

**CORAIS HERMATÍPICOS EM POÇAS DE MARÉ:
DISTRIBUIÇÃO, ENFERMIDADES E BRANQUEAMENTO.**

**ILHÉUS
2018**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ PRÓ-REITORIA
DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AQUÁTICOS TROPICAIS**

**CORAIS HERMATÍPICOS EM POÇAS DE MARÉ:
DISTRIBUIÇÃO, ENFERMIDADES E BRANQUEAMENTO.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

ALICE BASTOS DOS SANTOS

**ILHÉUS-BA
2018**

ALICE BASTOS DOS SANTOS

**CORAIS HERMATÍPICOS EM POÇAS DE MARÉ: DISTRIBUIÇÃO,
ENFERMIDADES E BRANQUEAMENTO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais (PPGSAT) da Universidade Estadual de Santa Cruz, como preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre em Sistemas Aquáticos Tropicais.

Orientador: Prof^o Dr^o Carlos Werner Hackradt

Coorientadora: Fabiana Félix Hackradt

ILHÉUS-BA

2018

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Catálogo da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Santa Cruz – UESC.

S237 Santos, Alice Bastos dos.
Corais hermatípicos em poças de maré: distribuição, enfermidades e branqueamento / Alice Bastos dos Santos. – Ilhéus, BA: UESC, 2018.
45f. : il.

Orientador: Carlos Werner Hackradt
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos Tropicais (PPGSAT).
Inclui referências.

1. Biologia dos recifes de coral. 2. Temperatura – Efeitos fisiológicos. 3. Coral branqueamento. I. Título.

CDD 593.6098142



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM
SISTEMAS AQUÁTICOS TROPICAIS



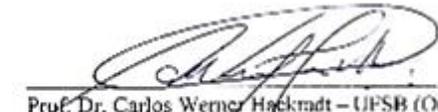
ATA DE DEFESA PÚBLICA Nº 115

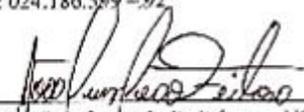
DISSERTAÇÃO DE ALICE BASTOS DOS SANTOS

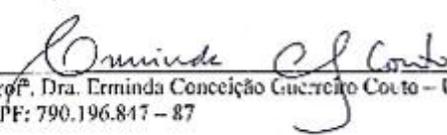
NO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AQUÁTICOS TROPICAIS
STRICTO SENSU – NÍVEL: MESTRADO ACADÊMICO

No vigésimo sexto dia do mês de março do ano de dois mil e dezoito, às 14h00, reuniu-se na sala 01, 1º andar do Pavilhão Max de Menezes da Universidade Estadual de Santa Cruz, a Comissão Examinadora, composta pelos Doutores João Lucas Leão Feitosa e Erminda Conceição Guerreiro Couto, e presidida por mim, Carlos Werner Hackradt, para julgar o trabalho intitulado "Corais hermatípicos em poças de maré: Distribuição, enfermidades e branqueamento, nos recifes costeiros de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália", de autoria de Alice Bastos dos Santos. Após arguição e discussão, a banca examinou, analisou e avaliou o referido trabalho, chegando à conclusão que este está APROVADO. Nada mais havendo a tratar, esta Comissão Examinadora encerrou a Reunião da qual eu, Presidente desta Banca, lavrei a presente ATA, que, após lida e aprovada vai assinada pelos seus membros.

Campus Prof. Seane Nazaré de Andrade, Ilhéus, Bahia, 26 de março de 2018.


Prof. Dr. Carlos Werner Hackradt – UFPA (Orientador)
CPF: 024.186.589 – 92


Prof. Dr. João Lucas Leão Feitosa – UFPA (Examinador)
CPF: 059.363.214-10


Prof. Dra. Erminda Conceição Guerreiro Couto – UFPA (Examinadora)
CPF: 790.196.847 – 87

Universidade Estadual de Santa Cruz
Programa de Pós-Graduação em Sistemas Aquáticos e Tropicais
Mestrado Acadêmico em Sistemas Aquáticos Tropicais
Campus Prof. Seane Nazaré de Andrade, Km 15 – Rodovia IndusTabajara
Fone: (75) 3680-5381 - Fax: (75) 3680-5381
Cep: 45652-000 – Ilhéus-Bahia-Brasil
e-mail: ppa@ufpa.br

AGRADECIMENTOS

Primeiramente aos meus pais pelo apoio, esforço, ajuda e paciência para que eu conseguisse realizar meus objetivos, por sempre estarem presentes, mesmo à longa distância me incentivando.

Aos meus irmãos pelo carinho e cumplicidade, ao meu companheiro por entender os distanciamentos necessários durante esse período, por me ouvir quando precisei e me ajudar a não desistir. Aos meus padrinhos, tia Dirce e Idária, por todo apoio sempre desde a graduação. Agradeço imensamente a Lurdes e Alberto que nos momentos de maior dificuldade me ajudaram e me acolheram com carinho e amizade.

Agradeço aos amigos de turma do PPGSAT que foram parceiros desde o início, ajudando uns aos outros e compartilhando muitos momentos dessa jornada. A todos os colegas e amigos do LECOMAR em nome de Sara e Gabi, que muito fizeram para que os nossos campos fossem realizados, em especial a Virgínia, Mateus e Cris, que além da contribuição com os trabalhos tornaram-se grandes amigos e me ajudaram a chegar até aqui.

Ao meu Orientador Carlos pelos esclarecimentos e orientação desde o início às fases finais da pesquisa, a minha Coorientadora Fabiana pela disponibilidade em ajudar nos momentos de dúvidas e pelo incentivo.

A Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa.

EPÍGRAFE

“Eu nunca guardei rebanhos, mas é como se os guardasse. Minha alma é como um pastor, conhece o vento e o sol E anda pela mão das Estações a seguir e a olhar. Toda a paz da Natureza sem gente vem sentar-se ao meu lado.”

Alberto Caeiro (Fernando Pessoa)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudo do projeto a) com a localização dos recifes onde foram realizadas as amostragens nos municípios de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália com o destaque de sua localização no mapa do Brasil; b) Recife de Guaiú (formação biogênica); (c) Recife de Coroa Vermelha, identificando o platô recifal 1 (CVP1 – Recife de Coroa Vermelha), (CVP2 – Recife do Mutá) e (CVP3 – Recife da Ponta Grande) (formação biogênica). (d) Recife de Arraial D’Ajuda (formação biogênica). (e) Costão de Cabrália (formação abiogênica). (f) Costão de Porto Seguro (formação abiogênica).....17

Figura 2. Média da taxa de cobertura coralínea (\pm SE) (% de coral vivo) nos recifes costeiros de Coroa Vermelha (CVP1), Recife do Mutá (CVP2), Recife da Ponta Grande (CVP3), Arraial d’ Ajuda (ARL), Cabrália (CAB), Guaiú(GUA) e Porto Seguro(PSR) ao longo de 2016 e 2017. As barras sobre as colunas representam o erro padrão (\pm EP)21

Figura 2. Mapas de distribuição real de *Siderastrea stellata*. Legenda: a) CAB, b) GUA, c) CVP1, d) CVP2, e) CVP3, f) PSR, g) ARL. Em vermelho os pontos de ocorrência.....23

Figura 3. Modelo preditivo da distribuição de *Siderastrea stellata*. Legenda: 1)CVP1, 2)CVP2, 3)CVP3, 4)GUA, 5)CAB, 6)PSR, 7)ARL. O valores mais próximos de 1 indicam maior probabilidade de ocorrência.....24

Figura 4. Curva de resposta da cobertura de *Siderastrea stellata* em função de a)profundidade e b)temperatura (gerada pelo modelo preditivo do Maxent). Na vertical os valores de *Siderastrea stellata* (log), e na horizontal as medidas de profundidade (cm) e temperatura (C°).....24

Figura 5. Mapas de distribuição real de *Siderastrea stellata*. Legenda: a) CVP1, b) CVP2, c) CVP3, d)) PSR, e) ARL, f)CAB, g)GUA. Em vermelho os pontos de ocorrência.....25

Figura 6. Modelos preditivos de distribuição de *Favia gravida* em função de Legenda: 1)CVP1, 2)CVP2, 3)CVP3, 4)GUA, 5)CAB, 6)PSR, 7)ARL. Os valores mais próximos de 1 apontam maior probabilidade de ocorrência.....26

Figura 7. Curvas resposta de *Favia gravida* em função de a)profundidade e b)temperatura (geradas pelo modelo preditivo do Maxent). Na vertical os valores de *Favia gravida* (log), e na horizontal a)profundidade e b)temperatura.....26

Figura 8. Mapas de distribuição real das demais espécies. Legenda: a) CVP1, b) CVP2, c) CVP3, d) CAB, e) GUA, f) PSR, g) ARL. Em vermelho os pontos de ocorrência....27

Figura 9. Modelos preditivos de distribuição das demais espécies. Legenda: 1)CVP1, 2)CVP2, 3)CVP3, 4)GUA, 5)CAB, 6)PSR, 7)ARL. Os valores mais próximos de 1 apontam maior probabilidade de ocorrência.....	28
Figura 10. Curvas resposta das demais espécies em função de a)profundidade e b)temperatura (geradas pelo modelo preditivo do Maxent). Na vertical os valores das demais espécies (log), e na horizontal a)profundidade e b)temperatura.....	28
Figura 11. Mapas dos modelos preditivos de distribuição de BLC. a): CVP1, b): CVP2, c): CVP3.....	29
Figura 12. Modelos preditivos da distribuição de DSD. a): CVP1, b): CVP2, c): CVP3.....	30
Figura 13. Curva resposta de BLC (1.) e DSD (2.), em função da temperatura (gerada pelo modelo preditivo do Maxent). Na vertical os valores de BLC (log), e DSD (log), na horizontal as medidas de temperatura.....	30
Figura 14. Curva resposta de BLC (1.) e DSD (2.), em função da profundidade (gerada pelo modelo preditivo do Maxent). Na vertical os valores de BLC (log), e DSD (log), na horizontal as medidas de profundidade.....	31
Figura 15. Porcentagem de cobertura média (\pm SE) para a) cobertura de coral morto (DC), b) taxa de ocorrência doença dos pontos escuros (DSD), e c) taxa de ocorrência de branqueamento (BLC), nos recifes de Coroa Vermelha (CVP1, CVP2 e CVP3), entre 2016 e 2017.....	32
Figura 16. Médias da porcentagem de cobertura. a) <i>F. gravida</i> , b) <i>Siderastrea stellata</i> , ao longo das estações da esquerda para a direita: Verão, Inverno e Primavera (2016), Verão e Outono (2017), nos dois tipos de recife, Bio (biogênico), Abio(abiogênico). Legenda: Coluna = média, barra = erro padrão.....	33
Figura 17. Médias da porcentagem de Doença dos pontos escuros (DSD), branqueamento (BLC), ao longo das estações da esquerda para a direita: Verão, Inverno e Primavera (2016), Verão e Outono (2017), nos dois tipos de recife, Bio (biogênico), Abio (abiogênico). Legenda: Coluna = média, barra = erro padrão.....	34

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Análise de regressão múltipla entre as variáveis dependentes: Cobertura, Riqueza, DC, DSD e BLC, e os estimadores (Área, distância, profundidade e temperatura).....	22
Tabela 2. Distribuição das espécies de coral (Porcentagem de cobertura) nos recifes costeiros de Coroa Vermelha (CVP1, CVP2 e CVP3), Arraial (ARL), Cabralia (CAB), Guaiú (GUA) e Porto Seguro (PSR).....	22
Tabela 3. Valores da área abaixo da curva (AUC), para os modelos gerados pelo Maxent.....	23
Tabela 4. Valores de ganho das variáveis ambientais (quando usadas isoladamente) com relação às espécies estudadas, obtidos pelo teste de “jackknife”. 23	
Tabela 5. PERMANOVA aplicada para as taxas de mortalidade - coral morto (DC), e enfermidade - Doença dos pontos escuros (DSD) e coral branqueado (BLC).....	36
Tabela 6. PERMANOVA da porcentagem de cobertura de <i>F. gravida</i> e <i>S. stellata</i> entre as estação do ano e tipo de formação recifal.....	37
Tabela 7. PERMANOVA da cobertura de Doença dos pontos escuros (DSD), branqueamento (BLC), e coral morto (DC), entre as estação do ano e tipo de formação recifal.....	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAS E MÉTODOS	16
2.1. Área de Estudo	16
2.2. Coleta de dados	18
2.3. Desenho amostral para escala temporal	19
2.4. Desenho amostral para escala espaço-temporal	19
4. ANÁLISE DE DADOS	19
5. RESULTADOS	21
5.1. Ocorrência e distribuição das espécies	22
5.2. Ocorrência de distribuição de enfermidades e mortalidade de corais	30
5.3. Variação temporal	35
5.4. Variação Espaço-Temporal	36
6. DISCUSSÃO	38
7. CONCLUSÃO	36
8.REFERÊNCIAS	37

CORAIS HERMATÍPICOS EM POÇAS DE MARÉ: DISTRIBUIÇÃO, ENFERMIDADES E BRANQUEAMENTO.

RESUMO

Os corais scleractinia dependem da temperatura ideal, turbidez e outras condições ambientais, devido à sua relação com as zooxantelas. Estas algas unicelulares são responsáveis pela pigmentação dos corais e fornecem-lhes produtos da fotossíntese. A morte das zooxantelas ou a sua dissociação do tecido coralino é conhecida como branqueamento. O aumento da temperatura da superfície do mar é a principal causa do branqueamento, e também tem um efeito sobre a ocorrência de doenças. Considerando os fatores mencionados, o objetivo deste trabalho foi mapear o percentual de cobertura de corais em poças de maré e a incidência de doenças e branqueamento sobre estes, relacionando fatores temporais e espaço-temporais. O estudo foi realizado nos recifes costeiros dos Municípios de Santa Cruz Cabrália e Porto Seguro, Bahia. Os resultados obtidos mostraram uma baixa riqueza e alto endemismo, corroborando com estudos anteriores que mostram a predominância de *Siderastrea stellata* e *Favia gravida* nas poças de maré dos recifes costeiros do Brasil. Além disso, a doença dos pontos escuros e o clareamento são de alta incidência em *Siderastrea stellata* e tem predominância durante o verão.

Palavras chave: Recifes costeiros, variação ambiental, Cobertura Coralínea.

