

Vivian Vasconcellos Soares

Suscetibilidade do coral *Mussismilia harttii* Verrill,
1868 ao aumento da temperatura da água do mar

Salvador
2011



Vivian Vasconcellos Soares

Suscetibilidade do coral *Mussismilia hartii* Verrill,
1868 ao aumento da temperatura da água do mar

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biologia da Universidade Federal da
Bahia, para obtenção do título de mestre
em Ecologia e Biomonitoramento.

Orientador: Ruy Kenji Papa de Kikuchi
Co-Orientadora: Marília D. M. de Oliveira

Salvador
2011

Sistema de Bibliotecas da UFBA

Soares, Vivian Vasconcellos.

Suscetibilidade do coral *Mussismilia hartii* Verrill, 1868 ao aumento da temperatura da água do mar / Vivian Vasconcellos Soares. - 2011.

45 f. : il.

Inclui apêndice.

Orientador: Prof. Dr. Ruy Kenji Papa de Kikuchi.

Co-orientadora: Profª. Drª. Marília D. M. de Oliveira

**Suscetibilidade do coral *Mussismilia hartii* Verrill, 1868
ao aumento da temperatura da água do mar**

Vivian Vasconcellos Soares

Banca Examinadora:

Orientador: _____

Dr. Ruy K. P. Kikuchi
(UFBA)

Titulares: _____

Dra. Zelinda M. A. N. Leão
(UFBA)

Dra. Elizabeth G. Neves
(UFBA)

Dedico à minha mãe Sonia Vasconcellos
“... Maman c’est toi la plus belle du monde...”

"Não existem bons biólogos cuja vocação não tenha nascido de uma profunda alegria

perante as belezas da vida."

(Konrad Lorenz)

Agradecimentos

A minha família Sonia, Tatiana, Giovana, Luciano, Romero, Marcio, Pietro e Norminha pelas alegrias, amor e apoio, tanto nos momentos de alegria e conquistas, quanto nos momentos difíceis.

Ao meu orientador, Dr. Ruy Kikuchi pela confiança e principalmente pelos ensinamentos.

À minha co-orientadora Dra. Marília Oliveira, pelos ensinamentos não só acadêmicos, mas também, pelos ensinamentos de vida.

À Professora. Dra. Zelinda Leão, pela inspiração diária, ajuda e conselhos.

Ao professores da pós-graduação em Ecologia e Biomonitoramento, em especial aos Professores Doutores Francisco Barros, Pedro Rocha e Blandina Viana, que me ensinaram a enxergar com olhos de pesquisador.

Aos colegas do RECOR, pela convivência, em especial ao Professor Dr. Augusto Minervino pelas conversas e seu constante incentivo. À Mayanne, Amanda Ercília e Mariana pelos momentos de descontração. A Igor Cruz, pela sua disponibilidade em ajudar, pelos bons conselhos e pela boa parceria. A Saulo Spanó, Carlos Valério, Thiago Albuquerque, Miguel Loyola e Rodrigo Reis pelo valioso trabalho de coleta das amostras de *M. harttii*.

Ao “Seu” Fernando, pela ajuda na montagem da parte elétrica do experimento, pela paciência em me ensinar um pouco sobre parte elétrica dos equipamentos e ao amigo Carlos (Boçal), pela ajuda na montagem do sistema de água e pela sua paciência. Sou grata pela disponibilidade em me socorrer nas horas de aperto.

À Jussara, secretaria do programa de pós-graduação, sempre atenciosa e disposta a ajudar.

Aos meus colegas do mestrado pelos momentos de discussões científicas, discussões de bobagens que geraram muitas risadas, em especial à Juliana Hipólito, Henrique, Juliana Piovesan, Carla Ramos, Magno e Clarissa.

Aos meus queridos amigos que estão ao meu lado e, que dividem comigo as dores e alegrias da vida e que juntos passamos pelas etapas da vida sempre com muito bom humor. São eles: Adailson, Rebeca, Lara, Laísa, Bel, Breno, Diego, Antônio, Raissa, Barrão, Igor, Nery, Teago, Lelão e Grão (Maglore), João Paulo, Leo Stabile, Virgínia, Guiomar, Indira e todos que torceram por mim.

À Alina Nunes pelo incentivo e “empurrão” inicial, a quem eu admiro muito!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por ter concedido a bolsa de mestrado.

Índice

Texto de Divulgação	01
Artigo	05
Resumo	05
Abstract	06
1. Introdução	08
2. Materiais e Métodos	13
2.1. Coleta de Campo	13
2.2. Aclimatação	14
2.3. Experimento em aquários	14
2.4. Obtenção dos dados	16
2.5. Análise dos dados	17
2.6. Anomalia térmica e Anomalia acumulada	18
3. Resultados	19
4. Discussão	29
5. Conclusões	32
6. Agradecimentos	33
7. Referências Bibliográficas	33
8. Apêndice	39

Índice de Figuras

Figura 1- Mapa da área da coleta dos fragmentos de <i>Mussismilia harttii</i> na região do Recife de Pedra do Leste, Abrolhos, Bahia.	14
Figura 2- Equipamentos usados no sistema aquário/cuba	15
Figura 3- Esquema do período do aumento progressivo da temperatura nos grupos testados	16
Figura 4- Disposição dos fragmentos de <i>M.harttii</i> no sistema aquário/cuba	16
Figura 5- - Estado dos fragmentos de <i>M. harttii</i> do grupo controle (F1 a F6) mantidos a 26°C durante o período do experimento	20
Figura 6 Estado dos fragmentos de <i>M. harttii</i> do aquário E (E1 a E6) mantidos a 28°C durante o período do experimento.	21
Figura 7- Estado dos fragmentos de <i>M. harttii</i> do aquário D (D1 a D6) mantidos a 30°C durante o período do experimento	22
Figura 8 - Estado dos fragmentos de <i>M. harttii</i> do aquário C (C1 a C6) submetidos a 32°C.	23
Figura 9-. Aspectos dos fragmentos de <i>M. harttii</i> do grupo C (C4, C5 e C6) observados desde o período do início do experimento até o final.	24
Figura 10- Detalhe do fragmento de <i>M. harttii</i> (C4) apresentando branqueamento, durante o período de aquecimento progressivo da água.	25
Figura 11- Detalhe do fragmento de <i>M. harttii</i> (C4) ao final do experimento apresentando descolamento de tecido.	25
Figura 12- Detalhe do fragmento de <i>M. harttii</i> (C5) apresentando branqueamento durante o período de aquecimento progressivo da água.	26
Figura 13- Detalhe do fragmento de <i>M. harttii</i> (C6) apresentando branqueamento forte e retração de tecido.	26
Figura 14- A) Resposta dos fragmentos de <i>M. harttii</i> submetidos à temperatura de 28°C, às anomalias acumuladas e DHW utilizando TF1 (28°C). B) Resposta dos fragmentos de <i>M. harttii</i> submetidos à temperatura de 28°C, às anomalias acumuladas e DHW utilizando TF2 (29°C). Os valores de severidade diagramados nos gráficos correspondem aos valores médios dos seis fragmentos.	27
Figura 15- A) Resposta dos fragmentos de <i>M. harttii</i> submetidos à temperatura de 30°C, às anomalias acumuladas DHW utilizando como temperatura de fronteira o valor TF1 (28°C). B) Resposta dos fragmentos de <i>M. harttii</i> submetidos à temperatura de 30°C, às anomalias acumuladas DHW utilizando como temperatura de fronteira o valor TF2 (29°C). Os valores de severidade diagramados nos gráficos são valores médios dos seis fragmentos.	28
Figura16- Resposta dos fragmentos de <i>M. harttii</i> submetidos à temperatura de 32°C, às anomalias acumuladas DHW utilizando como temperatura de fronteira o valor TF1 (28°C). B) Resposta dos fragmentos de <i>M. harttii</i> submetidos à temperatura de 32°C, às anomalias acumuladas DHW utilizando como temperatura de fronteira o valor TF2 (29°C). Os valores de severidade diagramados nos gráficos são valores médios dos seis fragmentos.	28

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Anos e locais onde ocorreram eventos de branqueamento de corais no Brasil.	10
Tabela 2- Valores dos índices de severidade correspondentes ao tipo de resposta ao estresse térmico.	17
Tabela 3- Valores máximos e mínimos dos parâmetros químicos da água das cubas medidos durante o experimento	19
Tabela 4- Respostas diárias dos corais ao estresse térmico (Apêndice)	39

Texto de Divulgação

O branqueamento de corais é definido como a perda de sua coloração em decorrência da eliminação total ou parcial da zooxantela (algas simbióticas) ou dos seus pigmentos (Brown, 1997; Douglas, 2003). Os corais e as suas zooxantelas simbiontes têm se adaptado a diferenças geográficas na temperatura do mar através de mudanças genéticas na tolerância térmica através de longos períodos de tempo (Middlebrook et al., 2010).

O branqueamento adaptativo é descrito como uma mudança das comunidades das algas simbiontes, que segue ao branqueamento, sugerindo ser um mecanismo que ajuda os corais a se adaptarem às mudanças no ambiente; essa possibilidade foi primeiramente apresentada por Buddemeier and Fautin (1993).

Entretanto, em estudos experimentais, alguns autores revelam que o branqueamento de corais pode ser induzido por múltiplos fatores tais como: temperaturas extremas, alta radiação, escuridão prolongada e presença de metais pesados (Brown, 1997; Douglas, 2003; Baird et al., 2008).

O aumento da temperatura das águas oceânicas é enfatizado como o fator mais pertinente nos eventos de branqueamento em corais. Esses ocorrem quando a temperatura da água do mar excede a sua temperatura máxima observada durante o período mais quente do ano (Brown, 1997; Westmacott et al., 2000; Fitt et al., 2001).

No Brasil, o fenômeno de branqueamento de corais parece coincidir com o aquecimento dos oceanos durante a ocorrência de eventos *El Niño*, evidenciando que variações da temperatura das águas superficiais do mar afetam os ecossistemas tropicais, particularmente os recifes de coral (Castro and Pires 1999; Kikuchi et al., 2003; Leão et al., 2003; Oliveira et al., 2004).

Diferentes de outras partes do mundo os recifes de coral do Brasil apresentam baixa diversidade e relativos endemismo (23 espécies, sendo seis endêmicas) (Neves et al., 2006). A espécie *M. harttii* é uma espécie endêmica do Brasil, que pode formar grandes agrupamentos, sendo um importante construtor recifal, particularmente na costa nordeste do Brasil (Laborel, 1969).

As espécies de corais com habilidade para se aclimatar e potencial para evoluir sua resistência ao aumento da temperatura e doenças serão, provavelmente, dominantes nos recifes do futuro. O potencial evolutivo pode depender do rápido tempo de geração, de grandes populações com reprodução sexuada e do ritmo e tempo de seleção (Mydlarz et al., 2010).

O objetivo do trabalho foi avaliar a resistência do coral de *M. harttii* ao aumento anômalo da temperatura da água, estabelecendo a temperatura mínima necessária para provocar o branqueamento, definindo o número de dias necessários para que ocorra o branqueamento em temperaturas iguais ou acima da média de verão de Abrolhos, onde a espécie foi coletada, avaliar a ocorrência de mortalidade do coral em eventos de branqueamento induzido e utilizar o *Degree Heating Week* para prever respostas dos corais às próximas anomalias térmicas.

O experimento foi realizado com fragmentos de *M. harttii* em aquários com quatro temperaturas distintas: 26°C (grupo controle), 28°C, 30°C e 32°C. O aumento da temperatura da água dos grupos submetidos a 28°C, 30°C e 32°C ocorreu em 0,5°C a cada três dias, até alcançar a temperatura a ser testada. Os fragmentos foram mantidos na temperatura testada por um período máximo de dois meses. Os fragmentos do grupo controle permaneceram saudáveis durante todo o experimento. Os fragmentos dos grupos submetidos às temperaturas de 28°C e 30°C permaneceram saudáveis durante o período do aumento progressivo da temperatura até atingir as respectivas temperaturas. No entanto, no grupo submetido a 32°C mais de 50% dos fragmentos apresentaram resposta ao estresse térmico ao atingir 30°C.

Para calcular a anomalia acumulada (degree heating weeks - DHW), ou seja, o calor acumulado semanalmente foram estabelecidas duas temperaturas de fronteiras: a primeira temperatura de fronteira (TF1) utilizando a máxima média mensal climatológica (MMM) dos meses mais quentes do ano da região de Abrolhos (28°C) e a segunda temperatura de fronteira (TF2), que é a MMM adicionada de 1°C, temperatura de fronteira de *Hotspot* para branqueamento, como utilizado pela National Oceanic Atmospheric Administration – NOAA (29°C).

Observou-se que os fragmentos submetidos à temperatura de 28°C, sem anomalia térmica, apresentaram alterações, o que indica que mesmo com DHW igual a zero

houve branqueamento. Nos fragmentos submetidos à temperatura de 30°C, o branqueamento iniciou com anomalia de cerca de 4°C.semanas (TF1) ou 1°C para 2°C.semanas (TF2). Nos fragmentos submetidos à temperatura de 32°C o branqueamento iniciou com anomalia acumulada de 3°C.semanas (TF1) ou anomalia de 1°C.semana (TF2). No grupo de 30°C os fragmentos estavam mortos quando DHW atingiu 5°C.semanas (TF2) e no grupo de 32°C, a todos os fragmentos morreram com 6,5°C.semanas (TF2). Portanto, *Mussimilia harttii* é uma espécie sensível ao aumento da temperatura da água, e sofre estresse térmico quando submetida por longo período de tempo à temperatura de 28°C que é a média máxima de verão da região de Abrolhos. Essa sensibilidade é mais evidente levando-se em conta que o valor de DHW em que foi observada a mortalidade dos fragmentos foi menor que o utilizado pela NOAA que é $DHW \geq 8$.

