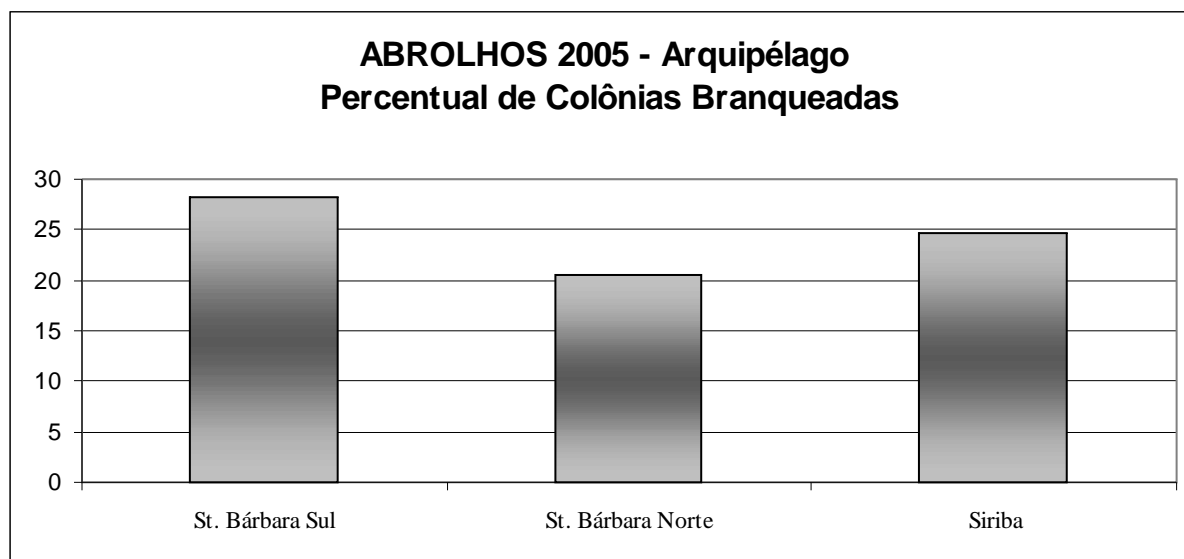


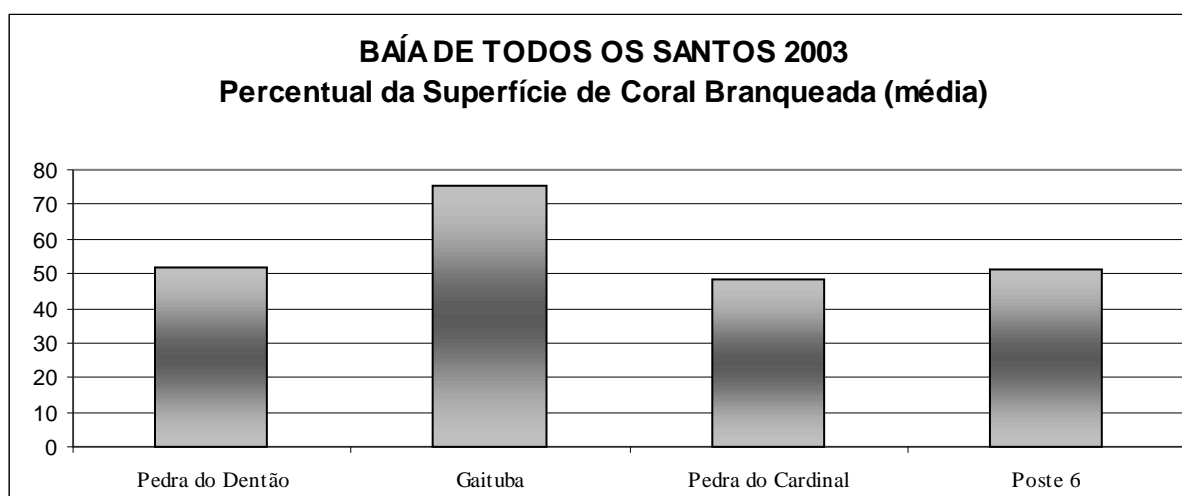


Figura 45 - Branqueamento observado nos corais dos recifes em franja das ilhas Santa Bárbara e Siriba no mês de maio do ano de 2005.



Baía de Todos os Santos (BTS) – Nos recifes da Baía de Todos os Santos, no ano de 2003, foram realizadas três estimativas, duas no mês de abril e uma no mês de maio, após a elevação acentuada da temperatura da água ocorrida no final do mês de março e início do mês de abril (ver figura 22), quando as anomalias da temperatura da água alcançaram valores de $0,75^{\circ}\text{C}$. Nas três ocasiões a média percentual da superfície branqueada das colônias, avaliada através da técnica do vídeo-transécto, atingiu valores próximos e superiores a 50% (Fig.46).

Figura 46 - Resultado da avaliação da superfície branqueada de coral nos recifes da Baía de Todos os Santos através da técnica do vídeo-transécto, nos meses de abril e maio de 2003.





Tinharé / Boipeba e Camamu – Os recifes que bordejam as ilhas de Tinharé e Boipeba foram avaliados no mês de março dos anos de 2002 e 2003 pelo método descrito no protocolo AGRRA, quando se mediu o percentual de colônias branqueadas. Observa-se no gráfico da figura 47 que o branqueamento no ano de 2003 alcançou um grau muito mais elevado que no ano de 2002, com valores de até 40%. Neste ano de 2003, nesta região, no mês de março as anomalias de temperatura alcançaram valores acima de 0,50°C tendo atingido no dia 29 de março o valor máximo de 1°C.

No ano de 2004, usando o método do vídeo-transêcto, foi medido o percentual da superfície branqueada de coral em três recifes, onde a média não alcançou os 15% (Fig. 48). Neste ano os valores máximos das anomalias observadas foram de 0,25°C (ver figura 23). Na região de Camamu a média do branqueamento observado na superfície das colônias dos corais do recife de Taipús de Fora avaliado, também, pelo método do vídeo-transêcto, atingiu valores em torno de 20% (Fig. 48).

Figura 47 - Branqueamento dos corais observado nos recifes costeiros das ilhas de Tinharé e Boipeba nos meses de março de 2002 e abril de 2003.

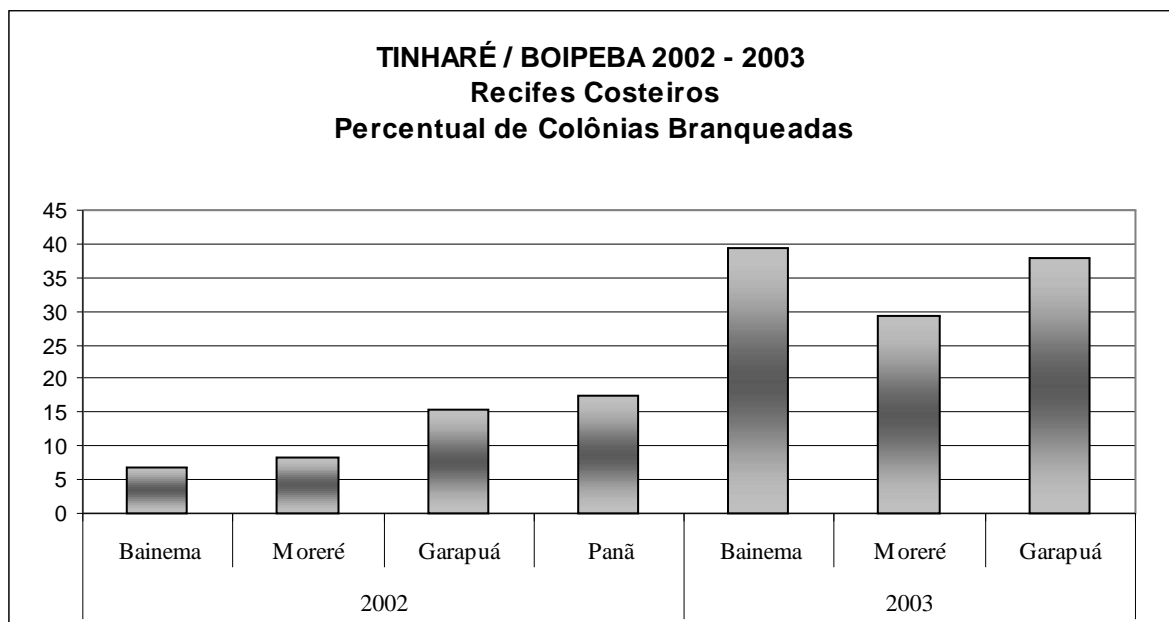
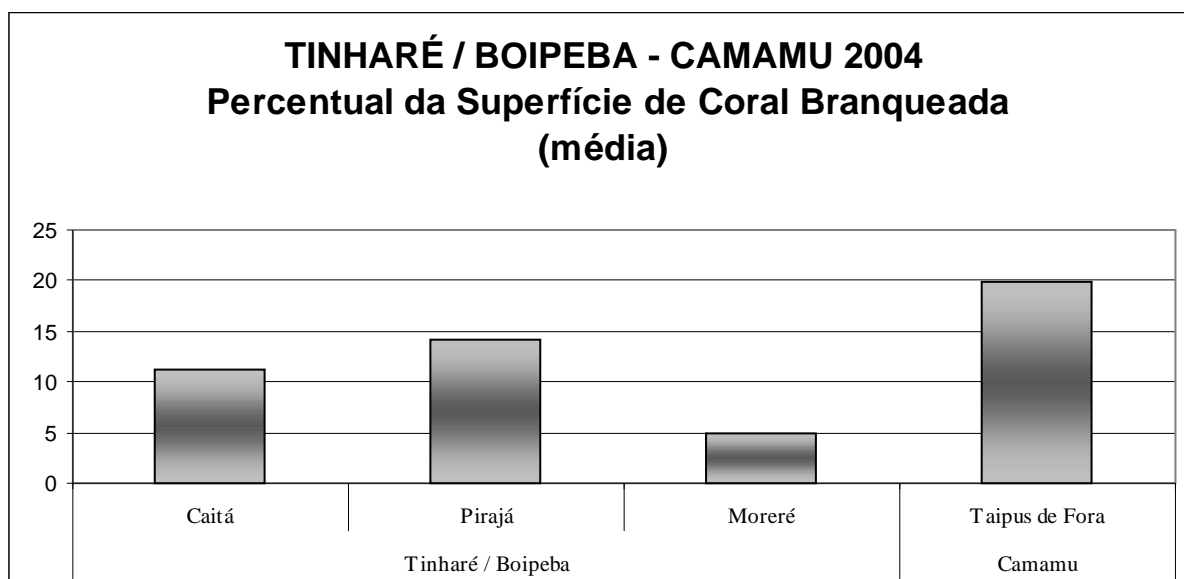


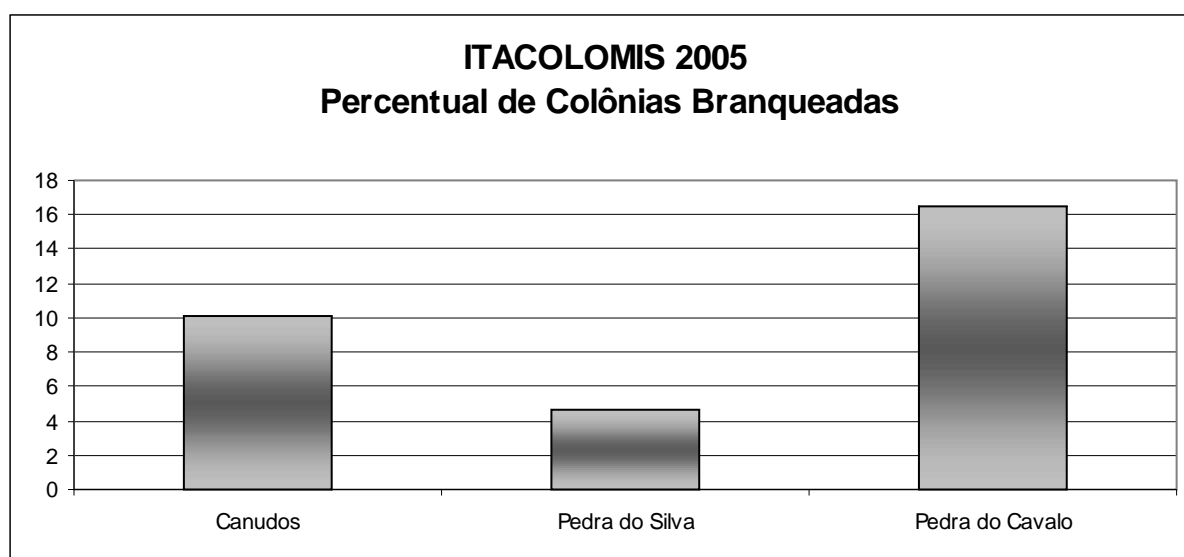


Figura 48 - Resultado da avaliação do percentual da superfície de coral branqueada através da técnica do vídeo-transsecto, nos recifes das ilhas de Tinharé e Boipeba e da península de Marau na região de Camamu no mês de fevereiro de 2004.



Recifes dos Itacolomis – Cinco estações em cada um dos três recifes localizados na parte interna do complexo dos Itacolomis foram avaliadas pelo protocolo AGRRA, determinando o percentual de colônias com algum grau de branqueamento (Fig. 49). A média máxima atingida foi de 16,5% no recife de Pedra do Cavalo. Neste período na região mais próxima, Abrolhos, os valores máximos das anomalias térmicas da água atingiram 0,75°C (Fig. 24).

Figura 49 - Média do percentual de branqueamento de coral observado no mês de abril de 2005 em três recifes do complexo dos Itacolomis, no sul do estado da Bahia.





Analisando as espécies de corais que sofreram o branqueamento em três das cinco áreas monitoradas (Fig. 50), verifica-se que nos recifes de Tinharé, as espécies mais afetadas foram *Mussismilia braziliensis* e *Siderastrea stellata* e, em menor escala *Mussismilia harttii*. Em Abrolhos os corais com maior índice de branqueamento pertencem às espécies *Mussismilia braziliensis* e *Montastrea cavernosa*, e em menor escala o hidróide calcário *Millepora alcicornis*. Na Baía de Todos os Santos as espécies mais afetadas foram *Siderastrea stellata* e *Montastrea cavernosa*.

As figuras 51 a 54 ilustram diferentes graus do branqueamento de corais observados nos recifes da Bahia, durante o desenvolvimento deste projeto.

Figura 50 - Frequência (%) de branqueamento por espécie de coral em três localidades estudadas. Os dados ilustrados correspondem às seguintes datas de investigação: 15/3/03 em Abrolhos, 14/04/03 em Tinharé e 24/4/03 na Baía de Todos os Santos. MB=*Mussismilia braziliensis*, MA=*Millepora alcicornis*, MHI=*Mussismilia hispida*, SS=*Siderastrea stellata*, MC=*Montastrea cavernosa*.

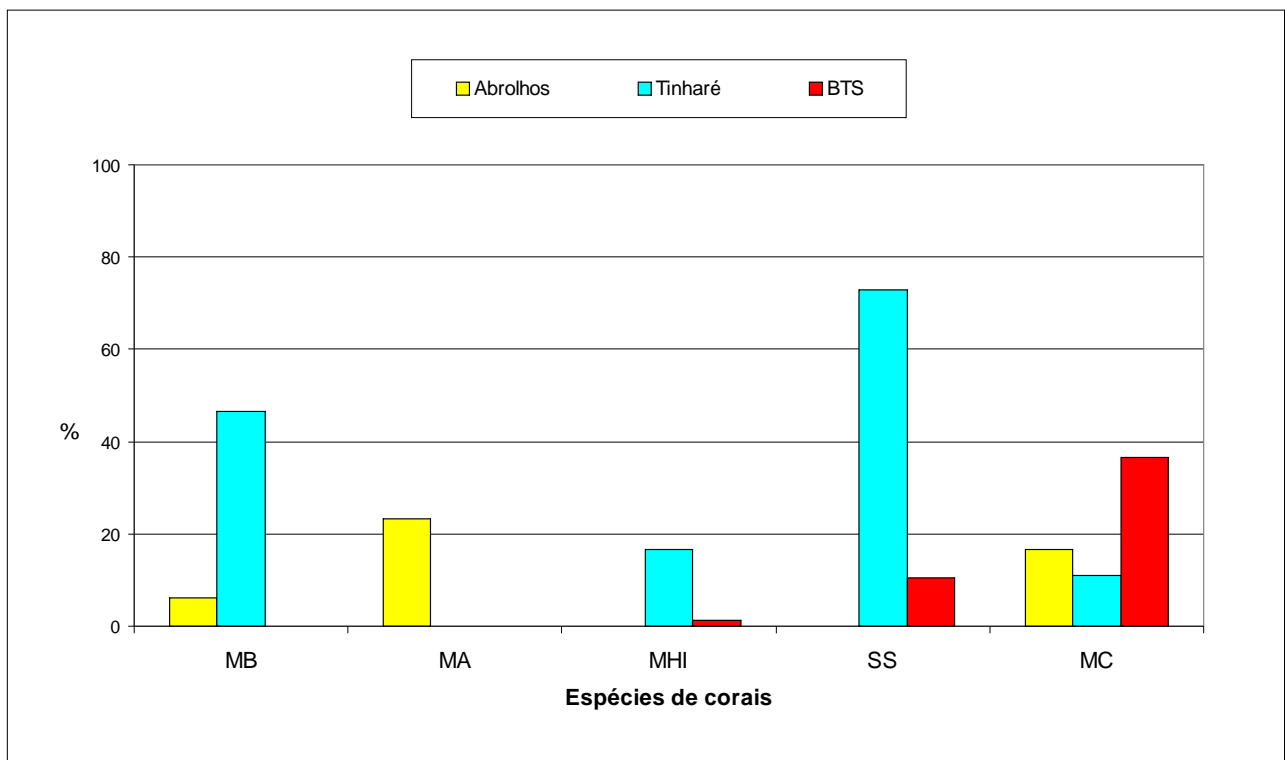




Figura 51 - Colônias de coral fortemente branqueadas. A = *Mussismilia hispida*. B = *Agaricia agaricites*. C = *Montastrea cavernosa* (Fotos: L. Dutra).

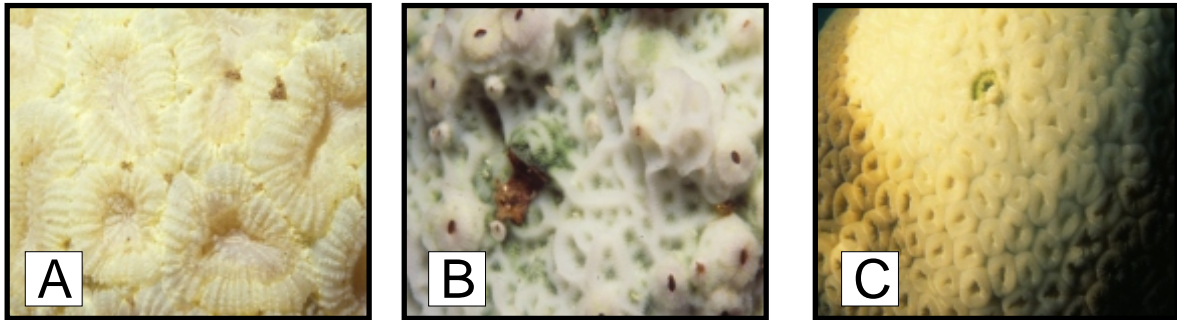


Figura 52 - Colônias de coral com grau médio de branqueamento. A = *Siderastrea stellata*. B = *Mussismilia hispida*. C = *Mussismilia braziliensis*. D = *Montastrea cavernosa* (Fotos: L. Dutra).