HERMATYPIC CORALS IN TIDE POOLS: DISTRIBUTION, ILLNESSES AND BLEACHING

ABSTRACT

The corals scleractinia depend on ideal temperature, turbidity and other environmental conditions, due to their relationship with zooxanthellae. This algae unicellular are responsible for the pigmentation of coral, and provide them with photosynthesis products. The death of the zooxanthellae or your the dissociation of the coral fabric is known as bleaching. the increase of the temperature of the sea surface is the main cause of the bleaching, and also has an effect on to the occurrence of diseases. Considering the factors mentioned, the objective of this work was to map the percentage of coral cover in tide pools and the incidence of diseases and bleaching; related to temporal and spatio-temporal factors. The study was done in the coastal reefs of the Municipalities of Santa Cruz Cabrália and Porto Seguro, Bahia. The results obtained show a low richness and high endemism, corroborated with the previous studies that show the predominance of *Siderastrea stellata* and *Favia gravida* in the tide pools of the coastal reefs of Brazil. In addition, the disease of the purple spot and bleaching is of high incidence rate in *Siderastrea stellata*, and predominance during the summer.

Keywords: Coastal reefs, environmental variation, Coral cover.

1. INTRODUÇÃO

Os corais da ordem Scleractinia possuem relação simbiótica com algas unicelulares, conhecidas como zooxantelas. Essas algas são responsáveis pela pigmentação do coral, quando ocorre a dissociação dessa simbiose, ou a morte das zooxantelas o coral perde a sua coloração, evento conhecido como branqueamento. O aumento da temperatura da superfície do mar é o principal efeito causador do branqueamento (Fit, 1993; Brown, 1997; Castro, 1999; Hoegh-Guldberg, 1999).

A relação entre períodos de anomalia térmica na superfície do mar e registros de branqueamento é relatada por diversos autores. O EL NIÑO Southern Oscillation, é um fenômeno oceano-atmosférico de alcance global responsável pelo aquecimento das águas do oceano Pacífico (Trenberth, 1997, 2000). Entre 1982 e 1998 ocorreram quatro eventos de El NIÑO, sendo os mais severos em 1987 e 1998 (Jímenes, 2003). No Pacífico Oriental (Costa Rica), foi registrado grande número de colônias branqueadas, exceto em uma localidade com maior cobertura de nuvens, sugerindo que o nível de radiação também interfere nesse processo (Jímenes, 2003). Stone (1999) e Goreau (2000) também associaram a sequência de El NIÑO com os branqueamentos registrados em 1998.

Após 1998, o maior evento de branqueamento e mortalidade de corais foi registrado em 2016 no Indo-pacífico, em período de forte EL NIÑO (Hughes *et al.*, 2017). Perry e Morgan (2017) registraram altos índices de branqueamento durante as anomalias térmicas de 2016 no Sul das Maldivas, seguida de um declínio na cobertura de corais vivos até 2017. Perry e Morgan (2017) afirmam ainda que o rápido declínio não terá rápida recuperação, pois, depende de novos recrutamentos de corais para a formação de novas colônias construtoras. A predição de recuperação desses ambientes é de 10 a 12 anos, assim como ocorreu após o evento de 1998 (Pisapia *et al.*, 2016).

No Brasil os primeiros casos de branqueamento publicados foram verificados nos recifes de Abrolhos, principalmente entre os anos de 1993 e 1994, com maiores registros do evento no verão (Castro; Pires, 1999). Entre 2009 e 2010 foram registrados branqueamento de colônias no Atol das Rocas e em Fernando de Noronha. Durante e após períodos de aumento na temperatura superficial do mar “Sea surface temperatures”, registradas pelo Prediction and Research Moored Array in the Tropical

Atlantic (PIRATA) (Bourlès *et al.*, 2008). Os dados do PIRATA registrados “*in situ*” comparados a dados de satélite mostraram que o branqueamento foi maior quando a anomalia térmica foi de 1C°, e em Fernando de Noronha o local com menores profundidades teve mais colônias branqueadas (Ferreira *et al.*, 2012). Também nos anos 1998, 2003 e 2005 segundo Leão *et al.*, (2010), foi registrado o branqueamento de 30% dos corais nos recifes costeiros da Bahia, quando anomalias térmicas na superfície do mar acresceram 1C° em média às temperaturas.

Embora muitos estudos apontem para o efeito causal da temperatura no branqueamento dos corais, a maioria dessas pesquisas são realizadas “*in situ*”, onde não é possível isolar os fatores ambientais e quantificar o grau de interferência destes na saúde das colônias (Stone, 1999). Por isso pesquisas recentes trazem dados de testes laboratoriais onde a temperatura é o único fator atuante. Em uma pesquisa feita com *Pocillopora verrucosa*, foi evidenciado que submetidos a temperatura de 30,5°C em 10 dias os corais perderam 87% de densidade de endosimbiontes, no entanto, quando o estresse térmico foi retirado os espécimes recuperaram consideravelmente suas densidades de endosimbiontes (Rodríguez-troncoso, 2016).

Além do branqueamento, o aumento da temperatura está relacionado a mudanças na comunidade bacteriana nos tecidos dos corais, o que facilita a entrada e permanência de patógenos (Ritchie, 2006). Segundo Sutherland *et al.* (2004), as doenças em corais podem ter causas biológicas ou não, ou podem ser uma combinação dos dois fatores, sendo que as condições ambientais adversas somadas a ações antropogênicas podem potencializar o surgimento dessas patologias.

Em estudos feitos no banco dos Abrolhos - Bahia, foi observado o aumento da ocorrência de doenças a partir do ano de 2005, onde foram identificadas cinco tipos de doenças: Black-band, Red-band, Dark Spots Disease (DSD) e white plague, das quais quatro destas foram encontradas em sete espécies de corais Scleractinia. Apesar de serem recentes no Brasil, essas doenças atingiram rapidamente níveis alarmantes que podem ter relação com as mudanças climáticas globais (Francini-Filho *et al.*, 2008).

Algumas das espécies de corais construtores de recifes estão presentes em águas rasas e suportam condições de temperatura mais elevadas que os de profundidade,

porém por curtos períodos (Brown 1997). Nos platôs recifais que são expostos durante a baixamar os corais vivos são encontrados apenas dentro das poças ou piscinas de maré (Leão *et al.*, 2016). O grau de salinidade, de exposição à radiação e outras condições adversas fazem com que poucas espécies de corais sobrevivam nesses ambientes, na costa do Brasil são relatadas apenas *Siderastrea stellata* e *Favia gravida* (Leão *et al.*, 2016).

Portanto, esta pesquisa foi desenvolvida com base nos seguintes questionamentos: Quais espécies são encontradas nas poças de maré dos recifes costeiros de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália? Onde estão localizadas? Quais as doenças estão afetando essas colônias? Quais as porcentagens de branqueamento? Há relação desses índices com as variáveis ambientais? Essas questões guiaram o nosso estudo que teve como objetivo mapear a porcentagem de cobertura e riqueza dos corais de poças de maré e a incidência de doenças e branqueamento, relacionados a fatores espaço-temporais em recifes costeiros.

2. MATERIAS E MÉTODOS

2.1. Área de Estudo

Na costa da região sul da Bahia, podem ser encontradas formações recifais costeiras, paralelas à linha de costa. A área nesta região caracteriza-se por uma profundidade de até 20m (Costa Jr *et al.*, 2006), na qual podem ser encontrados basicamente dois tipos de formações recifais. Recifes formados primariamente de algas calcárias e outros organismos incrustantes ou recifes biogênicos, e recifes de rocha sedimentar arenítica, conhecidos como “*beach rocks*” ou recifes abiogênicos (Morais, 1967).

Dentre os recifes de formação biogênica, foram amostrados: a) o recife de Arraial D’Ajuda, localizado ao sul de Porto Seguro, b) o recife de Guaiú localizado ao norte da foz do rio Santo Antônio, e c) os recifes de Coroa Vermelha, localizados no distrito de Santa Cruz Cabrália, compostos por três platôs recifais descontínuos e paralelos ao litoral (Recife de Coroa Vermelha, Recife do Mutá e Recife da Ponta Grande) (Costa Jr *et al.*, 2002).

Esses recifes foram construídos sobre uma rocha sedimentar, formando a partir dela uma estrutura biogênica construída por organismos bentônicos de esqueleto calcário, como algas coralíneas e corais (Leão e Rodrigues, 2000). Os corais da ordem Scleractinia, construtores de recife, também conhecidos como Hermatípicos, possuem formas maciças e rígidas e a sua relação simbiótica com as zooxantelas pode estimular o processo de calcificação e conseqüentemente o crescimento das colônias, além disso, outros fatores como a ação das ondas, profundidade e temperatura são determinantes para o crescimento de espécies ou organismos (Villaça, 2009). Segundo o autor (2009) os recifes biogênicos possuem alta biodiversidade, grande parte desta devido á complexidade de estruturas e habitats e a processos coevolutivos e de especialização dos organismos desse ecossistema.

Foram amostrados dois recifes abiogênicos de formação sedimentar, o d) Recife Arenítico do Apaga Fogo localizado na foz do Rio Buranhém em frente ao centro de Porto Seguro, e o e) o Recife Arenítico de Cabrália localizado na foz do rio João de Tiba.

Os recifes areníticos do nordeste do Brasil são formados por deposição de sedimentos calcários ou siliciclásticos, as rochas geradas por essa sedimentação formam linhas estreitas paralelas à costa e inclinadas para o mar de modo que essas estruturas usualmente são colonizadas por organismos bentônicos e incrustantes, fazendo com que este seja também um ambiente importante para os ecossistemas marinhos costeiros (Villaça, 2009; Laborel, 1970; Maida e Ferreira, 1997).

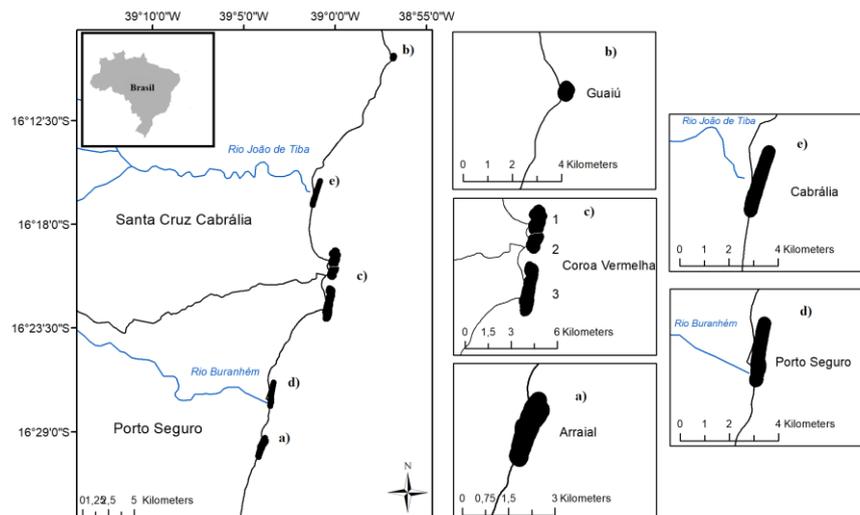


Figura 1. Área de estudo do projeto a) com a localização dos recifes onde foram realizadas as amostragens nos municípios de Porto Seguro e Santa Cruz Cabrália com o destaque de sua localização no mapa do Brasil; b) Recife de Guaiú (formação biogênica); (c) Recife de Coroa Vermelha, identificando o platô recifal 1 (CVP1 – Recife de Coroa Vermelha), (CVP2 – Recife do Mutá) e (CVP3 – Recife da Ponta Grande) (formação biogênica). (d) Recife de Arraial D’Ajuda (formação biogênica). (e) Costão de Cabrália (formação abiogênica). (f) Costão de Porto Seguro (formação abiogênica).

2.2. Coleta de dados

Em cada recife estudado foram avaliadas aleatoriamente dez poças de maré, sua delimitação ocorreu pela ausência de entrada ou saída de água proveniente de outras poças. Em cada poça foram realizados cinco foto-quadrados de 30 x 30, no quadro interno, e que foram dispostos aleatoriamente sobre o substrato consolidado da parte submersa de cada poça estudada.

Adicionalmente foram coletados dados morfométricos das poças. Em planilha específica foram anotados dia e horário das amostragens, a localização das poças foi georeferenciada, com auxílio de um GPS. Tomaram-se três medidas de largura e três de comprimento, em eixos retilíneos e perpendiculares entre si, assim como três medidas de profundidade. Todas estas medidas foram realizadas com auxílio de uma trena. A rugosidade, adaptado de Luckhurst e Luckhurst (1978), foi estimada a partir do método da corrente, foram feitas três medidas em cada poça. Neste método onde o amostrador posicionou a corrente de acordo com a estrutura interna da poça em linha reta e mediu o

espaço ocupado pela corrente, a diferença entre o tamanho real da corrente e essa medida tomada na poça foi utilizada como um índice de rugosidade. A temperatura foi aferida a partir de um termômetro de mercúrio.

2.3. Desenho amostral para escala temporal

Os platôs recifais de Coroa Vermelha (figura 1c), foram escolhidos para um estudo temporal da variabilidade de taxas de enfermidade e mortalidade em corais hermatípicos. Os três platôs, Recife de Coroa Vermelha (CVP1), Recife do Mutá (CVP2) e Recife da Ponta Grande (CVP3), foram visitados mensalmente, a amostragem, como descrita acima, foi realizada durante a primeira baixamar de sizígia de cada dia, sendo destinados um dia em cada platô. As coletas foram feitas de fevereiro de 2016 a julho de 2017, totalizando 17 meses amostrais. 76 ou 81

2.4. Desenho amostral para escala espaço-temporal

Para avaliar a variação espacial nas taxas de cobertura de coral vivo, taxas de enfermidade e mortalidade de corais hermatípicos, foram estudados cinco recifes (Figura 1). Recife de Guaiú (Figura 1b), Recife do Mutá (CVP2) em Coroa Vermelha (Figura 1c), Recife de Arraial D'Ajuda (Figura 1d), Costão de Cabrália (Figura 1e) e Costão do Apaga Fogo (Figura 1f).

Em cada recife, ao longo de cinco estações, realizou-se a amostragem durante a primeira baixamar de sizígia de cada dia, sendo destinado um dia em cada recife sequencialmente, e respectivamente no Verão, Inverno e Primavera de 2016, e no Verão e Outono de 2017.