Para a NOAA, com base no trabalho de Liu et al. (2003), o branqueamento pode ocorrer quando a temperatura da superfície da água do mar ultrapassa em 1°C da temperatura máxima das médias mensais (MMM) climatológicas (NOAA, 2008). A MMM em Abrolhos é de 28°C. Para o grupo de *M. harttii* testado a essa temperatura, havia a expectativa de que não ocorresse branqueamento, uma vez que 28°C não corresponde a 1°C acima da MMM como indicado pela NOAA. Entretanto essa expectativa não se confirmou, pois, dentre os seis fragmentos, cinco apresentaram branqueamento.

Nos fragmentos submetidos à temperatura de 30°C, o branqueamento iniciou com DHW de cerca de 4°C.semanas na TF1 ou 1°C para 2°C.semanas na TF2. Nos fragmentos submetidos à temperatura de 32°C o branqueamento iniciou com DHW de 3°C.semanas na TF1 e DHW de 1°C.semana na TF2. Em ambas as situações, o início do branqueamento ocorreu com DHW inferior à esperada para eventos de grande escala, que é ≥ 4 °C.semanas.

No grupo de 30°C os fragmentos estavam mortos quando DHW atingiu 5°C.semanas na TF2 e DHW de 11°C.semanas na TF1 e no grupo de 32°C, todos os fragmentos morreram com DHW de 6,5°C.semanas na TF2 e DHW de 10,5°C.semanas TF1. Do mesmo modo que no início do branqueamento, o índice DHW para a mortalidade é menor do que o indicado na literatura, pois, o valor de DHW esperado para esse índice de severidade é de 8°C.semanas ou mais.

Neste estudo, a mortalidade ocorre da mesma forma nos casos de anomalia menor por mais tempo e de anomalia maior por tempo mais curto. Em outras palavras, nos grupos de 30°C e de 32°C, todas as colônias morreram quando a temperatura acumulada ultrapassou 10,5°C.semanas (TF1) ou 5°C.semanas (TF2).

No decorrer do experimento, observou-se que um ou dois dias antes da morte do coral o seu tecido se desprendia do esqueleto formando uma espécie de película na superfície do pólip. Essa alteração difere da retração de tecido, uma vez que neste caso, a eliminação do tecido é gradual e não há desprendimento imediato de todo o tecido.

Este estudo mostrou que a *Mussimilia harttii* é uma espécie sensível ao aumento da temperatura da água, e sofre estresse térmico quando submetida por longo período de tempo à temperatura de 28°C que é a média máxima de verão da região de Abrolhos.

Sua sensibilidade é mais evidente em temperaturas de 30°C e 32°C. Com uma anomalia acumulada de cerca de 2°C.semanas as colônias apresentam branqueamento. Quando DHW chegou a 5°C.semanas, valor menor do que a literatura indica com sendo o tempo necessário para o branqueamento forte e morte de corais ($DHW \geq 8$), as colônias de *M. harttii* estavam mortas.

Suscetibilidade do coral *Mussismilia harttii* Verrill, 1868 ao aumento da temperatura da água do mar

Vivian Vasconcellos ^{a, b}, Marília D.M. Oliveira ^b, Ruy K.P. Kikuchi ^{a, b}

^a Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento, Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, R. Barão de Geremoabo, s/n, Ondina, Salvador-BA, Brasil. CEP: 40170-115.

^b Recifes de Corais e Mudanças Globais, Departamento de Sedimentologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, R. Barão de Geremoabo, s/n, Ondina, Salvador-BA, Brasil. CEP: 40170-020.

E-mail: yivianvasconcellos@gmail.com; mariliad@ufba.br, kikuchi@ufba.br

Resumo

Os eventos em que os corais perdem sua coloração em decorrência da eliminação total ou parcial da zooxantela ou dos seus pigmentos, em grande número e em diversas regiões ao mesmo tempo, têm se repetido com frequência nas últimas três décadas. Embora o branqueamento possa ser causado por outros fatores, o principal indutor deste tipo de evento é o aumento excessivo e persistente da temperatura da água do mar, responsável pela mortalidade em massa de corais nos recifes ao redor do mundo. É consenso na comunidade científica que o aumento da frequência de anomalias térmicas da água do mar está relacionado às mudanças climáticas globais. No Atlântico Sul Ocidental, vem ocorrendo eventos de branqueamento de grande severidade, mas não se verificou ainda mortalidade em massa dos corais. A compreensão da magnitude do impacto das mudanças climáticas globais no ecossistema recifal demanda o conhecimento da vulnerabilidade das espécies que compõem a comunidade coralina ao aquecimento das águas. Entre as espécies que mais frequentemente são encontradas com algum vestígio de branqueamento, destaca-se a *Mussismilia harttii* Verrill, 1868, espécie endêmica do Brasil que pode formar grandes agrupamentos, sendo um importante construtor recifal, particularmente na costa nordeste do Brasil. Diante desse panorama, o objetivo do trabalho foi avaliar a resistência do coral da espécie *M. harttii* ao aumento anômalo da temperatura da água, e determinar a magnitude da anomalia térmica necessária para provocar branqueamento e morte na espécie. O experimento foi realizado com fragmentos em aquários com quatro temperaturas distintas: 26°C (controle), 28°C, 30°C e 32°C. Os fragmentos foram mantidos na temperatura testada

por um período máximo de dois meses. Os fragmentos do grupo controle permaneceram saudáveis durante o experimento de 10 semanas. Os fragmentos dos grupos submetidos às temperaturas de 28°C e 30°C permaneceram saudáveis durante o período do aumento progressivo da temperatura até atingir as respectivas temperaturas. No entanto, o grupo submetido a 32°C mais de 50% dos fragmentos apresentaram resposta ao estresse térmico durante o período do aumento progressivo da temperatura quando esta atingiu 30°C. Foram utilizadas duas formas de calcular o grau de anomalia acumulada (degree heating weeks, DHW). A primeira (TF1) utilizando uma temperatura de fronteira: equivalente à máxima média mensal (MMM) dos meses mais quentes do ano (28°C) e a segunda (TF2), que é a MMM adicionada de 1 °C (temperatura de fronteira de Hotspot para branqueamento como utilizado pela NOAA, 29°C). Observou-se que os fragmentos submetidos à temperatura de 28°C, no aquário sem anomalia térmica, os fragmentos apresentaram alterações, o que indica que mesmo com DHW igual a zero houve branqueamento. Nos fragmentos submetidos à temperatura de 30°C, o branqueamento iniciou com anomalia de cerca de 4°C.semanas (TF1) ou 1°C para 2°C.semanas (TF2). Nos fragmentos submetidos à temperatura de 32°C o branqueamento iniciou com anomalia acumulada de 3°C.semanas (TF1) ou anomalia de 1°C.semana (TF2). No grupo de 30°C os fragmentos estavam mortos quando DHW atingiu 5°C.semanas (TF2) e no grupo de 32°C, todos os fragmentos morreram com 6,5°C.semanas (TF2). Portanto, *M. harttii* é uma espécie sensível ao aumento da temperatura da água, e sofre estresse térmico quando submetida por longo período de tempo à temperatura de 28°C que é a média máxima de verão da região de Abrolhos. Essa sensibilidade é mais evidente levando-se em conta que o valor de DHW em que foi observada a mortalidade dos fragmentos foi menor que o utilizado pela NOAA que é $DHW \geq 8$.

Palavras – chave: branqueamento, anomalia térmica, *Mussimilia harttii*.

Susceptibility the coral *Mussimilia harttii* Verrill, 1868 increased the temperature of sea water

Abstract

The events in which corals lose their colour as a result of total or partial elimination of zooxanthellae or its pigments, in great numbers and in various regions at the same time, have been repeated often in the last three decades. Although coral bleaching can be

caused by other factors, the main inducer of this type of event is persistent and excessive increase of the temperature of sea water, responsible for mass mortality in coral reefs around the world. It is a consensus in the scientific community that this increasing frequency of thermal anomaly of sea water is related to the global climate change. In the Western South Atlantic, there has been severe bleaching events, but there still hasn't been mass mortality of corals. Understanding the magnitude of the impact of global climate change on reefs ecosystems demand knowledge of the vulnerability of the species that make up the coral community with warming of sea water. Among the species that are most frequently found with some trace of bleaching, stands out *Mussismilia harttii* Verrill, 1868, a species that is endemic to Brazil and that can form large clumps, being an important reef builder, particularly in the northeast coast of Brazil. Given this panorama, the goal of this work was to evaluate the resistance of the coral species *M. harttii* to anomalous increase of water temperature, and to determine the magnitude of thermal anomaly needed to cause bleaching and death on the species. The experiment was done with fragments in a tank with four distinct temperatures: 26°C (control), 28°C, 30°C and 32°C. The fragments were kept in temperature tested for a maximum period of two months. The fragments of the control group remained healthy during the experiment of 10 weeks. The fragments of groups subjected to temperatures of 28°C and 30°C remained healthy during the period of gradual increase in temperature until it reached their testing temperatures. However, in the group submitted to 32°C more than 50% of the fragments presented thermal stress response during the period of progressive increase of the temperature when this reached 30°C. We used two ways of calculating the accumulated temperature anomaly (degree heating weeks, DHW). The first (TF1) using a temperature equal to the maximum monthly average (MMM), the hottest months of the year (28°C), and the second (TF2), which is the MMM added to 1°C (temperature Hotspot limit to bleaching such as used by NOAA, in this case, 29°C). It was noted that the fragments submitted to a temperature of 28°C, in the Aquarium without thermal anomaly, became pale after a period of time that the temperature stabilized at that level, which indicates that even with zero DHW (TF2) this species colonies bleach. The fragments submitted to a temperature of 30°C, bleaching began with an anomaly of about 4°C.weeks (TF1) or 1°C to 2°C. weeks (TF2). In the fragments submitted to a temperature of 32°C coral bleaching began with an accumulated anomaly of 3°C.weeks (TF1) or anomaly of 1°C.week (TF2). In the group

submitted to 30°C, the fragments were dead when DHW reached 5°C.weeks (TF2) and in the group submitted to 32°C, all fragments died with 6.5°C.weeks (TF2).

Key - words: bleaching, thermal anomaly, *Mussimilia harttii*.

1. Introdução

O branqueamento de corais nos oceanos vem sendo registrado desde 1870 (Glynn, 1993) e esta perda das algas zooxantelas ou dos seus pigmentos fotossintéticos, desestabilizando a relação de simbiose entre o coral hospedeiro e as zooxantelas pode levar à redução do crescimento e da reprodução do coral, ao aumento da mortalidade e à redução da cobertura de coral vivo e da diversidade de espécies (Brown, 1997; Hoegh-Guldberg, 1999; McClanahan et al., 2008).

Na década de 80 começaram a ser registrados eventos de branqueamento em massa que estão relacionados com anomalias da temperatura da água do mar. Brown (1997) relata que nas décadas de 80 e 90 ocorreram repetidos eventos de branqueamento na Polinésia Francesa (5 eventos), na Jamaica (4 eventos), nas Bahamas (4 eventos), nas ilhas de Galápagos (3 eventos), na Tailândia (2 eventos) e no Panamá (2 eventos). Em uma revisão da literatura, Glynn (1996) mostra que diversos autores registram o fenômeno do branqueamento e sinalizam, entre outras causas, as anomalias térmicas que têm se tornado muito frequentes e que têm se tornado a expressão mais evidente do aquecimento global. Glynn (1996) cita, também, outros autores que estudaram eventos ocorridos em 1983, 1987 (Williams and Bunkley-Williams, 1990) e 1990 (Goreau and Hayes, 1994) envolvendo as maiores regiões de corais do Caribe e do leste do Pacífico Equatorial que provocaram mortalidade em massa dos recifes de corais, aumentando o entendimento sobre as causas de branqueamento e relacionando-as às mudanças climáticas.

Muitos desses eventos de branqueamento resultaram em mudança na estrutura das comunidades de corais (Ostrander et al., 2000) e, em casos extremos, provocaram mudança de fase do ecossistema coralino caracterizado pela passagem de um estágio de dominância para estágios alternativos de depauperação de corais e aumento da cobertura de algas (Hughes, 1994; Mumby, 2009). Além disso, eventos repetidos podem afetar a resiliência do ecossistema, reduzindo a quantidade de corais, que são substituídos por algas frondosas, não calcificadoras (Quinn and Kojis, 2008; Mumby, 2009).

No Brasil, o fenômeno de branqueamento de corais parece coincidir com o aquecimento dos oceanos durante a ocorrência de eventos *El Niño*, evidenciando que variações da temperatura das águas superficiais do mar afetam os ecossistemas tropicais, particularmente os recifes de coral (Castro and Pires 1999; Kikuchi et al., 2003; Leão et al., 2003; Oliveira et al., 2004).

O primeiro evento foi registrado por Migotto (1997) na costa do Estado de São Paulo, no verão de 1993/1994 e foi relacionado a um aumento anormal da temperatura das águas oceânicas. Em seguida, foram registrados dois eventos de branqueamento na costa do nordeste brasileiro: um no ano de 1996 quando a temperatura da água alcançou valores entre 29°C e 30°C (Costa et al., 2001; Costa and Amaral, 2002; Costa et al., 2004); e o outro em 2003, ocorrido no Atol das Rocas, Fernando de Noronha e nos recifes da costa do Estado de Pernambuco sendo registrado por Ferreira and Maida (2006).

No Estado da Bahia, o primeiro evento registrado foi no Litoral Norte, no verão de 1997/1998 (Dutra, 2000). Também foram observadas colônias branqueadas na Baía de Todos os Santos no verão de 2005/2006 quando a temperatura da água variou entre 28°C e 30°C (Meirelles et al., 2007). No Parque Nacional Marinho de Abrolhos, Castro and Pires (1999) registraram um evento de branqueamento que ocorreu durante uma anomalia da temperatura da água no verão de 1993/1994. Leão et al. (2008) durante o monitoramento realizado em Abrolhos nos anos de 2000 a 2005, encontraram branqueamento significativo somente no ano de 2005.. No verão de 1997/1998, outro evento de branqueamento foi registrado por Leão et al. (2003) e Oliveira et al. (2004). Nos anos de 2002 foi observado branqueamento nas Ilhas de Tinharé e Boipeba, no ano de 2004 na Baía de Camamu, em 2005 nos recifes de Itacolomis (Leão et al. 2008). A tabela abaixo resume os anos, locais e autores que observaram os eventos de branqueamento nos corais.