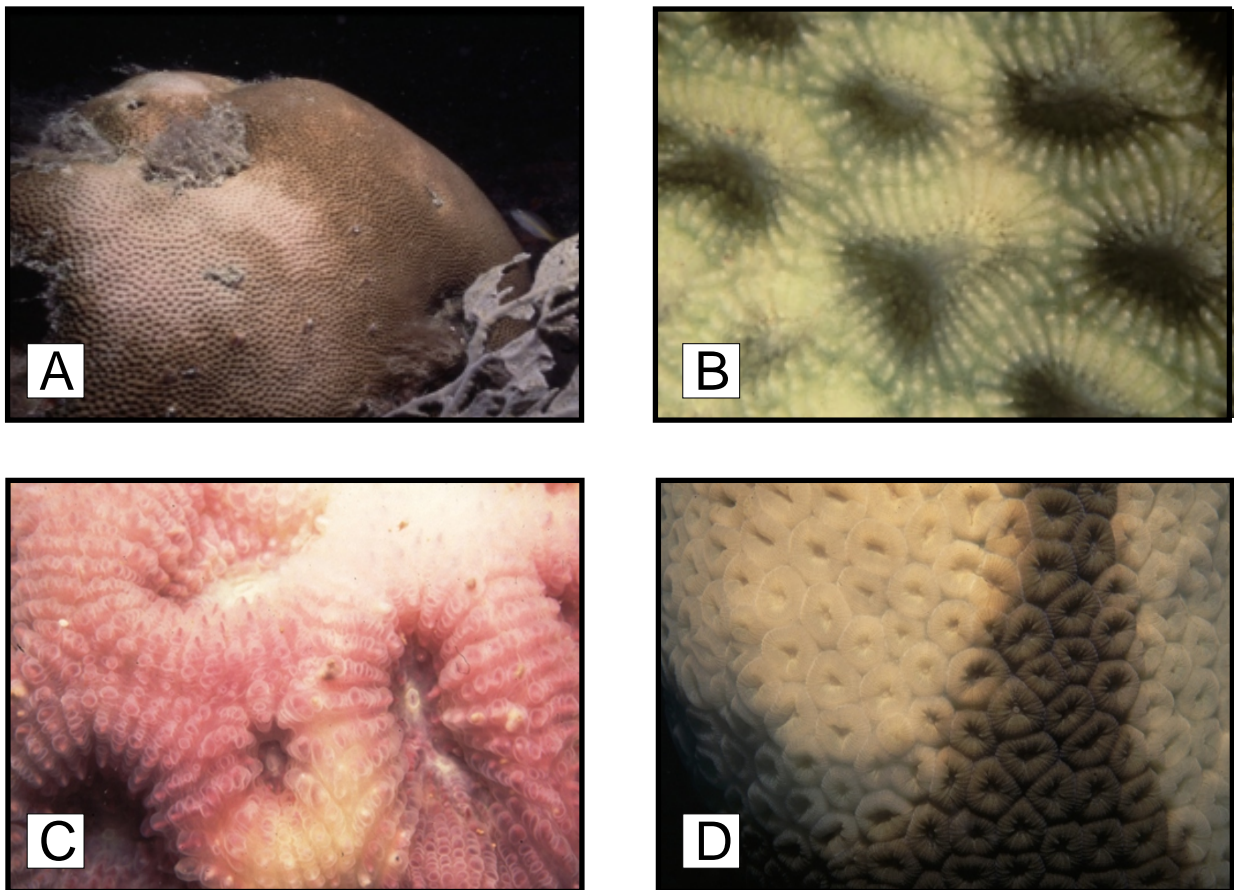




Figura 53 - Colônias branqueadas do hidróide calcário *Millepora*. A = *Millepora braziliensis*. B = *Millepora nítida*. No fundo em B, vê-se uma colônia de *Mussismilia hispida* totalmente branqueada. (Foto: L. Dutra).

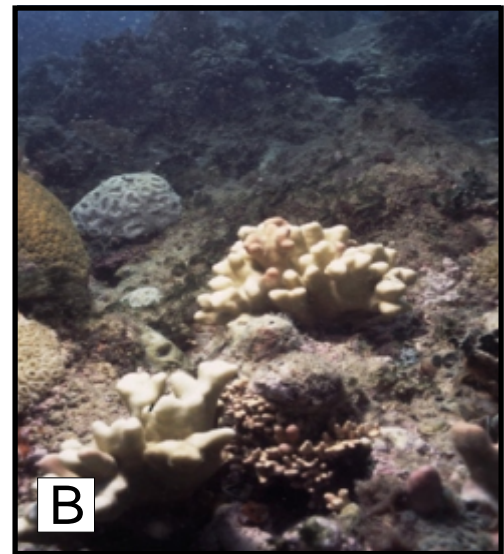
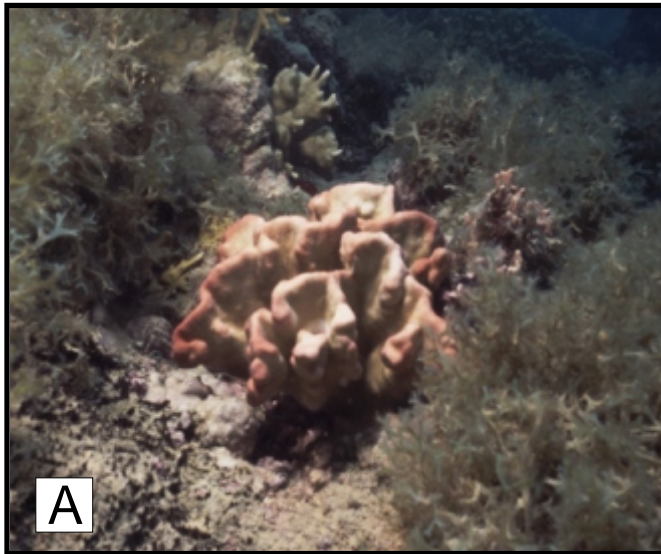
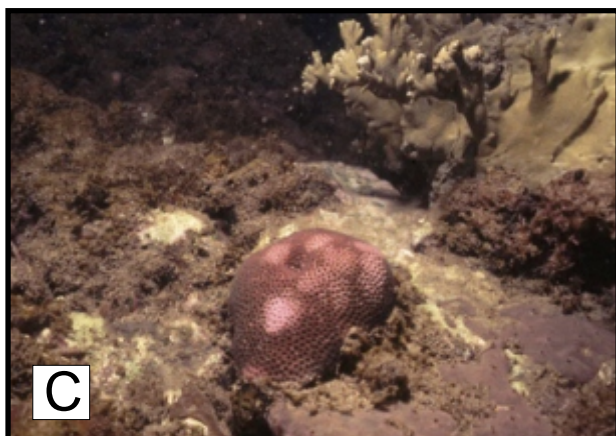
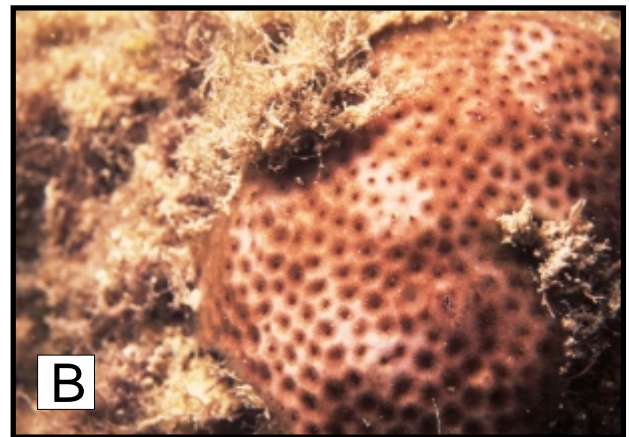


Figura 54 - Colônias de coral levemente branqueadas. A = *Agaricia agaricites*. B e C = *Siderastrea stellata*. D = *Favia gravida*. (Fotos: L. Dutra).





2.3 - A formação e o aperfeiçoamento de recursos humanos e a divulgação dos resultados sobre o efeito das mudanças da temperatura global no ecossistema recifal da Bahia:

Equipe envolvida:

Profa. Zelinda Margarida de Andrade Nery Leão

Prof. Ruy Kenji Papa de Kikuchi

Doutoranda Marília de Dirceu Machado de Oliveira (2001-2005)

Mestrando Leo Ximenes Cabral Dutra (2001-2004)

Mestrando Saulo Spanó (2001-2004)

Mestranda Fabiana Okada (2003)

Mestranda Carolina Poggio (2004-2005)

Estagiária Thais Figueiredo Silva (2002)

Bolsista IC Igor C. Cruz (2001-2005)

Bolsista IC Pedro Meirelles (2005)

Bolsista IC Eduardo Marocci (2005)

Bolsista IC Lucas Bezerra (2005)

Etapas cumpridas:

2.3.1 - Treinamento de estudantes (Iniciação científica, mestrado e doutorado através da apresentação de seminários sobre o assunto do projeto:

Com o objetivo de preparar os estudantes de graduação, mestrado e doutorado, sobre o tema a ser abordado nesta pesquisa, foram realizados vários seminários com apresentação por professores e alunos da Instituição, de vários assuntos da atualidade, os quais têm relação com as mudanças que estão ocorrendo no ambiente marinho, quer atribuídas aos processos naturais e/ou à ação induzida pelo homem.

2.3.2 - Material científico (Resumos, Abstracts, Trabalhos completos) preparado para apresentação em Congresso e publicação em periódicos de divulgação científica:

Os trabalhos abaixo citados foram apresentados na forma oral ou de painés em congressos nacionais e internacionais. Todos eles têm relação com o problema do branqueamento dos corais e/ou



com as condições vitais do ecossistema recifal, cujos parâmetros avaliados incluem, entre outros, o grau de branqueamento dos corais.

Artigos completos em periódicos:

- Leão, ZMAN; Kikuchi, RKP 2005. A relic coral fauna threatened by global changes and human activities. *Marine Pollution Bulletin*, 51:599-611.
- Dutra, LXC; Kikuchi, RKP; Leão, ZMAN 2006. Effects of sediment accumulation on reef corals from Abrolhos, Bahia, Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI 39:633-638.
- Costa Jr, O; Leão, ZMAN. 2004. A new MPA experience in Brazil: the Recife de Fora Marine Park, Bahia, Brazil. *Reef Encounter, USA*, v.32, p. 41-44
- Kikuchi, RKP; Leão, ZMAN; Testa, V; Dutra, LXC; Spanó, S 2003. Rapid assessment of the Abrolhos reefs, Eastern Brazil - Part 1: Stony corals and algae. *Atoll Research Bulletin, USA*, v. 496, p. 172-187
- Kikuchi, RKP; Leão, ZMAN; Sampaio, CLS; Telles, MD; 2003. Rapid assessment of the Abrolhos reefs, Eastern Brazil – Part 2: Fish communities. *Atoll Research bulletin, USA*, v. 496, p. 188-203

Artigos completos publicados em anais de congressos internacionais:

- Leão, ZMAN; Kikuchi, RKP; Dutra, LXC; Oliveira, MDM 2006. The status of Eastern Brazilian coral reefs during the last 8000 years B.P. *Proceedings of 10th Intern. Coral Reef Symposium, Okinawa, Japão* :959-968.
- Dutra, LXC; Kikuchi, RKP.; Leão, ZMAN. 2006. Todos os Santos Bay coral reefs, Eastern Brazil, revisited after 40 years. *Proceedings of 10th Intern. Coral Reef Symposium, Okinawa, Japão* ,:1090-1095.
- Reis, MAC; Leão, ZMAN. 2003. Bioerosion rate of the sponge *Cliona celata* (Grant 1826) from reefs in turbid waters, north Bahia, Brazil. *Proceedings of 9th Intern. Coral Reef Symposium. Bali, Indonésia*. V. 1, p. 273-278.

Resumos de trabalhos apresentados e a serem apresentados em congressos nacionais e internacionais:

- Leão, ZMAN; Kikuchi, RKP; Oliveira, MDM 2006. Global warming and coral bleaching in Eastern Brazil. *Simpósio Brasileiro de Oceanografia, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo*.



- Oliveira, MDM; Leão, ZMAN; Kikuchi, RKP. 2006. Mudanças globais e calcificação do coral *Mussismilia braziliensis* (Verrill, 1868) em Abrolhos, Bahia. Simpósio Brasileiro de Oceanografia, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo.
- Leão, ZMAN; Kikuchi, RKP. 2006. The evolutionary relic reefs of Brazil – an exception of modern reef models? 43° Congr. Bras. Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia, Aracaju. CD-Rom (Painel)
- Bittencourt, ACSP, Leão, ZMAN; Kikuchi, RKP, Dominguez, JML. 2006. Coral reef development controlled by the deficit of sand transport in Brazil. 43° Congr. Bras. Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia, Aracaju. CD-Rom (Painel)
- Leão, ZMAN; Kikuchi, RKP; Oliveira, MDM 2006. Diagnóstico do estado atual da fauna coralina do ecossistema recifal da Bahia. 1º. Simpósio sobre Biomas Marinhos e Costeiros. Salvador, Bahia. CD-Rom (Palestra)
- Meirelles, PM; Leão, ZMAN, Kikuchi, RKP. 2006. Comportamento do branqueamento em corais do complexo *Siderastrea* e na espécie *Montastrea cavernosa*. SEMBIO 2006. Salvador. CD-Rom. (Oral)
- Leão, ZMAN; Kikuchi, RKP; Oliveira, MDM; Cruz, IC. 2005. Diagnóstico of Bahian reefs using living coral cover. 1º. Congr. Bras. Oceanografia. AOCEANO, Vitória, CD-Rom. (Palestra)
- Oliveira, MDM; Kikuchi, RKP.; Leão, ZMAN; Santos, LAM. 2005. Crescimento do coral *Mussismilia braziliensis* (Verrill 1868) na região de Abrolhos, extremo sul da Bahia, Brasil. 1º. Congr. Bras. Oceanografia. AOCEANO, Vitória, CD-Rom. (Painel)
- Leão, ZMAN; Kikuchi, RKP 2005. Conhecendo os recifes de coral da Bahia – o monitoramento através do protocolo AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment). I Congr. Bras. Oceanografia. AOCEANO, Vitória, CD-Rom. (Palestra)
- Poggio, CA; Leão, ZMAN, Kikuchi, RKP. 2005. Branqueamento do coral endêmico *Siderastrea stellata* Verrill 1868, das poças intermareais do recife de Guarajuba, Bahia, avaliado através da densidade das algas zooxantelas simbiotes. Seminário de Pesquisa da UFBA. CD-Rom. (Painel)
- Leão, ZMAN; Kikuchi, RKP 2004. A remnant coral fauna threatened by global changes and human activities – Bahia's coral reefs. Congr. Bras. Oceanografia, Itajaí. Livro de Resumos, p. 464 (Painel)
- Leão, ZMAN; Kikuchi, RKP; Oliveira, MDM 2004. As mudanças climáticas globais e o ecossistema recifal do Brasil. VI Simpósio de Ecossistemas Brasileiros. Academia de Ciências de São Paulo, São José dos Campos, Resumos, p. 44 (Palestra)



- Oliveira, MDM; Kikuchi, RKP; Leão, ZMAN; Dutra, LXC 2004. Coral bleaching in Brazil, Western South Atlantic. Abstracts, 10th Intern. Coral Reef Symposium, Okinawa, Japão, p. 321 (Painel)
- Dutra, LXC; Kikuchi, RKP; Leão, ZMAN 2004. Critical limits of sediment accumulation rates for reef corals in Abrolhos, Bahia, Brazil. Abstracts, 10th Intern. Coral Reef Symposium, Okinawa, Japão, p.385 (Painel)
- Oliveira, MDM; Kikuchi, RKP; Leão, ZMAN 2004. Growth of *Millepora alcicornis* in aquarium. Abstracts, 10th Intern. Coral Reef Symposium, Okinawa, Japão, p. 287 (Painel)
- Kikuchi, RKP; Leão, ZMAN; Machado, AJ; Argolo, RM; Nascimento, H; Oliveira, P; Dutra, LXC; Minervino Neto, A; Oliveira, MDMO 2004. Abstracts, 10th Intern. Coral Reef Symposium, Okinawa, Japão, p. 89 (Palestra)
- Reis, MAC; Leão, ZMAN 2004. The role of macroborers in coral reef destruction and carbonate sediment production. Congr. Bras. Oceanografia, Itajaí. Livro de Resumos, p.313. (Painel)
- Leão, ZMAN; Kikuchi, RKP; Dutra, LXC; Oliveira, MDM 2004. The status of Eastern Brazilian coral reefs since 8000 years ago. 10th Intern. Coral Reef Symposium, Okinawa, Japão, p. 406. (Painel)
- Dutra, LXC; Kikuchi, RKP; Leão, ZMAN 2004. Todos os Santos Bay coral reefs revisited after 40 years. 10th Intern. Coral Reef Symposium, Okinawa, Japão, p. 331. (Painel)

Resumos expandidos de trabalhos apresentados em congressos nacionais:

- Oliveira, MDM; Kikuchi, RKP; Leão, ZMAN 2004. Controles ambientais do crescimento dos corais na região de Abrolhos, extremo sul da Bahia. 3^o. Congresso Nacional do Meio Ambiente, anais, p. 455-456. (Palestra)
- Leão, ZMAN; Kikuchi, MDM; Dutra, LXC; Spanó, S; Cruz, IC 2004. Diagnóstico do ecossistema recifal do estado da Bahia. . 3^o. Congresso Nacional do Meio Ambiente, anais, p.415-417. (Palestra)
- Kikuchi, RKP; Leão, ZMAN; Oliveira, MDM; 2004. Recifes de tinharé, Boipeba, Camamu, Bahia. . 3^o. Congresso Nacional do Meio Ambiente, anais, p. 463-464. (Palestra)
- Kikuchi, RKP; Leão, ZMAN; Oliveira, MDM; Dutra, LXC; Cruz, IC 2003. Branqueamento de corais nos recifes da Bahia associados aos efeitos do El-Niño 2003. IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, CD-rom, 3p. (Painel)



- Cruz, IC; Kikuchi, RKP; Leão, ZMAN 2003. Estudo do papel controlador das populações de peixes herbívoros sobre a cobertura de algas e corais na região de Abrolhos, com aplicação do protocolo AGRRA. IV Congresso de Ecologia do Brasil, Anais. (Painel)

Capítulos de livros publicados:

- Garzon-Ferreira, J; Cortés, J; Croquer, A; Guzman, H. Leão, Z; Rodriguez-Ramirez, A. 2004. Southern Tropical America: coral reef status and consolidation as GCRMN regional node. In: Wilkinson, C (Ed.), Status of Coral Reefs of the World 2004. Townsville, Australia, v. 2, p. 509-522.
- Leão, ZMAN; Dutra, LXC; Spanó, S. 2006. A rapid assessment of Abrolhos Bank – Characteristic of bottom sediments. In: Allen, GR; Dutra, G., Werner, T. (Org.) The bull. Of biological Assessment 38:75-81.
- Leão, ZMAN; Kikuchi, RKP; Testa, V 2003. Corals and coral Reefs of Brazil. In: J. Cortés (Ed.) Latin America Coral Reefs, Springer-Verlag, p. 9-52.
- Leão, ZMAN 2002. Abrolhos – O complexo recifal mais extenso do Atlântico Sul. In: Schobbenhaus, C; Campos, DA; Queiroz, ET; Winge, M; Berbert-Born, MLC (Eds.), Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília, v. 1, p. 345-360.
- Garzon-Ferreira, J; Cortés, J; Croquer, A; Guzman, H. Leão, Z; Rodriguez-Ramirez, A. 2002. Status of Coral Reefs in Southern Tropical America in 2000-2002: Brazil, Colombia, Costa Rica, Panama and Venezuela. In: Wilkinson, C (Ed.), Status of Coral Reefs of the World 2000. Cape Ferguson, p. 331-348.

2.3.3 - Teses de Doutorado, Dissertações de Mestrado e Monografias de Bacharelado defendidas durante a realização deste projeto contendo assunto relacionado às condições dos recifes da Bahia:

- Reis, MAC, 2001. A bioerosão de recifes de coral por esponjas Clionidae, litoral norte do estado da Bahia. **Tese de Doutorado**, 167 p.
- Santa-Isabel, LM, 2001. Caracterização da bioerosão interna dos recifes de Guarajuba com ênfase nos macroperfuradores bivalves, sinpuculídeos e poliquetas, litoral norte da Bahia. **Tese de Doutorado**, 153 p.
- Spanó, S, 2004. Diagnóstico do estado de conservação dos recifes em franja do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos. **Dissertação de Mestrado**, 88 p.