4. ANÁLISE DE DADOS

Os foto-quadrados foram analisados através do programa “Coral Point Count with Excel extensions” (CPCe) (Kohler, e Gill, 2006). Para a identificação de organismos com CPCe, foi criada uma lista de espécies, baseada na literatura, e notas referentes à presença de doenças, branqueamento, corais mortos dentre outros eventos possíveis de serem identificados.

Em cada foto processada, foram inseridos aleatoriamente 30 pontos, sob os quais os organismos posicionados abaixo do ponto foram identificados, baseados nas opções da base de dados. Ao longo da análise de dados algumas fotos foram perdidas, ou excluídas por não apresentarem boa qualidade.

Para entender a variação temporal nas taxas de cobertura de coral vivo, e a taxa de incidência da doença dos pontos escuros do inglês “Dark Spots disease” (DSD), branqueamento “bleaching coral” (BLC) ou mortalidade “dead coral” (DC), foi utilizada a Análise de Variância por Permutações (PERMANOVA), aplicando-se um desenho aninhado, tendo como fatores o Ano (A - fator fixo) e Platô (P - fator aleatório).

As diferenças na variação das taxas de cobertura de coral vivo, na amostragem espaço-temporal também foram medidas utilizando a PERMANOVA, aplicando um desenho aninhado, tendo como fatores o Ano (A - fator fixo) e Platô (P - fator aleatório). Porém, para DSD, BLC e DC, foi aplicado um desenho ortogonal, comparando as diferenças entre os tipos de recifes (TR - Fator Fixo) entre as estações e por ano (E – fator fixo).

Para entender como a cobertura coralínea em poças de maré é afetada pelas condições ambientais desses locais, modelos lineares generalizados (GLM) foram aplicados para explicar possíveis correlações entre a riqueza, a porcentagem de cobertura de corais, as taxas de incidência de DSD, BLC, DC e as variáveis ambientais coletadas. Esses modelos foram gerados utilizando as funções glm e dredge (R Development Core Team), e os modelos que melhor explicaram as relações foram selecionados através do método de Akaike Information Criteria (AIC).

Para os modelos preditivos de distribuição das espécies e enfermidade de corais, foi utilizado o programa Maxent, versão 3.4.1 que usa o método de máxima entropia (Phillips et al., 2004). Seguiu-se os parâmetros utilizados por Dalapicolla (2016), para ocorrência igual ou acima de 14 pontos (*Siderastrea stellata*, *Favia gravida*, DSD, e BLC) com tipo de repetição Bootstrap, e para as espécies de menor ocorrência, foi utilizado o tipo de repetição: Validação cruzada. Também foram geradas curvas de respostas das variáveis dependentes às variáveis ambientais, e o teste de “jackknife” para analisar a variável mais representativa dentro dos modelos de predição.

Além disso, a significância dos modelos gerados pelo Maxent foi testada através das Características operacionais do receptor do inglês "receiver operating characteristics" (ROC). Onde são comparadas as presenças reais e previstas, e as ausências reais e previstas das espécies, para avaliar se os modelos explicam a distribuição melhor que o acaso, abaixo da curva ROC (AUC) os valores mais próximos de 1 sugerem a eficiência do modelo, enquanto valores mais próximos de 0,5 sugerem aleatoriedade (Elith et al., 2006).

5. RESULTADOS

Foram analisados 3.674 foto-quadrados, sendo 2.434 pertencentes à amostragem temporal, e 1.240 referentes à amostragem espaço-temporal. Houve perda de cerca de 9,3% das fotos coletadas.

A cobertura total de coral vivo nos recifes foi de 24% em 2016, e 14% em 2017, sendo que maiores taxas de ocorrência foram encontradas nos recifes de Coroa Vermelha (similares nos três platôs, exceto para CVP1 em 2017) e Porto Seguro que apresentaram maior porcentagem de cobertura nos dois anos (Fig. 2).

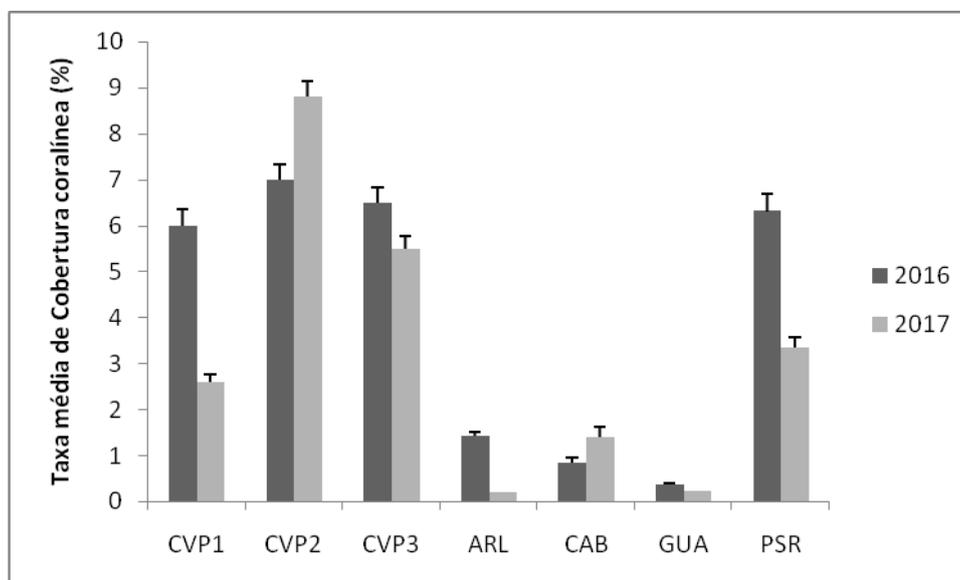


Figura 2. Média da taxa de cobertura coralínea (\pm SE) (% de coral vivo) nos recifes costeiros de Coroa Vermelha (CVP1), Recife do Mutá (CVP2), Recife da Ponta Grande (CVP3), Arraial d' Ajuda (ARL), Cabrália (CAB), Guaiú(GUA) e Porto Seguro(PSR) ao longo de 2016 e 2017. As barras sobre as colunas representam o erro padrão (\pm EP).

A taxa de cobertura de corais vivos variou significativamente em função da distância da borda externa do recife e da profundidade, houve maior cobertura em poças mais fundas e mais próximas à borda externa. A riqueza também foi maior em poças mais fundas, enquanto as taxas de DSD e BLC foram maiores em poças mais fundas e com maiores temperaturas. Além disso, a porcentagem de DC variou em função da área da poça, tendo maiores taxas em poças maiores (tabela 1).

Tabela 1. Análise de regressão múltipla entre as variáveis dependentes: Cobertura, Riqueza, DC, DSD e BLC, e os estimadores (Área, distância, profundidade e temperatura). Legenda: AIC (Akaike information criterion), W (Akaike weights).

Variáveis	Melhor modelo	AIC	W	Intercepto	β Coeficiente
Cobertura	Dist+Prof	3488,7	0,796	-0,277	-0,004/0,361
Riqueza	Prof	1295,5	1	0,326	0,056
DSD	Prof+Temp	2139,8	0,506	-1,607	0,064/0,052
DC	Área	-137,6	0,968	0,018	0,0009
BLC	Prof+Temp	2289,7	0,997	-2,353	0,049/0,085

Os recifes de Coroa Vermelha apresentaram maior índice de riqueza, sendo identificadas 4 espécies no CVP1, 6 espécies no CVP2 e 6 espécies no CVP3, (Tabela 1). Nos recifes da amostragem espaço-temporal foram encontradas apenas 2 espécies (Tabela 2).

Tabela 2. Distribuição das espécies de coral (Porcentagem de cobertura) nos recifes costeiros de Coroa Vermelha (CVP1, CVP2 e CVP3), Arraial (ARL), Cabralia (CAB), Guaiú (GUA) e Porto Seguro (PSR).

	CVP1	CVP2	CVP3	ARL	CAB	GUA	PSR
<i>Siderastrea stellata</i> (Verrill, 1868)	5,59%	12,01%	8,41%	0,43%	0,53%	0,008%	2,47%
<i>Favia gravida</i> (Verrill, 1868)	1,2%	2,68%	1,52%	0,01%	-	-	0,08%
<i>Mussismilia braziliensis</i> (Verrill, 1869)	0,18%	0,01%	0,008%	-	-	-	-
<i>Mussismilia harttii</i> (Verrill, 1902)	0,01%	0,006%	0,006%	-	-	-	-
<i>Porites branneri</i> (Rathbun, 1887)	-	0,006%	0,04%	-	-	-	-

<i>Agaricia humilis</i> (Veril, 1901)	-	0,01%	0,046%	-	-	-	-
--	---	-------	--------	---	---	---	---

5.1. Ocorrência e distribuição das espécies

Os melhores modelos de predição, de acordo com os valores da área abaixo da curva foram de *F. gravida*, demais espécies e branqueamento, pois, tiveram valores mais próximos de 1 (tabela 3).

Tabela 3. Valores da área abaixo da curva (AUC), para os modelos gerados pelo Maxent.

Espécies/Enfermidades	AUC
<i>S. stellata</i>	0.712
<i>F. gravida</i>	0.831
Demais espécies	0.874
DSD	0.795
BLC	0.820

A variável preditora que teve maior ganho médio (60%) na definição da distribuição das espécies e enfermidades foi a profundidade, no entanto, apenas com relação às demais espécies houve um ganho alto de 1,4. A temperatura apresentou baixo valor médio de ganho (5%), sendo nula com relação às demais espécies.

Tabela 4. Valores de ganho das variáveis ambientais (quando usadas isoladamente) com relação às espécies estudadas, obtidos pelo teste de “jackknife”.

Espécies/Enfermidades	Profundidade	Temperatura
<i>S. stellata</i>	0,35	0,10
<i>F. gravida</i>	0,30	0,05
Demais espécies	1,4	0
DSD	0,50	0,05

BLC

0,47

0,05

Os espécimes de *Siderastrea stellata* ocorreram ao longo de todos os recifes, mas, apresentaram maior distribuição nos recifes de Coroa Vermelha (c, d, e) (Figura 2).

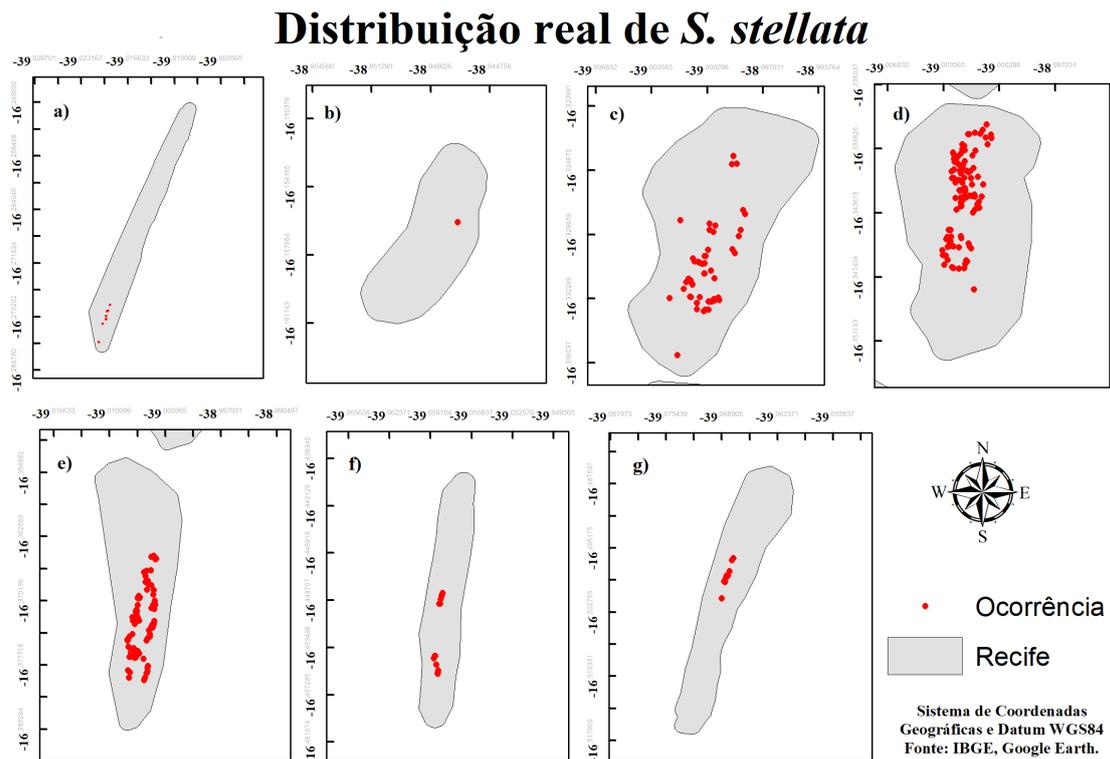


Figura 2. Mapas de distribuição real de *Siderastrea stellata*. Legenda: a) CAB, b) GUA, c) CVP1, d) CVP2, e) CVP3, f) PSR, g) ARL. Em vermelho os pontos de ocorrência.

No modelo preditivo da distribuição de *Siderastrea stellata* o CVP1 (1) apresentou maior distribuição na área central do recife e próximos à borda externa, enquanto CVP2 (2) apresentou valores intermediários do centro ao sul do recife, e maiores valores próximos à borda externa ao norte do recife, o CVP3 (3) apresentou maiores valores de distribuição ao longo de toda a borda externa do recife. Os recifes de

Guaiú (4) e Cabrália (5) apresentaram pouca probabilidade de ocorrência, enquanto os recifes de Porto Seguro (6) e Arraial (7) apresentaram valores intermediários dessas estimativas (Figura 4a).