Tabela 1 – Anos e locais onde ocorreram eventos de branqueamento de corais no Brasil.

Ano	Local	Autores
1993/1994	São Paulo	Migotto (1997)
1993/1994	Abrolhos - Bahia	Castro and Pires (1999)
1996	Pernambuco	Costa et al. (2001)
1998	Litoral Norte - Bahia	Dutra (2000)
1998	Baía de Todos os Santos - Bahia	Leão et al. (2003) Oliveira et al. (2004)
2003		Leão et al. (2008)
2002, 2003 2004	Tinharé e Boipeba – Camamu Bahia	Leão et al. (2008)
2003	Atol das Rocas Fernando de Noronha e litoral de Pernambuco	Ferreira and Maída (2006)
2005	Abrolhos - Bahia	Leão et al. (2008)
2005	Recifes de Itacolomis e - Bahia	Leão et al. (2008)
2005/2006	Baía de Todos os Santos - Bahia	Meirelles et al. (2007)

Poggio et al. (2009) avaliaram o branqueamento sazonal em *Siderastrea spp.* em poças de marés dos recifes de Guarajuba, no Litoral Norte do Estado da Bahia, e registraram que quanto maior a temperatura da água nas poças de marés, menor a densidade de zooxantela. Observaram que o branqueamento acompanhou as variações sazonais da temperatura da água, sugerindo que esse processo é uma resposta dos corais *Siderastrea spp.* ao estresse térmico.

O branqueamento pode ocorrer como uma resposta adaptativa (branqueamento adaptativo) do holobionte (coral+alga). O branqueamento adaptativo é definido como

uma mudança das comunidades das algas simbiontes, que segue ao branqueamento, sugerindo ser um mecanismo que ajuda os corais a se adaptarem às mudanças no ambiente; essa possibilidade foi primeiramente apresentada por Buddemeier and Fautin (1993). Assim, segundo essa teoria, os corais são capazes de se adaptar ao estresse térmico mudando as espécies de zooxantela simbiontes para espécies mais termotolerantes (Douglas 2003; Baker et al., 2004; Donner et al., 2005).

Diversos trabalhos (Rowan et al., 1997; Coles and Rowan 2003; Sebastián et al., 2009) vêm mostrando que existe uma forte relação entre as linhagens de zooxantelas e a tolerância dos corais ao estresse térmico. Fitt and Warner (1995), realizaram experimentos para verificar a resistência de *Montastrea annularis* e *Agaricia lamarcki*, *Agaricia agaricites* e *Montastrea cavernosa* e observaram que as zooxantelas exibem um declínio na sua capacidade fotossintética quando expostas a temperaturas acima do normal (32°C e 34°C). As zooxantelas de *M. cavernosa* e *A. agaricites* parecem ser mais tolerantes à temperaturas mais altas. Rowan (2004), estudando *Pocillopora spp.* em ambientes com diferentes temperaturas observou que os corais que viviam em águas mais aquecidas (>31,5°C) eram colonizados por uma espécie de *Symbiodinium* da linhagem D mais resistente ao estresse do que os corais que viviam em águas mais frias e eram colonizados pelo *Symbiodinium* da linhagem C, sugerindo que essa recombinação simbiótica pode ser um mecanismo de adaptação dos corais ao aquecimento global. Baker et al. (2004), também utilizaram corais do gênero *Pocillopora* demonstrando que os corais que continham espécies de zooxantela termotolerante estavam associados a recifes em ambientes com águas mais quentes. Berkelmans and van Oppen (2006), investigaram o papel da zooxantela na tolerância em corais da espécie *Acropora millepora*, utilizando experimentação e transplante em grande escala, constatando que a tolerância térmica está ligada a linhagem de zooxantela que coloniza os tecidos dos corais.

Os organismos tendem a ter tolerância térmica refletindo o ambiente no qual vivem através dos padrões fisiológicos. Isto pode ocorrer através da aclimatação, onde os organismos alteram seu fenótipo, ou através da adaptação. Os corais e as suas zooxantelas simbiontes têm se adaptado a diferenças geográficas na temperatura do mar através de longos períodos de tempo (Coles et al., 1976).

A aclimatação nos corais é o resultado de experiências vividas, onde o aumento da temperatura da água leva ao aumento da sua resistência. Por exemplo, na primeira exposição ao estresse térmico que causa branqueamento, o coral é mais suscetível do que na segunda vez em que é exposto ao mesmo estressor. A aclimatação pode ser mediada pelas mudanças nas rotas fisiológicas e bioquímicas no coral ou na zooxantela (Brown et al., 2000; 2002a, b) ou pela recolonização de zooxantelas resistentes a estressores que causam branqueamento (Rowan, 2004; Baker et al., 2004).

A resistência se refere à habilidade do coral a resistir aos estressores de branqueamento sem branquear (West and Salm, 2003). É conveniente considerar a resistência como uma resposta alternativa para a suscetibilidade onde os corais não branqueiam. Mas na verdade os corais apresentam um contínuo de respostas variando com o grau de resistência/suscetibilidade. Os fatores que contribuem com a resistência incluem enzimas antioxidantes (Brown et al., 2002a) e características fisiológicas da zooxantela (Rowan et al., 1997).

As espécies de corais com habilidade para se aclimatar e potencial para evoluir sua resistência ao aumento da temperatura e doenças serão provavelmente, dominantes nos recifes do futuro. O potencial evolutivo pode depender do rápido tempo de geração, de grandes populações com reprodução sexuada e do ritmo e tempo de seleção (Mydlarz et al., 2010).

O aumento recente na incidência de eventos de branqueamento em massa tem sido atribuído ao aumento da temperatura dos oceanos, levando-se a especular quais mudanças climáticas futuras poderão levar à degradação dos recifes de corais em longo prazo (Donner et al., 2005). Estes autores alertam que se não houver aumento da tolerância térmica dos corais e seus simbiontes o branqueamento pode se tornar um evento bienal ou até anual nos próximos 30 a 50 anos, em decorrência das mudanças climáticas previstas em cenários do *Intergovernmental Panel on Climate Change* -IPCC (2002) onde as emissões de CO₂ permanecem como estão ou reduzem lentamente. As mudanças globais causarão impacto no ecossistema coralino. Para compreender como os recifes no Brasil serão afetados, é preciso saber como o aquecimento global irá afetar as diferentes espécies e quais são seus limites de tolerância.

Diferentes de outras partes do mundo os recifes de coral do Brasil apresentam baixa diversidade e relativos endemismo (23 espécies, sendo seis endêmicas) (Neves *et al.* 2006). A espécie *M. harttii* é uma espécie endêmica do Brasil ocorrendo em Fernando de Noronha, Atol das Rocas e ao longo do litoral do Brasil, desde o Rio Grande do Norte até o Espírito Santo, encontrada em profundidade de 2 a 3m e entre 15 a 20m. Esta espécie pode formar grandes agrupamentos, sendo um importante construtor recifal, particularmente na costa nordeste do Brasil (Laborel, 1969). A espécie *M. harttii* forma colônias pseudo-ramificadas, com pólipos isolados nas extremidades dos ramos. Três variações morfológicas foram descritas para essa espécie: 1) forma laxa com cálices bastante separados típica em ambientes de águas mais calmas; 2) forma confertifolia com os cálices pouco separados, comumente encontrada em águas mais agitadas; e 3) forma intermediária que abrange todas as formas que não apresentam características extremas (Leão, 1986).

Esse trabalho teve como objetivo avaliar a resistência do coral da espécie *M. harttii* ao aumento anômalo da temperatura da água, estabelecendo a temperatura mínima necessária para provocar o branqueamento, o número de dias necessários para que ocorra o branqueamento em temperaturas iguais ou acima da média de verão da região de Abrolhos, avaliar a ocorrência de mortalidade do coral em eventos de branqueamento induzido e utilizar o *Degree Heating Week*, metodologia utilizada pela *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) para prever respostas dos corais às próximas anomalias térmicas.

2. Materiais e Métodos

2.1. Coleta de Campo

Cinquenta e oito fragmentos de colônias do coral de *M. harttii* foram coletados na estação de amostragem do recife de Pedra de Leste (CLE), localizada no arco interno de recifes de Abrolhos (Figura 1), no mês de maio do ano de 2010, e cada fragmento foi composto por dois pólipos. As amostras foram acondicionadas individualmente em sacos plásticos contendo água do mar e mantidas em caixas térmicas para o transporte até o Laboratório de Estudos de Recifes de Corais, no Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia.

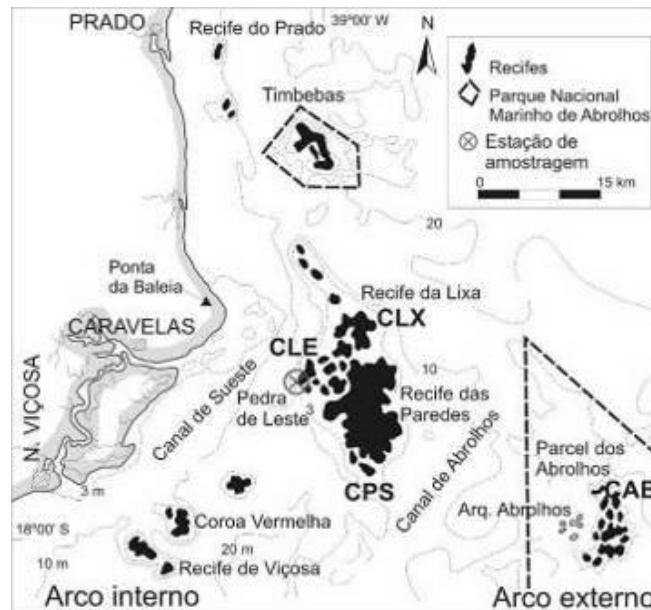


Figura 1. Mapa da área da coleta dos fragmentos de *Mussismilia harttii* na região do Recife de Pedra do Leste (CLE), Abrolhos, Bahia (Leão and Kikuchi, 2000).

2.2 Aclimação

No laboratório, os fragmentos de *M. harttii* passaram por um período de aclimação durante quatro semanas, tempo necessário para selecionar os fragmentos que não apresentaram áreas de mortalidade, branqueamento ou algum sinal de doença. Os fragmentos foram mantidos em aquários com água salina sintética (sal da marca *Red Sea Coral Pro Salt*) a 36 ups, durante um fotoperíodo de 12 horas com lâmpadas tubo fluorescente branca 10.000k da marca *Philips* e azul da marca *Boyu*, bombas de aeração e um aquecedor para manter a temperatura em 26°C.

2.3 Experimento em aquários

Quatro sistemas aquário/cuba foram preparados e montados (Figura 2). Cada sistema foi composto por um aquário com capacidade de 60 l contendo uma cuba de vidro de 20 l dividida em dois compartimentos com capacidade de 10 l e com tampas independentes. Em cada sistema aquário/cuba foram utilizados os seguintes componentes: uma lâmpada tubo fluorescente branca 10.000k da marca *Philips* e uma lâmpada tubo fluorescente azul da marca *Boyu*, controladas por *timers*, ajustado para um fotoperíodo de 12 horas, um aquecedor de aquário controlado por um termostato da marca *Full Gauge* e três bombas para aeração da água e homogeneização da temperatura.



Figura 2. Equipamentos usados no sistema aquário/cuba: caixa com lâmpadas tubo fluorescente azul e branca (A), bombas de aeração (B), aquecedor (C) termostato (D) com sensor de temperatura (E).

Em cada sistema aquário/cuba, foi adicionado 40 l de água de torneira no aquário, um aquecedor e uma bomba (Figura 2) e dentro de cada compartimento da cuba, foi adicionado 10 l de água salgada sintética, preparada com água deionizada e sal da marca *Red Sea Coral Pro Salt* com salinidade de 36 ups e uma bomba (Figura 2) As cubas permaneceram tampadas para impedir a evaporação da água e, conseqüentemente, o aumento da salinidade.

Em seguida, os fragmentos de *M. harttii* foram aleatoriamente selecionados para compor quatro grupos a serem estudados. Cada grupo foi formado por seis fragmentos, cada fragmento com dois pólipos, e foram colocados três fragmentos em cada compartimento da cuba. Os fragmentos foram encaixados em suporte de vidro de modo a permanecer verticalmente dentro das cubas, impedindo qualquer dano ao seu tecido.

Os fragmentos de *M. harttii* dos grupos formados foram identificados com letras e números e submetidos à temperatura de $32\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ (aquário C); à temperatura de $30\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ (aquário D), à temperatura de $28\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ (aquário E); e o grupo controle mantido à temperatura de $26\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ (aquário F). O aquecimento da água dos aquários foi aumentado em $0,5^{\circ}\text{C}$ a cada três dias, até alcançar a temperatura a ser testada (figura 4). Os fragmentos foram mantidos na temperatura testada por um período máximo de dois meses. Esse tempo de exposição foi estabelecido baseado na teoria do *hotspot* de branqueamento, de Goreau and Hayes (1994), ou seja, corais vivendo em um local em que a temperatura da água do mar fosse pelo menos 1°C superior à temperatura média

mensal nos meses de verão por um período de seis a dez semanas, estariam sujeitos ao branqueamento em massa.