- Dutra, LXC, 2003. Efeito da acumulação de sedimento sobre a vitalidade dos recifes de coral de Abrolhos, Bahia. **Dissertação de Mestrado**, 98 p.
- Oliveira, MDM, 2002. Avaliação do efeito da luz na calcificação do esqueleto do hidróide calcário *Millepora alcicornis* Linneus 1758, em experimentos *in vitro*. **Dissertação de Mestrado**, 103 p.
- Santos, TF, 2002. Os efeitos da nutrificação para a ecologia dos organismos recifais do litoral norte da Bahia: um estudo de caso, 2002. **Monografia de Graduação**.



3 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

3.1 - Conclusões referentes aos resultados encontrados sobre os estudos realizados no campo e os experimentos em aquário com o coral *Siderastrea* sp e o hidróide calcário *Millepora alcicornis*

Os estudos até então realizados para avaliar o grau de branqueamento dos corais através da medição da densidade das algas simbiotes zooxantelas, tanto no campo como nos experimentos em aquário, têm se mostrado como um eficiente parâmetro para estudar a relação do fenômeno do branqueamento com as variações da temperatura da água. Variações sazonais na densidade destas algas simbiotes dos corais é uma característica encontrada em larga escala (Fagoonee *et al.* 1999; Fitt *et al.* 2000), e a temperatura das águas parece constituir papel importante na ocorrência do fenômeno, particularmente nas zonas costeiras (Stimson 1997; Glynn *et al.* 2001). Sob condições normais a densidade das zooxantelas pode flutuar sazonalmente enquanto os corais se ajustam às condições ambientais (Brown *et al.* 1999; Fitt *et al.* 2000), porém se houver um estresse térmico os corais podem perder de 60 a 90% de suas zooxantelas, ocorrendo o branqueamento (Glynn 1996). Assim que o estresse termina os corais afetados podem recuperar, e os níveis de zooxantelas retornam ao normal a depender da severidade do estresse (Hoegh-Guldberg 1999).

3.1.1 - Estudos no campo

Os corais observados nas poças intermareais do topo do recife de Guarajuba apresentaram um comportamento que se enquadra dentro das observações referidas na literatura citada. As colônias coletadas no mês de março de 2005 (final do verão 2004/2005), já se encontravam branqueadas, quando a temperatura da água das poças atingiu valores entre 34 e 37°C. As colônias coletadas no mês de junho (inverno), apresentando coloração natural, mostraram uma densidade populacional de zooxantelas maior que a das colônias branqueadas. Comparando os dados das duas coletas (Tabela 2) observa-se que embora houvesse uma perda de zooxantelas entre as colônias branqueadas e as não branqueadas de 50 a 85%, os corais recuperaram após cessar o evento do branqueamento. Não foi possível observar o limiar do início do branqueamento no campo, pois só se tem acesso às poças do topo dos recifes durante as marés baixas de sizígia que ocorrem a cada 15 dias, e na coleta do final do verão (março de 2005) os corais já se encontravam branqueados. Durante o ano de 2005 não houve, na costa do estado da Bahia, uma anomalia térmica que atingisse um valor suficiente (1°C) para causar branqueamento em massa dos corais, entretanto a temperatura da água nas poças do topo recifal alcançaram valores muito mais elevados que a temperatura das águas superficiais dos oceanos, devido a pouca quantidade de água destas poças que têm, no máximo, 1m de profundidade, e pelo fato de permanecerem cerca de 4 a 5 horas expostas aos raios solares, favorecendo a evaporação. A média diária da temperatura das águas superficiais na costa norte do estado da Bahia, no entorno dos recifes costeiros, tem apresentado variações entre 26 e 28°C durante o inverno, e 28 e 30°C durante o verão (Costa Jr *et al.* 2000; Santa-Isabel



et al. 2000, Kikuchi 2000), na plataforma continental adjacente, atinge o valor mínimo de 24°C durante o inverno, e máximo de 28°C durante os meses de verão (Atlas de Cartas Piloto da DHN).

Os primeiros resultados encontrados durante os nossos estudos sugerem que os exemplares do coral *Siderastrea sp* presentes nas poças intermareais do recife de Guarajuba, parecem estar adaptados às condições de temperaturas elevadas da água, uma vez que resistiram a temperaturas superiores a 30°C, quando apresentaram branqueamento e recuperaram após três meses. Estes resultados corroboram dados da literatura de que os corais presentes nas poças do topo recifal dos recifes costeiros do Brasil, entre eles as espécies do complexo *Siderastrea* (Laborel 1970, Castro 1994), são espécies resistentes às variações de temperatura da água. Neste trabalho estes corais mostraram que durante as variações sazonais houve um ajuste da densidade das suas algas simbiotes após o branqueamento ter cessado.

Os estudos realizados no Brasil sobre esta relação – branqueamento de coral x densidade populacional de zooxantela - se reportam a trabalhos com corais endêmicos dos recifes do nordeste do Brasil, na costa dos estados de Pernambuco e da Paraíba (Costa & Amaral 2002; Costa *et al.* 2001; Costa *et al.* 2005). Para os recifes da Bahia eles iniciaram após a realização deste projeto. Os resultados encontrados pelos autores citados confirmam os dados das nossas pesquisas, até o momento, quando mostram que há variação sazonal na densidade populacional das zooxantelas dos corais analisados, assim como, também, da diferença entre a densidade populacional das zooxantelas entre as colônias branqueadas e as não branqueadas de *Siderastrea sp*, a qual nos recifes do nordeste, atingiu valores acima de 75%.

3.1.2 - Experimentos em aquário

Duas colônias do coral *Siderastrea sp* foram usadas para avaliar a relação entre o aumento da temperatura da água e o branqueamento induzido e, conseqüentemente, com a densidade das algas simbiotes zooxantelas. Como descrito no item 2.1.5. deste relatório, a temperatura da água do aquário foi sendo aquecida gradativamente a partir de 25°C (temperatura mínima da água de aquário que deve ser mantida em ambiente refrigerado) até atingir o valor de 30°C. Este valor de 30°C corresponde a cerca de 3 a 6°C acima da temperatura normal das águas oceânicas (26 a 28°C) (Glynn & D'Croz 1990), que é a temperatura capaz de induzir o branqueamento artificialmente após 1 a 2 dias (Jokiel & Coles 1990).

No nosso experimento após 72 horas a colônia exposta ao aquecimento da água até 30°C (colônia 1), apresentou o início do branqueamento e a densidade populacional de zooxantelas foi menor em relação à colônia mantida no aquário com temperatura da água em condições normais (26 a 28°C). A partir deste momento suspendemos o aquecimento da água, para avaliar a recuperação da colônia, a qual após oito semanas começou a recuperar a sua cor natural, gradativamente, mantendo-se viva até o presente.

Um segundo experimento com amostras retiradas de uma colônia do hidróide calcário *Millepora alcicornis* foi realizado de forma semelhante ao experimento com as colônias de *Siderastrea sp*. Após 72



horas da água do aquário ter alcançado a temperatura de 30°C, as extremidades dos fragmentos das amostras começaram a branquear, conforme está ilustrado na figura 14. Não foi possível avaliar a recuperação dos espécimes estudados neste experimento devido à ocorrência de uma pane na rede elétrica da Instituição, a qual causou a falta de energia nos aquários e a morte de todos os exemplares ali mantidos. A morte dos espécimes não foi somente em consequência do forte branqueamento causado pela elevação brusca da temperatura do ambiente decorrente da falta de refrigeração mas, também, devido a parada da circulação da água nos aquários e da falta total de luminosidade.

3.2 - Conclusões sobre a observação da ocorrência de branqueamento dos corais nos recifes ao longo da costa do estado da Bahia

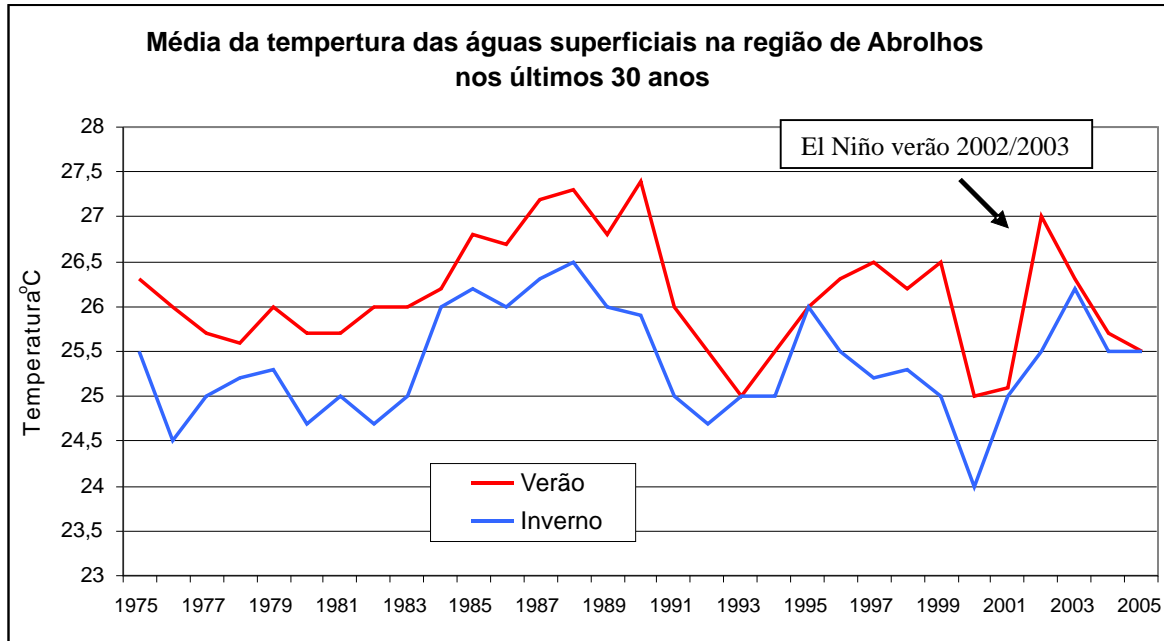
O branqueamento dos corais nos recifes da Bahia tem sido registrado desde o verão de 1993/1994 na região de Abrolhos (Castro & Pires 1999), um branqueamento acentuado foi registrado nos recifes do litoral norte da Bahia associado com a ocorrência do evento El-Niño 1997/1998 (Dutra 2000; Dutra *et al.* 2000) e as ocorrências estudadas durante a realização deste projeto apontam, também, para a relação do fenômeno com a ocorrência de anomalias térmicas das águas superficiais do oceano.

Durante este projeto foram monitoradas, na costa do estado da Bahia, as áreas de maior ocorrência de recifes de coral, descritas em Leão *et al.* (2003), quais sejam: o litoral norte do estado, a Baía de Todos os Santos, a região das ilhas de Tinharé e Boipeba, Camamu, a região de Cabralia / Porto Seguro, os recifes dos Itacolomis na região de Corumbau e a região de Abrolhos. Para todas estas regiões foi verificado se havia ocorrência de anomalia térmica durante os anos de 2000 a 2005, conforme está ilustrado nas figuras de números 19 a 24. Durante os períodos de ocorrência das anomalias térmicas, foram realizados os trabalhos de campo, sempre após algumas semanas do início da ocorrência da anomalia para que se pudesse registrar a ocorrência de corais já branqueados, caso houvesse.

Considerando que os mapas das anomalias fornecidos pela NOAA indicam a ocorrência das anomalias térmicas a cada três a quatro dias, não houve necessidade de acessar os valores da temperatura das águas para cada região a ser visitada, nas últimas décadas, apenas foi feito para a região de Abrolhos (Fig. 55), com o objetivo, apenas, de se fazer calibração. Observa-se que a temperatura elevada que ocorreu durante o evento El-Niño do verão 2002/2003 coincide com as indicações das anomalias térmicas que estão ilustradas na figura 22, que apontam anomalia de 1°C para esta região.



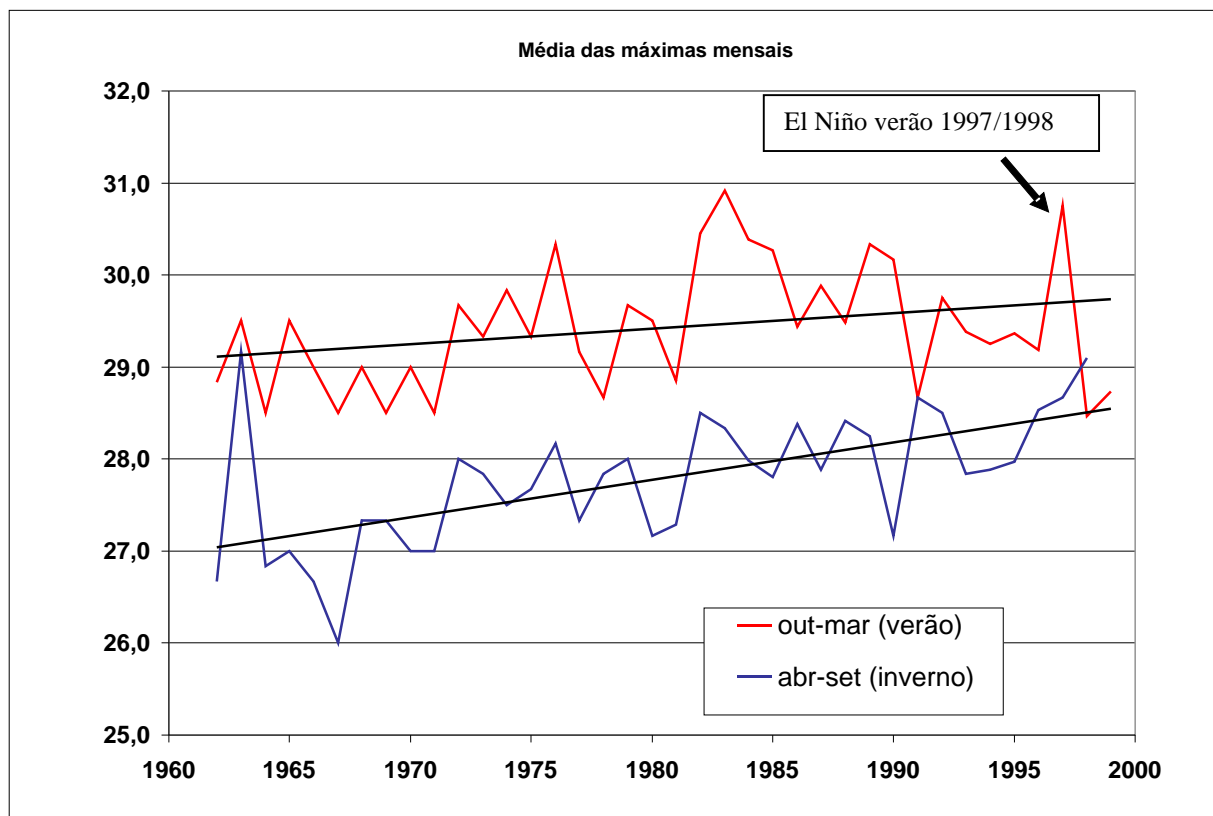
Figura 55 - Gráfico ilustrativo da variação da temperatura das águas superficiais na região de Abrolhos, durante os últimos 30 anos. Verão corresponde aos meses de outubro a março, e inverno de abril a setembro. Dados do Banco Nacional de Dados (BNDO) da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Ministério da Marinha do Brasil. (Gráfico preparado por M. Oliveira)



Atendendo solicitação dos técnicos do MCT para estabelecer a relação entre a temperatura do ar e a temperatura da água, salientamos que o fenômeno El-Niño é o resultado de um processo da interação mar / atmosfera, o aquecimento das águas superficiais dos oceanos significa, também, aquecimento atmosférico do globo terrestre e/ou vice-versa (Hansen 1990), uma relação causa / efeito. Para ilustrar esta relação, levantamos os dados de temperatura do ar das últimas décadas na região de Abrolhos, disponíveis no Banco Nacional de Dados (BNDO) da DHN (Fig. 56), para comparar com os dados da temperatura da água desta mesma região (ver figura 55). Observa-se que há uma estreita relação entre as temperaturas mais elevadas do ar e da água, na década de oitenta, assim como uma coincidência da temperatura elevada do ar durante o verão 1997/1998 com as anomalias térmicas da temperatura da água neste mesmo período.



Figura 56 - Gráfico ilustrativo da variação da temperatura do ar (em graus centígrados) na região de Abrolhos, durante quatro décadas. Dados obtidos do Banco Nacional de Dados (BNDO) da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Ministério da Marinha do Brasil. (Gráfico preparado por M. Oliveira)



Em todos os registros de branqueamento de corais nos recifes da costa do Estado da Bahia, anteriores e durante este projeto, assim como durante os estudos com os corais presentes nas poças intermareais do topo do recife de Guarajuba, no litoral norte do estado da Bahia, não foi observada mortalidade em massa de corais associada ao fenômeno.

Há referências na literatura de que o aumento da temperatura da água do mar tem efeito mais rápido sobre as zooxantelas do que sobre os corais e de que diferentes espécies de corais zooxantelados além de receberem nutrientes a partir da sua relação autotrófica com as algas simbiotes, eles por serem, também, heterotróficos, podem resistir de formas diferentes, por algum tempo, se alimentando, apenas, do zooplâncton (Szmant 1990, Grottoli 2002; Grottoli *et al.* 2006; Pallardy *et al.* 2006). Pode-se encontrar diferentes padrões de branqueamento entre colônias da mesma espécie, entre espécies diferentes no mesmo recife e entre recifes numa mesma região (Brown 1997; Huppert & Stone 1998; Spencer *et al.* 2000). Não há, ainda, explicações conclusivas para a ocorrência de todos estes fatos, mas a natureza variável do estresse juntamente com as variações na espécie de zooxantelas e na sua densidade populacional nas colônias, podem responder pela adaptação de uma determinada espécie de coral ao estresse térmico, e esclarecer a variabilidade do branqueamento num único recife (Rowan *et al.* 1997).



Nos recifes de coral do estado da Bahia, estão registradas 17 espécies de corais escleractínios com o maior número de ocorrência na região de Abrolhos (Laborel 1970; Belém *et al.* 1986; Castro 1994, Leão *et al.* 2003). Até o momento já foi registrada a ocorrência de branqueamento em nove espécies de corais zooxantelados: *Mussismilia braziliensis*, *M. hispida*, *M. harttii*, *Siderastrea stellata*, *Montastrea cavernosa*, *Agaricia agaricites*, *Porites astreoides*, *P. branneri* e *Favia gravida*, e nas três espécies de hidróides calcários: *Millepora alcicornis*, *M. nítida* e *M. braziliensis*. As variações encontradas entre a intensidade de branqueamento nas espécies presentes nos recifes estudados dependem da presença das espécies dominantes em determinados recifes, como por exemplo, em Abrolhos a espécie *Mussismilia braziliensis* domina, enquanto que ela é quase ausente nos recifes do litoral norte e na Baía de Todos os Santos. Nos recifes da Baía de Todos os Santos as espécies mais comuns são *Siderastrea stellata* e *Montastrea cavernosa*. As espécies *A. agaricites*, *P. astreoides*, *P. branneri* e *F. gravida* são corais que apresentam uma frequência mais baixa nos recifes monitorados, o hidróide calcário *M. alcicornis* ocorre em todos os recifes estudados, porém as outras duas espécies *M. nítida* e *M. braziliensis* tem frequência maior em Abrolhos e são muito raras no litoral norte. Todas as espécies referidas apresentaram graus diferenciados de branqueamento.