Modelo preditivo de distribuição de *S. stellata*

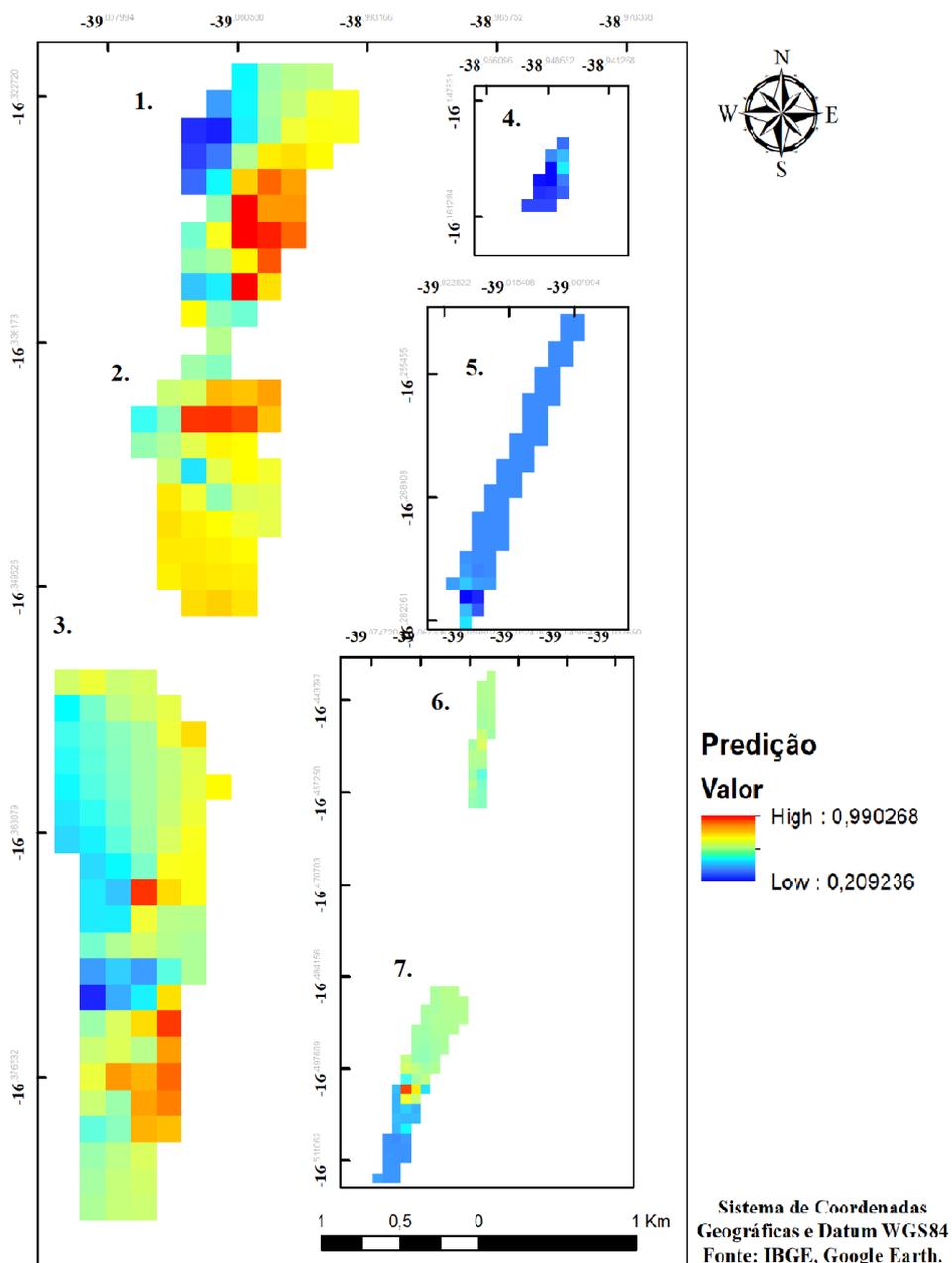


Figura 3. Modelo preditivo da distribuição de *Siderastrea stellata* em função das variáveis profundidade e temperatura. Legenda: 1)CVP1, 2)CVP2, 3)CVP3, 4)GUA, 5)CAB, 6)PSR, 7)ARL; a sequência de numeração dos recifes em a) repete-se para os demais b) e c). O valores mais próximos de 1 indicam maior probabilidade de ocorrência.

Em função da profundidade a predição de ocorrência de *Siderastrea stellata* aumentou a partir de 8 cm até os 20 cm onde começou a se estabilizar, porém, em relação à temperatura essas porcentagens oscilaram sem apresentar um padrão (Figura 4).

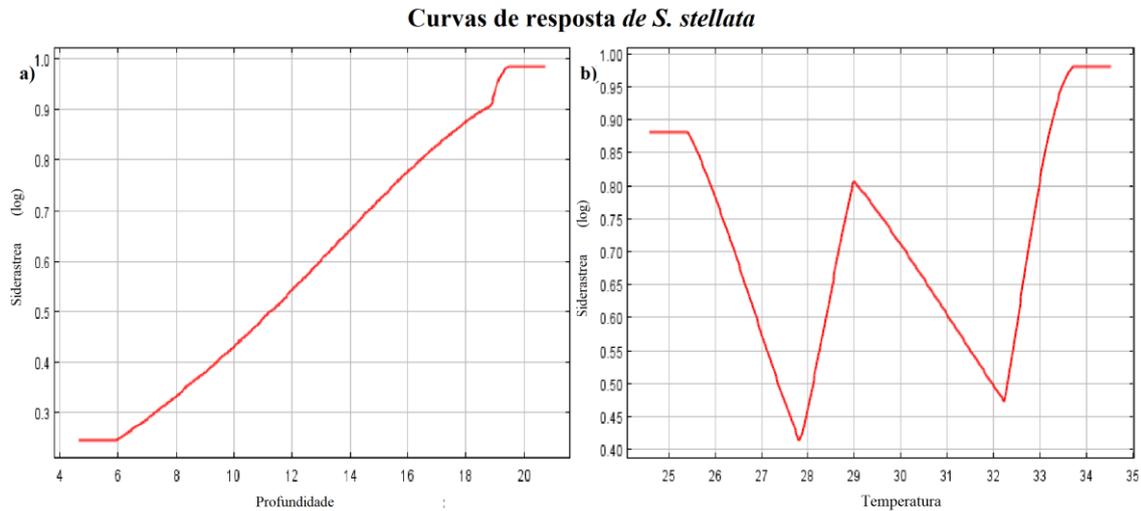


Figura 4. Curva de resposta da cobertura de *Siderastrea stellata* em função de a)profundidade e b)temperatura (gerada pelo modelo preditivo do Maxent). Na vertical os valores de *Siderastrea stellata* (log), e na horizontal as medidas de profundidade (cm) e temperatura (C°).

A espécie *Favia gravida* foi registrada apenas nos recifes de Coroa Vermelha (a, b, c) e teve maior ocorrência nas áreas centrais dos três platôs.

Distribuição real de *Favia gravida*

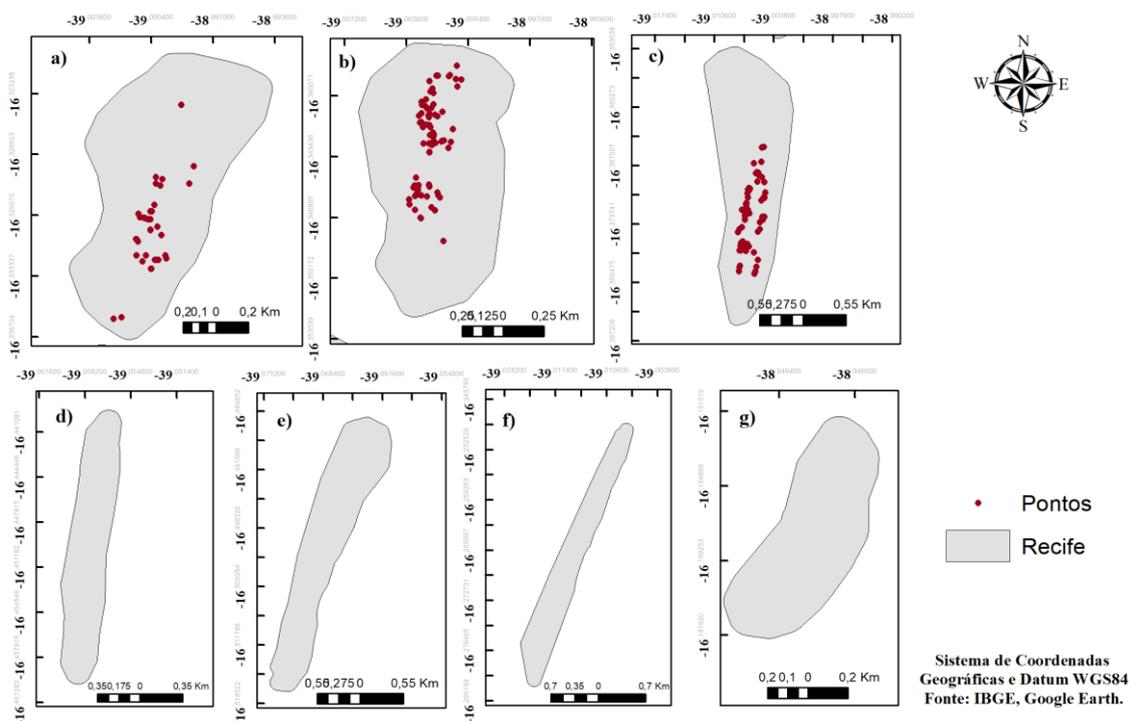


Figura 5. Mapas de distribuição real de *F. gravida*. Legenda: a) CVP1, b) CVP2, c) CVP3, d)) PSR, e) ARL, f)CAB, g)GUA. Em vermelho os pontos de ocorrência.

Os modelos preditivos da ocorrência de *F. gravida* são similares aos de *Siderastrea stellata*, a melhor predição de cobertura da espécie nos recifes de Coroa Vermelha (1, 2 e 3) é próxima à borda externa dos recifes, com valores intermediários nas áreas centrais, para os demais recifes os valores preditivos foram baixos (Figura 6a).

Modelo preditivo de distribuição de *Favia gravida*

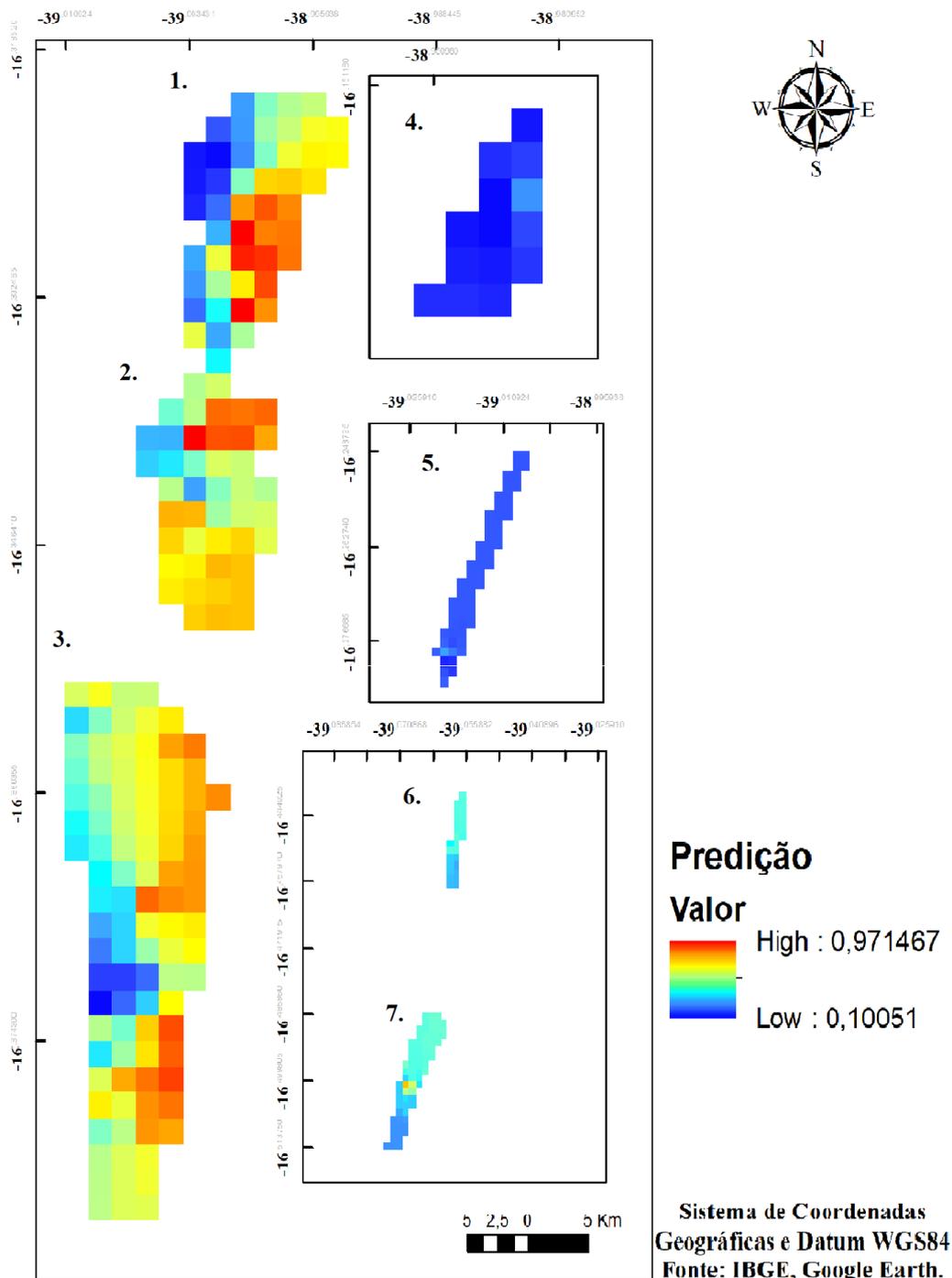


Figura 6. Modelos preditivos de distribuição de *Favia gravida* em função de a)profundidade, b)temperatura e c)todas as variáveis. Legenda: 1)CVP1, 2)CVP2, 3)CVP3, 4)GUA, 5)CAB, 6)PSR, 7)ARL. Os valores mais próximos de 1 apontam maior probabilidade de ocorrência.

A predição de registros de *Favia gravida* está diretamente relacionada com a profundidade, em poças mais fundas a probabilidade de ocorrência dessa espécie é maior. Quanto à temperatura a distribuição da espécie tem maiores valores aos 25°C e

30°C, com uma diminuição entre os 26°C e 32°C, mas, não apresenta um padrão bem definido (Figura 7).