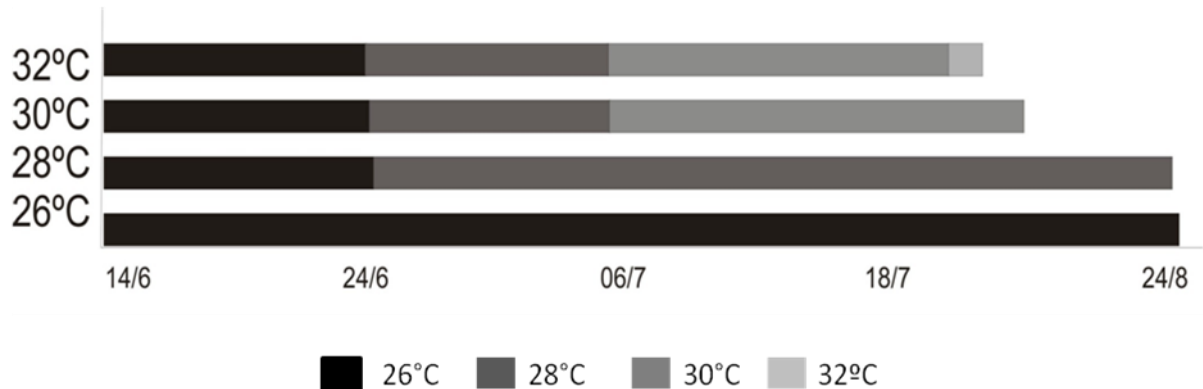


Figura 3. Esquema do período de aumento progressivo da temperatura nos grupos testados.

Testes químicos da água dos compartimentos das cubas foram realizados semanalmente, para monitorar os níveis de fosfato, nitrato, nitrito, cálcio, pH e alcalinidade. Trocas da água do sistema aquário/cuba foram realizadas semanalmente durante todo o período de duração do experimento.

2.4 Obtenção dos dados

O registro de branqueamentos e/ou perda do tecido foi obtido pela observação visual diária dos fragmentos. Os fragmentos foram fotografados semanalmente com uma câmera digital da marca *Sea & Sea* em duas perspectivas: fotos com a visão lateral com o cartão *Coral Watch* (www.coralwatch.org) (Figura 4), cartão de escala de cores que permitiu avaliar o processo de branqueamento do coral e fotos com visão superior que permitiu observar a parte superior do tecido dos fragmentos de *M. hartii* (Figura 4),



Figura 4. Disposição dos fragmentos de *M. hartii* durante o experimento e realização das fotos. A) Visão lateral dos fragmentos e B) visão superior dos fragmentos.

Para obter uma padronização das imagens fotográficas, utilizou-se, para as fotos de visão lateral um tripé apropriado, posicionado sempre na mesma altura e na mesma distância dos aquários, com a escala de cores *Coral Watch* fixada na parte externa do vidro posterior da cuba. Para as fotos com visão superior, a máquina fotográfica foi colocada sobre um suporte de vidro ajustado na lateral da cuba, mantendo desta forma, a mesma distância entre a objetiva e os fragmentos.

2.5 Análise dos dados

Índice de severidade

Para analisar a resposta dos fragmentos de *M. harttii* à exposição das temperaturas foi elaborada para esse estudo uma escala numérica de 0 a 6 representando o Índice de severidade do estado dos fragmentos (Tabela 2).

Tabela 2- Valores dos índices de severidade correspondentes ao tipo de resposta ao estresse térmico.

Valor do índice de severidade	Tipo de resposta ao estresse térmico
0	Fragmento saudável
1	Fragmento com branqueamento fraco
2	Fragmento com retração de tecido
3	Fragmento com branqueamento fraco e com retração de tecido
4	Fragmento com branqueamento forte
5	Fragmento com branqueamento forte e com retração de tecido
6	Fragmento morto

Diariamente foram feitas observações do estado de cada pólipos dos fragmentos em resposta ao estresse térmico e registrado o nível de severidade. Para análise do Índice de severidade dos fragmentos quando os dois pólipos encontravam-se em níveis de severidade diferentes foi considerada a maior severidade.

2.6 Anomalia térmica e anomalia acumulada

As temperaturas para o experimento foram calculadas de modo a simular as temperaturas usuais, a máxima média mensal (MMM) climatológica do verão observada no local de coleta dos espécimes e determinar valores para provocar o branqueamento com base no conceito de anomalia acumulada semanal (*degree heating week*, DHW).

O índice de anomalia acumulada (DHW) tem como base a teoria do *hotspot* de branqueamento, de Goreau and Hayes (1994). Segundo estes autores, corais vivendo em um local em que a temperatura da água do mar fosse pelo menos 1°C superior à temperatura média mensal nos meses de verão por um período de seis a dez semanas estariam sujeitos ao branqueamento em massa. Essa temperatura média foi calculada com dados de dez anos, entre 1984 e 1993, e a temperatura de fronteira foi estabelecida em 1°C acima da média máxima climatológica desse período. A partir da temperatura de fronteira já se pode observar estresse térmico para os corais. Assim, Liu et al., (2003) definiram como temperatura acumulada, a soma semanal das anomalias superiores a 1°C (temperatura de fronteira) num intervalo de tempo de 12 semanas. Desse modo, se em uma semana a temperatura estivesse 1,3°C acima da maior média mensal climatológica do verão, e na semana seguinte a temperatura estivesse 1,1°C acima daquela média, então a anomalia acumulada nessas duas semanas, incluindo as dez semanas anteriores em que não houve anomalia, era de 0,4 graus.semanas. A cada nova semana incluída, a mais antiga é descartada.

Para o nosso experimento, foram utilizadas duas formas de calcular a anomalia acumulada: a primeira, TF1, tomando a MMM (máxima média mensal climatológica do período de 2000 a 2009) como temperatura de fronteira e a segunda, TF2, adicionando, 1°C ao valor da MMM, como indicado por Goreau & Hayes (1994). A série temporal de temperatura da superfície da água utilizada foi a obtida no Banco Nacional de Dados Oceanográficos, do período de 1973 a 2003, que mostravam que a temperatura média anual era de 25,7°C (Oliveira, 2007). Estabeleceu-se então, que 26,0±0,2°C seria a temperatura para o grupo controle. O valor da maior média mensal (MMM) climatológica do verão em Abrolhos foi de 28°C, e essa foi a temperatura do segundo grupo. Com base nisso, determinou-se as temperaturas de 30°C e 32°C como as temperaturas anômalas dos outros dois grupos experimentais.

3. Resultados

Durante o desenvolvimento do experimento não foram observadas variações significativas dos níveis de fosfato, nitrato, nitrito, oxigênio, cálcio, pH e alcalinidade da água das cubas do experimento (Tabela 3) As variações nos níveis desses elementos estão de acordo com os padrões químicos de qualidade da água para cultivo de corais em aquários.

Tabela 3. Valores máximos e mínimos dos parâmetros químicos da água das cubas medidos durante o experimento.

	Aquário 32°C	Aquário 30°C	Aquário 28°C	Aquário 26°C
Fosfato	0 – 0.1	0 – 0.1	0	0
Nitrato	0 – 2.5	0 – 2.5	0	0
Nitrito	0 – 0.1	0 – 0.1	0	0
Oxigênio	8 – 10	8 – 9	8 – 9	8 – 9
Cálcio	400 – 450	400 – 450	400 – 450	400 – 450
pH	8.2	8.2	8.2	8.2
Alcalinidade	1.7 – 2.8	1.7 – 2.8	1.7 – 2.2	1.7 – 2.2

A Tabela 4 (Apêndice) apresenta as respostas diárias do estado dos fragmentos de *M. harttii* dos quatros grupos avaliados durante o período do experimento (14 de junho a 24 de agosto). Todos os fragmentos do grupo controle (F1 a F6), mantidos na temperatura de 26°C permaneceram saudáveis durante o experimento de 10 semanas, mantendo-se no valor zero no índice de severidade (Figura 5).

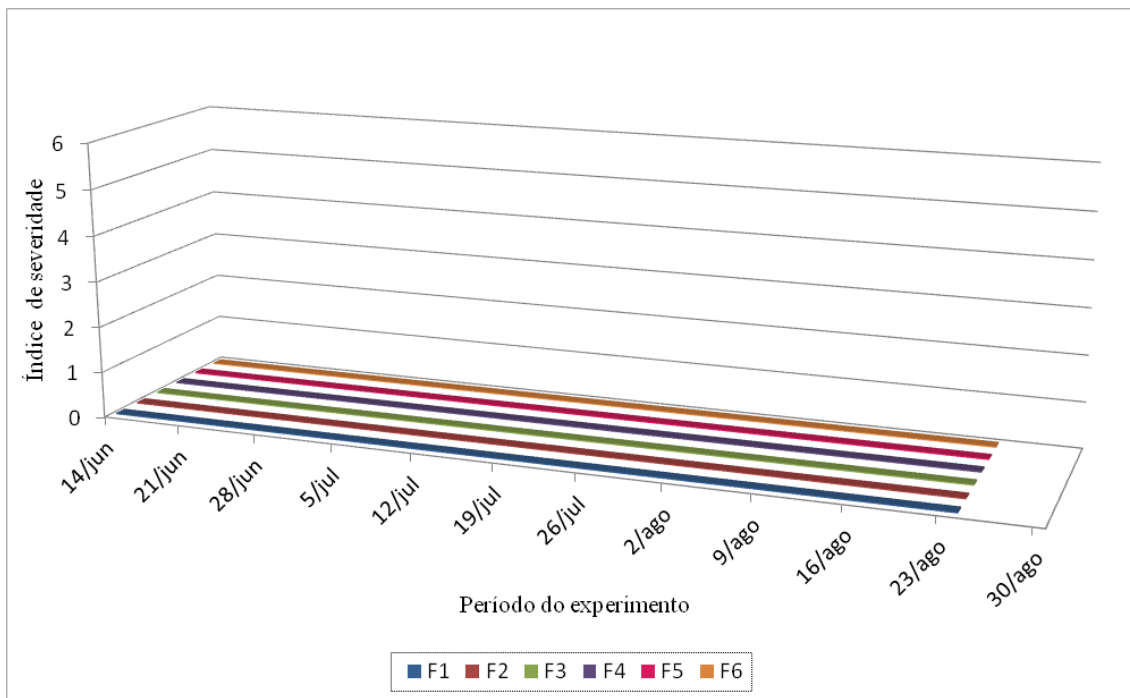


Figura 5 - Estado dos fragmentos de *M. harttii* do grupo controle (F1 a F6) mantidos a 26°C durante o período do experimento. Os valores do índice de severidade se referem a: 0- pólipo saudável; 1- pólipo com branqueamento fraco; 2- pólipo com retração de tecido; 3- pólipo com branqueamento fraco + retração de tecido; 4- pólipo com branqueamento forte; 5- pólipo com branqueamento forte + retração de tecido; 6- pólipo morto.

Os fragmentos de *M. harttii* dos grupos submetidos às temperaturas de 28°C e 30°C permaneceram saudáveis durante o período do aumento progressivo da temperatura até atingir as respectivas temperaturas de teste. No entanto, o grupo de fragmentos submetidos a 32°C apresentou resposta ao estresse térmico durante o período do aumento progressivo da temperatura. Quando a temperatura da água alcançou 30°C nesse grupo, um fragmento de *M. harttii* mostrou sinais de branqueamento fraco. Na continuação da elevação da temperatura desse grupo, ao atingir a temperatura de 32°C, mais de 50% dos fragmentos apresentaram branqueamento forte (Tabela 4 no apêndice).

Os fragmentos submetidos à temperatura de 28°C começaram a apresentar sinais de branqueamento fraco na quinta semana nesta temperatura. O maior índice de severidade atingido pelos fragmentos E1, E2, E3 e E4 foi 1 - branqueamento fraco. Nenhum fragmento apresentou mortalidade no final das oito semanas de exposição à temperatura de 28°C (Tabela 4 no apêndice, Figura 6).

O fragmento E5 permaneceu saudável (índice de severidade 0) durante todo o experimento. O fragmento E6 permaneceu saudável (índice de severidade 0) até a quartasemana após o aquecimento, e apresentou branqueamento fraco (índice de

severidade 1) na quinta semana. Passou a exibir branqueamento forte (índice de severidade 4) na sétima semana e permaneceu nesse grau até o final do experimento (Figura 6).

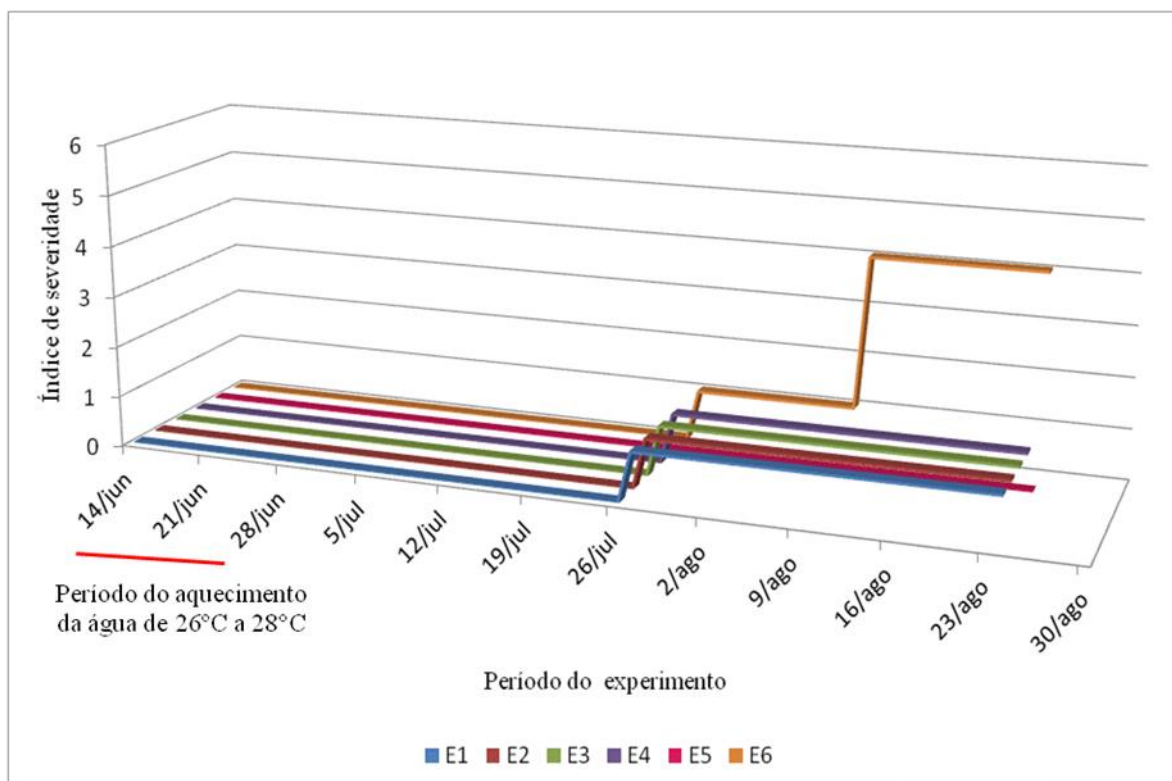


Figura 6- Estado dos fragmentos de *M. hartii* do aquário E (E1 a E6) mantidos a 28°C durante o período do experimento. Os valores do índice de severidade se referem a: 0- pólipo saudável; 1- pólipo com branqueamento fraco; 2- pólipo com retração de tecido; 3- pólipo com branqueamento fraco + retração de tecido; 4- pólipo com branqueamento forte; 5- pólipo com branqueamento forte + retração de tecido; 6- pólipo morto.