3.2 - Projetos em andamento dando continuidade aos estudos sobre branqueamento dos corais nos recifes do estado da Bahia

Vários projetos estão sendo elaborados dando continuidade aos estudos sobre o branqueamento dos corais dos recifes da Bahia, para podermos melhor compreender os processos ambientais operantes durante o fenômeno. Estes trabalhos dizem respeito a pesquisas para elaboração de tese de doutorado, dissertações de mestrado, monografias de bacharelado e para treinamento de estudantes em iniciação científica. São eles:

- Tese de Doutorado da aluna Marília de Dirceu Machado de Oliveira que está estudando as estratégias de crescimento dos corais relacionadas com as variações climáticas na região de Abrolhos em escalas decadal e/ou secular;
- Dissertação de Mestrado da aluna Carolina de Almeida Poggio que está desenvolvendo uma pesquisa sobre o branqueamento do coral endêmico *Siderastrea sp* das poças intermareias do topo dos recifes costeiros da praia de Guarajuba, no litoral norte da Bahia, avaliado através da densidade e do tamanho das algas simbiotes zooxantelas;
- Dissertação de Mestrado da aluna Alephidaleth Lordello que irá iniciar uma pesquisa sobre a avaliação do potencial de indicador de poluição ambiental, por metais pesados, no coral *Siderastrea stellata* dos recifes da Baía de Todos os Santos, particularmente relacionado ao fenômeno do branqueamento;
- Projetos de Iniciação Científica para alunos de graduação:



- a) Aluno Eduardo Marocci Chaves – Avaliação do crescimento linear (Esclerocronologia) do esqueleto dos corais do complexo *Siderastrea* e da espécie *Montastrea cavernosa* nos recifes da Baía de Todos os Santos para verificar se o branqueamento afeta o crescimento das colônias;
- b) Aluno Lucas Cabral Bezerra – Análise das estruturas diagnósticas associadas ao esqueleto das colônias adultas do coral *Mussismilia hispida*, visando a compreensão da variabilidade da espécie, sobretudo no que se refere à sobreposição das características morfológicas junto às congêneres *M. braziliensis* e *M. harttii*, e verificar se há relação das formas variantes com a inconstância do ambiente, particularmente com o fenômeno de branqueamento;

Aluno Pedro Meirelles – Avaliação do comportamento do branqueamento nas espécies do complexo *Siderastrea* e da espécie *Montastrea cavernosa*, na Baía de Todos os Santos, ao longo de um ano, e verificar qual é a relação que existe entre sua ocorrência e a variação dos parâmetros físico-químicos da água do mar (temperatura, salinidade, pH e nutrientes).



4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAMOVITCH-GOTTLIB, L., KATOSHEVSKI, D., VAGO, R. 2002. A computerized tank system for studying the effect of temperature on calcification of reef organisms. *J. Biochem. Biophys. Methods* 50:245-252.
- ARONSON, R.B., SWANSON, D.W. 1997. Video surveys: Uni - and multivariate applications. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym.* 2: 1441-1446.
- BARNES, D.J.; Chalker, B.E., 1990. Calcification and photosynthesis in reef-building corals and algae. In: Z. Dubinsky (Ed.) *Coral reefs*, Elsevier, p. 109-131.
- BELÉM, M.J.C., ROLHFS, C., PIRES, D.O., CASTRO, C.B. 1986. S.O.S. Corais. *Rev. Ciência Hoje.* 5:34-42.
- BROWN, B.E. 1997. Coral bleaching: causes and consequences *16:129-138.*
- BROWN, B.E., OGDEN, J.C. 1993. Coral bleaching – environmental stress can cause irreparable harm to coral reefs. *Scientific America Frontiers* :64-70.
- BROWN B.E., DUNNE, R.P., AMBARSARI, I., Le TESSIER, M.D.A., SATAPOOMIN, U. 1999. Seasonal fluctuations in environmental factors and variations in symbiotic algae and chlorophyll pigments in four Indo-Pacific coral species. *Mar. Ecol. Progress Ser.* 91:53-69.
- CARLETON, J.H., DONE, T.J. 1995. Quantitative video sampling of coral reef benthos: large-scale application. *Coral Reefs* 14: 35-46.
- CASTRO, C.B. 1994. Corals of Southern Bahia. In: B. Hetzel & C.B. Castro (Eds.) *Corals of Southern Bahia*. P. 161-176. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro.
- CASTRO, C.B., PIRES, D.O., 1999. A bleaching event on a Brazilian coral reef. *Rev. Bras. Oceanogr.* 47(1):87-90.
- COSTA ,C.F. 2001. Zooxantelas (dinoflagelados simbióticos) hospedados por corais (Cnidária, Scleractinia) dos recifes do Picãozinho, João pessoa, Paraíba, Brasil. Dissertação de Mestrado em Zoologia, UFPA. 89 pp.
- COSTA, C.F., AMARAL, F.M.D., 2002. Density and size differences in zooxanthellae from five reef-building coral species from Brazil. *Proceed. 9th Intern. Coral Reef Symp.* 1:159-162.
- COSTA, C.F., AMARAL, F.M.D., SASSI, R. 2001. Branqueamento em *Siderastrea stellata* (Cnidária, Scleractinia) da praia de Gaibu, Pernambuco, Brasil. *Ver. Nordestina de Biologia* 15:15-22.
- COSTA, C.F., SASSI, R., AMARAL, F.M.D., 2005. Annual cycle of symbiotic dinoflagellates from three species of scleractinian corals from coastal reefs of northeastern Brazil. *Coral Reefs*, 24:191-193.
- COSTA Jr. O.S., LEÃO, Z.M.A.N., NIMMO, M., ATRILL, M. 2000. Nutrifcation impacts on coral reefs from Northern Bahia, Brazil. *Hydrobiology* 440:307-316.
- CRUZ, I.C., 2005. Avaliação do esforço amostral na aplicação do método do vídeo-transécto para monitoramento dos recifes de coral dos Itacolomís, Bahia. Monografia de Bacharelado, Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia. 35 p.



- DUSTAN, P. 1979. Distribution of zooxanthellae and photosynthetic chloroplasts pigments of the reef-building coral *Montastrea annularis* Ellis and Solander, in relation to depth on a West Indian coral reef. *Bull. Mar. Sci.* 29:79-95.
- DUTRA, L.X.C., 2000. O branqueamento de corais hermatípicos no litoral norte da Bahia associado ao evento El-Niño 1998. Monografia de Bacharelado. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, 78p.
- DUTRA, L.X.C., KIKUCHI, R.K.P., LEÃO, Z.M.A.N., 2000. Thirteen months monitoring coral bleaching on Bahia's north coast, Brazil. *Proc. 9th Int. Coral Reef Symp.*, Bali, p. 373.
- FAGOONEE, I., WILSON, H.B., HASSEL, M.P., TURNER, J.F. 1999. The dynamic of zooxanthellae populations: a long-term study in the field. *Science* 283:843-845.
- 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. Ocanogr.* 45:677-685.
- GINSBURG R. N., KRAMER P., LANG J.C., SALE P. & STENECK R. S. 1998. AGRRA, Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment. (on line). Disponível na internet via <http://www.coral.noaa.gov/agrra/method/methodhome.htm>.
- GLYNN, P.W., 1990. (Ed.) Global ecological consequences of the 1982-1983 El-Niño Southern Oscillations Elsevier Oceanography Series, 52, 563p.
- GLYNN, P.W., 1993. Coral reef bleaching: ecological perspective. *Coral Reefs* 12:1-17.
- GLYNN, P.W. 1996. Coral Reef bleaching: facts, hypothesis and implications. *Global changes Biol.* 2(6):495-590.
- GLYNN, P.W., DCROZ, L., 1990. Experimental evidence for high temperature stress as the cause of El Niño coincident coral mortality. *Coral Reefs* 8:181-191.
- GLYNN, P.W., MATÉ, J.L., BAKER, A.C., CALDERON, M.O. 2001. Coral bleaching and mortality in Panama and Ecuador during the 1997-1998 El-Niño Southern Oscillation event: spatial / temporal patterns and comparison with the 1982-1983 event. *Bull. Mar. Sci.* 69 (1):79-109.
- GOREAU, T.J., HAYES, R.L. 1994. Coral bleaching and ocean hotspots. *Ambio* 23(3):176-180.
- GOREAU, T.J., MACFARLANE, A.H., 1990. Reduced growth rate of *Montastrea annularis* following the 1987-88 coral-bleaching event. *Coral Reefs* 8:101-107.
- GROTTOLI A.G. 2002. Effect of light and brine shrimp on skeletal ¹³C in the Hawaiian coral *Porites compressa*: a tank experiment. *Geoch. et Cosmoch. Acta.* 66(11):1955-1967.
- GROTTOLI A.G., RODRIGUES, L.J., PALLARDY, J.E. 2006. Heterotrophic plasticity and resilience in bleached corals. *Nature* 440: 1186-1189.
- HANSEN, D.W. 1990. Physical aspects of the El-Niño event of 1982-1983. In: P.W. Glynn (Ed.) Global ecological consequences of the 1982-1983 El-Niño Southern Oscillation. Elsevier, p.1-20.
- HOEGH-GULDBERG, O. 1999. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and Fresh water Res.* 50(8):839-866.



- HUPPER, A., STONE, L. 1998. Chaos in the Pacific's coral reef bleaching cycle. *American Naturalist* 152(3):447-459.
- JOKIEL, P.L., COLES, S.L. 1990. Response of Hawaiian and other Indo-Pacific reef corals to elevated temperature. *Coral Reefs* 8:155-162.
- KIKUCHI, R.K.P. 2000. Modificações na comunidade de corais construtores dos recifes da costa norte da Bahia durante a regressão holocênica. Tese de doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 148 p.
- KIKUCHI R. K. P., LEÃO Z. M. A. N., TESTA V., DUTRA L. X. C. & SPANÓ S. 2003a. Rapid assessment of Abrolhos reefs, eastern Brazil (Part 1: stony corals and algae) *Atoll Research Bulletin*, 496: 172 – 188.
- KIKUCHI, R.K.P., LEÃO, Z.M.A.N., OLVEIRA, M.D.M., DUTRA, L.X.C., CRUZ, I.C. 2003b. Branqueamento de corais nos recifes da Bahia associado aos efeitos do El-Niño. 2003b. IX Congr. Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA). Resumo Expandido. Cd-Rom.
- LABOREL, J.L., 1970. Madreporaires et hydrocoralliaires recifaux des cotes brasiiliennes. Systematique, ecologie, repartition verticale et geographie. *Annales de l'Institut Oceanographique de Paris* 47:171-229.
- LEÃO, Z.M.A.N., KIKUCHI, R.K.P., TESTA, V. 2003. Corals and Coral Reefs of Brazil. In: J. Cortês (Ed.) *Latin America Coral Reefs*. Elsevier Publisher, Amsterdam, p. 9-52.
- MIGOTTO, A.E., 1997. Anthozoan bleaching on the southeastern coast of Brazil in the summer of 1994. Intern. Conference on Coelenterate Biology, 6. Leuvenhorst, 1995. *Proc. ICCB*, p. 329-335.
- MOORE, C.G., HARRIES, D.B., LYNDON, A.R., SAUNDERS, G.R., CONWAY, T.R. 2003. Quantification of serpulid biogenic reef coverage of the sea bed (Polychaeta: Serpulidae) using a video transect technique. *Aquatic Conserv: Mar. Fresh Water. Ecosystem*. 13:137-146.
- MULLER-PARKER, G.; D'ELIA, S.F. 1997. In: C. Bikerland (Ed.) *Life and depth of coral reefs*. Chapman and Hall, N.Y., p. 96-103.
- OLIVEIRA, M.D.M., LEÃO, Z.M.A.N., KIKUCHI, R.K.P., 2003. Avaliação do efeito da luz no crescimento de *Millepora alcicornis* em experimentos em aquário. Resumos X Congr. Latinoamericano de Ciencias del Mar (XCOLACMAR), p. 289.
- 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. Abstract 10th Intern. Coral Reef Symp. , Okinawa, Japão, p. 406.
- PAGE, C., COLEMAN, G., NINIO, R., OSBORNE, K. 2001. Surveys of benthic reef communities using underwater video. Long -term Monitoring of the Great Barrier Reef Standard Operational Procedure Number 2. Australian Institute of Marine Sciences, Townsville, 45p.
- PALLARDY, J.E., GROTTOLI, A.G., MATTHWS, K.A. 2006. Effect of naturally changing zooplankton concentrations on feeding rates of two coral species in the Eastern Pacific. *Jour. Experimental Mar. Biol. and Ecol.* 333(1):99-107.



- ROWAN, R., KNOWLTON, N., BAKER, A. JARA, J. 1997. Landscape ecology of algal symbionts creates variation within episodes of coral bleaching. *Nature* 388(6639):265-269.
- SANTA-ISABEL, L.M., LEÃO, Z.M.A.N., PESO-AGUIAR, M.C. 2000. Polychaetes from Guarajuba coral reefs, Bahia, Brazil. *Bull. Mar.Sci.* 67(1):645-653.
- SPANÓ, S. 2004. Diagnóstico do estado de conservação dos recifes em franja do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos. Dissertação de Mestrado, curso de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 89p.
- SPENCER, T., TELECKI, K.A., BRADSHAW, C., SPALDING, M.D. 2000. Coral bleaching in the Southwestern Seychelles during the 1997-1998 Indian Ocean warming event. *Mar. Poll. Bull.* 40(&):569-586.
- STIMSON, J. 1997. The annual cycle of density of zooxanthellae in the tissue of field and laboratory-held *Pocillopora damicornis* (Linnaeus). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 214: 35-48.
- SZMANT, A.M., GASSMAN N.J., 1990. The effects of prolonged bleaching on the tissue biomass and reproduction of the reef coral *Montastrea annularis*. *Coral Reefs*, 8: 90-98.
- WILKINSON, C. LAUDEN O., CESAR, H., HODGSON, G., RUBENS, J., STRONG, A. 1999. Ecological and socioeconomic impacts of 1998 coral mortality in the Indian Ocean. An ENSO impact and a warning of future change? *Ambio* 28:188-196.



ANEXOS



Anexo 1

Dados para cálculo da densidade das zooxantelas nas colônias dos corais das poças do topo do recife de Guarajuba, e durante os experimentos em aquários usando 2 quadrados, etapas 1, 2 e 3.



Cálculo da Densidade de Zooxantelas (2 Quadrados) Etapa 1

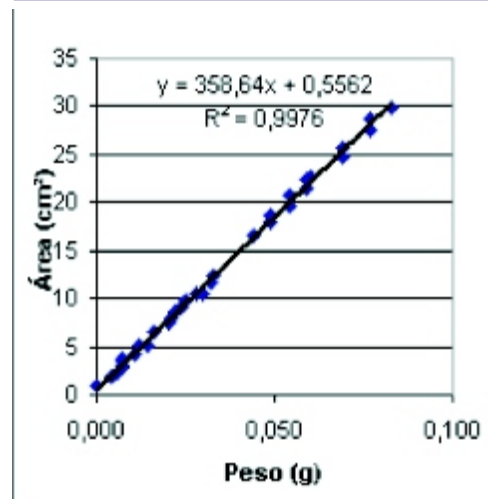
CALIBRAÇÃO DO PAPEL DE ALUMÍNIO						
LADO_1 quadrado (cm)	LADO_2 quadrado (cm)	LADO_3 quadrado (cm)	LADO_4 quadrado (cm)	MÉDIA_1 e 3	MÉDIA_2 e 4	Peso do quadrado (g)
2,238	2,288	2,244	2,258	2,241	2,273	0,014
4,486	4,394	4,430	4,348	4,458	4,371	0,054
2,284	2,254	2,280	2,258	2,282	2,256	0,012
3,526	3,518	3,510	3,520	3,518	3,519	0,033
4,738	4,744	4,726	4,730	4,732	4,737	0,059
1,508	1,550	1,404	1,530	1,456	1,540	0,006
4,236	4,230	4,254	4,222	4,245	4,226	0,049
3,300	3,242	3,230	3,208	3,265	3,225	0,030
4,286	4,292	4,362	4,308	4,324	4,300	0,049
1,814	1,860	1,844	1,874	1,829	1,867	0,007
4,548	4,596	4,530	4,586	4,539	4,591	0,054
1,322	1,310	1,348	1,362	1,335	1,336	0,004
3,040	3,022	3,042	3,026	3,041	3,024	0,024
2,066	2,024	2,034	2,020	2,050	2,022	0,011
1,736	1,762	1,744	1,716	1,740	1,739	0,007
2,800	2,836	2,806	2,808	2,803	2,822	0,021
4,142	4,008	4,106	4,000	4,124	4,004	0,044
0,906	1,030	0,806	1,040	0,856	1,035	0,000
4,592	4,658	4,606	4,662	4,599	4,660	0,059
2,724	2,746	2,744	2,750	2,734	2,748	0,020
1,916	1,910	1,942	1,910	1,929	1,910	0,007
2,538	2,572	2,542	2,542	2,540	2,557	0,016
3,266	3,222	3,300	3,222	3,283	3,222	0,028
2,952	2,936	2,984	2,956	2,968	2,946	0,022
1,644	1,670	1,648	1,644	1,646	1,657	0,007
3,128	3,142	3,148	3,146	3,138	3,144	0,025
3,412	3,452	3,388	3,472	3,400	3,462	0,032
4,728	4,870	4,696	4,726	4,712	4,798	0,060
5,026	4,914	5,016	4,900	5,021	4,907	0,069
5,352	5,340	5,478	5,272	5,415	5,306	0,077
5,040	5,142	5,000	5,078	5,020	5,110	0,069
5,458	5,446	5,452	5,500	5,455	5,473	0,083
5,160	5,296	5,216	5,276	5,188	5,286	0,077



Cálculo da Densidade de Zooxantelas (2 Quadrados) Etapa 2

QUADRADO	Peso (g)	Média Lados_1 e 3	Média Lados_2 e 4	Área (cm ²)
1	0,014	2,241	2,273	5,094
2	0,054	4,458	4,371	19,486
3	0,012	2,282	2,256	5,148
4	0,033	3,518	3,519	12,380
5	0,059	4,732	4,737	22,415
6	0,006	1,456	1,540	2,242
7	0,049	4,245	4,226	17,939
8	0,030	3,265	3,225	10,530
9	0,049	4,324	4,300	18,593
10	0,007	1,829	1,867	3,415
11	0,054	4,539	4,591	20,839
12	0,004	1,335	1,336	1,784
13	0,024	3,041	3,024	9,196
14	0,011	2,050	2,022	4,145
15	0,007	1,740	1,739	3,026
16	0,021	2,803	2,822	7,910
17	0,044	4,124	4,004	16,512
18	0,000	0,856	1,035	0,886
19	0,059	4,599	4,660	21,431
20	0,020	2,734	2,748	7,513
21	0,007	1,929	1,910	3,684
22	0,016	2,540	2,557	6,495
23	0,028	3,283	3,222	10,578
24	0,022	2,968	2,946	8,744
25	0,007	1,646	1,657	2,727
26	0,025	3,138	3,144	9,866
27	0,032	3,400	3,462	11,771
28	0,060	4,712	4,798	22,608
29	0,069	5,021	4,907	24,638

Conversão		
Amostras	Peso (g)	Área (cm ²)
<i>Siderastrea</i> 1	0,025	8,4098
<i>Siderastrea</i> 2	0,031	10,562
<i>Siderastrea</i> 3	0,027	9,1271
<i>Siderastrea</i> 4	0,024	8,0512
<i>Siderastrea</i> 5	0,036	12,355
<i>Siderastrea</i> 6	0,025	8,4098
<i>Siderastrea</i> 7	0,022	7,3339
<i>Siderastrea</i> 8	0,016	5,182
<i>Siderastrea</i> 9	0,030	10,203
<i>Siderastrea</i> 10	0,017	5,5407
<i>Siderastrea</i> 11	0,015	4,8234
<i>Siderastrea</i> 12	0,013	4,1061
<i>Siderastrea</i> 13	0,016	5,182
<i>Siderastrea</i> 14	0,018	5,8993
<i>Siderastrea</i> 15	0,013	4,1061
<i>Siderastrea</i> 16	0,026	8,7684
<i>Siderastrea</i> 17	0,014	4,4648
<i>Siderastrea</i> 18	0,015	4,8234
<i>Siderastrea</i> A	0,013	4,1061
<i>Siderastrea</i> B	0,012	3,7475