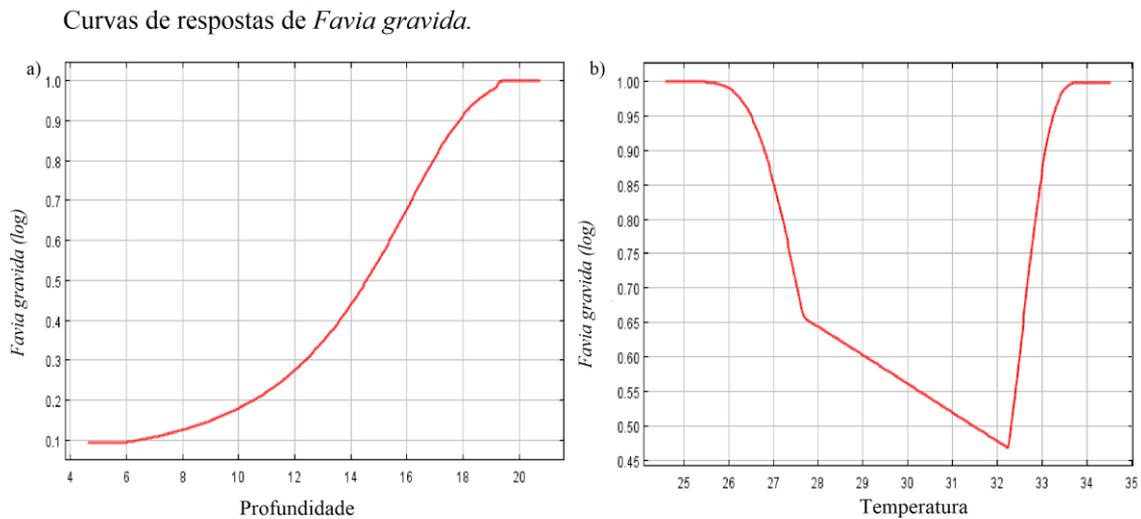


Figura 7. Curvas resposta de *Favia gravida* em função de a)profundidade e b)temperatura (geradas pelo modelo preditivo do Maxent). Na vertical os valores de predição de ocorrência de *Favia gravida* (log), e na horizontal a)profundidade e b)temperatura.

As demais espécies apresentaram apenas nove pontos de ocorrência, sendo que em alguns pontos ocorreram mais de uma espécie. Além disso alguns registros foram perdidos por erro de localização do GPS, o que corresponde a 35% da ocorrência das demais espécies. Houve registro dessas espécies apenas nos recifes de Coroa Vermelha (a, b e c), nas áreas centrais e próximas à borda externa (Figura 8).

Distribuição real das demais espécies

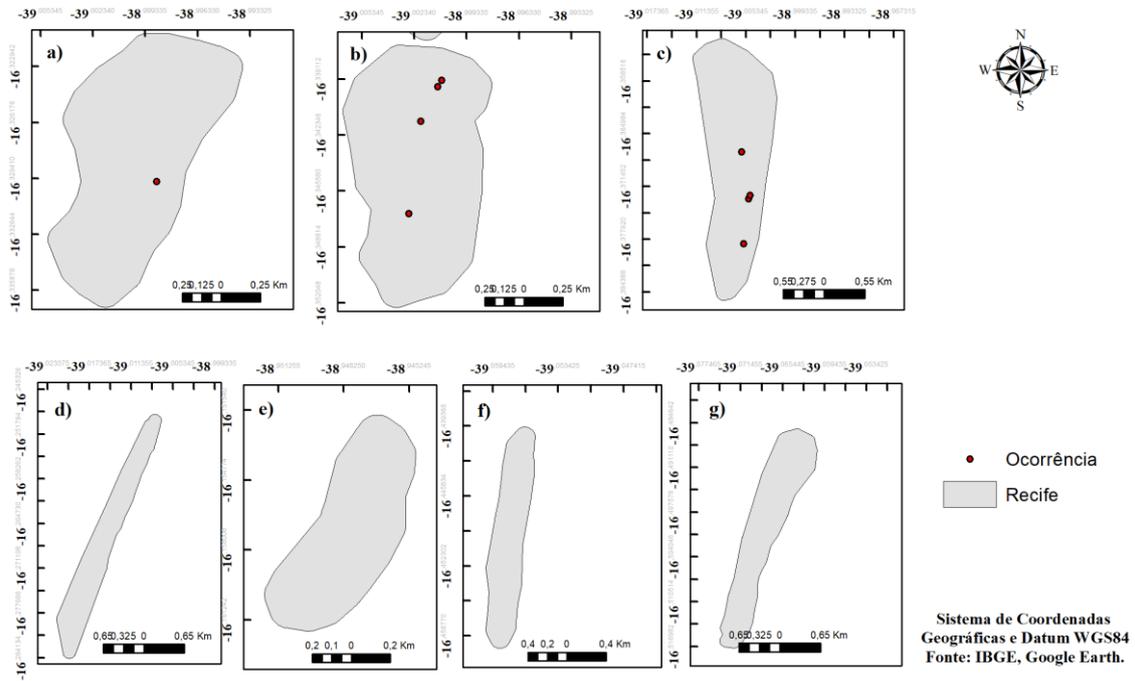


Figura 8. Mapas de distribuição real das demais espécies. Legenda: a) CVP1, b) CVP2, c) CVP3, d) CAB, e) GUA, f) PSR, g) ARL. Em vermelho os pontos de ocorrência.

Os modelos preditivos para as demais espécies apresentaram maiores probabilidades de ocorrência do centro à borda externa dos recifes, com exceção do CVP2 que apresentou alto valor preditivo em uma área próxima à borda voltada para o continente (Figura 9).

Modelo preditivo de distribuição das demais espécies

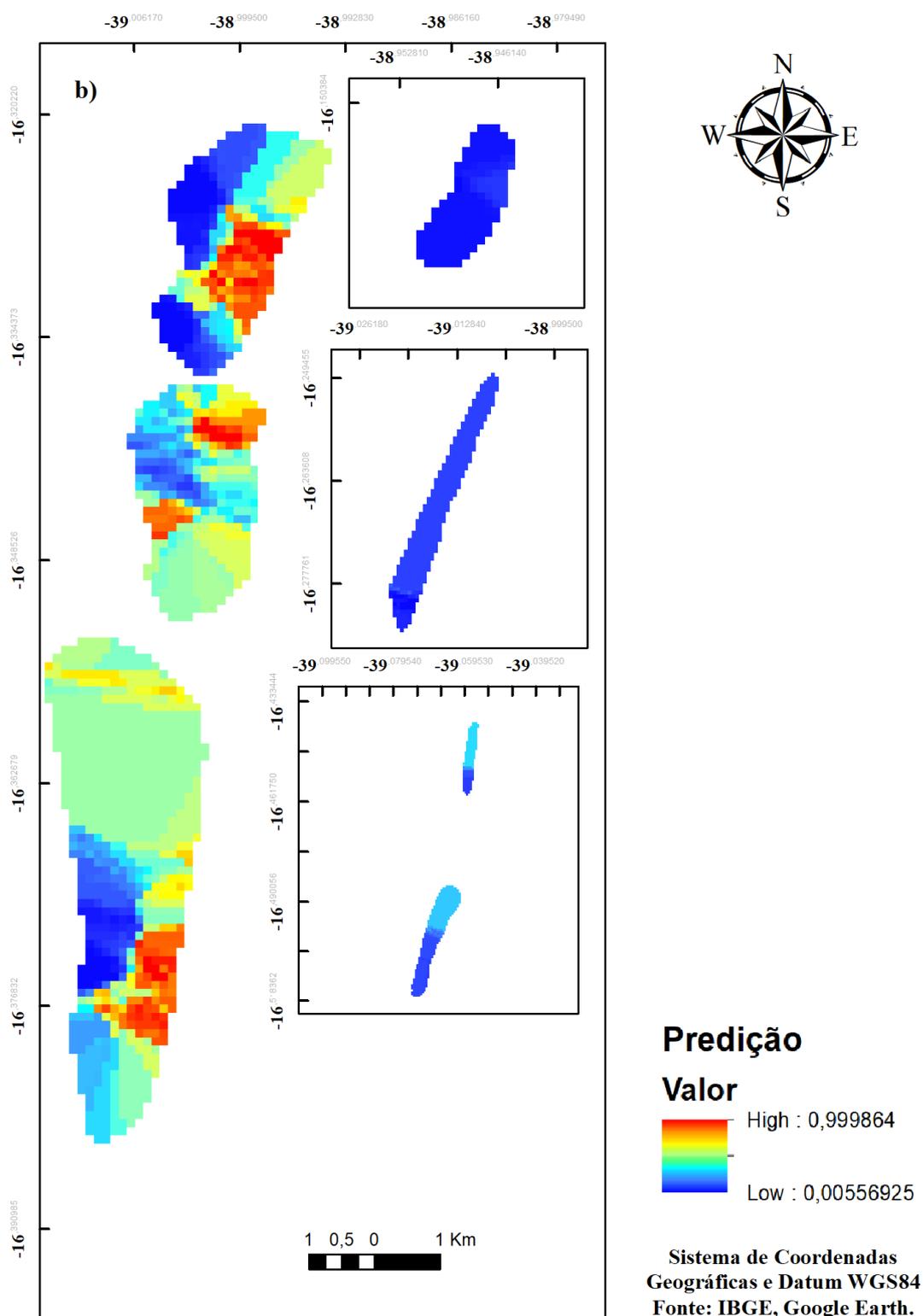


Figura 9. Modelos preditivos de distribuição das demais espécies em função das variáveis profundidade e temperatura. Legenda: 1)CVP1, 2)CVP2, 3)CVP3, 4)GUA, 5)CAB, 6)PSR, 7)ARL. Os valores mais próximos de 1 apontam maior probabilidade de ocorrência.

De acordo com as curvas de resposta geradas pelo Maxent, a predição de ocorrência das demais espécies ocorre a partir de 12 cm de profundidade (a), essa taxa cresce significativamente tendo maior distribuição a partir dos 18 cm (Figura 10). Com relação à temperatura (b) a probabilidade de ocorrência das espécies não apresentou variação (Figura 10).

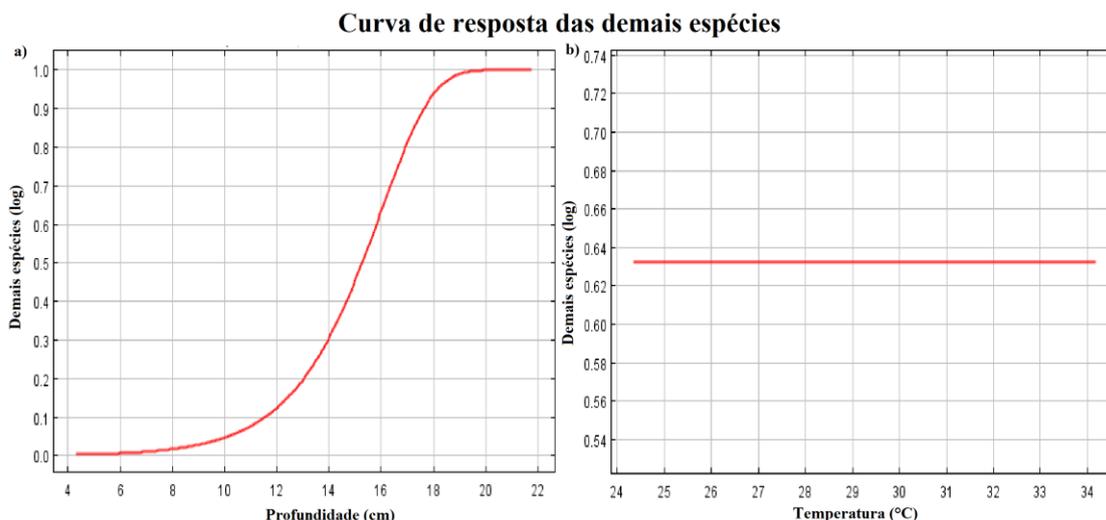


Figura 10. Curvas resposta das demais espécies em função de a)profundidade e b)temperatura (geradas pelo modelo preditivo do Maxent). Na vertical os valores das demais espécies (log), e na horizontal a)profundidade e b)temperatura.

5.2. Ocorrência de distribuição de enfermidades e mortalidade de corais

Ao longo das amostragens identificou-se a ocorrência da enfermidade doença dos pontos escuros em 53% das colônias amostradas de *Siderastrea stellata*. Na mesma espécie o registro de branqueamento foi de 57%, enquanto apenas 6% foi a taxa de colônias mortas. Na espécie *F. gravida* não foram feitos registros da DSD, E as taxas de BLC e DC foram de apenas 0,7% e 1% respectivamente.

A predição de ocorrência de branqueamento foi maior em poças mais próximas à borda externa e em algumas áreas centrais dos recifes. (Figura 11).

Modelo preditivo da Ocorrência de Branqueamento

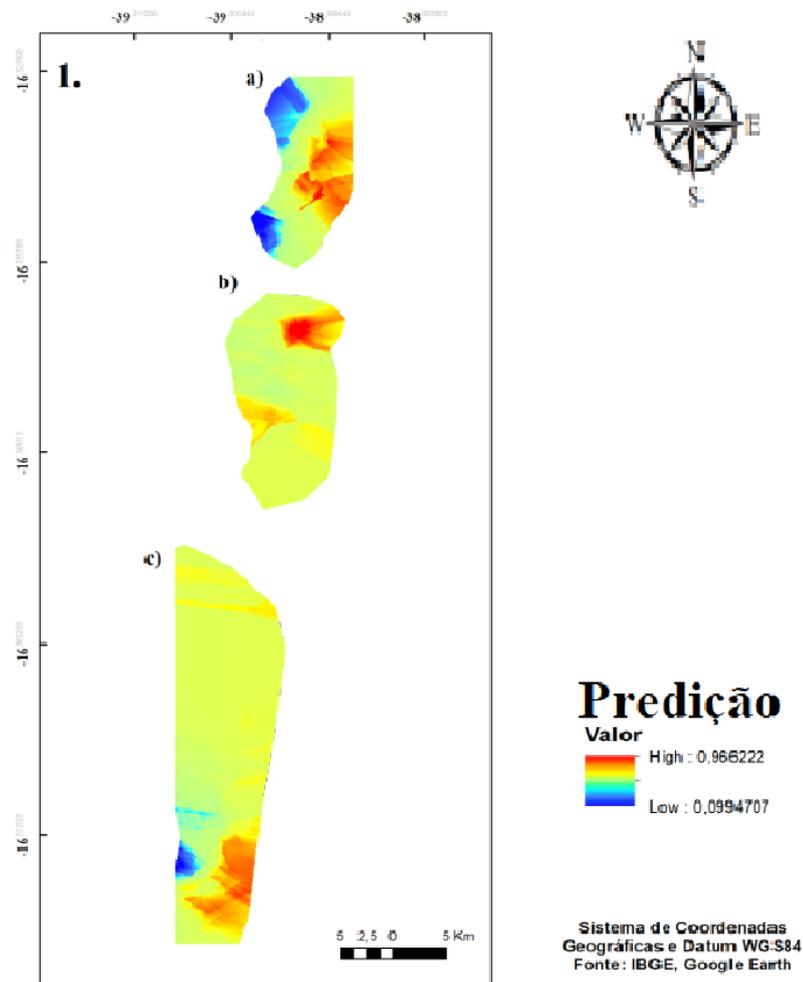


Figura 11. Mapa dos modelos preditivos de ocorrência de BLC em função das variáveis profundidade e Temperatura. a): CVP1, b): CVP2, c): CVP3.