Os fragmentos submetidos à temperatura de 30°C branquearam durante a primeira semana após atingir a temperatura. Todos os fragmentos deste grupo apresentaram branqueamento forte e mais de 50% já com retração de tecido ao final da mesma semana. Todos os fragmentos apresentaram mortalidade ao final da quarta semana mantidos nesta temperatura, atingindo o maior índice de severidade (Tabela 4 no apêndice, Figura 7).

Os fragmentos D1, D3, D4 e D5 apresentaram branqueamento forte e retração de tecido (índice de severidade 5) ao final da primeira semana de exposição à temperatura de 30°C). Os fragmentos D1 e D4 apresentaram mortalidade (índice de severidade 6) no início da terceira semana nesta temperatura e os fragmentos D3 e D5 apresentaram

mortalidade (índice de severidade 6) ao final da quarta semana nesta temperatura. O fragmento D2 apresentou branqueamento fraco (índice de severidade 1) ao final da primeira semana submetido a temperatura de 30°C. Após duas semanas nesta temperatura, passou a apresentar branqueamento forte (índice de severidade 4) e após a terceira semana, branqueamento forte e retração de tecido, apresentando mortalidade (índice de severidade 6) no final da quarta semana de exposição a temperatura de 30°C (Tabela 4 no apêndice e Figura 7).

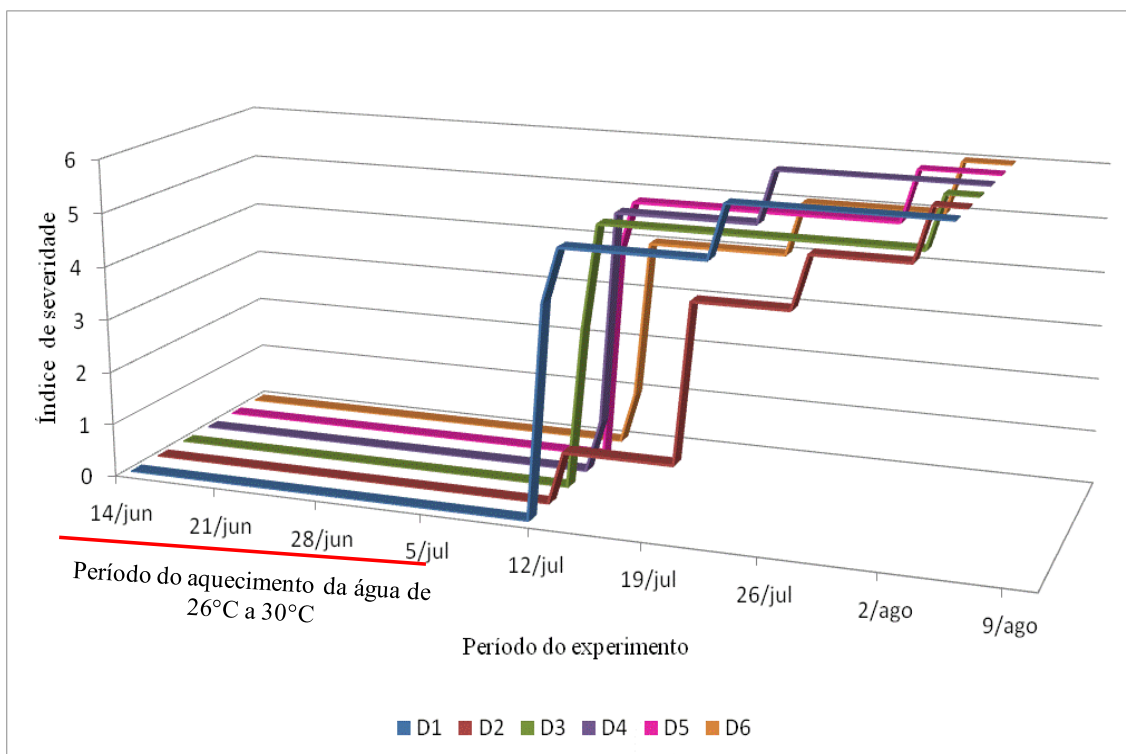


Figura 7- Estado dos fragmentos de *M. harttii* do aquário D (D1 a D6) mantidos a 30°C durante o período do experimento. Os valores do índice de severidade se referem a: 0- pólipo saudável; 1- pólipo com branqueamento fraco; 2- pólipo com retração de tecido; 3- pólipo com branqueamento fraco + retração de tecido; 4- pólipo com branqueamento forte; 5- pólipo com branqueamento forte + retração de tecido; 6- pólipo morto.

Os fragmentos permaneceram submetidos à temperatura de 32°C apenas uma semana após atingir este valor (Figura 8). Durante o período de aumento da temperatura, ao atingir 30°C o fragmento C6 apresentou branqueamento fraco (índice de severidade 1), e o fragmento C3 apresentou retração de tecido (índice de severidade 2) (Tabela 4 no apêndice). Em 31°C o fragmento C6 passou a apresentar branqueamento forte e retração de tecido (índice de severidade 5) e o fragmento C4 apresentou branqueamento fraco (índice de severidade 1). Ao atingir 31,5°C, os fragmentos C1, C2 e C5 apresentaram branqueamento forte (índice de severidade 4) e o fragmento C3 morreu

(índice de severidade 6). No sexto dia da primeira semana todos os fragmentos estavam mortos (Figura 8). Observou-se que um ou dois dias antes da morte dos fragmentos de *M. harttii*, submetidos à temperatura de 32°C, o tecido se desprendia do esqueleto formando uma espécie de película na superfície do pólipo. A figura 9 ilustra a progressão do efeito do aumento da temperatura nos fragmentos de *M. harttii* do aquário C (C4, C5, C6) submetidos a 32°C e as figuras 10 a 13 mostram em detalhe a severidade do dano nesses fragmentos.

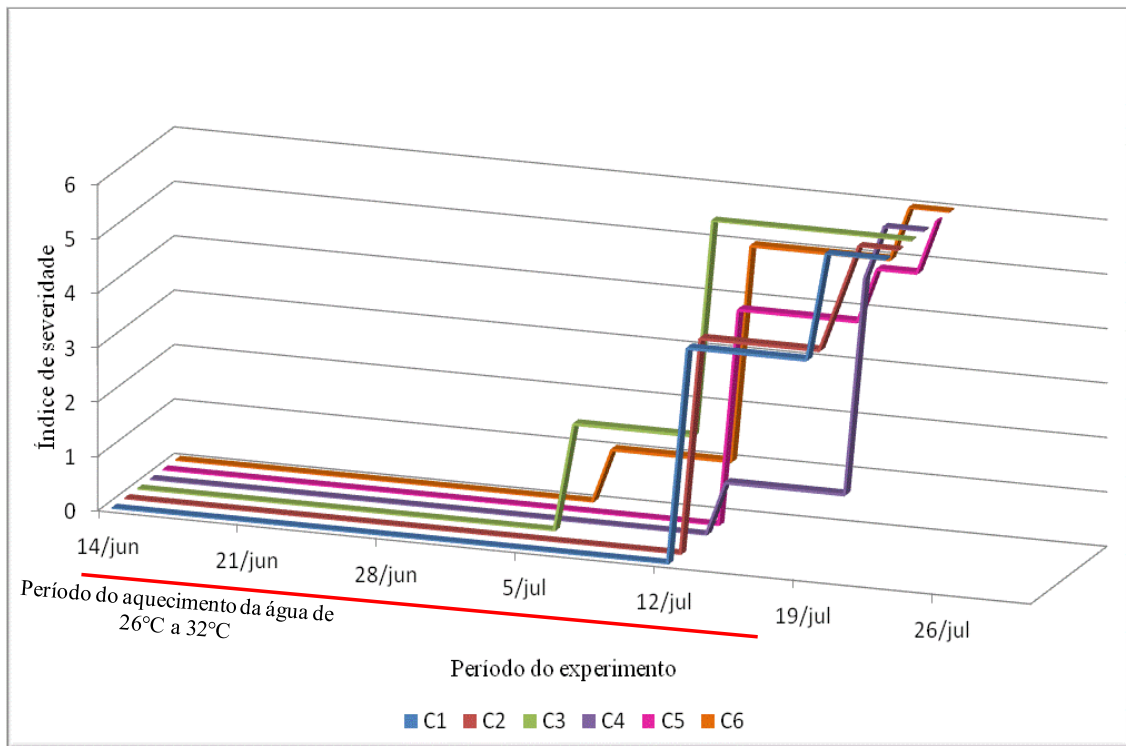


Figura 8- Estado dos fragmentos de *M. harttii* do aquário C (C1 a C6) submetidos a 32°C. Os valores do índice de severidade se referem a: 0- pólipo saudável; 1- polipo com branqueamento fraco; 2- pólipo com retração de tecido; 3- pólipo com branqueamento fraco + retração de tecido; 4- pólipo com branqueamento forte; 5- pólipo com branqueamento forte + retração de tecido; 6- pólipo morto

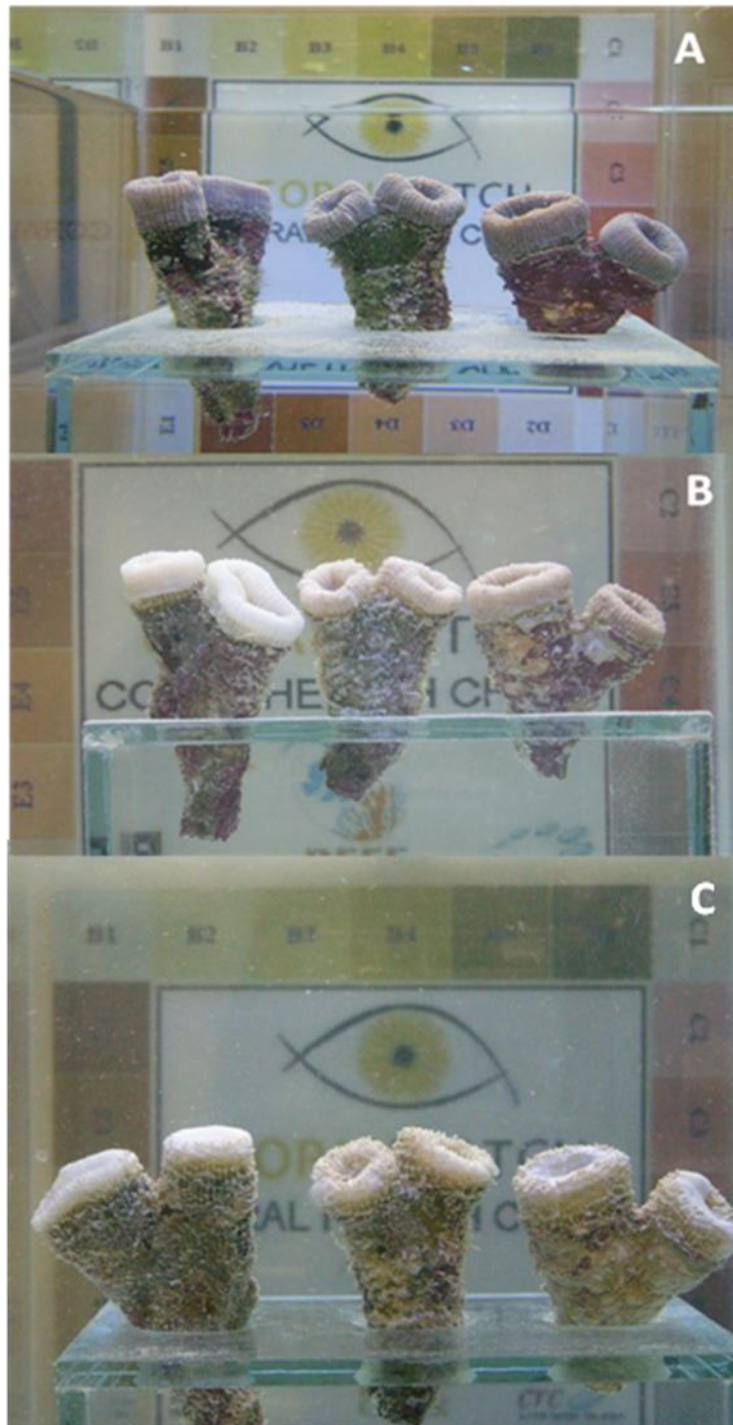


Figura 9- Aspecto dos fragmentos de *M. hartii* do grupo C (C4, C5 e C6). A) Fragmentos apresentando aspecto saudável (26 °C), antes do aquecimento, B) fragmentos apresentando branqueamento e retração de tecido durante o período de aquecimento progressivo da água e C) fragmentos apresentando mortalidade quando a temperatura atingiu 32°C.



Figura 10- Detalhe do fragmento de *M. hartii* (C4) apresentando branqueamento, durante o período de aquecimento progressivo da água.