Cálculo da Densidade das Zooxantelas (2 Quadrados) Etapa 3

Espécie	Lâmina	Volume filtrado	# zoox.	Cálculo F.Rosenthal	Zoox X Vol	Área coral	Zoox./cm2	Média	Desv Padrão
<i>Siderastrea</i> 1	1	94	8	20000	1880000	8,4098	223548,7	509970,5	207078,15
Outono	2	94	25	62500	5875000	8,4098	698589,7		
	3	94	22	55000	5170000	8,4098	614759,0		
	4	94	18	45000	4230000	8,4098	502984,6		
<i>Siderastrea</i> 2	1	79	28	70000	5530000	10,56164	523592,9	649816,2	523898,93
Outono	2	79	15	37500	2962500	10,56164	280496,2		
	3	79	20	50000	3950000	10,56164	373994,9		
	4	79	76	190000	15010000	10,56164	1421180,8		
<i>Siderastrea</i> 3	1	92	28	70000	6440000	9,12708	705592,6	1077288,7	396512,32
Outono	2	92	40	100000	9200000	9,12708	1007989,4		
	3	92	65	162500	14950000	9,12708	1637982,8		
	4	92	38	95000	8740000	9,12708	957589,9		
<i>Siderastrea</i> 4	1	70	18	45000	3150000	8,05116	391248,0	554268,0	121020,92
Outono	2	70	31	77500	5425000	8,05116	673815,9		
	3	70	25	62500	4375000	8,05116	543400,0		
	4	70	28	70000	4900000	8,05116	608608,0		
<i>Siderastrea</i> 5	1	94	34	85000	7990000	12,35484	646710,1	622934,0	89721,34
Outono	2	94	26	65000	6110000	12,35484	494543,0		
	3	94	34	85000	7990000	12,35484	646710,1		
	4	94	37	92500	8695000	12,35484	703772,8		
<i>Siderastrea</i> 6	1	75	20	50000	3750000	8,4098	445908,3	540663,9	269011,86
Outono	2	75	42	105000	7875000	8,4098	936407,5		
	3	75	15	37500	2812500	8,4098	334431,3		
	4	75	20	50000	3750000	8,4098	445908,3		
<i>Siderastrea</i> 7	1	79	13	32500	2567500	7,33388	350087,5	356820,0	146472,76
Outono	2	79	10	25000	1975000	7,33388	269298,1		
	3	79	9	22500	1777500	7,33388	242368,3		
	4	79	21	52500	4147500	7,33388	565526,0		
<i>Siderastrea</i> 8	1	76	4	10000	760000	5,18204	146660,4	91662,7	36665,10
Outono	2	76	2	5000	380000	5,18204	73330,2		
	3	76	2	5000	380000	5,18204	73330,2		
	4	76	2	5000	380000	5,18204	73330,2		
<i>Siderastrea</i> 9	1	88	24	60000	5280000	10,203	517494,9	700774,3	275288,83
Outono	2	88	51	127500	11220000	10,203	1099676,6		
	3	88	31	77500	6820000	10,203	668430,9		
	4	88	24	60000	5280000	10,203	517494,9		
<i>Siderastrea</i> 10	1	73	47	117500	8577500	5,54068	1548095,2	1572798,8	150641,99
Inverno	2	73	54	135000	9855000	5,54068	1778662,5		
	3	73	47	117500	8577500	5,54068	1548095,2		
	4	73	43	107500	7847500	5,54068	1416342,4		
<i>Siderastrea</i> 11	1	72	31	77500	5580000	4,8234	1156860,3	1614006,7	342534,39
Inverno	2	72	43	107500	7740000	4,8234	1604677,2		
	3	72	46	115000	8280000	4,8234	1716631,4		
	4	72	53	132500	9540000	4,8234	1977857,9		
<i>Siderastrea</i> 12	1	102	15	37500	3825000	4,10612	931536,3	1645714,2	542582,34
Inverno	2	102	36	90000	9180000	4,10612	2235687,2		
	3	102	26	65000	6630000	4,10612	1614663,0		
	4	102	29	72500	7395000	4,10612	1800970,3		

(Cont.)



<i>Siderastrea</i> 13	1	76	63	157500	11970000	5,18204	2309901,1	2264069,7	313087,87	
Inverno	2	76	58	145000	11020000	5,18204	2126575,6			
	3	76	73	182500	13870000	5,18204	2676552,1			
	4	76	53	132500	10070000	5,18204	1943250,1			
<i>Siderastrea</i> 14	1	89	25	62500	5562500	5,89932	942905,3	1282351,2	347043,80	
	2	89	36	90000	8010000	5,89932	1357783,6			
	3	89	29	72500	6452500	5,89932	1093770,1			
	4	89	46	115000	10235000	5,89932	1734945,7			
<i>Siderastrea</i> 15	1	116	29	72500	8410000	4,10612	2048162,3	1730344,0	409794,78	
	Inverno	2	116	26	65000	7540000	4,10612	1836283,4		
		3	116	16	40000	4640000	4,10612	1130020,6		
		4	116	27	67500	7830000	4,10612	1906909,7		
<i>Siderastrea</i> 16	1	85	30	75000	6375000	8,76844	727039,2	1060265,6	276582,99	
	Inverno	2	85	55	137500	11687500	8,76844	1332905,3		
		3	85	39	97500	8287500	8,76844	945151,0		
		4	85	51	127500	10837500	8,76844	1235966,7		
<i>Siderastrea</i> 17	1	83	8	20000	1660000	4,46476	371800,5	511225,7	189733,65	
	Inverno	2	83	17	42500	3527500	4,46476	790076,1		
		3	83	9	22500	1867500	4,46476	418275,6		
		4	83	10	25000	2075000	4,46476	464750,6		
<i>Siderastrea</i> 18	1	110	29	72500	7975000	4,8234	1653398,0	1610637,7	126419,71	
	Inverno	2	110	27	67500	7425000	4,8234	1539370,6		
		3	110	31	77500	8525000	4,8234	1767425,5		
		4	110	26	65000	7150000	4,8234	1482356,8		
<i>Siderastrea</i> A Aquário	1	135	10	25000	3375000	4,10612	821943,8	945235,4	142364,85	
	2	135	11	27500	3712500	4,10612	904138,2			
	3	135	14	35000	4725000	4,10612	1150721,4			
	4	135	11	27500	3712500	4,10612	904138,2			
<i>Siderastrea</i> B Aquário	1	137	15	37500	5137500	3,74748	1370921,3	1096737,0	223870,50	
	2	137	12	30000	4110000	3,74748	1096737,0			
	3	137	12	30000	4110000	3,74748	1096737,0			
	4	137	9	22500	3082500	3,74748	822552,8			



Anexo 2

Dados para cálculo da densidade das zooxantelas nas colônias dos corais das poças do topo do recife de Guarajuba, e durante os experimentos em aquários usando 4 quadrados, etapas 1, 2 e 3.



Cálculo da Densidade de Zooxantelas (4 Quadrados) - Etapa 1

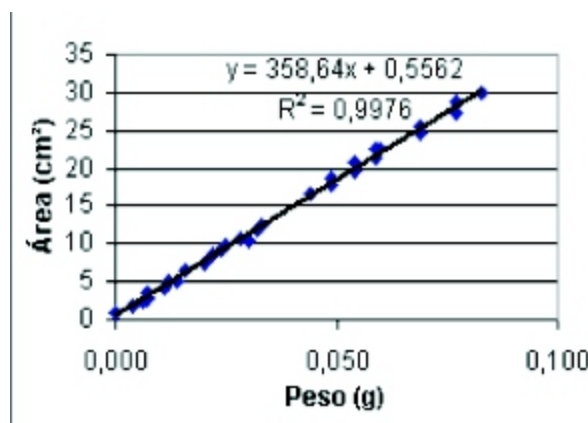
Calibração do Papel de Alumínio						
LADO_1 quadrado (cm)	LADO_2 quadrado (cm)	LADO_3 quadrado (cm)	LADO_4 quadrado (cm)	MÉDIA_1 e 3	MÉDIA_2 e 4	Peso do quadrado (g)
2,238	2,288	2,244	2,258	2,241	2,273	0,014
4,486	4,394	4,430	4,348	4,458	4,371	0,054
2,284	2,254	2,280	2,258	2,282	2,256	0,012
3,526	3,518	3,510	3,520	3,518	3,519	0,033
4,738	4,744	4,726	4,730	4,732	4,737	0,059
1,508	1,550	1,404	1,530	1,456	1,540	0,006
4,236	4,230	4,254	4,222	4,245	4,226	0,049
3,300	3,242	3,230	3,208	3,265	3,225	0,030
4,286	4,292	4,362	4,308	4,324	4,300	0,049
1,814	1,860	1,844	1,874	1,829	1,867	0,007
4,548	4,596	4,530	4,586	4,539	4,591	0,054
1,322	1,310	1,348	1,362	1,335	1,336	0,004
3,040	3,022	3,042	3,026	3,041	3,024	0,024
2,066	2,024	2,034	2,020	2,050	2,022	0,011
1,736	1,762	1,744	1,716	1,740	1,739	0,007
2,800	2,836	2,806	2,808	2,803	2,822	0,021
4,142	4,008	4,106	4,000	4,124	4,004	0,044
0,906	1,030	0,806	1,040	0,856	1,035	0,000
4,592	4,658	4,606	4,662	4,599	4,660	0,059
2,724	2,746	2,744	2,750	2,734	2,748	0,020
1,916	1,910	1,942	1,910	1,929	1,910	0,007
2,538	2,572	2,542	2,542	2,540	2,557	0,016
3,266	3,222	3,300	3,222	3,283	3,222	0,028
2,952	2,936	2,984	2,956	2,968	2,946	0,022
1,644	1,670	1,648	1,644	1,646	1,657	0,007
3,128	3,142	3,148	3,146	3,138	3,144	0,025
3,412	3,452	3,388	3,472	3,400	3,462	0,032
4,728	4,870	4,696	4,726	4,712	4,798	0,060
5,026	4,914	5,016	4,900	5,021	4,907	0,069
5,352	5,340	5,478	5,272	5,415	5,306	0,077
5,040	5,142	5,000	5,078	5,020	5,110	0,069
5,458	5,446	5,452	5,500	5,455	5,473	0,083
5,160	5,296	5,216	5,276	5,188	5,286	0,077



Cálculo da Densidade de Zooxantelas (4 Quadrados) Etapa 2

QUADRADO	Peso (g)	Médias Lados_1 e 3	Média Lados_2 e 4	Área(cm ²)
1	0,014	2,241	2,273	5,094
2	0,054	4,458	4,371	19,486
3	0,012	2,282	2,256	5,148
4	0,033	3,518	3,519	12,380
5	0,059	4,732	4,737	22,415
6	0,006	1,456	1,540	2,242
7	0,049	4,245	4,226	17,939
8	0,030	3,265	3,225	10,530
9	0,049	4,324	4,300	18,593
10	0,007	1,829	1,867	3,415
11	0,054	4,539	4,591	20,839
12	0,004	1,335	1,336	1,784
13	0,024	3,041	3,024	9,196
14	0,011	2,050	2,022	4,145
15	0,007	1,740	1,739	3,026
16	0,021	2,803	2,822	7,910
17	0,044	4,124	4,004	16,512
18	0,000	0,856	1,035	0,886
19	0,059	4,599	4,660	21,431
20	0,020	2,734	2,748	7,513
21	0,007	1,929	1,910	3,684
22	0,016	2,540	2,557	6,495
23	0,028	3,283	3,222	10,578
24	0,022	2,968	2,946	8,744
25	0,007	1,646	1,657	2,727
26	0,025	3,138	3,144	9,866
27	0,032	3,400	3,462	11,771
28	0,060	4,712	4,798	22,608
29	0,069	5,021	4,907	24,638
30	0,077	5,415	5,306	28,732
31	0,069	5,020	5,110	25,652
32	0,083	5,455	5,473	29,855
33	0,077	5,188	5,286	27,424

Conversão		
Amostras	Peso (g)	Área (cm ²)
Siderastrea 1	0,025	8,4098
Siderastrea 2	0,031	10,5616
Siderastrea 3	0,027	9,12708
Siderastrea 4	0,024	8,05116
Siderastrea 5	0,036	12,3548
Siderastrea 6	0,025	8,4098
Siderastrea 7	0,022	7,33388
Siderastrea 8	0,016	5,18204
Siderastrea 9	0,030	10,203
Siderastrea 10	0,017	5,54068
Siderastrea 11	0,015	4,8234
Siderastrea 12	0,013	4,10612
Siderastrea 13	0,016	5,18204
Siderastrea 14	0,018	5,89932
Siderastrea 15	0,013	4,10612
Siderastrea 16	0,026	8,76844
Siderastrea 17	0,014	4,46476
Siderastrea 18	0,015	4,8234
Siderastrea A	0,013	4,10612
Siderastrea B	0,012	3,74748





Cálculo da Densidade das Zooxantelas (4 Quadrados) Etapa 3

Espécie	Lâmina	Volume filtrado	# zoox	Cálculo F.Rosenthal	Zoox X Vol	Área coral	Zoox./cm2	Média	Desv Padrão	
<i>Siderastrea</i> 1	1	94	12	15000	1410000	8,4098	167661,5	530928,2	255853,03	
Outono	2	94	42	52500	4935000	8,4098	586815,4			
	3	94	43	53750	5052500	8,4098	600787,2			
	4	94	55	68750	6462500	8,4098	768448,7			
<i>Siderastrea</i> 2	1	79	44	55000	4345000	10,56164	411394,4	542292,7	312533,89	
Outono	2	79	42	52500	4147500	10,56164	392694,7			
	3	79	38	47500	3752500	10,56164	355295,2			
	4	79	108	135000	10665000	10,56164	1009786,4			
<i>Siderastrea</i> 3	1	92	114	142500	13110000	9,12708	1436384,9	1244236,9	262765,90	
Outono	2	92	77	96250	8855000	9,12708	970189,8			
	3	92	119	148750	13685000	9,12708	1499384,2			
	4	92	85	106250	9775000	9,12708	1070988,7			
<i>Siderastrea</i> 4	1	70	35	43750	3062500	8,05116	380380,0	573287,0	151730,92	
Outono	2	70	55	68750	4812500	8,05116	597740,0			
	3	70	69	86250	6037500	8,05116	749891,9			
	4	70	52	65000	4550000	8,05116	565136,0			
<i>Siderastrea</i> 5	1	94	72	90000	8460000	12,35484	684751,9	668108,6	100761,34	
Outono	2	94	66	82500	7755000	12,35484	627689,2			
	3	94	59	73750	6932500	12,35484	561116,1			
	4	94	84	105000	9870000	12,35484	798877,2			
<i>Siderastrea</i> 6	1	75	38	47500	3562500	8,4098	423612,9	470990,7	109366,92	
Outono	2	75	55	68750	5156250	8,4098	613124,0			
	3	75	32	40000	3000000	8,4098	356726,7			
	4	75	44	55000	4125000	8,4098	490499,2			
<i>Siderastrea</i> 7	1	79	25	31250	2468750	7,33388	336622,6	380383,6	152882,52	
Outono	2	79	17	21250	1678750	7,33388	228903,4			
	3	79	27	33750	2666250	7,33388	363552,4			
	4	79	44	55000	4345000	7,33388	592455,8			
<i>Siderastrea</i> 8	1	76	7	8750	665000	5,18204	128327,8	91662,7	29936,93	
Outono	2	76	3	3750	285000	5,18204	54997,6			
	3	76	5	6250	475000	5,18204	91662,7			
	4	76	5	6250	475000	5,18204	91662,7			
<i>Siderastrea</i> 9	1	88	129	161250	14190000	10,203	1390767,4	832843,3	390546,80	
Outono	2	88	74	92500	8140000	10,203	797804,6			
	3	88	59	73750	6490000	10,203	636087,4			
	4	88	47	58750	5170000	10,203	506713,7			
<i>Siderastrea</i> 10	1	73	108	135000	9855000	5,54068	1778662,5	1712786,2	246119,81	
Inverno	2	73	85	106250	7756250	5,54068	1399873,3			
	3	73	121	151250	11041250	5,54068	1992760,8			
	4	73	102	127500	9307500	5,54068	1679848,0			
<i>Siderastrea</i> 11	1	72	72	78	97500	7020000	4,8234	1455404,9	1432081,1	154148,95
Inverno	2	72	67	83750	6030000	4,8234	1250155,5			
	3	72	75	93750	6750000	4,8234	1399427,8			
	4	72	87	108750	7830000	4,8234	1623336,2			
<i>Siderastrea</i> 12	1	102	102	116	145000	14790000	4,10612	3601940,5	2918813,9	1313237,44
Inverno	2	102	51	63750	6502500	4,10612	1583611,8			
	3	102	142	177500	18105000	4,10612	4409272,0			
	4	102	67	83750	8542500	4,10612	2080431,2			

Cont.



Mudanças Climáticas Globais e o Branqueamento de Corais no Brasil

<i>Siderastrea</i> 13	1	76	138	172500	13110000	5,18204	2529891,7	2144908,2	289089,04
Inverno	2	76	107	133750	10165000	5,18204	1961582,7		
	3	76	120	150000	11400000	5,18204	2199905,8		
	4	76	103	128750	9785000	5,18204	1888252,5		
<i>Siderastrea</i> 14	1	89	56	70000	6230000	5,89932	1056053,9	1301209,3	254875,28
Inverno	2	89	66	82500	7342500	5,89932	1244635,0		
	3	89	66	82500	7342500	5,89932	1244635,0		
	4	89	88	110000	9790000	5,89932	1659513,3		
<i>Siderastrea</i> 15	1	116	54	67500	7830000	4,10612	1906909,7	1686202,5	300161,71
Inverno	2	116	42	52500	6090000	4,10612	1483152,0		
	3	116	39	48750	5655000	4,10612	1377212,6		
	4	116	56	70000	8120000	4,10612	1977536,0		
<i>Siderastrea</i> 16	1	85	136	170000	14450000	8,76844	1647955,6	1211732,1	301231,82
Inverno	2	85	94	117500	9987500	8,76844	1139028,2		
	3	85	79	98750	8393750	8,76844	957268,3		
	4	85	91	113750	9668750	8,76844	1102676,2		
<i>Siderastrea</i> 17	1	83	31	38750	3216250	4,46476	720363,5	650650,9	150596,41
Inverno	2	83	34	42500	3527500	4,46476	790076,1		
	3	83	28	35000	2905000	4,46476	650650,9		
	4	83	19	23750	1971250	4,46476	441513,1		
<i>Siderastrea</i> 18	1	110	70	87500	9625000	4,8234	1995480,4	1703285,0	202077,26
Inverno	2	110	55	68750	7562500	4,8234	1567877,4		
	3	110	59	73750	8112500	4,8234	1681904,9		
	4	110	55	68750	7562500	4,8234	1567877,4		
<i>Siderastrea</i> A	1	135	23	28750	3881250	4,10612	945235,4	1047978,4	108732,95
Aquário	2	135	24	30000	4050000	4,10612	986332,6		
	3	135	29	36250	4893750	4,10612	1191818,6		
	4	135	26	32500	4387500	4,10612	1068527,0		
<i>Siderastrea</i> B	1	137	30	37500	5137500	3,74748	1370921,3	1222404,8	125840,76
Aquário	2	137	28	35000	4795000	3,74748	1279526,5		
	3	137	24	30000	4110000	3,74748	1096737,0		
	4	137	25	31250	4281250	3,74748	1142434,4		



Anexo 3

Dados das anomalias térmicas das áreas de estudo para os anos de 2000 a 2005, coletados a partir dos mapas ilustrados nas imagens de satélite disponíveis na rede mundial INTERNET no portal:

<http://www.osdpd.noaa.gov/PSB/EPS/SST/climohot.html>



Anomalias térmicas na costa do estado da Bahia - ano 2000

	Abrolhos	Porto Seguro	Tinharé-Boipeba	BTS	Litoral Norte
2/12/2000	0	0	0	0	0
2/15/2000	0	0	0	0	0
2/19/2000	0	0	0	0	0
2/22/2000	0	0	0	0	0
2/26/2000	0	0	0	0	0
2/29/2000	0	0	0	0	0
3/4/2000	0	0	0	0	0
3/7/2000	0	0	0	0	0
3/11/2000	0	0	0	0	0
3/14/2000	0	0	0	0	0
3/18/2000	0	0	0	0	0
3/21/2000	0.25	0	0	0	0
3/25/2000	0	0	0	0	0
3/28/2000	0.25	0	0	0	0
4/1/2000	0.25	0	0	0	0
4/4/2000	0.25	0	0	0	0
4/8/2000	0.25	0.25	0.25	0	0.25
4/11/2000	0	0	0	0	0
4/15/2000	0	0	0	0	0
4/18/2000	0	0	0	0	0
4/22/2000	0	0	0	0	0
4/25/2000	0	0	0	0	0
4/29/2000	0	0	0	0	0
5/2/2000	0	0	0	0	0
5/6/2000	0	0	0	0	0
5/9/2000	0	0	0	0	0
5/13/2000	0	0	0	0	0
5/16/2000	0	0	0	0	0

**Anomalias térmicas na costa do estado da Bahia - ano 2001**

	Abrolhos	Porto Seguro	Tinharé-Boipeba	BTS	Litoral Norte
2/17/2001	0	0	0	0	0
2/20/2001	0	0	0	0	0
2/23/2001	0.25	0	0	0	0
2/27/2001	0.5	0	0	0	0
3/2/2001	0.25	0	0	0	0
3/5/2001	0.5	0	0	0	0
3/10/2001	0.25	0.25	0	0	0
3/12/2001	0.75	0	0	0	0
3/16/2001	0	0	0	0	0
3/20/2001	0	0	0	0	0
3/23/2001	0.25	0	0	0	0
3/27/2001	0.25	0	0	0	0
3/31/2001	0.25	0	0	0	0
4/2/2001	0	0	0	0	0
4/7/2001	0.5	0	0	0	0
4/10/2001	0.25	0	0	0	0
4/13/2001	0.5	0	0	0	0
4/17/2001	0.25	0.25	0	0	0
4/20/2001	0.25	0	0	0	0
4/23/2001	0	0	0	0	0
4/28/2001	0	0	0	0	0
4/30/2001	0	0	0	0	0
5/5/2001	0	0	0	0	0



Anomalias térmicas na costa do estado da Bahia - ano 2002

	Abrolhos	Porto Seguro	Tinharé-Boipeba	BTS	Litoral Norte
2/16/2002	0	0	0	0	0
2/18/2002	0	0	0	0	0
2/23/2002	0	0	0	0	0
2/26/2002	0	0	0	0	0
3/2/2002	0	0	0	0	0
3/5/2002	0	0	0	0	0
3/8/2002	0	0	0	0	0
3/11/2002	0	0	0	0	0
3/16/2002	0	0	0	0	0
3/18/2002	0	0	0	0	0
3/23/2002	0	0	0	0	0
3/26/2002	0.75	0	0	0	0
3/29/2002	0	0	0	0	0
4/2/2002	0	0	0	0	0
4/5/2002	0	0	0	0	0
4/8/2002	0	0	0	0	0
4/13/2002	0.25	0	0	0	0
4/15/2002	0	0	0	0	0
4/20/2002	0	0	0	0	0
4/23/2002	0	0	0	0	0
4/26/2002	0	0	0	0	0
4/30/2002	0	0	0	0	0
5/3/2002	0	0	0	0	0
5/6/2002	0	0	0	0	0
5/11/2002	0	0	0	0	0
5/13/2002	0	0	0	0	0
5/18/2002	0	0	0	0	0



Anomalias térmicas na costa do estado da Bahia - ano 2003

	Abrolhos	Camamu	Tinharé-Boipeba	BTS	Litoral Norte
2/15/2003	0.25	0	0	0	0
2/19/2003	1	0.75	0.25	0.25	0
2/22/2003	0.25	0	0	0	0
2/26/2003	0.75	0	0	0	0
3/1/2003	1	0.5	0.5	0.25	0.25
3/4/2003	0.75	0.25	0.25	0	0
3/8/2003	1	0	0	0	0
3/11/2003	0.75	0.75	0.5	0.25	0.25
3/15/2003	0.5	0.25	0	0	0
3/18/2003	1	0.25	0.5	0.25	0.5
3/22/2003	1	0.75	0.5	0.5	0.25
3/25/2003	1	0.75	0.5	0.5	0.25
3/29/2003	0.5	0.75	1	0.75	0.5
4/1/2003	0.75	0	0.5	0.75	0.75
4/5/2003	0.5	0.25	0.5	0.75	1
4/8/2003	0.75	0.25	0.25	0.25	0.5
4/12/2003	0.75	0.5	0.25	0	0.5
4/15/2003	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
4/19/2003	0.5	0.25	0.5	0.25	0.5
4/22/2003	0.25	0.25	0.25	0	0.25
4/26/2003	0	0	0	0.25	0.25
4/29/2003	0	0	0	0	0



Anomalias térmicas na costa do estado da Bahia - ano 2004

	Abrolhos	Porto Seguro	Tinharé-Boipeba	BTS	Litoral Norte
2/14/2004	0	0	0	0	0
2/17/2004	0	0	0	0	0
2/21/2004	0	0	0	0	0
2/24/2004	0	0	0	0	0
2/27/2004	0.25	0	0	0	0
3/2/2004	0.25	0	0	0	0
3/6/2004	0.25	0	0	0	0
3/8/2004	0	0	0	0	0
3/13/2004	0	0	0	0	0
3/16/2004	0	0.25	0.25	0	0.25
3/20/2004	0	0	0.25	0	0
3/23/2004	0	0	0.25	0	0
3/26/2004	0	0	0.25	0	0
3/30/2004	0	0	0	0	0
4/3/2004	0	0	0	0	0.25
4/6/2004	0	0	0	0	0
4/10/2004	0	0	0	0	0
4/12/2004	0	0	0	0	0
4/17/2004	0	0	0	0	0
4/20/2004	0	0	0	0	0
4/24/2004	0	0	0	0	0
4/27/2004	0	0	0	0	0
5/1/2004	0	0	0	0	0
5/4/2004	0	0	0	0	0
5/8/2004	0	0	0	0	0
5/11/2004	0	0	0	0	0
5/15/2004	0	0	0	0	0



Anomalias térmicas na costa do estado da Bahia - ano 2005

	Abrolhos	Porto Seguro	Tinharé-Boipeba	BTS	Litoral Norte
2/15/2005	0	0	0	0	0
2/19/2005	0	0	0	0	0
2/22/2005	0	0	0	0	0
2/26/2005	0	0	0	0	0
3/1/2005	0	0	0	0	0
3/5/2005	0	0	0	0	0
3/8/2005	0	0	0	0	0
3/11/2005	0.25	0	0	0	0
3/15/2005	0.25	0	0	0	0
3/19/2005	0.25	0.25	0.5	0.5	0.25
3/22/2005	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
3/26/2005	0.25	0.25	0.5	0.25	0.25
3/29/2005	0.5	0.25	0.25	0.25	0.5
4/2/2005	0.75	0.25	0.25	0.25	0.25
4/5/2005	0.75	0.5	0.25	0.5	0.5
4/9/2005	0.75	0	0	0	0
4/12/2005	0.75	0	0	0	0
4/16/2005	0.5	0	0	0	0
4/19/2005	0.25	0	0	0	0
4/23/2005	0	0	0	0	0
4/26/2005	0	0	0	0	0
4/30/2005	0	0	0	0	0.25
5/3/2005	0	0	0	0	0
5/7/2005	0	0	0	0	0
5/10/2005	0	0	0	0	0
5/14/2005	0	0	0	0	0
5/17/2005	0	0	0	0	0



Anexo 4

Alguns painéis apresentados em Eventos Científicos durante a realização do projeto



10th International
Coral Reef
Symposium
Okinawa 2004



Universidade Federal da Bahia
Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia

CORAL BLEACHING IN BRAZIL, WESTERN SOUTH ATLANTIC

Marília D. M. Oliveira, Ray K. P. Kikuchi, Zelinda M. A. N. Leão, Dietra, L.X.C.
Federal University of Bahia (UFBA) - Brazil
marilia@ufba.br, zelinha@ufba.br, kikuchi@ufba.br, leoncaus6@pubex.ufrpe.edu.br

ABSTRACT

Since 1993 three events of mass coral bleaching were reported in Brazil with total recovery of affected corals. The 1997-1998 and 2002-2003 events were monitored along the coast of the State of Bahia, Eastern Brazil (Fig. 1 and 2). During the former, in north Bahia, three coral species were the most affected: *Agavepore agariculus* with 80% colonies bleached; 80 to 20% of *Mussaenda hispida* colonies were bleached and *Siderastrea stellata* (Fig. 3) had 45 to 15% colonies affected. In Abrolhos (south Bahia, Fig. 2) *Pocillopora damicornis* had 80% of its colonies bleached, *M. hispida* (Fig. 4) 85% affected, *M. hartii* had 75% of the colonies affected and of *P. asteroideus* no healthy colony was seen. During the late event (the 2002-2003 El Niño), corals in three regions were monitored along the coast of the state: Todos os Santos Bay (north, Figs. 1 and 5), Tinharé Island (central, Figs. 1 and 6) and Abrolhos region (south, Figs. 2 and 7), where bleaching patterns occurred differently. In Tinharé Island bleaching followed the thermal anomaly, evolving from a background level of ~8% colonies affected before the thermal anomaly, to 70% of colonies bleached during the anomaly. *Siderastrea stellata* and *Mussaella braziliensis* were the most affected species. In Abrolhos a residual bleaching (12% of colonies) was recorded. *Milipora alveolata* and *Montastrea cavernosa* (Fig. 8) were the most affected corals. In Todos os Santos Bay a constant frequency of 50% colonies was affected. *Montastrea cavernosa* and *Siderastrea stellata* were the most affected corals. Thermal anomaly associated with El Niño events cause mass bleaching in Brazil. However, in sites where anthropogenic impacts are high, such as in Todos os Santos Bay, it seems that it is only an additional factor. Because no mass mortality has ever been recorded, in Brazil, the Western South Atlantic coral fauna can be considered as a resilient fauna.

METHODS

The AGRR (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment, Ginsburg et al. 1998) protocol was applied in the Arrethos (Fig. 2) and Tinharé (Fig. 1) stations. In each station we performed 3 to 6 transects, summing up 30m x 60m² of sampled area in each station. In Todos os Santos Bay (Fig. 1) we applied a video-transect technique, from realized 6 video-transects, with which a total area of 65m² was assessed in each station. Sea temperature variation was accompanied with SST Anomaly Charts and Bleaching Hotspots Charts produced by OIRA/DSDPD/NOAA (<http://www.cadad.noaa.gov/PSB/EPS/SST/ellinaf/oc.html>).

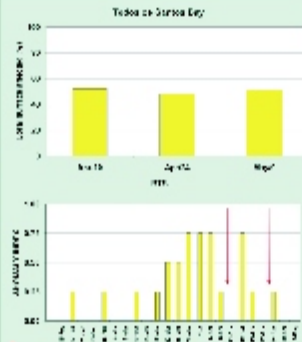
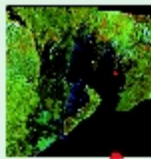


Fig. 1. Location of Todos os Santos Bay in Bahia, Brazil.



Fig. 2. Location of Tinharé Island in Bahia, Brazil.

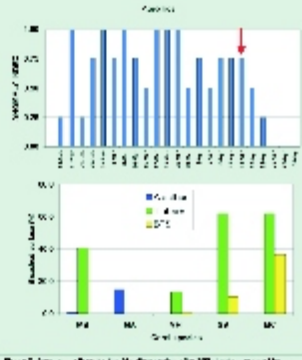


Fig. 3. Monthly coral bleaching percentages in Tinharé Island, Bahia, Brazil.

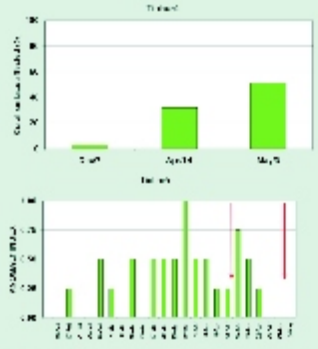


Fig. 4. Monthly coral bleaching percentages in Abrolhos region, Bahia, Brazil.



Fig. 5. Bleached coral in Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil.



Fig. 6. Bleached coral in Tinharé Island, Bahia, Brazil.



Fig. 7. Bleached coral in Abrolhos region, Bahia, Brazil.

CONCLUSIONS

Coral bleaching in Bahia is recurrent, associated with the effects of El Niño.

Sea temperature is an additional factor in coral bleaching in Bahia, and is generally high and associated with high levels of coral bleaching.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank the Brazilian Council of Scientific and Technological Development (CNPq) for the financial support of this work.

Support: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Financiamento de Projetos de Pesquisa em Geofísica e Geologia (PGE) - Edital 01/2002 - 301300/02-0.



10th International Coral Reef Symposium Okinawa 2004



Universidade Federal da Bahia Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia

CULTURE OF HYDROCORAL *Millepora alcicornis* IN AQUARIUM

Marilla D. M. Oliveira, Ruy K. P. Kikuchi, Zelinda M. A. N. Leão
Federal University of Bahia (UFBA) - Brazil
mariliad@ufba.br, zelinda@ufba.br, kikuchi@ufba.br

INTRODUCTION

The cosmopolitan species *Millepora alcicornis* Linnaeus, 1758, predominates on the windward borders of the reefs in the tropical Brazilian coast. This hydrocoral is one of the most important reef builders but is on the way to be depleted. This study aims to determine the optimum period of illumination to culture *Millepora alcicornis* for use in restoration projects of impacted reef areas in Brazilian coast.

MATERIAL AND METHODS

The experimental system was built with two aquariums, connected with hoses and PVC tubes (Figs. 1 and 2). The filtration of artificial seawater was accomplished by a combination of the Berlin System and the Jaubert System (Delbeck & Sprung 1984, Gomes 1987).

Colonies of *M. alcicornis*, with about 25 cm in diameter, were collected at 2 m deep sites in the Index or Sertão Bay, State of Bahia (Eastern Brazil). Five fragments were taken from each parental colony (Fig. 3) in the laboratory.

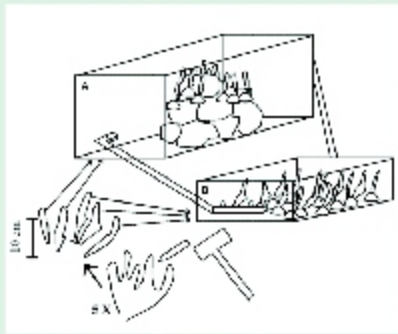


Fig. 1. Schematic diagram of the experimental system.

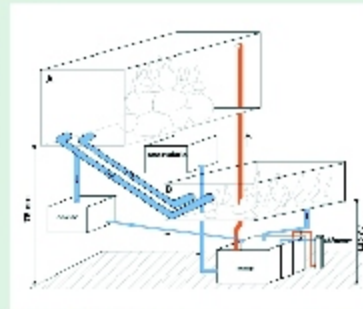


Fig. 2. Filtration system details.



Fig. 3. Experimental setup in the laboratory.

Fig. 4. Experimental setup in the laboratory.

The identification of the fragments and the groups is shown in the box below. Four fragments were excluded due to manipulation problems. Experiments lasted 5 weeks each one.

Fragment of environmental control group were placed in aquarium A, and the fragments under different light regime, in aquarium B (Fig. 4).



Aquaria illumination system is described in the box below. In aquarium A (AC1, AC2, AC3), two fluorescent bulbs of 40 w 20,000 k and two HQI lamps of 150 w 10,000 k; in aquarium B (BT1, BT2, BT3), two fluorescent bulbs of 15 w 20,000 k and one HQI lamp of 150 w 10,000 k.

Weight of all fragments were obtained weekly using buoyant weight technique (Jokiel et al. 1976). Precision of weighing device is 0.01 g (Fig. 5).



Fig. 5. Weighing process of the fragments using buoyant weight technique.

RESULTS AND DISCUSSION

A difference of two hours in the photoperiod was enough to produce a significant ($p < 0.01$) variation in hydrocoral skeletal growth (Figure 6). Weekly skeletal growth of the fragments in BT1 was always greater than BT3 (Fig. 7). The calcification rate in group B was 3 times greater than calcification rate in BT3 (Table 1).

Data analysis shows that maximum growth of *Millepora alcicornis* occurred under 13hs of illumination period. Possibly, this reflects the existence of seasonal differences in calcification rates, since the change of 2hs in the photoperiod produced significant differences ($p < 0.01$) in the skeletal growth of *Millepora alcicornis*.

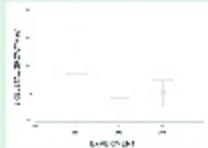


Fig. 6. Skeletal growth (mm) over time for different light regimes.

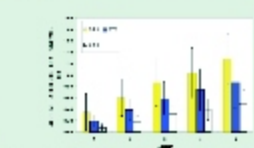


Fig. 7. Calcification rate (mm) for different light regimes.

Table 1. Skeletal growth and calcification rate of *Millepora alcicornis* fragments under different light regimes.

EXPERIMENT	Skeletal growth (mm)		Calcification rate (mm)	
	13h	15h	13h	15h
AC1	4.26	4.77	4.1	4.5
AC2	4.26	4.77	4.1	4.5
AC3	4.15	4.26	4.1	4.5
BT1	4.1	4.1	4.1	4.1
BT2	4.72	4.72	4.1	4.1
BT3	4.15	4.15	1.4	1.4

CONCLUSIONS

Fragments of *M. alcicornis* greater than 7 g can be cultivated along a period of 18 weeks with the systems of illumination, water filtering and circulation used in these experiments, associated with the physico-chemical conditions of the water as used in these experiments. Colonies of *M. alcicornis* can be cultivated with photoperiods longer than 12 hours without addition of nutritional supplement, with 100% survival rate. Under these conditions, it is possible to culture *M. alcicornis* to be used in restoration projects of impacted reef areas.

KEY WORDS: Coral reef, Millepora alcicornis, aquaculture, restoration, skeletal growth, calcification rate, photoperiod, buoyant weight technique.