Os modelos preditos da doença dos pontos escuros seguem o mesmo padrão do branqueamento, tem maiores valores em poças mais próximas à borda externa e valores intermediários nas áreas centrais dos recifes (figura 12).

Modelo preditivo da ocorrência de DSD

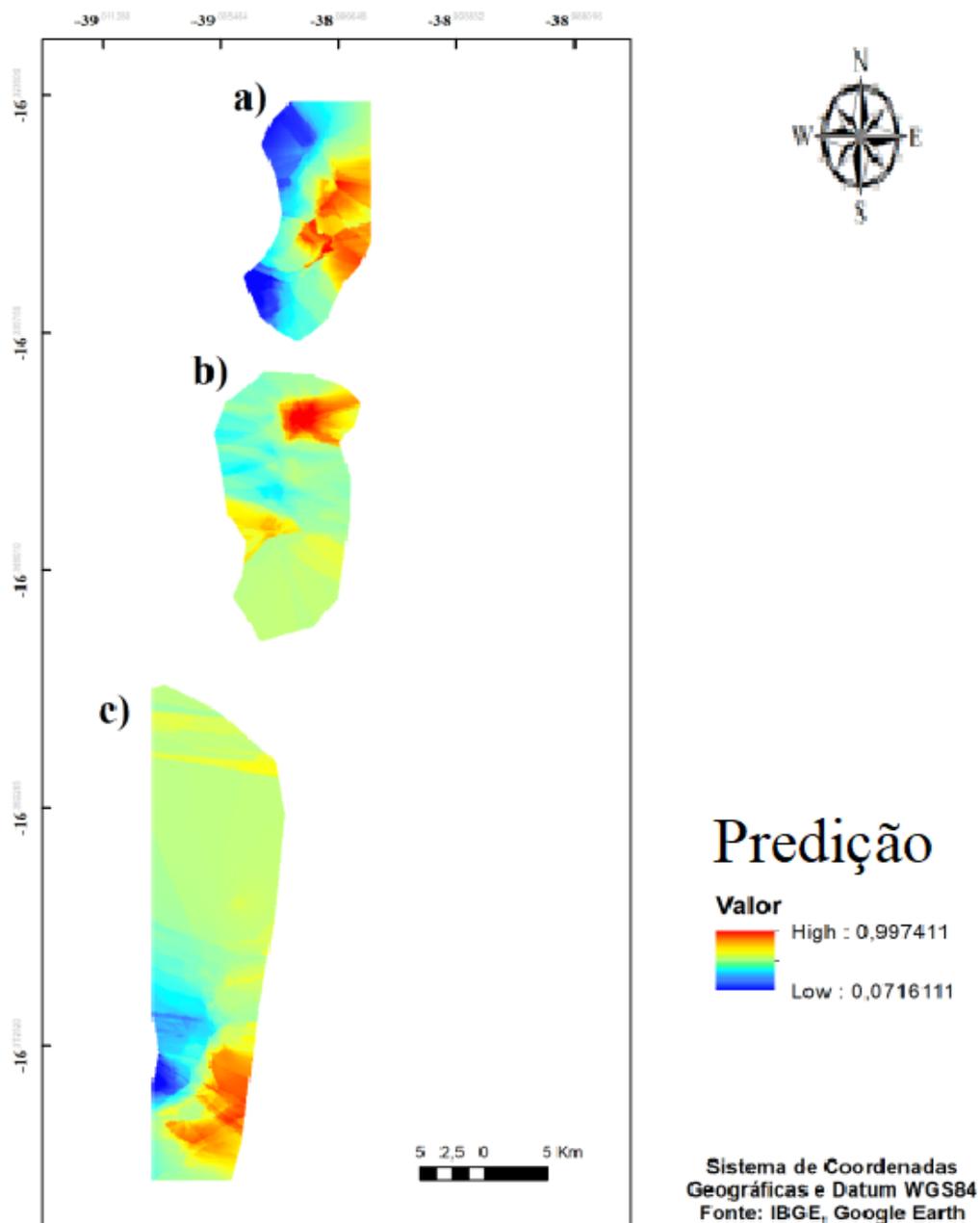


Figura 12. Modelos preditivos da distribuição de DSD em função dos estimadores: profundidade (1) e Temperatura (2). a): CVP1, b): CVP2, c): CVP3.

As curvas de resposta mostraram que o branqueamento e a doença dos pontos escuros cresceram gradativamente de acordo com o aumento da temperatura (figura 13).

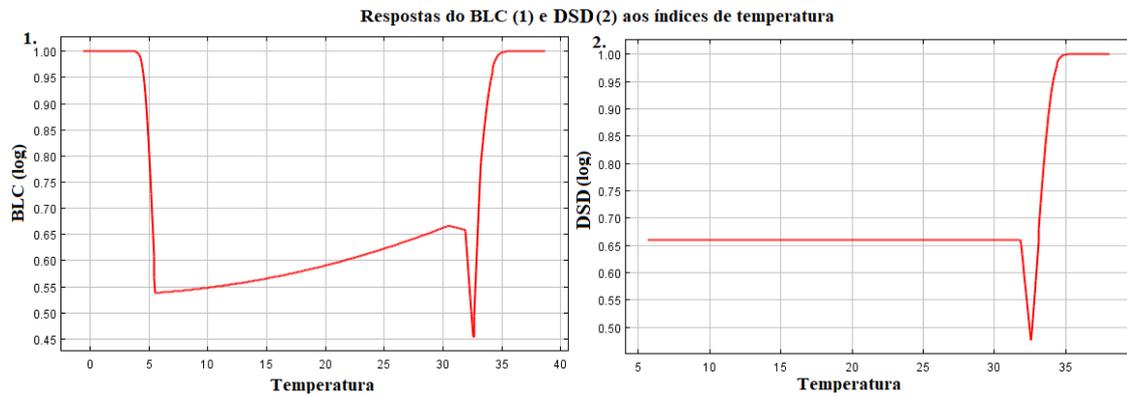


Figura 13. Curva resposta de BLC (1.) e DSD (2.), em função da temperatura (gerada pelo modelo preditivo do Maxent). Na vertical os valores de predição de BLC (log), e DSD (log), na horizontal as medidas de temperatura.

Em função da profundidade as taxas de branqueamento e doença também aumentaram gradativamente (Figura 14).

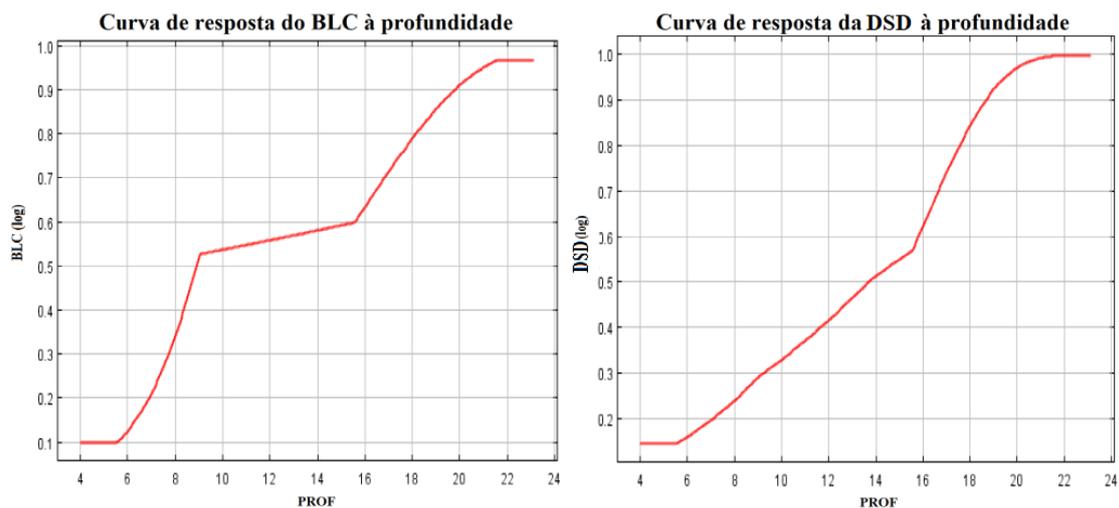


Figura 14. Curva resposta de BLC (1.) e DSD (2.), em função da profundidade (gerada pelo modelo preditivo do Maxent). Na vertical os valores de predição BLC (log), e DSD (log), na horizontal as medidas de profundidade.

5.3. Variação temporal

As taxas de mortalidade (DC) e enfermidades (DSD e BLC) foram testadas para variações entre anos de coleta e platô recifal. Os resultados demonstraram que a DSD variou ao longo dos dois anos estudados, e houve diferença nessa variação entre os três

platôs. O BLC não apresentou diferenças significativas entre os dois anos, mas, variou significativamente entre os platôs ao longo desse período (tabela 2).

Tabela 5. PERMANOVA aplicada para as taxas de mortalidade - coral morto (DC), e enfermidade - Doença dos pontos escuros (DSD) e coral branqueado (BLC), entre os anos amostrados (A, fixo, 2) e Platô (P, aleatório, 3), utilizou-se 9999 permutações. (gl: graus de liberdade; SQ: Soma dos Quadrados, F: Pseudo-F, P: p valor, valores significativos de p em negrito).

Fonte	DC			DSD			BLC		
	gl	SQ	F p	SQ	F	P	SQ	F	p
A	1	147,3	1,34 0,23	193,1	11,77	0,04	2494	0,88	0,53
P(A)	4	320,5	1,39 0,32	6608	2,44	0,03	1140	4,34	0,0006
Resíduos	482	2775		3,257e+5			3,160e+5		

Como descrito anteriormente, a DSD variou significativamente em relação aos fatores estudados, observou-se maiores médias de porcentagem da doença no ano de 2016 em todos os platôs, enquanto o BLC apresentou maiores médias em 2017 destacando-se os platôs CVP1 e CVP3 como mostra a figura 15.

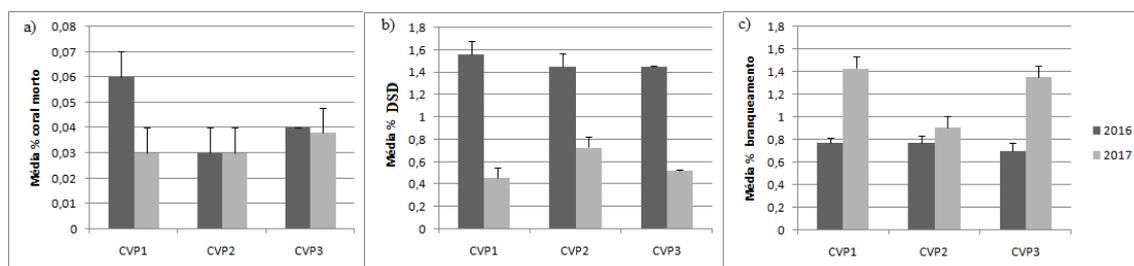


Figura 15. Porcentagem de cobertura média (\pm SE) para a) cobertura de coral morto (DC), b) taxa de ocorrência doença dos pontos escuros (DSD), e c) taxa de ocorrência de branqueamento (BLC), nos recifes de Coroa Vermelha (CVP1, CVP2 e CVP3), entre 2016 e 2017.

5.4. Variação Espaço-Temporal

Nos recifes da amostragem espaço-temporal, apenas as espécies *F. gravida* e *S. stellata* foram registradas, porém, tiveram baixos valores de cobertura comparados à amostragem temporal. Apesar, de apresentar menores taxas de cobertura *F. gravida* apresentou variação significativa entre os tipos de recife, houve maior cobertura da espécie nos recifes biogênicos, enquanto *S. stellata* não variou significativamente em relação aos fatores (Tabela 3), (Figura 16).

Tabela 6. PERMANOVA da porcentagem de cobertura de *F. gravida* e *S. stellata* entre as estação do ano (E, fixo, 5) e tipo de formação recifal (R, fixo, 2 – recifes biogênicos e abiogênicos) (gl: graus de liberdade; SQ: Soma dos Quadrados, F: Pseudo-F , p: p valor, valores significativos de p em negrito).

Fonte de variação	<i>F. gravida</i>				<i>S. stellata</i>		
	gl	SQ	F	p	SQ	F	p
R	1	30,10	9,57	0,0002	44,31	0,35	0,64
ExR	3	13,19	1,39	0,228	54,86	1,43	0,21
Res	242	76,04			3,09e ⁵		

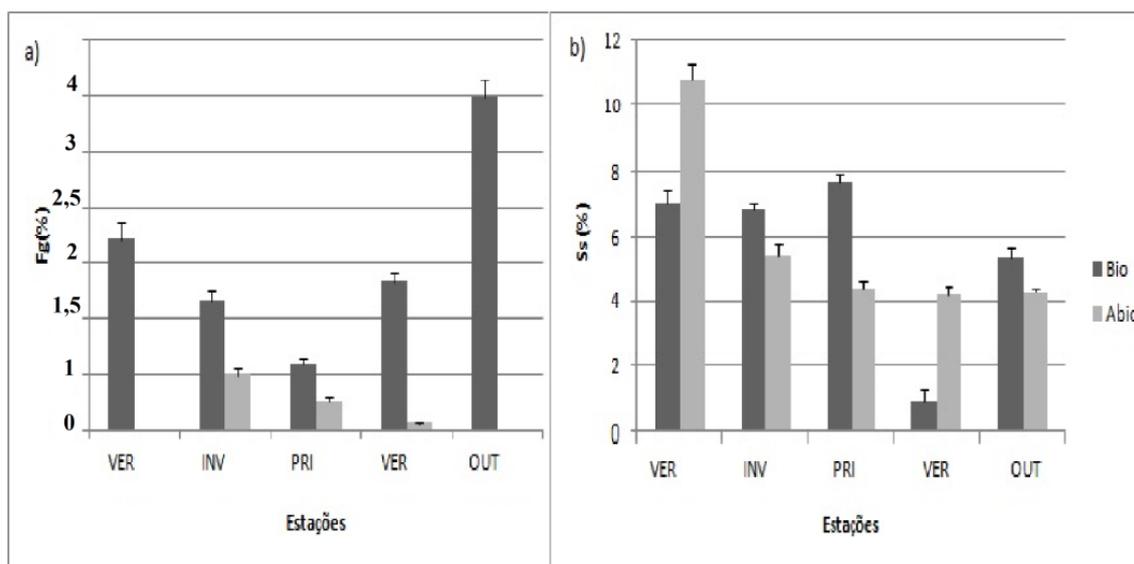


Figura 16. Médias da porcentagem de cobertura. a) *F. gravida*, b) *S. stellata*, ao longo das estações da esquerda para a direita: Verão, Inverno e Primavera (2016), Verão e Outono (2017), nos dois tipos de recife, Bio (biogênico), Abio(abiogênico). Legenda: Coluna = média, barra = erro padrão.