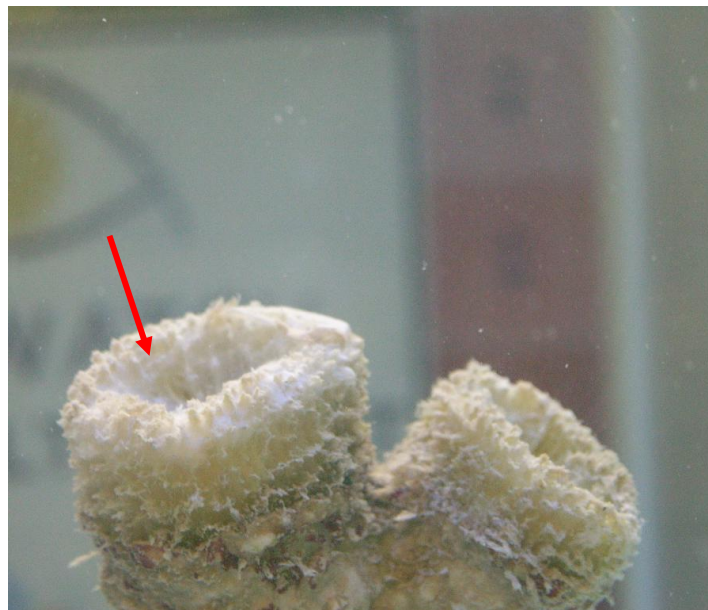


Figura 11 – Detalhe do fragmento de *M. hartii* (C4) ao final do experimento apresentando descolamento de tecido. A seta em vermelho mostra o tecido descolado com uma coloração opaca característica.



Figura 12- Detalhe do fragmento de *M. harttii* (C5) apresentando branqueamento durante o período de aquecimento progressivo da água.

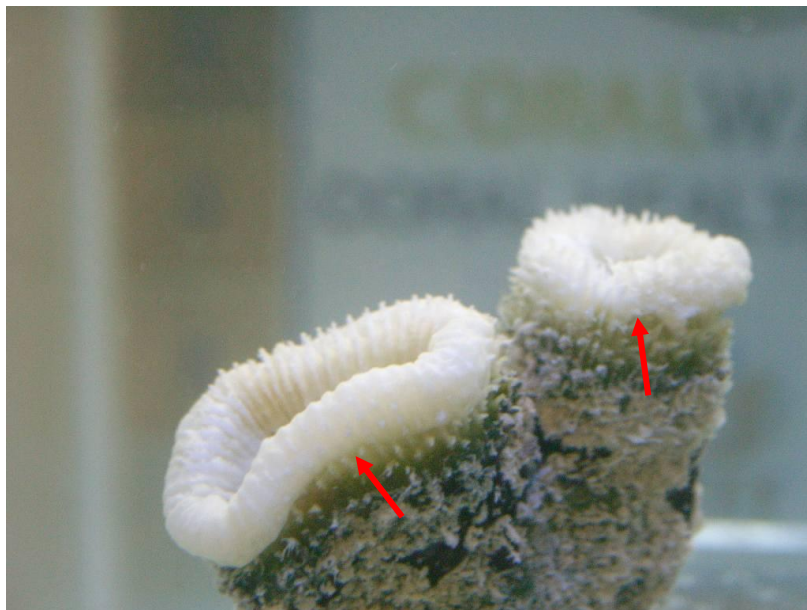


Figura 13 – Detalhe do fragmento de *M. harttii* (C6) apresentando branqueamento forte e retração de tecido. As setas em vermelho mostram a direção da retração de tecido

A seguir serão mostrados os resultados das médias do branqueamento dos fragmentos de cada grupo, comparados com o índice de anomalia acumulada. Como exposto na metodologia, utilizou-se dois modos de cálculo da anomalia acumulada: o primeiro com a temperatura de fronteira de 28°C (TF1) e o segundo com a temperatura de fronteira de 29°C (TF2).

Quando utilizada a TF1, os resultados mostram que mesmo os fragmentos de *Mussismilia harttii* que estavam no aquário sem anomalia térmica, ou seja, com a

temperatura mantida a 28°C (Figura 14), apresentaram alterações como branqueamento fraco e, branqueamento forte. Isso significa que mesmo com DHW igual a zero houve branqueamento (Figura 14).

Ao se utilizar 29°C como TF2, registrou-se branqueamento apesar de não ocorrer anomalia acumulada de temperatura, da mesma forma como o observado na TF1 (28°C), como mostra a figura 14. Registrou-se índices de severidade crescentes com a passagem das semanas do experimento (Figura 14), a despeito da ausência de anomalia segundo o método de cálculo de Liu et al. (2003).

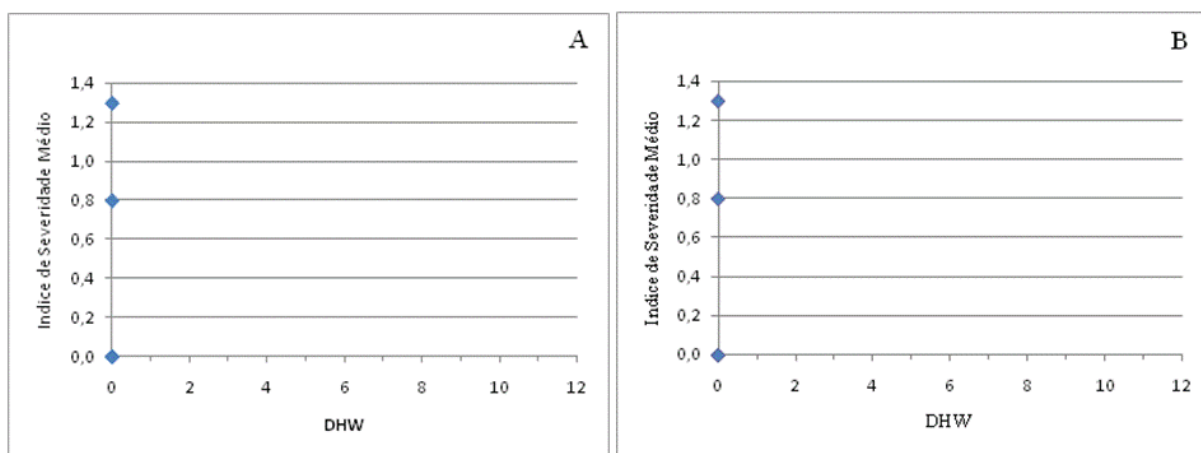


Figura 14- A) Resposta dos fragmentos de *M. harttii* submetidos à temperatura de 28°C, às anomalias acumuladas e DHW utilizando TF1 (28°C). B) Resposta dos fragmentos de *M. harttii* submetidos à temperatura de 28°C, às anomalias acumuladas e DHW utilizando TF2 (29°C). Os valores de severidade diagramados nos gráficos correspondem aos valores médios dos seis fragmentos.

Para os fragmentos de *M. harttii* submetidos à temperatura de 30°C (Figura 15) os efeitos com índice de severidade 4,2 são registrados com um valor de estresse térmico de valor superior a 5, quando utilizada a TF1. O aumento gradual no DHW provoca um aumento proporcional na severidade dos distúrbios observados nos fragmentos. Quando o valor do DHW aumentou para 11°C.semanas, os fragmentos apresentaram mortalidade, com índice de severidade igual 6 (Figura 15) Quando utilizada a TF2, o branqueamento iniciou na transição do DHW de 1 para 2°C.semanas, atingindo o maior grau de severidade com o DHW de 5°C.semans (Figura 15).

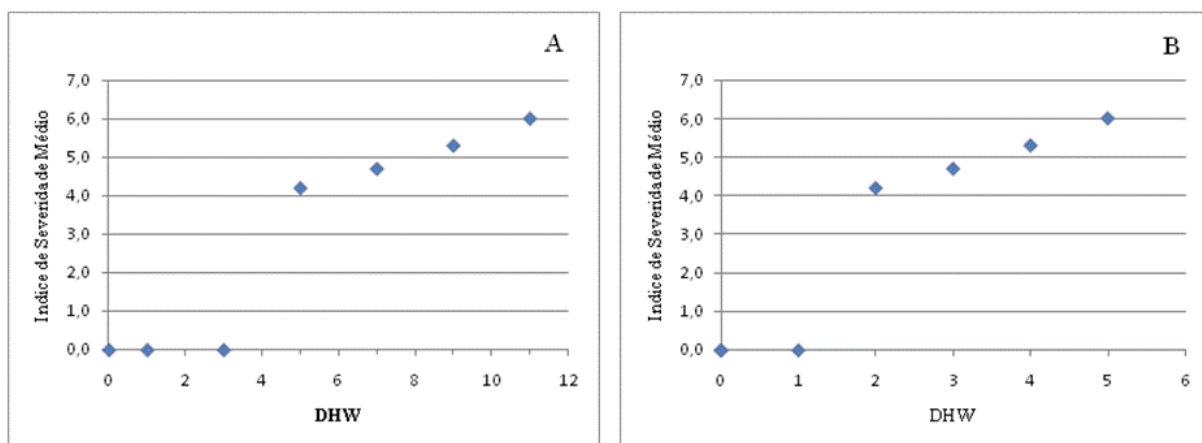


Figura 15- A) Resposta dos fragmentos de *M. hartii* submetidos à temperatura de 30°C, às anomalias acumuladas DHW utilizando como temperatura de fronteira o valor TF1 (28°C). B) Resposta dos fragmentos de *M. hartii* submetidos à temperatura de 30°C, às anomalias acumuladas DHW utilizando como temperatura de fronteira o valor TF2 (29°C). Os valores de severidade diagramados nos gráficos são valores médios dos seis fragmentos.

Para os fragmentos de *M. hartii* submetidos a temperatura de 32°C, baseado na TF1 as suas respostas ao estresse térmico foram observadas mais precocemente, variando de branqueamento fraco (valor médio de 0,5) quando o DHW alcançou 3°C.semanas (Figura 16). A mortalidade total dos fragmentos ocorreu quando o DHW atingiu o valor de 10,5°C.semanas (Figura 16). Quanto utilizada a TF2, os fragmentos de *M. hartii* iniciaram o branqueamento com DHW de 1°C.semanas e a mortalidade dos fragmentos foi observada com DHW de 6,5°C.semanas (Figura 16).

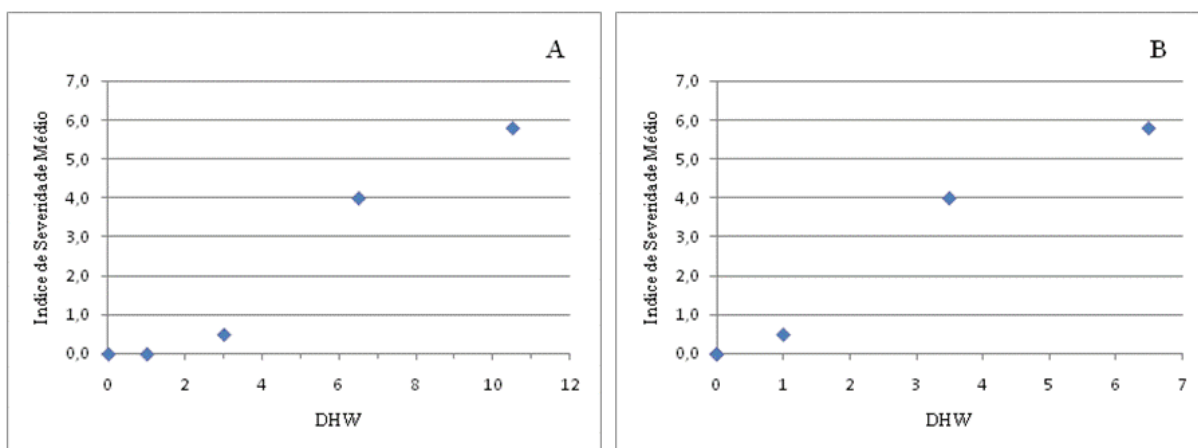


Figura 16- A) Resposta dos fragmentos de *M. hartii* submetidos à temperatura de 32°C, às anomalias acumuladas DHW utilizando como temperatura de fronteira o valor TF1 (28°C). B) Resposta dos fragmentos de *M. hartii* submetidos à temperatura de 32°C, às anomalias acumuladas DHW utilizando como temperatura de fronteira o valor TF2 (29°C). Os valores de severidade diagramados nos gráficos são valores médios dos seis fragmentos.

4. Discussão

O papel do grupo controle mantido a 26°C foi mostrar que a manipulação das colônias e a sua manutenção no sistema de aquários não provocou branqueamento, validando o experimento. A manutenção de fragmentos saudáveis durante todo o experimento no grupo controle indica que o estresse térmico foi responsável pelo branqueamento do coral *Mussimilia harttii*.

Para a NOAA, com base no trabalho de Liu et al. (2003), o branqueamento pode ocorrer quando a temperatura da superfície da água do mar ultrapassa em 1°C da temperatura máxima das médias mensais (MMM) climatológicas (NOAA, 2008). A MMM em Abrolhos é de 28°C (período de 2000 a 2009). Para o grupo de *M. harttii* testado a essa temperatura, a expectativa era que não ocorresse branqueamento, uma vez que 28°C não corresponde a 1°C acima da MMM como indicado pela NOAA. Entretanto essa expectativa não se confirmou, pois, dentre os seis fragmentos, cinco apresentaram branqueamento.

Isto indica que o modo de cálculo das anomalias para previsão de branqueamento subestima a possibilidade de branqueamento da espécie *M. harttii*, que parece ser mais sensível que outras encontradas nos mesmos recifes de Abrolhos. Por exemplo, Silva (2008), estudando a suscetibilidade do coral *Siderastrea stellata* ao aumento da temperatura em aquário, observou que oito semanas de exposição a temperatura de 28°C não foi suficiente para provocar branqueamento nessa espécie.

Os estudos de campo reforçam a diferença existente na resposta esperada pelo cálculo proposto pela NOAA para os corais da costa da Bahia, uma vez que já surgem sinais de branqueamento quando a anomalia é de apenas 0,25°C, como observado por Leão et al. (2008). No ano de 2000, segundo esses autores, quando o valor máximo da anomalia térmica foi de 0,25°C um pequeno percentual de colônias em Abrolhos já apresentou sinais de branqueamento.