10th International Coral Reef Symposium, Okinawa 2004



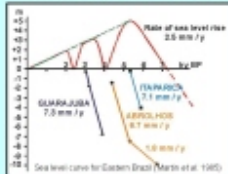
THE STATUS OF EASTERN BRAZIL CORAL REEFS SINCE 5000 YEARS AGO

Zelinda M. Leão; Ruy K. Kikuchi; Leo X. Dutra; Saulo Spanó; Marília D. Oliveira; Igor C. Cruz

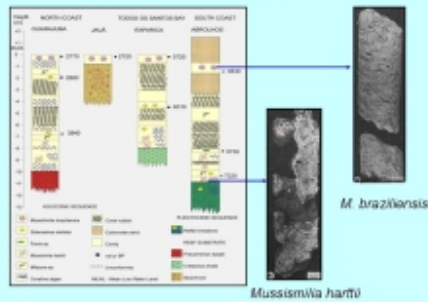
Federal University of Bahia - Brazil

1. FROM 8000 TO 5000 YRS PB

- Reefs widespread in inner shelf
- Reef developed upward to catch-up a transgressive sea
- Rate of sea level rise << Rate of accumulation of nearshore reefs

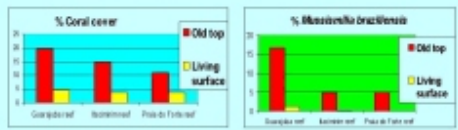
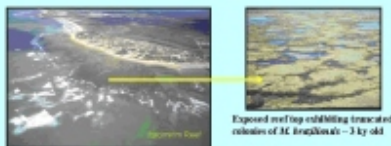


- Reef framework dominated by endemic species
- Pioneer coral - the endemic *Mussismilia hartii*
- Reef top dominated by a fast growing massive coral - the endemic *M. braziliensis* (annual bands = 8mm/y)



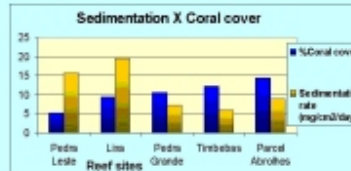
2. AFTER 5000 YRS BP

- Nearshore reefs reached sea level
- Regressive sea approximated coastline to reefs exposing them to heavy sedimentation, high levels of turbidity and strong solar radiation, causing a catastrophic coral cover decline from ~ 20% in fossil reefs to < 5% in living reefs



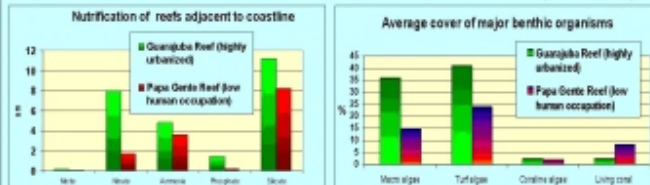
3. NOWADAYS THREATS TO MODERN REEFS

- Sediment accumulation rate > 15mg/cm²/day and percent of siliciclastic seems to be critical for reef vital condition (Peters et al. 2005). See Poster 2-2

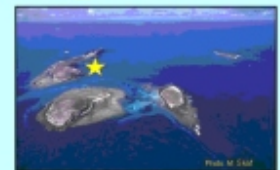
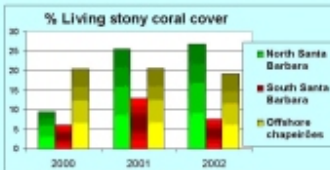


Massive *Mussismilia braziliensis*, the major coral constructor of reefs in Eastern Brazil

- Nutritification of reefs attached to urbanized beach areas is favoring algae growth (Horta et al. 2006)



- Three years monitoring the offshore reefs of Abrolhos National Marine Park (AGRA protocol) revealed that intensive diving is damaging fringing reefs from the south coast of St. Barbara Island - the most visited reefs by tourists



The Abrolhos Archipelago

- Coral bleaching assessed in three regions of Eastern Brazil achieved up to 50% of coral colonies, but no mass mortality was observed. See Poster 2-10

SCENARIO FOR THE NEXT 10 YEARS:

- Sea-level rise will increase coastal erosion favoring nutritification and increasing sedimentation in nearshore reefs;
- Increase in human impacts such as costal zone urbanization, offshore oil exploration and industrial pollution;
- Global warming seems not to be an important threat to the selected robust Brazilian coral taxa;
- Disease or coral plague are not a threat to the resistant endemic corals of Brazil.

References

Costa Jr., O.; Leão, ZM; Naves, M; Almeida, M. 2008. Nutritification impacts on coral reefs from Northern Bahia, Brazil. *Hydrobiologia*, 449:397-398.
 Dutra, LXC; Kikuchi, RKP; Leão, ZMAN. 2004. Effects of sediment accumulation on reef corals from Abrolhos, Bahia, Brazil. *Ann. Coastal Res.*, 51:29 (in press).
 Kikuchi, RKP; Leão, ZMAN; Trind, Y; Dutra, LXC; Spanó, S. 2005. Rapid assessment of the Abrolhos Reef, Eastern Brazil (Part 1): stony corals and algae. *NOF - Res.Biol.* 09:172-187.
 Leão, ZMAN; Kikuchi, RKP; Trind, Y. 2003. Corals and coral reefs of Brazil. In: J. Cortés (Ed.) *Latin America Coral Reefs*. Elsevier Science, p. 9-52.
 Martin, L; Flemer, JHM; Brinkes, D; Nagao, K. 1985. Global change indicators along the Brazilian coast during the last 7000 years. *Proc. 4th Internat. Coral Reef Congr.*, Tahiti 3:85-90.



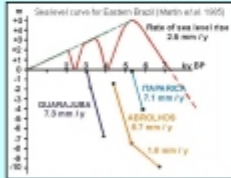
A REMNANT CORAL FAUNA THREATENED BY GLOBAL CHANGES AND HUMAN ACTIVITIES – THE BAHIAN CORAL REEFS

Zelinda M.A.N. Leão and Ruy K.P. Kikuchi

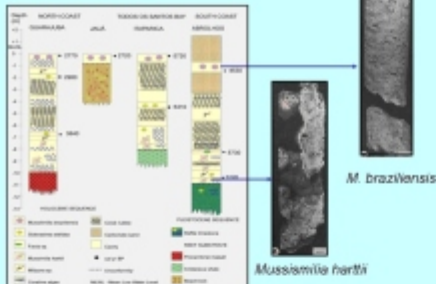
Universidade Federal da Bahia, CPGG / IGEO zelinda@ufba.br; kikuchi@ufba.br

1. BAHIAN CORAL REEFS FROM 8000 TO 5000 YRS PB

- > Reefs were widespread in the inner shelf
- > Developed upward to catch-up a transgressive sea
- > Rate of sea level rise << Rate of accumulation of nearshore reefs

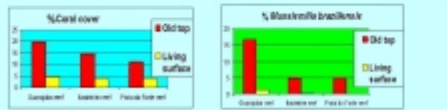
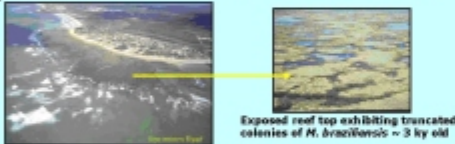


- > Reef framework was dominated by endemic species
- > Pioneer coral - the endemic *Mussismilia harttii*
- > Reef top dominated by a fast growing massive coral - the endemic *M. braziliensis*



2. BAHIAN CORAL REEFS AFTER 5000 YRS BP

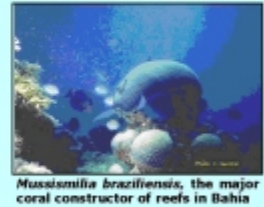
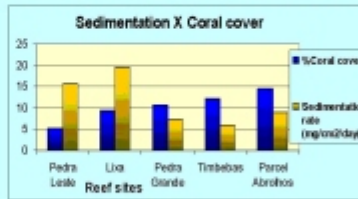
- > A Regressive sea approximated the coastline to the reefs exposing them to heavy sedimentation, high levels of turbidity and strong solar radiation, causing a catastrophic coral cover decline from ~ 20% in fossil reefs to < 5% in living reefs, and endemic *M. braziliensis* almost disappeared from living reefs



- > This natural phenomenon affected nearshore reef-building fauna, causing a shift from a more susceptible coral fauna to a better adapted to low light levels and higher sediment influx

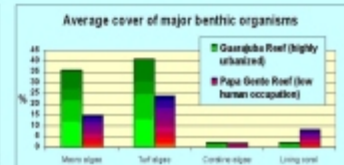
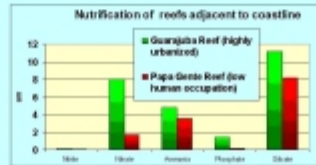
3. PRESENT TIME THREATS TO THE MODERN CORAL REEFS

- > Sediment accumulation rate > 15mg/cm²/day seems to be critical for reef vital condition (less living coral cover) (Dutra et al. 2004)

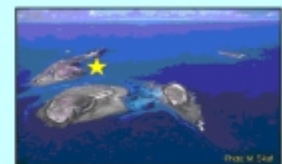
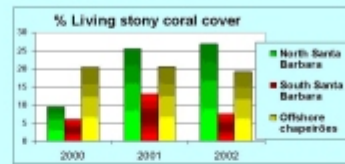


Mussismilia braziliensis, the major coral constructor of reefs in Bahia

- > Nutrifcation of reefs attached to urbanized beach areas favors algae growth, causing mortality of living corals (Coets Jr. et al. 2000)



- > Three years monitoring the offshore reefs of Abrohos National Marine Park (AGRA protocol) revealed that intensive diving is damaging fringing reefs from the south coast of St. Barbara Island – the most visited reefs by tourists



The Abrohos Archipelago

- > Coral bleaching assessed in three regions along the coast of the State of Bahia achieved up to 50% of coral colonies, but no mass mortality was observed

SCENARIO FOR THE NEXT 10 YEARS:

- Sea-level rise will increase coastal erosion favoring nutrification and increasing sedimentation in nearshore reefs;
- There will be an increase in human impact particularly due to costal zone urbanization, offshore oil exploration and marine pollution;
- If this situation persists, acting synergistically with increasing sea surface temperature, modern coral reef growth would not be viable, in Brazil, unless the Brazilian coral fauna be adapted to this inhospitable environment.

References

Coets Jr., OS; Leão, ZM; Nimero, M; Atrill, M. 2000. Nutrification impacts on coral reefs from Northern Bahia, Brazil. Hydrobiologia, 443:307-316.
 Dutra, LXC; Kikuchi, RKP; Leão, ZMAN. 2004. Effects of sediment accumulation on reef corals from Abrohos, Bahia, Brazil. Jour. Coastal Res., 21 (in press).
 Kikuchi, RKP; Leão, ZMAN; Teófilo, V; Dutra, LXC; Sparó S. 2003. Rapid assessment of the Abrohos Reefs, Eastern Brazil (Part I: stony corals and algae). Atoll Res.Bull. 496: 172-187.
 Leão, ZMAN; Kikuchi, RKP; Teófilo, V. 2003. Corals and coral reefs of Brazil. In: J. Cortés (Ed.) Latin America Coral Reefs. Elsevier Science, p. 9-32.
 Martin, L; Pleson, JHM; Bickrow, D; Suggan, H. 1995. Geoid change indicators along the Brazilian coast during the last 7100 years. Proc. 5th Intern. Coral Reef Congr. Tahiti 3:55-60.



THE ROLE OF MACROBORERS IN CORAL REEF DESTRUCTION AND CARBONATE SEDIMENT PRODUCTION

Maria Alice C. Reis¹ & Zelinda M. A. N. Leão²

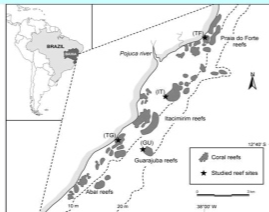
- 1. Universidade Santa Úrsula – Instituto de Ciências Ambientais, Rio de Janeiro, macreis@hotmail.com
- 2. Universidade Federal da Bahia, CPGG – IGEO; zelinda@ufba.br

ABSTRACT

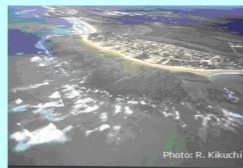
The general erosional activity of boring organisms (bioerosion) plays an important role as source of calcium carbonate sediment and as a modifier of reef framework. The nearshore reefs of the north coast of the State of Bahia, are subject to the influence of a continent derived siliciclastic sediment influx and a nutrient enrichment. In order to compare the degree of coral infestation by macroborers and the factors that contributed to the internal bioerosion of these reefs, with reefs within a carbonate province, massive colonies of the endemic coral *Siderastrea stellata* were sampled and the boring activity on these coral colonies was measured. The bioerosion rate of the major macroborers: sponges, bivalves and worms coincides with that of worldwide investigated reefs. The degree of coral bioerosion is controlled by the characteristics of coral host - coral growth rate and density, and by some local environmental parameters - high levels of water turbidity and sedimentation rate.



Siderastrea stellata Verrill, 1868



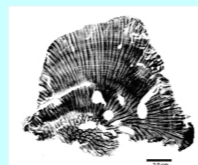
Location of studied reefs in the north coast of the State of Bahia



Itacimirim reef exposed during low tide

METHODS

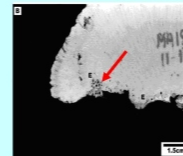
Five roughly hemispherical and partially living coral colonies of the endemic coral *Siderastrea stellata* with diameters ranging from 10 to 20 cm, were collected from each of the four different reef sites: the intertidal shallow pools (average 0.5 m depth) from the emergent top of two reefs, the surface of a reef 5 m deep, and of a reef a depths around 10 m. This coral specie was chosen because it is amply distributed along the coast of Brazil, and is particularly abundant in the shallow parts of the coastal reefs.



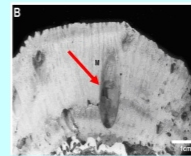
X-Ray of a coral slab showing macroborers track

X-radiographs of sliced coral colonies were performed for estimating the percentage of skeleton removed, and the rate of coral growth. Traces of bioeroders were identified in the coral slabs according to track characteristics such as shape, texture and size. The eroded areas were quantified on the X-ray images, and the results indicate that the excavations were not restricted to a particular location within the coral slabs.

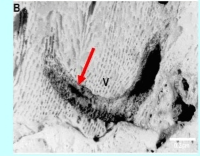
Macroborers



Sponges



Bivalves



Worms

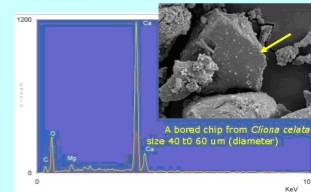
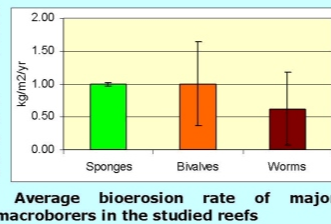
RESULTS AND CONCLUSION

Sponges and bivalves dominate in the studied area, which is in accordance with data reported from other modern reef areas.

Related to the host corals, the overall increase degree of bioerosion is positively correlated with coral growth rate that, conversely, is favored by a less dense coral skeleton.

Relative to environmental parameters, the bioerosion rate (sediment production) does not show a trend related with water depth and this may, however, reflects the limited depth range in which our sample was conducted. High levels of productivity and nutrient availability benefit bioerosion. The studied reefs are located very close to shore, where high levels of nutrients are expected, but the degree of bioerosion does not exceed other reef areas. A most probable explanation for that is because the Brazilian coastal reefs withstand with periodically high turbid waters, which is a limited factor for the filter feeder animals (most bioeroders).

Our investigation considers that an interaction between coral host characteristics and some environmental parameters do indeed influence the boring activity, and the result amount of carbonate sediment produced matches satisfactorily with that of reefs within pure carbonates.



Microanalysis from a chip of the boring sponge *Cliona celata* (yellow) and from the coral skeleton of *Siderastrea stellata* (red) C=carbon, O=oxygen, Ca=calcium

MACROBORERS	RATE OF BIOEROSION kg/m ² /yr (range)	SITES
SPONGES	0.17 - 8.0	North Atlantic
	0.1 - 3.0	This study
BIVALVES	0.1 - 4.5	North Atlantic
	0.31 - 3.6	This study
WORMS	0.18	Florida
	0.6 - 1.7	Australia
	0.03 - 4.3	This study



Estudo do papel controlador das populações de peixes herbívoros sobre a cobertura das macroalgas e dos corais nos recifes de Abrolhos, Bahia

Igor C. S. Cruz^a, Ruy K. P. Kikuchi^b & Zelinda M. A. N. Leão^c

a- Instituto de Biologia – UFBA, Bolseista ICN PQ (igorcruz@ufba.br)
 b- Instituto de Geociências – UFBA, Bolseista CNPQ (kikuchi@cpqg.ufba.br)
 c- Instituto de Geociências – UFBA, Bolseista CNPQ (zelinda@ufba.br)

Nos recifes, "os peixes herbívoros produzem um efeito substancial sobre a distribuição das algas" (Birkeland, 1996), os principais organismos competidores por espaço com as colônias dos corais. O grupo Scandiae é responsável pelo controle das macroalgas enquanto o grupo Acanthuridae responde pelas algas filamentosas.

O presente trabalho avaliou os efeitos desta relação (peixe x macroalga x coral) nos recifes do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos, em duas estações previamente selecionadas: Ilha de Santa Bárbara (SB) e Parcel dos Abrolhos (PAB) (Figura 1). Os dados analisados foram obtidos nos anos de 2000 e 2001, dentro de um Projeto de Monitoramento dos Recifes de Coral da Bahia, aplicando a metodologia indicada no protocolo AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment, Ginsburg et al. 1998).



Mergulhador coletando dados do banco de corais com a metodologia do protocolo AGRRA (Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment, Ginsburg et al. 1998). No quadrado 0,5x0,5m são avaliados os parâmetros de área vital e branqueamento de corais. Ao longo de cada transecto de 30m, são são medidos os contornos das colônias dos corais, são amostrados 5 quadrados a um metro subaquático são avaliados 5 indivíduos. Os dados coletados são registrados em planilhas de papel avulsas, impressas em um tubo de PVC que é colocado no braço do pesquisador, durante os trabalhos de campo.

Resultados preliminares

1. Macroalgas X Herbívoros - Os dados de 2000 apresentam para a estação da ilha Sta. Bárbara (SB) uma forte correlação negativa entre o índice de macroalgas e a densidade de herbívoros (Figura 2B). Esta correlação, entretanto, não foi encontrada nos dados da estação Parcel dos Abrolhos (PAB) em 2000 e em 2001 (Figuras 2A, 2C). Estes dados da estação Parcel dos Abrolhos (Tabela 1) mostram, ainda, que o índice de macroalgas cresceu de uma média de 5,56±3,04 (2000) para 27,04±20,78 (2001) (Figura 3A) e a densidade dos peixes Scandiae diminuiu de 20,5±9,25 (2000) para 8,7±4,45 (2001) (Figura 3B).

Estariam essas variações relacionadas entre si? Isto é, o aumento do índice de macroalgas poderia ter sido estimulado pela redução dos Scandiae? A redução dos Scandiae, por sua vez, seria o resultado de uma oscilação natural da população, ou estaria associada à pesca ilegal, embora esta área esteja localizada dentro do Parque?

2. Macroalgas X Coral - Há uma correlação negativa entre o índice de macroalgas e a cobertura de coral ($r = -0,9189$ e $p = 0,0096$) (Figura 4), e há uma grande perda da cobertura de coral de uma média de 20,4±3,489 (2000) para 12,225±3,695 (2001) (Figura 3C).

Estaria esta perda da cobertura viva de coral relacionada com um provável "sufocamento" causado pelo desenvolvimento excessivo das macroalgas? O qual poderá ser resultado da retirada dos peixes do ambiente?

A figura 3 ilustra uma relação muito clara entre estes três parâmetros analisados.

Bibliografia

- Birkeland, C. 1997. Life and Death of Coral Reefs. Cap. 13. Elsevier Academic Publishers, Boston, 538 pp.
- Ginsburg, V. M., Hixon, P. A., Lang, J. C., Sale, P. F., Steneck, R. S. 1998. Atlantic and Gulf Rapid Reef Assessment (AGRRA) Rapid reef assessment protocol (RAP). http://www.fishbase.org/atlantagulf/atlantagulf_rap.pdf
- Kikuchi, R. K. P., Cruz, I. C. S., Leão, Z. M. A. N., Gomes, C. L. E. & Tallez, M. D. 2003. Rapid assessment of the Abrolhos reefs, Eastern Brazil. <http://www.coralreefs.org/>
- Kikuchi, R. K. P., Leão, Z. M. A. N., Gomes, C. L. E. & Tallez, M. D. 2003. Rapid assessment of the Abrolhos reefs, Eastern Brazil. <http://www.coralreefs.org/>
- Williams, J. D. & Davies, R. W. C. 2001. Large scale relationships between macroalgal cover and grazing biomass on non-depleted in the Caribbean. *Coral Reefs* vol. 20, pp. 333-336.

Créditos

- A. Coordenação do Projeto AGRRA na Bahia: Zelinda Leão e Ruy Kikuchi.
- A. Apoio de campo: Ruy Kikuchi (2000, 2001, 2002), Zelinda Leão (2001, 2002), Igor Cruz (2000, 2001, 2002), Ruy Kikuchi (2000, 2001, 2002), Mariana Tallez (2001, 2002), Claudio Tallez (2001, 2002), Rafael Silva (2000, 2001, 2002), Silvana Maria (2000, 2001, 2002).
- A. Administração: Programa de Pós-graduação em Oceanografia.

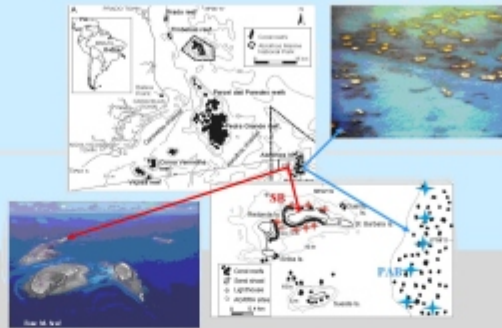


Figura 1 - Localização dos recifes de coral do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos com indicação das estações estudadas neste trabalho. Em vermelho, as subestações de Ilha Santa Bárbara (SB) no Arquipélago dos Abrolhos. Em azul, as subestações do Parcel dos Abrolhos (PAB).