Quanto à ocorrência de doenças, branqueamento e corais mortos, todos os registros estão relacionados à *Siderastrea stellata*, com exceção de um único registro de DC em *F. gravida* que correspondeu a (0,01%). A porcentagem média de colônias mortas foi de (0,06%) e não apresentou diferenças significativas em relação aos fatores analisados (Tabela 4).

Tabela 7. PERMANOVA da cobertura de Doença dos pontos escuros (DSD), branqueamento (BLC), e coral morto (DC), entre as estação do ano (E, fixo, 5) e tipo de formação recifal (R, aleatório, 2 – recifes biogênicos e abiogênicos) (gl: graus de liberdade; SQ: Soma dos Quadrados, F: Pseudo-F , p: p valor, valores significativos de p em negrito).

Fonte de variação	DSD				BLC			DC		
	gl	SQ	F	P	SQ	F	P	SQ	F	P
R	1	25,8	4,22	0,0006	16,5	0,42	0,60	8,37	0,28	0,60
ExR	3	58,6	3,19	0,0002	91,0	0,77	0,54	22,00	2,50	0,04
Res	242	1,48e ⁵			95,2			70,8		

A enfermidade DSD variou significativamente entre os tipos de recife e estações do ano, apresentando maiores porcentagens de cobertura nos recifes abiogênicos nos verões de 2016 e 2017. Enquanto o branqueamento foi maior nos recifes biogênicos durante os dois verões (Figura 17).

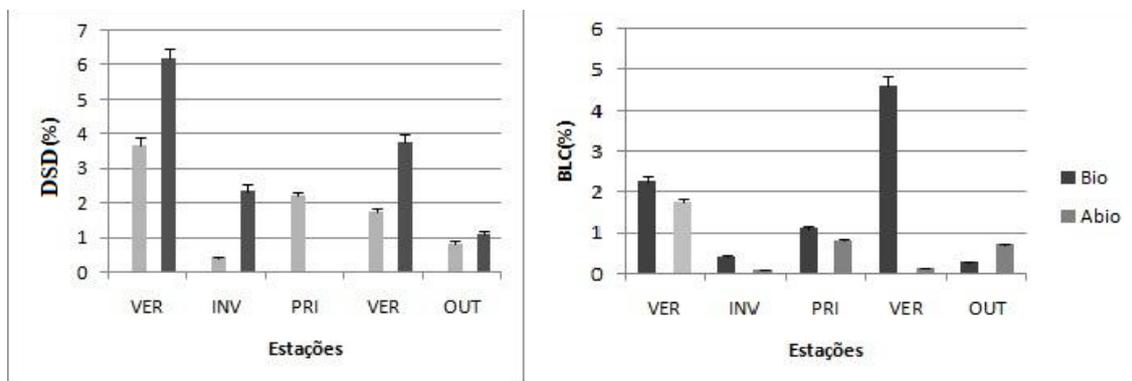


Figura 17. Médias da porcentagem de Doença dos pontos escuros (DSD), branqueamento (BLC), ao longo das estações da esquerda para a direita: Verão, Inverno e Primavera (2016), Verão e Outono (2017), nos dois tipos de recife, Bio (biogênico), Abio (abiogênico). Legenda: Coluna = média, barra = erro padrão.

6. DISCUSSÃO

Nos recifes de Porto Seguro e Santa Cruz Cabralia a fauna coralínea se distribuiu predominantemente entre os recifes biogênicos. Apesar das porcentagens de cobertura serem maiores apenas para *F. graxida* e *Siderastrea stellata*, a distribuição destas espécies, mostrou que os recifes biogênicos possuem maior cobertura coralínea corroborando com as descrições de Villaça (2009) e Martinez (2012) que afirmam que os recife de arenito são menos complexos e possuem baixa densidade de corais e extensas coberturas de zoantídeos e algas. Castro e Pires (2001) também afirmam que nos topos erodidos dos recifes costeiros há baixa diversidade.

As espécies de menor ocorrência estão relacionadas à profundidade das poças e a distância da borda externa. De acordo com Connell (1987) a diversidade de corais é maior onde há mais impacto de ondas e processos mais rápidos de colonização e recolonização, além disso, segundo Correia (2011) os corais maiores como as espécies do gênero *Mussismilia* são encontrados em zonas mais fundas onde estejam sempre recobertas, enquanto espécies do gênero *Agaricia* e *Porites branneri* ocupam locais com menor hidrodinamismo e maior aporte de água.

As maiores porcentagens de cobertura de coral vivo nos recifes amostrados foram de *S. stellata* (29%) e *F. gravida* (5,49%), enquanto *M. braziliensis*, *M. hartii*, *A. humilis* e *Porites branneri*, somaram apenas (0,31%). Segundo Leão *et al.*, (2016) os corais verdadeiros (ordem Scleractinia) da costa brasileira apresentam baixa diversidade, alto endemismo e predomínio nas formas maciças. Porém, de acordo com a autora e colaboradores (2016), apenas duas espécies de corais hermatípicos são encontrados nas poças de maré em recifes costeiros, *S. stellata* e *F. gravida*. No entanto nesse estudo foram amostradas outras três espécies menos abundantes.

Correia (2011) também observou maior distribuição se *S. stellata* e *F. gravida* em pequenos tamanhos, nas poças de maré dos recifes costeiros do estado de Alagoas. Segundo a autora (2011) *S. stellata* é comum tanto em recifes de arenito quanto de coral, enquanto *F. gravida* possui pouca ou nenhuma ocorrência em recifes de arenito devido à influência da água estuarina nesses recifes com consequente redução da salinidade, aumento da turbidez e alagamentos durante os períodos chuvosos de inverno, o que facilita a colonização de algas e diminui a probabilidade de ocorrência de corais.

Além disso, a predominância de *S. stellata* e *F. gravida* nas poças de maré em recifes ao longo da costa do Brasil está relacionada à resistência destas espécies às variações desses ambientes (Kikuchi *et al.*, 2010). Outros estudos (Castro, 1994; Leão *et al.*, 1997; Kikuchi, 2002; Soares *et al.*, 2011), afirmam que a resistência e a ocorrência comum de *S. stellata* em águas rasas estão relacionadas ao seu formato maciço, com espaços interceptais largos, e às variações dos espécimes de águas rasas, que são menores e mais avermelhados, com cálices mais arredondados e fundos do que as colônias de profundidade.

No Brasil são encontradas 18 espécies de corais (Scleractinia), o que se considerada uma baixa diversidade, comparado, por exemplo, com a fauna coralínea do Caribe com a qual as espécies brasileiras estão mais relacionadas, no entanto, as principais espécies construtoras dos recifes brasileiros são endêmicas, são as 3 espécies do gênero *Mussismilia*; *Mussismilia braziliensis*, *Mussismilia hispida* e *Mussismilia hartii*, e outras 5 espécies, *Favia leptophylla*, *Siderastrea stellata*, *Favia gravida*, *Millepora braziliensis* e *Millepora nítida* (Pires *et al.*, 1999; Leão *et al.*, 2003; Nunes *et al.*, 2008). Dentre as espécies endêmicas construtoras de recifes no Brasil, 4 foram

amostradas neste estudo *Mussismilia braziliensis*, *Mussismilia harttii*, *Favia gravida* e *Siderastrea stellata*.

Quanto às taxas de doença e branqueamento apenas a espécie de *S. stellata*, mostrou-se mais susceptível. Porém, de acordo com Costa *et al.*, (2001), a espécie *S. stellata* tem menor densidade de zooxantelas em relação a outras espécies de corais do Brasil e possui menos exigências ambientais, de forma que ela pode se recuperar quando os fatores anômalos como o aumento da temperatura forem reduzidos, ou ela pode desenvolver novos limiares de tolerância. Poggio *et al.* (2009) também descreve *S. stellata* como resistente a fatores de estresse das poças intermareais, como mudanças de salinidade e anomalias térmicas, pois apesar das taxas de enfermidades encontradas no estudo, houve baixa mortalidade. Sassi *et al.*, (2015) relata que apesar dos casos de branqueamento registrados em *S. stellata*, não houve nenhum caso de morte. Nesse estudo também foi registrada baixa taxa de mortalidade. Lirman *et al.*, (2002) ainda afirma que algumas espécies de *Siderastrea* possuem alta capacidade de resiliência em ambientes de estresse.

Como observado na análise de regressão múltipla (Tabela 2), a doença dos pontos escuros e o branqueamento foram explicados por maiores valores de profundidade e maiores temperaturas, enquanto o índice de morte coralínea foi maior em poças de maior área. A relação entre as enfermidades e a profundidade provavelmente esteja relacionada à maior ocorrência das espécies nas poças mais fundas, como também descrito pelos modelos preditivos do Maxent que apontam a profundidade como variável de maior ganho preditivo. No entanto, para alguns autores a profundidade, assim como outras medidas morfométricas não são bons estimadores em relação ao branqueamento, enquanto a temperatura seria uma boa variável resposta (Brown *et al.*, 2002; Berkelmans, 2004).

As curvas de resposta do branqueamento e da doença dos pontos escuros aumentaram consideravelmente acima de 32°C. Logo, houve maior ocorrência das enfermidades em altas temperaturas como observado por Leão *et al.*, (2010), que relacionou a ocorrência de doenças e branqueamento com as anomalias térmicas em recifes da Bahia. Para mais, na variação espaço-temporal as porcentagens de doença e branqueamento foram maiores durante os dois verões amostrados, onde as temperaturas são mais elevadas, sendo que durante o verão de 2016 ainda ocorria o mais recente EL

NIÑO, concordando com afirmação de que a temperatura é o principal fator causador do branqueamento dos corais (Castro e Pires 1999; Guinotte *et al.*, 2003; Hoegh-Guldberg *et al.*, 2007; Graham *et al.*, 2011; Tkachenko 2014).

Segundo Sutherland *et al.*, (2004) e Agudelo e Ferreira (2001) a doença dos pontos escuros está relacionada com profundidade e temperatura, ele aponta que duas espécies de águas rasas possuem alto índice da doença, sendo uma delas *Siderastrea siderea*. Além disso, o descarte de esgotos próximo aos recifes estudados pode estar relacionado com os altos índices desta enfermidade, pois, segundo os autores (Agudelo *et al.*, 2007; Cervino *et al.*, 2001;) a DSD está associada a patógenos que se proliferam em ambientes onde ocorre poluição e altos níveis de descarte de nutrientes orgânicos.

As maiores taxas da doença dos pontos escuros em todos os recifes no ano de 2016, parecem estar relacionadas com as maiores taxas de branqueamento registradas em todos os recifes em 2017, pois, as doenças podem também facilitar a ocorrência do branqueamento (Glynn, 1992; Miller e Richardson, 2013). No estudo de Maynard (2015) foi observado que em duas das três condições de temperatura as doenças ocorreram em 96% dos locais do recife antes do início anual branqueamento intenso, enquanto nas três condições de temperatura as doenças ocorreram em 40% dos locais antecedendo o início do branqueamento anual grave.

Para Miller e Richardson (2013) a temperatura orienta um padrão de infecção dos corais, e este é um efeito secundário do aquecimento global, que pode tanto ocasionar o branqueamento direto das colônias, como favorecer a entrada de patógenos ou virulências capazes de afetar a saúde desses organismos. Além disso, outros fatores não avaliados neste trabalho estão relacionados ao surgimento de patologias e branqueamento nos recifes, como os níveis de salinidade, ações antropogênicas (incluindo efeitos do turismo), alta exposição à radiação solar, e recentemente o estudo de Lamb *et al.*, (2018) apontou que os corais de estruturas mais complexas em contato com detritos derivados de plástico sofrem maior ocorrência de doenças e maior mortalidade, e que apesar dos corais maciços serem menos propensos ao contato com esses detritos o risco de doença chega à probabilidade de 98% quando expostos à esse contato.

7. CONCLUSÃO

A fauna coralínea das poças de maré nos recifes costeiros do extremo sul da Bahia possui baixa riqueza, porém, apresenta alto endemismo considerando que dentre as cinco espécies identificadas, três espécies são endêmicas do Brasil, sendo uma espécie do gênero *Mussismillia* endêmica da Bahia. A distribuição dessas espécies variou de acordo com a profundidade, o espaço e tipo de recife, onde as maiores ocorrências foram em poças mais fundas e próximas à borda externa dos recifes biogênicos.

A espécie *S. stellata* apresentou maior porcentagem de cobertura seguido da espécie *F. gravida* que são espécies comumente citadas por outros autores como predominantes no ambiente de poças de maré, devido aos menores tamanhos das suas colônias e formato maciço, características que as tornam mais resistentes aos fatores estressantes. Nos recifes biogênicos, onde as estruturas apresentaram poças com maior profundidade a porcentagem de cobertura dessas espécies foi maior, assim como a predição de ocorrência, enquanto nos recifes abiogênicos de rocha mais consolidada e poças mais rasas houve menor cobertura e menor probabilidade de ocorrência.

Maiores temperaturas (acima de 32°C) aumentam a probabilidade de ocorrência da doença dos pontos escuros e do branqueamento, assim como poças mais fundas tem maior probabilidade de ocorrência dessas enfermidades, o que pode ser explicado pela maior cobertura coralínea nessas poças.