Em 1998, na região de Abrolhos, a temperatura superficial do mar apresentou uma anomalia de cerca de 1°C, a temperatura da água do mar variou entre 29,5°C e 30,5°C. Estudos mostraram que anomalias térmicas de 1°C ou mais da água do mar, com duração de uma a duas semanas, foram responsáveis por 8 a 18% de colônias de corais branqueados para o ano 2003 e, uma média de 25% de colônias de corais branqueadas para o ano de 2005, sendo registrado branqueamento em onze espécies de corais

zooxantelados: *Mussismilia braziliensis*, *M. hispida*, *M. harttii*, *Siderastrea spp.*, *Montastraea cavernosa*, *Porites astreoides*, *P. branneri*, *Favia gravida*, *F. leptophylla*, *Agaricia agaricites* e *Madracis decactis*, e nas três espécies de mileporas: *Millepora alcicornis*, *M. nitida* e *M. braziliensis*. (Leão et al., 2008; 2010).

Nos fragmentos submetidos à temperatura de 30°C, o branqueamento iniciou com DHW de cerca de 4°C.semanas utilizando a TF1 ou 1°C para 2°C.semanas utilizando a TF2. Nos fragmentos submetidos à temperatura de 32°C o branqueamento iniciou com DHW de 3°C.semanas na TF1 e DHW de 1°C.semana na TF2. Em ambas as situações, o início do branqueamento ocorreu com DHW inferior à esperada para eventos de grande escala, que é ≥ 4 °C.semanas (Liu et al., 2003).

No grupo de 30°C os fragmentos estavam mortos quando DHW atingiu 5°C.semanas na TF2 e DHW de 11°C.semanas na TF1 e no grupo de 32°C, todos os fragmentos morreram com DHW de 6,5°C.semanas na TF2 e DHW de 10,5°C.semanas TF1. Do mesmo modo que no início do branqueamento, o índice DHW para a mortalidade é menor do que o indicado na literatura (Liu et al., 2003) pois, o valor de DHW esperado para essa severidade é de 8°C.semanas ou mais.

Esse tipo de situação ocorreu em outros estudos. Em observações de campo quando se utilizam imagens de satélites, os dados de temperatura obtidos pela NOAA e pelo *Joint Commission for Ocean and Marine Meteorology* (JCOMM) para predição de branqueamento são frequentemente subestimados ou superestimados. Por exemplo, a análise do JCOMM superestimou o branqueamento de corais no Quênia e na Tasmânia e o DHW obtido pela NOAA subestimou a predição de branqueamento para Moçambique e África do Sul (McClanahan et al., 2007a).

A capacidade moderada de predição sugere a combinação de informações históricas locais e efeitos ambientais. As medições por satélite podem ser uma ferramenta preditiva melhor quando usada em escalas espacial e temporal maiores, resultando numa análise mais específica do recife. Dados da NOAA obtidos por satélite talvez sejam bons para prever a área geral de branqueamento porque mostra imediatamente a ocorrência do evento e pode atuar como um sistema de alerta precoce (McClanahan et al., 2007a). A capacidade de prever o grau do branqueamento com base nos dados do DHW foi moderada no início da ocorrência da anomalia térmica, e

aumentada ao final do período quando a suscetibilidade de uma comunidade de coral foi incluída (McClanaham et al., 2007b).

Embora o DHW desenvolvido pela NOAA possa apresentar falhas na predição de branqueamentos ele é muito utilizado uma vez que os dados estão disponíveis na internet e são atualizados periodicamente.

Em um trabalho sobre a relação entre o crescimento do coral *Diploastrea heliopora* e a temperatura da água do mar observou-se que a redução na taxa de crescimento foi em decorrência do estresse térmico. Com o aumento do tempo de exposição ou aumento da temperatura houve, também, aumento do estresse térmico com o passar das décadas. Segundo os autores existe uma associação direta entre o declínio do crescimento dos corais e estresse térmico por tempo de exposição ou intensidade da temperatura da água. O crescimento esquelético as colônias do coral *D. heliopora* registraram sinais evidentes de estresse térmico prolongado, que tem inibido a recuperação do coral *D. heliopora* no período de 1998 a 2008 (Cantin et al., 2010).

Nesse estudo, a mortalidade ocorre da mesma forma nos casos de anomalia menor por mais tempo e de anomalia maior por tempo mais curto. Em outras palavras, nos grupos de 30° C e de 32° C, todas as colônias morreram quando a temperatura acumulada ultrapassou 10,5°C.semanas (TF1) ou 5°C.semanas (TF2).

No decorrer do experimento, observou-se que um ou dois dias antes da morte do coral o seu tecido se desprendia do esqueleto formando uma espécie de película na superfície do pólip. Essa alteração difere da retração de tecido, uma vez que neste caso, a eliminação do tecido é gradual e não há desprendimento imediato de todo o tecido. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Rodolfo-Metalpa et al. (2006a) observaram diferentes respostas dos corais das espécies *Cladocora caespitosa* e *Oculina patagônica* ao estresse térmico, utilizando as temperaturas de 20°C e 24°C (outono e inverno) e 26°C e 28°C (primavera e verão), por um período de 2 a 3 semanas, como por exemplo, branqueamento sem sinal de necrose e branqueamento com retração de tecido em decorrência da necrose. Foi observado que a *O. patagônica* apresentou branqueamento mas não mortalidade, mesmo com a temperatura a 28°C, diferente da *C.caespitosa* que apresentou necrose e mortalidade nessa mesma temperatura.

Rodolfo-Metalpa et al. (2006b), investigaram o efeito do aumento de temperatura da água em *Cladocora caespitosa* e *Oculina patagônica*, submetidas as temperaturas de 24°C, 27°C, 29°C e 32°C, por 48 horas e observaram que a elevação da temperatura não induziu nem a perda de alga, nem a mortalidade dos corais.

Schlöder and D’Croz (2004) avaliaram o branqueamento dos corais *Pocillopora damicornis* e *Porites lobata* a temperatura de 25°C e 30°C por um período de 30 dias de exposição e foi observado retração do pólipos nas duas espécies estudadas durante o período de exposição ao estresse térmico. Entretanto a *P.lobata* é mais resistente que a *P. damicornis*.os autores atribuem essa diferença na resposta em decorrência das diferenças nas quantidades de proteínas do tecido encontradas nas espécies

Experimento realizado com os corais *Ocillopora meandrina* e *Porites rus* submetidos às temperaturas de 26°C, 28°C e 30°C durante 13 dias, apresentaram um leve branqueamento quando expostos à 30°C, mas não mortalidade ou necrose. (Putnam and Edmunds, 2010).

É evidente a necessidade de se realizar mais estudos sobre a espécie *Mussimilia harttii*, uma vez que seu comportamento a mudanças ambientais ainda é muito pouco conhecido. Os estudos de previsões são fundamentais para a conservação das espécies e principalmente do ecossistema recifal, mas os cálculos de indicadores ajustados para previsão do branqueamento precisam ser mais eficientes.

5. Conclusões

Este estudo mostrou que a *Mussimilia harttii* é uma espécie sensível ao aumento da temperatura da água, e sofre estresse térmico quando submetida por longo período de tempo à temperatura de 28°C que é a média máxima de verão da região de Abrolhos.

Sua sensibilidade também aparece quando a temperatura sobe a 30 e 32°C. Com uma anomalia acumulada de cerca de 2°C.semanas as colônias apresentam branqueamento. Quando DHW chega a 5°C.semanas, valor menor do que a literatura indica ser o necessário para o branqueamento forte e morte de corais ($DHW \geq 8$), as colônias de *M. harttii* estavam mortas.

O DHW desenvolvido pela NOAA é útil para prever a ocorrência de branqueamento de *M. harttii* quando há anomalias térmicas, mas não consegue prever o branqueamento dessa espécie na situação limítrofe de persistência da máxima climatológica (28°C).

6. Agradecimentos

Os autores receberam bolsas do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Este trabalho foi financiado pelo CNPq, Proc.# 558772/2008-0 e FINEP/ REDE GENOPROTE-UFRJ 2007. I.Cruz e L. Soares auxiliaram na execução do experimento em laboratório.

7. Referências Bibliográficas

Baird, A H., Bhagooli, R., Ralph, PJ., Takahashi,S., 2008. Coral bleaching: the role of the host. *Trends in Ecology & Evolution*, Vol. 24, no.1, p. 16-20.

Baker, AC., Starger, CJ., McClanahan, TR., Glynn, P., 2004. Corals' adaptive response to climate change. Shifting to new algal symbionts may safeguard devastated reefs from extinction. *Nature*, no. 430, p.741.

Berkelmans, R. and Van Oppen, MJH., 2006. The role of zooxanthellae in the thermal tolerance of corals: a "nugget of hope" for coral reefs in an era of climate change. *Proceedings of the Royal Society*, vol. 273, p. 2305–2312.

Brown, BE., 1997. Coral bleaching: causes and consequences. *Coral Reefs*, vol. 16, p. 129-138.

Brown, B E., Dunne, R P., Goodson, MS, Douglas, AE., 2000. Bleaching patterns in reef corals. *Nature*, vol. 404.

Brown, BE., Downs, CA., Dunne, RP., Gibb, SW., 2002a. Exploring the basis of thermotolerance in the reef coral *Goniastrea aspera*. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 242, p. 119–129.

Brown, B., Dunne, R., Goodson, M., Douglas, A., 2002b. Experience shapes the susceptibility of a reef coral to bleaching, *Coral Reefs*, vol. 21, no.2, p.119-126.

Buddemeier, RW. and Fautin, DG., 1993. Coral bleaching as an adaptive mechanism: a testable hypothesis. *BioScience*, vol.43, no. 5, p.3320-326.

Cantin, NE., Cohen, AL., Karnauskas, KB., Tarrant, AM., McCorkle, DC., 2010. Ocean warming slows coral growth in the central Red Sea. *Science*, vol. 329, p. 322.

Castro, CB. and Pires, DO., 1999. A bleaching event on a Brazilian coral reef. *Revista Brasileira de Oceanografia*, vol.47, no. 1, p. 87-90.

Coles, SL. and Brown, BE., 2003. Coral bleaching - Capacity for acclimatization and adaptation. *Advances in Marine Biology*, vol.46, p. 183-223.

Coles, SL., Jokiel, PL., Lewis, C., 1976. Thermal Tolerance in Tropical versus Subtropical Pacific Reef Corals. *Pacific Science*, vol. 30, no, 2, p. 159-166.

CoralWatch: www.coralwatch.org

Costa, CF. and Amaral, FMD., 2002. Density and size differences in zooxanthellae from five reef-building coral species from Brazil. *Proceed. 9th Intern. Coral Reef Symp. Indonesian Institute of Sciences, Bali* vol.1, p. 159-162.

Costa, CF., Amaral, FMD., Sassi, R., 2001. Branqueamento em *Siderastrea stellata* (Cnidaria, Scleractinia) da praia de Gaibu, Pernambuco, Brasil. *Revista Nordestina de Biologia*, vol. 15, no. 1, p. 15-22.

Costa, CF., Coutinho, CS., Sassi, R., Brito, LAC., 2004. Microsymbionts of *Siderastrea stellata* (Cnidaria, Scleractinia) in coastal reefs of Cabo Branco, State of Paraíba, Northeastern. *Brazilian Tropical Oceanography*, vol. 32, no. 2, p. 173-181.

Donner, SD., Skirving, WJ., Little, CM., Oppenheimer, M., Hoegh-Guldberg, O., 2005. Global assessment of coral bleaching and required rates of adaptation under climate change. *Global Change Biology*, vol. 11, p. 2251-2265.

Douglas, AE., 2003. Coral bleaching - how and why? *Marine Pollution Bulletin*, vol. 46, no. 4, p. 385-392.

Dutra, LXC., 2000. O branqueamento de corais hermatípicos no Litoral Norte da Bahia associado ao evento El-Niño/98: Universidade Federal da Bahia. 78 p. Monografia de Graduação

Ferreira, BP. and Maida, M., 2006. Monitoramento dos recifes de coral do Brasil – situação atual e perspectivas. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília.

Fitt, WK., Brown, BE., Warner, ME., Dunne, RP., 2001. Coral bleaching: interpretation of thermal tolerance limits and thermal thresholds in tropical corals. *Coral Reefs*, vol. 20, no. 1, p.51-65.

Fitt, WK. and Warner, ME., 1995. Bleaching Patterns of Four Species of Caribbean Reef Corals. *Biology Bulletin*, vol. 189, p.298-307.

Glynn, P W., 1993. Coral reef bleaching - ecological perspectives. *Coral Reefs*, vol.12, no. 1, p.1-17.

Glynn, PW., 1996. Coral reef bleaching: facts, hypotheses and implications *Global Change. Biology*, vol. 2, p. 495-509.

Goreau, TJ. And Hayes, RL.,1994. Coral Bleaching and Ocean "HotSpots". *Ambio* vol. 23, p 176-180 <www.globalcoral.org>.

Hoegh-Guldberg, O., 1999. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine Freshwater Research*, vol. 50, p.839-66.

Intergovernmental Panel on Climate Change, 2002. *Climate Change and Biodiversity* <<http://www.ipcc.ch/>>

Kikuchi, RKP., Leão, ZMAN., Testa, V., Dutra, LXC., Spanó, S., 2003. Rapid assessment of Abrolhos reefs, eastern Brazil (Part 1: stony corals and algae) *Atoll Res. Bull*, vol.,496, p. 172-188.

Laborel, J., 1969. Madreporaires et hydrocoralliaires récifaux des côtes brésiliennes. systematique, écologie, répartition verticale et géographique. In XXXVI Campagnes de la Calypso au large des côtes Atlantiques de l'Amérique du Sud (1961-1962). Résultats scientifiques des campagnes de la "Calypso", fascicule IX, 229p.