Tabela 1 - Valores dos parâmetros bióticos medidos nas subestações do Parcel dos Abrolhos (PAB) nos anos 2000 e 2001.

Subestação	Área (m²)	Área de coral (%)	Área de macroalga (%)	Área de esponja (%)	Área de algas filamentosas (%)	Área de algas coriáceas (%)	Área de algas vermelhas (%)	Área de algas verdes (%)	Área de algas azuis (%)	Área de algas brancas (%)	Área de algas amarelas (%)	Área de algas cinzas (%)	Área de algas pretas (%)	Área de algas brancas e amarelas (%)	Área de algas brancas e cinzas (%)	Área de algas brancas e pretas (%)	Área de algas brancas, amarelas e cinzas (%)	Área de algas brancas, amarelas e pretas (%)	Área de algas brancas, amarelas, cinzas e pretas (%)
PAB	100	10	20	5	10	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PAB	100	15	25	10	15	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Observação: O Programa de Monitoramento dos Recifes de Coral da Bahia no ano de 2000 (Kikuchi et al. 2001) e, no momento das avaliações, Ilha de Santa Bárbara, com 8 subestações, e Parcel dos Abrolhos, com 5 subestações (3 para betas e 2 para alfas). Em 2001, este número foi ampliado, incluindo, além de estas estações nas demais ilhas do arquipélago e mais uma subestação PAB, várias estações fora de área do parque.

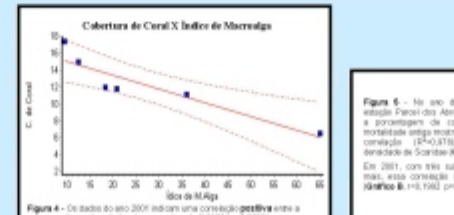
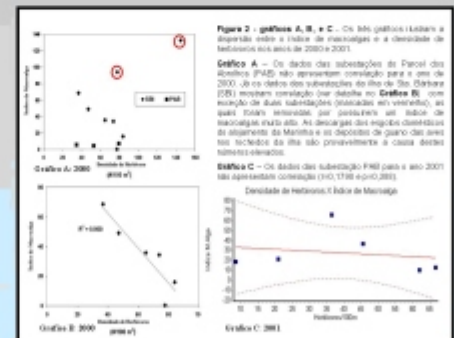
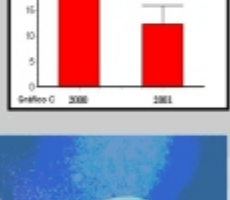
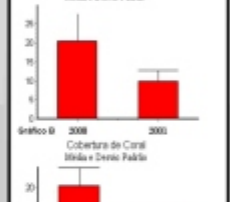
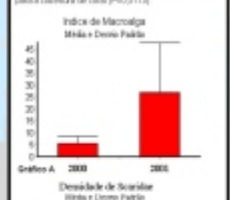


Figura 3 - Parâmetros bióticos avaliados através do teste de Mann-Whitney (anos 2000 e 2001).
Gráfico A: Índice de macroalgas avaliadas para o índice de macroalgas (PAC0304).
Gráfico B: O teste detecta como não significativo ($p > 0,05$) a diferença entre os dois anos para a densidade dos Scandiae, provavelmente devido ao pequeno número de indivíduos em 2000 ($n=5$).
Gráfico C: O teste detecta como significativo a diferença entre a cobertura de coral (PAC0311).



O Ecossistema recifal de Abrolhos. Entre colônias de *Montastraea frutescens*, o coral esclerótico de *Acropora* e principal construtor dos recifes, "pedra" (peixe do grupo Acanthuridae) (autor: Igor Cruz).

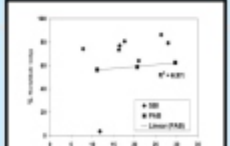


Figura 4 - Os dados do ano 2000 indicam uma correlação negativa entre a cobertura de coral e o índice de macroalgas ($r = -0,9189$, $p < 0,0096$).



Comportamento do branqueamento em corais do complexo *Siderastrea* e na espécie *Montastrea cavernosa*

Pedro M. Meirelles(1); Zelinda M.A.N. Leão(2); Ruy P.K. Kikuchi(2)

(1) – Instituto de Biologia (UFBA), Bolsista CNPq - Balcão; (2) – Instituto de Geociências, Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia

pedrommeirelles@gmail.com; zelinda@ufba.br; kikuchi@ufba.br

Introdução

Os recifes de coral, um dos mais produtivos ecossistemas do planeta, são sensíveis às alterações climáticas e à ação antropogênica. Entre os impactos que os ameaçam está o branqueamento dos corais associado, entre outros fatores, ao aumento da temperatura da água dos oceanos. O branqueamento dos corais consiste na perda das algas simbiotas fotossintetizantes ou na perda dos seus pigmentos, fazendo com que os corais exibam o esqueleto branco através do tecido transparente. Corais branqueados podem recuperar-se ou morrer, devido a um decréscimo na sua fonte alimentar, abalando a saúde dos recifes. Neste trabalho foi avaliado o comportamento do branqueamento dos corais do complexo *Siderastrea* e da espécie *Montastrea cavernosa* durante oito meses (dezembro 2005 a julho 2006) na Baía de Todos os Santos (estação Yacht Clube), para verificar se há relação entre o branqueamento dos corais e a variação da temperatura da água.

Material e Metodologia

Foram feitos mergulhos semanais para monitorar a cor e o branqueamento (com o auxílio da paleta de cores Coral Watch), e outros impactos em trinta colônias do complexo *Siderastrea* e trinta de *Montastrea cavernosa* na estação selecionada. Para a realização do monitoramento, as colônias foram marcadas com fichas de PVC numeradas de 1 a 30 em duas regiões diferentes em frente ao Yacht Clube (Fig.1). Para a localização das colônias foi utilizada uma bússola. As informações sobre as colônias foram anotadas em uma prancheta de PVC (21x29cm) e lápis (Fig.2).

Resultados e Discussão

Durante os meses de dezembro a maio quando a temperatura da água variou entre 26 e 30°C, das 30 colônias observadas de *Montastrea cavernosa*, 37% apresentou branqueamento atingindo uma área de até 100% na superfície das colônias. Nos meses de junho e julho, quando a média da temperatura da água atingiu cerca de 26°C, apenas quatro colônias apresentavam branqueamento. Com relação às colônias do complexo *Siderastrea*, nos meses de dezembro a maio, quatro colônias apresentavam branqueamento, com percentual de área branqueada entre 5 e 40%, enquanto nos meses de junho e julho apenas duas colônias mostraram sinais de branqueamento.



Fig.1 - Região onde as colônias foram marcadas. Na área amarela encontram-se as colônias do complexo *Siderastrea*, na laranja as colônias de *Montastrea cavernosa*.



Fig.2 - Material sendo utilizado no monitoramento.

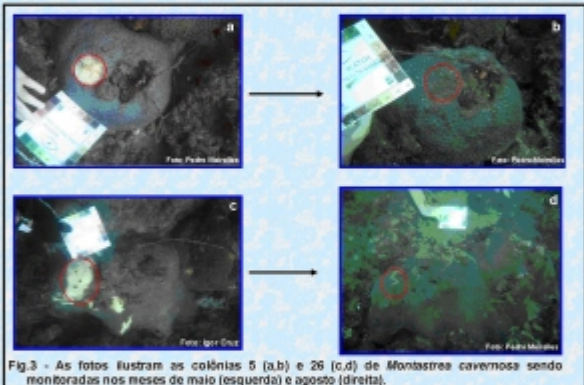


Fig.3 - As fotos ilustram as colônias 5 (a,b) e 26 (c,d) de *Montastrea cavernosa* sendo monitoradas nos meses de maio (esquerda) e agosto (direita).

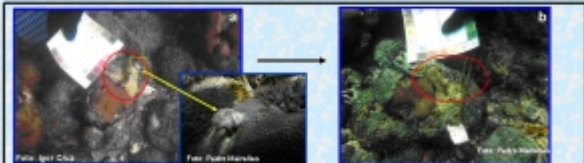


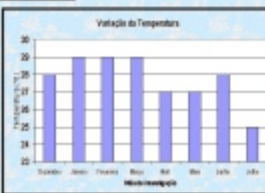
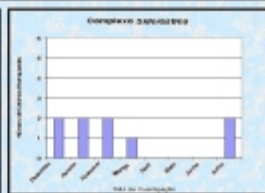
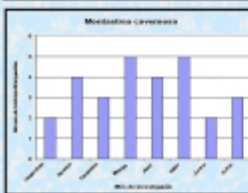
Fig.4 - Colônia 15 do complexo *Siderastrea*, monitorada nos meses de maio (a) e agosto (b). No detalhe, o gastrópodo *Thais deltoidea* predando a colônia.

Conclusões

Os resultados parciais indicam relação entre o grau de branqueamento observado nas colônias de *Montastrea cavernosa* e do complexo *Siderastrea* com as variações da temperatura da água como, também, sugerem uma maior resistência do complexo *Siderastrea* a esse estresse.

Bibliografia

- Dunn, P.W. 1991. Coral reef bleaching in the 1980's and possible connections with Global Warming. *Trends in Ecology and Evolution*, 6(8): 170-175.
- Duvallet, A.E. 2003. Coral Bleaching - how and why? *Marine Pollution Bulletin*.
- Gulberg, O.H. 1999. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine & Freshwater Research* 50:309-360.
- Leão Z. M. A. N. et al. Corais de Lata Amarela Coral Reef. *Expositor Ciência*, 2003.
- Marshall, J. et al. 1998. Coral Watch. www.coralwatch.org

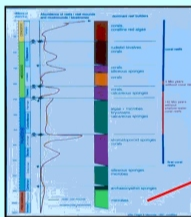




THE EVOLUTIONARY RELIC REEFS OF BRAZIL An Exception of Modern Reef Models?

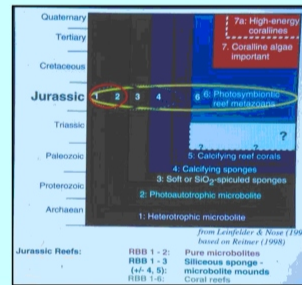
Zelinda Margarida de Andrade Nery Leão & Ruy Kenji Papa de Kikuchi
Universidade Federal da Bahia / CPGG / IGEO (zelinda@ufba.br; kikuchi@ufba.br)

1. Reefs exist for more than 3 billion years, if one includes pure microbial forms (Stromatolites). Coral reefs exist since about 450 million years ago, but they have also suffered from many extinction phases, which under a geo-historical point of view, did not greatly influenced their role, although recovery times of extinction or reduction of coral reefs areas were often in the range of several million years. After the end of Triassic shallow-water coral reefs lack for as much as 140 million years. Despite these extinctions, reefs have increased their complexity in terms of carbonate-producing framework. In early Precambrian, reefs were solely built by microbes, followed by soft sponges associated with cyanobacteria. Calcisponges followed them but were still "primitive" reefs. Heterotrophic corals that used larger plankton as energy were followed by the photosymbiotic group composed by zooxantellate corals, which allowed more rapid growth and hence, more rapid carbonate production. Then arrived the coralline algae which enable fixation of loose material by overgrowth, and were particularly important in developing high-energy reef ridges, common feature of Miocene reefs.



Pre-Cambrian Stromatolite Reefs

2. The consequence of this increase complexity of reef building framework is that they did not live all under the same environment conditions through time. Different associations are found which, unlike today, indicate that high influx of terrigenous material were not noxious to coral reefs than most of the reefs today. Mesozoic reef organisms largely expanded their potential to build reefs under very different environment settings, as example is the presence of reefs within marls in the Devonian of Spain. Jurassic reefs from Portugal grew in deep shelf areas under reduce oxygenation, and in shallow depths under high terrigenous influx as well. Terrigenous sediment is a critical factor for modern coral reefs because it lowers illumination, reduces oxygenation concentration, increases nutrient levels or directly settles down on the reef organisms, suffocating and/or burying them.



BUT THERE IS ONE ASTONISHING EXCEPTION TO THIS RULE – THE MODERN NEARSHORE REEFS OF BRAZIL

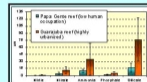
➢ They are built by a very low diversity coral fauna, which major reef builders are relic species from Tertiary Time

Brazilian Nearshore Reefs

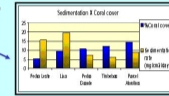


Relic Corals

➢ The nearshore reefs are surrounded and filled with muddy siliciclastic sediments (average sedimentation rate > 10mg cm⁻² day⁻¹), and are exposed to high levels of nutrients



Costa Jr et al. 2000



Dutra et al. 2006

CONCLUDING REMARKS

PRESENT

- Modern Brazilian Reefs tolerate more sediment and nutrients than other reefs
- They are built by a relic robust and adapted coral fauna
- They represent a wider reef "window" of the lost Tertiary Time

FUTURE - Considering:

- Rising sea level
- Warming of sea surface temperature
- Increasing river runoff
- Accelerate urban development and industrialization of coastal area

Will Brazilian Coral Reefs still be flexible to those environmental conditions ?

REFERENCES:

Costa Jr OS; Leão ZMAN; Nimmo M; Atrill M. 2000. Nutrifcation impacts on coral reefs from Northern Bahia, Brazil. Hydrobiologia 440:307-316
 Dutra LXC; Kikuchi RKP; Leão ZMAN. 2006. Effects of sediment accumulation on reef corals from Abrolhos, Bahia, Brazil. Jour Coastal Res. SI 39:633-638
 Leão ZMAN; Kikuchi RKP; Dutra, LXC; Oliveira MDM. 2006. The status of Eastern Brazilian coral reefs during the last 5000 years. Proc. 10th. Intern. Coral Reef Symp., Okinawa, p. 959-968
 Leão ZMAN; Kikuchi RKP. 2005. A relic coral fauna threatened by global changes and human activities. Eastern Brazil. Mar. Poll. Bull. 51:599-611
 Leão ZMAN; Kikuchi RKP; Testa V. 2003. Corals and Coral Reefs from Brazil. In: J. Cortés (Ed.). Latin America Coral Reefs. Elsevier, p.9-52
 Leinfelder RR. 1996. Coral reefs and carbonate platforms within a siliciclastic setting - general aspects and examples from the Late Jurassic of Portugal. Proc. 8th. Intern. Coral Reef Symp., Panamá, 2:1737-1742.



CORAL REEF DEVELOPMENT CONTROLLED BY THE DEFICIT OF SAND TRANSPORT IN BRAZIL

Abilio C.S.P. Bittencourt; Zelinda M.A.N. Leão; Ruy K.P. Kikuchi; José M. L. Dominguez

Universidade Federal da Bahia / CPGG / IGEO (abilio@ufba.br; zelinda@ufba.br; kikuchi@ufba.br; landim@ufba.br)

The sediment transport pattern defined by a numerical modeling of wave refraction diagrams, for the length of about 2000 km of the northeastern and eastern coasts of Brazil (Fig. 1), allowed the regional-scale reproduction of several drift cells of net longshore sediment transport. Those drift cells can reasonably explain the coastal sections that present sediment surplus or sediment deficit, which respectively correspond to regions where there is deposition and erosion or little/no deposition of sand (Fig. 2).

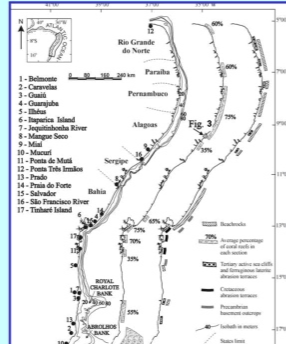


Fig. 1 Location of major coral reef areas along northeastern and eastern Brazil illustrating the average percentage of reefs in each study area; the location of different types of rocky substrate outcrops along the coast; and the location of active sea cliffs.

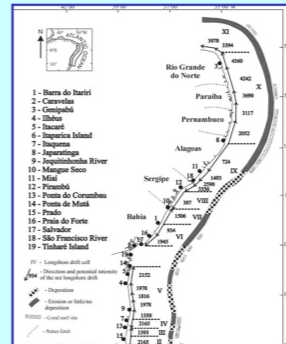


Fig. 2 Map of northeastern and eastern Brazilian coasts showing coral reef location and longshore drift cells, and the direction and potential intensities of net longshore drift (according to Bittencourt et al. 2005).

The setting of nearshore bank reefs along the northeastern and eastern coasts of Brazil, in a first order approximation, seems to be controlled by the deficit of sediment in the coastal system. This sediment deficit allows the exposure and maintenance of rocky substrates to be free of sediment. This is a favorable condition for the fixation and development of coral larvae and incrustation of coralline algae, which are the primary control of reef development.

Presently, the coastal reefs of these areas of Brazil comprise fringing and elongated bank reefs along the coastline, being their substrate composed by Precambrian metamorphic rocks, Cretaceous sedimentary rocks and Holocene beachrocks (Figs. 3 and 4).

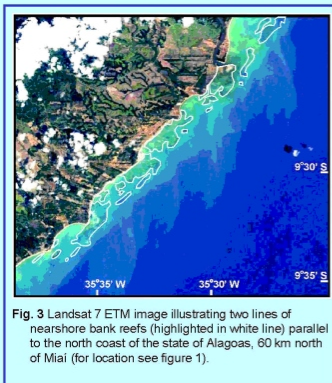


Fig. 3 Landsat 7 ETM image illustrating two lines of nearshore bank reefs (highlighted in white line) parallel to the north coast of the state of Alagoas, 60 km north of Mial (for location see figure 1).

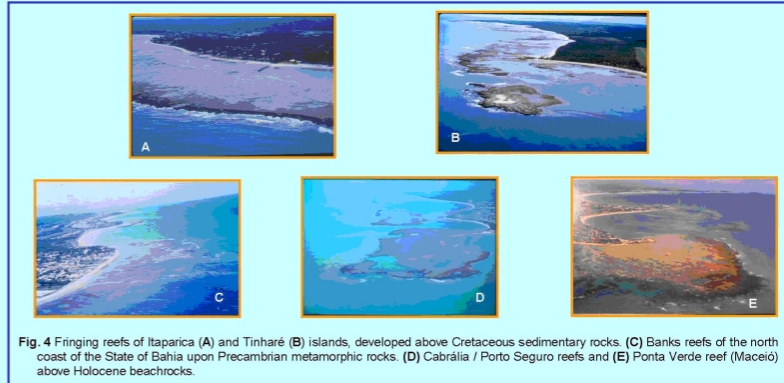


Fig. 4 Fringing reefs of Itaparica (A) and Tinharé (B) islands, developed above Cretaceous sedimentary rocks. (C) Banks reefs of the north coast of the State of Bahia upon Precambrian metamorphic rocks. (D) Cabralia / Porto Seguro reefs and (E) Ponta Verde reef (Maceió) above Holocene beachrocks.

CONCLUSION

Nearly all the nearshore coral reefs from the northeastern and eastern coasts of Brazil are located in areas "under erosion or little/no deposition". The present study shows that, on a large scale, these regions of reduced sandy sediment accumulation, in a first order approximation, control the location of reefs because they allow the exposure and maintenance of rocky substrates, which favor the recruitment of coral larvae. The mouths of São Francisco and Jequitinhonha rivers impede the development of reefs because the sediment accumulations cover rock substrates.

REFERENCES

Bittencourt ACSP, Dominguez JML, Martin L, Silva IR. 2000. Patterns of sediment dispersion coastwise the State of Bahia – Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências 72:271-287.
 Bittencourt ACSP, Dominguez JML, Martin L, Silva IR. 2005. Longshore transport on the northeastern Brazilian coast and implications to the location of large-scale accumulative and erosive zones: An overview. Marine Geology 219:219-234.
 Leão ZMAN, Kikuchi RK, Testa V. 2003. Corals and Coral Reefs of Brazil. In Latin America Coral Reefs, Cortés J (ed). Elsevier Science, 9-52.

Pedro Renato Barbosa

Diagramação e Designer Gráficos

Ministério da
Ciência e Tecnologia



UFBA



CPGG-UFBA