Espécimes de *S. stellata*, importantes construtores de recifes foram os mais afetados pela doença e branqueamento, e apesar de apresentarem poucos registros de mortalidade nos dois anos estudados, não é possível prever como estará a saúde dessas colônias futuramente. Portanto, são necessárias ações de preservação desses ambientes que são fundamentais ao ecossistema marinho.

8. REFERÊNCIAS

- Berkelmans, R., De'ath, G., Kininmonth, S., e Skirving, W. J. (2004). A comparison of the 1998 and 2002 coral bleaching events on the Great Barrier Reef: spatial correlation, patterns, and predictions. *Coral reefs*, 23(1), 74-83.
- Bourle`s B, Lumpkin R, McPhaden MJ, Hernandez F, Nobre P., Campos, E., ... & Servain, J. (2008). The PIRATA program: history, accomplishments, and future directions. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 89(8), 1111-1125.
- Brown, B. E. (1997). Coral bleaching: causes and consequences. *Coral Reefs*, v. 16, n. 1, 129-S1387.
- Brown, B., Dunne, R., Goodson, M., e Douglas, A. (2002). Experience shapes the susceptibility of a reef coral to bleaching. *Coral Reefs*, 21(2), 119-126.
- Castro C.B. e D.O. Pires. (1999). A bleaching event on a Brazilian coral reef. *Rev. Bras. Oceanogr.* 47: 87-90.
- Castro, C. B. (1994) Corals of Southern Bahia: In: HETZEL, B.;Castro, C. B. (eds.). *Corals of Southern Bahia*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 161-176.
- Castro, C. B., e Pires, D. O. (1999). A bleaching event on a Brazilian coral reef. *Revista brasileira de Oceanografia*, 47(1), 87-90.
- Castro, C. B., e Pires, D. O. (2001). Brazilian coral reefs: what we already know and what is still missing. *Bulletin of Marine Science*, 69(2), 357-371.
- Castro, C B.; Segal, B.; Pires, D. O. e Medeiros, M. S. (2006). Distribution and diversity of coral communities in the Abrolhos reef complex. In: Dutra, G. F.; Allen, G. R.; Werner, T. e McKenna, S. A. (eds.) *A Rapid Marine Biodiversity Assessment of the Abrolhos Bank, Bahia, Brazil*. RAP Bulletin of Biological Assessment, 38: 19 – 39.
- Cervino, J., Goreau, T.J., Nagelkerken, I., Smith, G.W. & Hayes, R. (2001). Yellow band and dark spot syndromes in Caribbean corals: distribution, rate of spread, cytology, and effects on abundance and division rate of zooxanthellae. *Hydrobiologia*, 460, 53–63.
- Connell, J. H., Hughes, T. P., e Wallace, C. C. (1997). A 30-year study of coral abundance, recruitment, and disturbance at several scales in space and time. *Ecological Monographs*, 67(4), 461-488.
- Costa, C. F., Amaral, F. D., e Sassi, R. (2001). Branqueamento em *Siderastrea stellata* (Cnidaria, Scleractinia) da praia de Gaibu, Pernambuco, Brasil. *Revista Nordestina de Biologia*, 15(1), 15-22.
- Costa jr, O. S. ;Attrill, M. ;Nimmo, M. (2006). Seasonal and spatial controls on the delivery of excess nutrients to nearshore and offshore coral reefs of Brazil. *J. Mar. Sys.*, v. 60, 63-74.

Costa Jr, O. S., Attrill, M. J., Pedrini, A. G., e De-Paula, J. C. (2002). Benthic macroalgal distribution in coastal and offshore reefs at Porto Seguro Bay, Brazilian Discovery Coast. In *Proceedings of the 9th International Coral Reef Symposium*, Vol. 1, 499-508).

Dalapiccola, Jeronymo. (2016). Tutorial de modelos de distribuição - guia teórico.

Degen, C. L., Poggio, M., Mamin, H. J., Rettner, C. T., e Rugar, D. (2009). Nanoscale magnetic resonance imaging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(5), 1313-1317.

Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., e Li, J. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 129-151.

Ferreira, B. P., Costa, M. B. S. F., Coxey, M. S., Gaspar, A. L. B., Veleda, D., e Araujo, M. (2013). The effects of sea surface temperature anomalies on oceanic coral reef systems in the southwestern tropical Atlantic. *Coral reefs*, 32(2), 441-454.

Fitt, W. K.;Spero, H. J.;Halas, J.;White, M. W.;Porter, J. W. (1993). Recovery of the coral *Montastraea annularis* in the Florida Keys after the 1987 Caribbean "Bleaching Event". *Coral Reefs*, v. 12, n. 2, 57-64.

Francini-Filho, R. B., Moura, R. L., Thompson, F. L., Reis, R. M., Kaufman, L., Kikuchi, R. K., e Leão, Z. M. (2008). Diseases leading to accelerated decline of reef corals in the largest South Atlantic reef complex (Abrolhos Bank, eastern Brazil). *Marine Pollution Bulletin*, 56(5), 1008-1014.

Gil-Agudelo, D. L., & Garzón-Ferreira, J. (2001). Spatial and seasonal variation of dark spots disease in coral communities of the Santa Marta area (Colombian Caribbean). *Bulletin of Marine Science*, 69(2), 619-629.

Gil-Agudelo, D. L., Fonseca, D. P., Weil, E., Garzon-Ferreira, J., & Smith, G. W. (2007). Bacterial communities associated with the mucopolysaccharide layers of three coral species affected and unaffected with dark spots disease. *Canadian Journal of Microbiology*, 53(4), 465-471.

Glynn, P. W., e Colgan, M. W. (1992). Sporadic disturbances in fluctuating coral reef environments: El Niño and coral reef development in the eastern Pacific. *American Zoologist*, 32(6), 707-718.

Guinotte, J. M., Buddemeier, R. W., e Kleypas, J. A. (2003). Future coral reef habitat marginality: temporal and spatial effects of climate change in the Pacific basin. *Coral reefs*, 22(4), 551-558.

Goreau, T., McClanahan, T., Hayes, R., e Strong, A. L. (2000). Conservation of coral reefs after the 1998 global bleaching event. *Conservation Biology*, 14(1), 5-15.

Graham, N. A. J., Nash, K. L., e Kool, J. T. (2011). Coral reef recovery dynamics in a changing world. *Coral Reefs*, 30, 283-294.

Hoegh-Guldberg, O. (1999). Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and freshwater research*, 50(8), 839-866.

Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P. J., Hooten, A. J., Steneck, R. S., Greenfield, P., Gómez, E., Hatziolos, M. E. (2007). Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*, 318, 1737–1742.

Hughes, T. P., Kerry, J. T., Álvarez-Noriega, M., Álvarez-Romero, J. G., Anderson, K. D., Baird, A. H., ... e Bridge, T. C. (2017). Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature*, 543(7645), 373.

Kikuchi R.K.P. 2002. Atol das Rocas, Litoral do Nordeste do Brasil - Único atol do Atlântico Sul Equatorial Ocidental. In: Schobbenhaus C., Campos D.A., Queiroz E.T., Winge M., Berbert-Born M.L.C. (eds.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília, DNPM/CPRM, p.379-390.

Jiménez-Muñoz, J. C., e Sobrino, J. A. (2003). A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108(D22).

Kikuchi, R. K. P.;Leão, Z. M. A. N.;Oliveira, M. D. M. Conservation status and spatial patterns of AGRRA vitality indices in Southwestern Atlantic reefs. *Rev. Biol. Trop.*, v. 58, p. 1-31, 2010.

Kohler, K.E.; Gill, S.M. (2006). Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers e Geosciences*, v. 32, n. 9,1259-1269.

Laborel, J. (1970). *Madréporaires et hydrocoralliaires récifaux des cotes brésiliennes: systématique, écologie, répartition verticale et géographique*. Masson.

Lamb, J. B., Willis, B. L., Fiorenza, E. A., Couch, C. S., Howard, R., Rader, D. N., ... e Harvell, C. D. (2018). Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science*, 359(6374), 460-462.

Leão, Z. M. A. N., Kikuchi, R. K. P., Maia, M. P., e Lago, R. A. L. (1997). A catastrophic coral cover decline since 3000 years BP, Northern Bahia, Brazil. In *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium*. Panama (pp. 583-588).

Leão, Z.M. A. N. 1999. Abrolhos - O complexo recifal mais extenso do Oceano Atlântico Sul. In: Schobbenhaus,C.; Campos,D.A.; Queiroz,E.T.; Winge,M.; Berbert-Born,M. (Edts.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil.

Leão, Z. M., Kikuchi, R. K., e Testa, V. (2003). Corals and coral reefs of Brazil. In *Latin American coral reefs* (pp. 9-52).

Leão, Z. M. A. N.;Kikuchi, R. K. P.;Oliveira, M. D. M.;Vasconcellos, V. (2010). Status of Eastern Brazilian coral reefs in time of climate changes. *Panam. J. Aquat. Sci.*, v. 5, n. 2, 224-235.

Leão, Z. M., Kikuchi, R. K., Ferreira, B. P., Neves, E. G., Sovierzoski, H. H., Oliveira, M. D., ... e Johnsson, R. (2016). Brazilian coral reefs in a period of global change: A synthesis. *Brazilian Journal of Oceanography*, 64(SPE2), 97-116.

Lirman, D., Manzello, D., e Maciá, S. (2002). Back from the dead: the resilience of *Siderastrea radians* to severe stress. *Coral Reefs*, 21(3), 291-292.

- Luckhurst, B. E.; Luckhurst, K. (1978). Analysis of influence of substrate variables on coral reef fish communities. *Marine Biology*, v. 49, 317-323.
- Maida, M., e Ferreira, B. P. (1997, June). Coral reefs of Brazil: an overview. In *Proceedings of the 8th international coral reef symposium* (Vol. 1, No. 263, p. 74). Smithsonian Tropical Research Institute Panamá.
- Maynard, J., Van Hooidonk, R., Eakin, C. M., Puotinen, M., Garren, M., Williams, G., e Harvell, C. D. (2015). Projections of climate conditions that increase coral disease susceptibility and pathogen abundance and virulence. *Nature Climate Change*, 5(7), 688.
- Martínez, M. L., Intralawan, A., Vázquez, G., Pérez-Maqueo, O., Sutton, P., e Landgrave, R. (2007). The coasts of our world: Ecological, economic and social importance. *Ecological Economics*, 63(2), 254-272.
- Miller, A. W., e Richardson, L. L. (2015). Emerging coral diseases: a temperature-driven process?. *Marine Ecology*, 36(3), 278-291.
- Morais, J. O. (1967). Contribuição ao Estudo dos " Beach-Rocks" do Nordeste do Brasil. *Tropical Oceanography-ISSN: 1679-3013*, 9(1).
- Nakamura, Y., Leppert, M., O'Connell, P., Wolff, R., Holm, T., Culver, M., ... e Kumlin, E. (1987). Variable number of tandem repeat (VNTR) markers for human gene mapping. *Science*, 235(4796), 1616-1622.
- Nunes, F., Fukami, H., Vollmer, S. V., Norris, R. D., e Knowlton, N. (2008). Re-evaluation of the systematics of the endemic corals of Brazil by molecular data. *Coral Reefs*, 27(2), 423-432.
- Perry, C. T., e Morgan, K. M. (2017). Bleaching drives collapse in reef carbonate budgets and reef growth potential on southern Maldives reefs. *Scientific reports*, 7, 40581.
- Pires, D. O, C. B. Castro, A. E. Migotto and A. C. Marques. 1992. Cnidários Bentônicos do Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil. *Bolm Mus. nac. Rio de J.* (354): 1–21.
- E C. C. Ratto. 1999. Reef coral reproduction in the Abrolhos reef complex, Brazil: the endemic genus *Mussismilia*. *Mar. Biol.* 135(3): 463–471.
- Phillips, S. J., Dudík, M., e Schapire, R. E. (2004, July). A maximum entropy approach to species distribution modeling. In *Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning* (p. 83). ACM.
- Pisapia, C., Burn, D., Yoosuf, R., Najeeb, A., Anderson, K. D., e Pratchett, M. S. (2016). Coral recovery in the central Maldives archipelago since the last major mass-bleaching, in 1998. *Scientific reports*, 6, 34720.
- Poggio, C., Leão, Z., e Mafalda-Junior, P. (2009). Registro de branqueamento sazonal em *Siderastrea stellata*. em poças intermareais do recife de Guarajuba, Bahia, Brasil. *Interciência*, 34(7).
- R Development Core Team (2008). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL

Ritchie K. B. (2006) Regulation of microbial populations by coral surface mucus and mucus-associated bacteria. *Mar Ecol Prog Ser* 322: 1–14. K. B.

Rodríguez-Troncoso, A. P., Carpizo-Ituarte, E., e Cupul-Magaña, A. L. (2016). Physiological response to high temperature in the Tropical Eastern Pacific coral *Pocillopora verrucosa*. *Marine Ecology*, 37(5), 1168-1175.

Sassi, R., Cerutti, S., Lombardi, F., Malik, M., Huikuri, H. V., Peng, C. K., ... e Lip, G. Y. (2015). Advances in heart rate variability signal analysis: joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society. *EP Europace*, 17(9), 1341-1353.

Silva, M. J., Gonçalves, L., e Maia, J. S. (2012). Do Concreto para o Abstrato pelo Uso dos Sentidos e de Sensores: Um Estudo de Caso sobre o Ecossistema Poças de Maré. *Revista do Centro de Investigação e Inovação em Educação*, 2(2), 105-119.

Soares, M.O., Meirelles, C.A.D., Lemos, U.B. 2011. Reef bioconstructors of Rocas Atol, Equatorial South Atlantic. *Biotemas (UFSC)* 24:37-46.

Stone, L., Rajagopalan, B., Bhasin, H., e Loya, Y. (1999). Mass coral reef bleaching: a recent outcome of increased El Niño activity?. *Ecology Letters*, 2(5), 325-330.

Sutherland, K. P., Porter, J. W., e Torres, C. (2004). Disease and immunity in Caribbean and Indo-Pacific zooxanthellate corals. *Marine Ecology Progress Series*, 266, 273-302.

Trenberth, K. E., e Caron, J. M. (2000). The Southern Oscillation revisited: Sea level pressures, surface temperatures, and precipitation. *Journal of Climate*, 13(24), 4358-4365.

Trenberth, K. E., e Hoar, T. J. (1997). El Niño and climate change. *Geophysical Research Letters*, 24(23), 3057-3060.

Villaça, R. (2009). Recifes Biológicos In: *Biologia Marinha*. 229 – 248.