Leão, ZMAN., 1986. Guia de Identificação dos Corais do Brasil. Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geofísica. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia.

Leão, ZMAN., Kikuchi, RKP., Oliveira, MDM, Vasconcellos, V., 2010. Status of Eastern Brazilian coral reefs in time of climate changes. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, vol. 5, no. 2, p. 52-63

Leão, ZMAN., Kikuchi, RKP., Oliveira, MDM., 2008. Coral bleaching in Bahia reefs and its relation with sea surface temperature anomalies. Biota Neotropica, vol. 8, no. 3, p.69-82.

Leão, ZMAN., Kikuchi, RKP., Testa, V., 2003. Corals and Coral Reefs of Brazil. In: Latin America Coral Reefs (J. Cortês ed.). Elsevier Publisher, Amsterdam, p.9-52.

Liu, G. and Strong, A E., 2003. Remote sensing of sea surface temperatures during 2002 barrier reef coral bleaching. Eos, Transactions, American Geophysical Union, vol. 84, no. 15, p.137-144

McClanahan TR., Ateweberhan, M., Sebastia, CR., Graham, NAJ., Wilson, SK., Bruggemann, JH., Guillaume, MMM., 2007a. Predictability of coral bleaching from synoptic satellite and in situ temperature observations. CoralReefs, vol. 26, p. 695-701.

McClanahan, TR., Ateweberhan, M., Graham, NA J., Wilson, SK., Sebastián, CR., Guillaume, MMM., Bruggemann, JH., 2007b. Western Indian Ocean coral communities: bleaching responses and susceptibility to extinction. Marine Ecology Progress Series, vol.337, p. 1-13.

McClanahan, TR M. Ateweberhan, M., Omukoto, J., 2008. Long-term changes in coral colony size distributions on Kenyan reefs under different management regimes and across the 1998 bleaching event. Marine Biology, vol. 153, p.755-768.

Meirelles, PM., Leão, ZMAN., Kikuchi, RKP, Chaves, EM., 2007. Comportamento do branqueamento em corais do complexo *Siderastrea* e nas espécies *Montastrea cavernosa* na Baía de Todos os Santos, Bahia. XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar, CD-ROOM.

Middlebrook, R., Anthony, KR N., Hoegh-Guldberg, O., Dove, S., 2010. Heating rate and symbiont productivity are key factors determining thermal stress in the reef-building coral *Acropora Formosa*. The Journal of Experimental Biology, vol. 213, p. 1026-1034.

Migotto, AE., 1997. Anthozoan bleaching on the southeastern coast of Brazil in the summer of 1994. In Proc. Intern. Conference on Coelenterate Biology, 6, 1995. ICCB, Leeuwenhorst, p.329-335.

Mumby, P.J., 2009. Phase shifts and the stability of macroalgal communities on Caribbean coral reefs. *CoralReefs*, vol. 28, p. 761–773

Mydlarz LD., McGinty ES., Harvell, CD., 2010. What are the physiological and immunological responses of coral to climate warming and disease?. *Journal of Experimental Biology*, vol. 213, p. 934-945

Neves, E., Johnsson, R., Sampaio, C., Pichon, M., 2006. The occurrence of *Scolymia cubensis* in Brazil: revising the problem of the Caribbean solitary mussels. *Zootaxa*, vol. 1366, p. 45–54.

NOAA. 2008. Methodology of NOAA Coral Reef Watch Satellite Coral Bleaching Monitoring Products. Methodology, Product Description, and Data Availability of NOAA Coral Reef Watch (CRW) Operational and Experimental Satellite Coral Bleaching Monitoring Products.

Oliveira, MDM., 2007. Efeito do aquecimento global sobre a extensão linear, densidade e taxa de calcificação do esqueleto do coral *Mussismilia braziliensis* Verrill 1868, no último século (Abrolhos, Bahia). Universidade Federal da Bahia. 161p. Tese de Doutorado.

Oliveira, MDM., Kikuchi, RKP., Leão, ZMAN., Dutra, LXC., 2004. Coral bleaching in Brazil, Western South Atlantic. In Abstract 10th Intern. Coral Reef Symp. Japanese Coral Reef Society, Okinawa, p.406.

Ostrander, GK., Armstrong, KM., Knobbe, ET., Gerace, D., Scully, EP., 2000. Rapid transition in the structure of a coral reef community: The effects of coral bleaching and physical disturbance. *PNAS*, vol. 97, no. 10, p. 5297–5302.

Poggio, C., Leão, Z., Mafalda-Junior, P. 2009. Registro de branqueamento em *Siderastrea spp.* em poça intermareais do recife de Guarajuba, Bahia, Brasil. *Interciência*, vol. 34, p. 7.

Putnam, H. and Edmunds, P.J., 2010. The physiological response of reef corals to diel fluctuations in seawater temperature. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*.

Quinn NJ. And Kojis, BL., 2008. The recent collapse of a rapid phase-shift reversal on a Jamaican north coast coral reef after the 2005 bleaching event. *Revista de Biologia Tropica*, vol. 56, no. 1, p. 149-159.

Rodolfo-Metalpa, R., Richard, C., Allemand, D., Ferrier-Pagès, C., 2006 a. Growth and photosynthesis of two Mediterranean corals, *Cladocora caespitosa* and *Oculina patagonica*, under normal and elevated temperatures. *The Journal of Experimental Biology*, vol. 209, p. 4546-4556

Rodolfo-Metalpa, R., Richard, C., Allemand, D., Nike Bianchi, C., Morri, C., Ferrier-Pagès, C., 2006b. Response of zooxanthellae in symbiosis with the Mediterranean corals *Cladocora caespitosa* and *Oculina patagonica* to elevated temperatures. *Marine Biology*, vol. 150, p. 45–55.

Rowan, R., 2004. Coral bleaching - Thermal adaptation in reef coral symbionts.. *Nature*, vol. 430, no. 7001, p. 742-742.

Rowan, R., Knowlton, N., Baker, A., Jara, J., 1997. Landscape ecology of algal symbionts creates variation in episodes of coral bleaching. *Nature*, vol. 388, no. 6639, p. 265-269.

Schlöder, C. and D’Croz, L., 2004. Responses of massive and branching coral species to the combined effects of water temperature and nitrate enrichment. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, vol. 313, p. 255–268.

Sebastián, CR., Sink, K J., McClanahan, T R., Cowan, D A., 2009. Bleaching response of corals and their *Symbiodinium* communities in southern Africa. *Marine Biology*, vol 156, p. 2049–2062.

Silva, MM., 2008. Avaliação do efeito do aumento da temperatura da água sobre a espécie endêmica de coral *Siderastrea stellata*, Verrill 1868 observado em aquário. Centro Universitário Jorge Amado. Monografia de Graduação em Licenciatura em Biologia,

West, JM. And Salm, R., 2003. Resistance and Resilience to Coral Bleaching: Implications for Coral Reef Conservation and Management, *Conservation Biology*, vol.17, no. 4, p. 956–967.

Westmacott, S., Teleki, K., Wells, S., West. JM., 2000. Gestão de recifes de coral branqueados ou severamente danificados. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 36 p.

Williams JR, EH. and Bunkley-Williams, L., 1990. The worldwide coral reef bleaching cycle and related sources of coral mortality. *Atoll Research Bulletin*, no.335, p. 1-67.

8. Apêndice

Tabela 4- Respostas diárias dos corais ao estresse térmico.

Temperatura do experimento - grupo 260.C		26o C		15/jun		16/jun		17/jun		18/jun		19/jun		20/jun		21/jun		22/jun		23/jun	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
F1		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F2		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F3		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F4		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F5		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F6		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
Temperaturas do experimento - grupo 280.C		26o C		26,50 C		27o C		17/jun		18/jun		19/jun		20/jun		21/jun		22/jun		23/jun	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
E1		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
E2		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
E3		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
E4		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
E5		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
E6		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
Temperaturas do experimento - grupo 300.C		26o C		26,50 C		27o C		17/jun		18/jun		19/jun		20/jun		21/jun		22/jun		23/jun	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
D1		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
D2		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
D3		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
D4		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
D5		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
D6		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
Temperaturas do experimento - grupo 320.C		26o C		26,50 C		27o C		17/jun		18/jun		19/jun		20/jun		21/jun		22/jun		23/jun	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
C1		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
C2		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
C3		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
C4		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
C5		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
C6		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s

Tabela 3- Respostas diárias dos corais ao estresse térmico (continuação)

Legenda: p.s - pólipos saudáveis; pbf1- pólipos com branqueamento fraco; rt- pólipos com retração de tecido; pbf0- pólipos com branqueamento forte; pm - pólipos mortos

Temperatura do experimento - grupo	24/jun		25/jun		26/jun		27/jun		28/jun		29/jun		30/jun		01/jul		02/jul		03/jul		
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	
F1	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
F2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
F3	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
F4	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
F5	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
F6	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
Temperaturas do experimento - grupo 28o.C																					
28o.C		24/jun		25/jun		26/jun		27/jun		28/jun		29/jun		30/jun		01/jul		02/jul		03/jul	
E1	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
E2	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
E3	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
E4	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
E5	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
E6	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
Temperaturas do experimento - grupo 30o.C																					
28o.C		24/jun		25/jun		26/jun		27/jun		28/jun		29/jun		30/jun		01/jul		02/jul		03/jul	
D1	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
D2	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
D3	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
D4	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
D5	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
D6	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
Temperaturas do experimento - grupo 32o.C																					
28o.C		24/jun		25/jun		26/jun		27/jun		28/jun		29/jun		30/jun		01/jul		02/jul		03/jul	
C1	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
C2	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
C3	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
C4	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
C5	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	
C6	P1	P2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	

Tabela 3- Respostas diárias dos corais ao estresse térmico (continuação)

Temperatura do experimento - grupo 26o.C		14/jul	15/jul	16/jul	17/jul	18/jul	19/jul	20/jul	21/jul	22/jul	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
F1		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F2		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F3		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F4		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F5		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F6		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
Temperaturas do experimento - grupo 28o.C		14/jul	15/jul	16/jul	17/jul	18/jul	19/jul	20/jul	21/jul	22/jul	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
E1		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
E2		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
E3		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
E4		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
E5		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
E6		p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
Temperaturas do experimento - grupo 30o.C		14/jul	15/jul	16/jul	17/jul	18/jul	19/jul	20/jul	21/jul	22/jul	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
D1		pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt
D2		pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr
D3		pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt
D4		pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt
D5		pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt
D6		pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo
Temperaturas do experimento - grupo 32o.C		14/jul	15/jul	16/jul	17/jul	18/jul	19/jul	20/jul	21/jul	22/jul	
		P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
C1		pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo
C2		pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt
C3		pbfo;rt	pm	pbfo;rt	pm	pbfo;rt	pm	pm	pm	pm	pm
C4		pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr
C5		pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt
C6		pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt	pbfo;rt

Tabela 3- Respostas diárias dos corais ao estresse térmico (continuação)

Temperatura do experimento - grupo	23/jul		24/jul		25/jul		26/jul		27/jul		28/jul		29/jul		30/jul		31/jul		01/ago	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
F1	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F3	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F4	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F5	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F6	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
Temperaturas do experimento - grupo 28o.C	23/jul		24/jul		25/jul		26/jul		27/jul		28/jul		29/jul		30/jul		31/jul		01/ago	
E1	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
E2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
E3	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
E4	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
E5	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
E6	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
Temperaturas do experimento - grupo 30o.C	23/jul		24/jul		25/jul		26/jul		27/jul		28/jul		29/jul		30/jul		31/jul		01/ago	
D1	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
D2	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm
D3	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo
D4	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt
D5	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm
D6	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt	pbfo,rt
Temperaturas do experimento - grupo 32o.C	23/jul		24/jul		25/jul		26/jul		27/jul		28/jul		29/jul		30/jul		31/jul		01/ago	
C1	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
C2	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm
C3	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm
C4	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm
C5	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm
C6	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm

Tabela 3- Respostas diárias dos corais ao estresse térmico (continuação)

Temperatura do experimento - grupo	02/ago		03/ago		04/ago		05/ago		06/ago		07/ago		08/ago		09/ago		10/ago	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
Temperatura do experimento - grupo 26oC	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F1	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F3	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F4	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F5	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F6	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
Temperaturas do experimento - grupo 28o.C	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr
E1	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr
E2	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr
E3	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr
E4	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr
E5	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
E6	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr
Temperaturas do experimento - grupo 30o.C	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm
D1	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm
D2	pbfo;rt	pbfo;rt	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm
D3	pbfo;rt	pbfo;rt	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm
D4	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm
D5	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm
D6	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm	pm

Tabela 3- Respostas diárias dos corais ao estresse térmico (continuação)

Legenda: p.s - pólipos saudáveis; pbfr- pólipos com branqueamento fraco; rt- pólipos com retração de tecido; pbfo- pólipos branqueamento forte; pm - pólipos mortos

Temperatura do experimento - grupo	11/ago		12/ago		13/ago		14/ago		15/ago		16/ago		17/ago		18/ago		19/ago	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
F1	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F3	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F4	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F5	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F6	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
Temperaturas do experimento - grupo	11/ago		12/ago		13/ago		14/ago		15/ago		16/ago		17/ago		18/ago		19/ago	
E1	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr
E2	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr
E3	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr
E4	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr
E5	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
E6	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo

Tabela 3- Respostas diárias dos corais ao estresse térmico (continuação)

Temperatura do experimento - grupo	20/ago		21/ago		22/ago		23/ago		24/ago	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
F1	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F2	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F3	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F4	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F5	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
F6	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
Temperaturas do experimento - grupo 28o.C										
	20/ago		21/ago		22/ago		23/ago		24/ago	
	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2	P1	P2
E1	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr
E2	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr
E3	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr
E4	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr	pbfr
E5	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s	p.s
E6	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo	pbfo

Legenda: p.s - pólipos saudáveis; pbfr- pólipos com branqueamento fraco; rt- pólipos com retração de tecido; pbfo- pólipos com branqueamento forte; pm - pólipos mortos